



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

**Ciclo de nutrimentos en el hábitat natural de
Oncidium leleui Arenas & Soto (Orchidaceae) para su
cultivo**

TESIS

**para obtener el título de
BIÓLOGA**

Presenta:

ARIADNA PERALTA VILLANUEVA

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

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMÁTICA
VEGETAL Y SUELO**



CDMX, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 por brindarme las bases, conocimientos y estancia para poder cumplir con mis estudios de licenciatura los cuáles me abrirán más puertas a mi desarrollo persona y profesional.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por estar llena de buenos maestros que orientarán nuestro futuro.

Al Maestro Ramiro Rios Gómez por su paciencia, tolerancia, consejos y por compartir su sabiduría conmigo, por darme la seguridad al realizar esta tesis y brindarme un espacio en el laboratorio para realizar a cabo mis pruebas, por las magnificas azañas en campo y las mejores alegrías en conjunto con conocimiento en los viajes.

A mis sinodales, M. Susana Luna, M. Armando Cervantes, Dr. Efraín Angeles y Dr. Jorge Valdivia, por orientetarme para que sea una mejor bióloga y aconsejarme profesionalmente, así como las enseñanzas en las aulas.

Al Doctor Eloy Solano Camacho por las diversas enseñanzas y aventuras en campo, por la paciencia de trabajar de luz a luz, por compartirnos su conocimiento y por llevarnos a trabajar a un hermoso pueblo, lleno de lindas costumbres, Putla Villa de Guerrero.

A mi mami Gloria Villanueva Gaona por toda la enorme paciencia que ha tenido a lo largo de mi vida y de mi carrera, por la tolerancia que ha tenido en mis ratos de estrés, por su enorme entendimiento en mis arranques de neurastenia jajaja, por su amor y cariño incondicional, así como su apoyo en cada paso que doy en la vida. GRACIAS INFINITAS por que sin ella no habría podido iniciar ni acabar esta carrera, gracias por siempre ver por mi y por mi futuro, por el bien den todos sus hijos. ¡TE AMO MAMI!

A mis hermanos, abue, tias y primas por siempre apoyarme, por estar ahí cuando las necesito y siempre brindar apoyo incondicional, así como compartir conocimiento, experiencias y sabiduría conmigo. Las y los quiero.

A mi querido Neri Vargas, por soportar cada segundo de ira y estrés, por acompañarme en esta etapa de titulación cuando mas difícil lo veía, por siempre estar al pie para cualquier cosa que me pueda pasar o pueda requerir, por ser mi compañero en mis días mas difíciles y en los mas alegres, en los días de lagrimas y en los días carcajadas, por tolerar mi carácter cuando no tenia ninguna necesidad, por ser tan grandiosa persona.

A David Sosa que desde el CCH me enseñó que es la responsabilidad y el salir adelante, el mostrarme que, si se puede todo para lograr un objetivo, por enseñarme a ser fuerte y ser noble, por siempre preocuparse por mi futuro y aconsejarme.

A mis amigos del Colegio de Cienas y Humidades Oriente, Pamela, Roy, Ricardo y Choko (Héctor) por estar en cada momento bueno y malo a mi lado, por esas lindas experiencias y por que sé que su amistad será para siempre, por que más que amigos somos familia.

A mi mejor amigo Alán Palacios, que me aconsejó no solo en mi tesis, si no en mi vida, por rescatarme y hacerme ver que no estamos solos, por compartir siempre su conocimiento y sobre todo por ser el ejemplo más grande de un Biólogo apasinado.

A Luis García alias "Diabo" por siempre dar un Axé cada clase, por que acabemos nuestra tesis y podamos llegar mas lejos, por ser tan duro y a la vez noble en sus trenos, por ser el tal cual y dejarte ser, por sus consejos, por compartir su conocimiento y toda su buena energía. ¡Gracias!

A mis mejores amigas de la Universidad, Fercha y Maga, las cuáles siempre estuvimos unidas en cada momento de nuestra carrera, por compartir conocimientos, así como crecer juntas en el ámbito profesional, por las risas y silencios.

A mis amigos Alberto y Leonel, por soportar la computadora a la hora de la comida en la mesa para acabar esta tesis, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, por volvernos parte de una pequeña familia, sin siquiera habernos conocido, por la paz y cariño que siempre me brindan, por las alegrías con Momo y Nitzka.

Agradecer a todos aquellos que te brindan y causan una sonrisa, que te acompañan en esta vida y te hacen crecer, a veces, ni siquiera es un conocido.



CONTENIDO

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	5
2.2. FAMILIA ORQUIDACEAE	7
2.3. ORQUÍDEAS EN OAXACA	9
2.4. <i>ONCIDIUM LELEUI</i>	9
2.5. HÁBITAT Y NUTRICIÓN	11
2.6. IMPACTO ECOLÓGICO SOBRE LAS ORQUÍDEAS	13
2.7. CULTIVO.....	14
III. HIPÓTESIS	16
IV. OBJETIVOS	16
OBJETIVO GENERAL.....	16
OBJETIVOS PARTICULARES	16
V. JUSTIFICACIÓN.....	17
5.1. ZONA DE ESTUDIO.....	17
VI. MÉTODO.....	19
6.1 FASE DE CAMPO	19
6.1.1 Muestreo.....	19
6.1.2 Recolección de especímenes para su identificación.....	20
6.2 FASE DE LABORATORIO	20
6.2.1 Tratamiento de las muestras	20
6.2.2 Análisis nutrimental	21
6.2.3 Cuantificación de nutrimentos.....	21
6.3 FASE DE GABINETE	23
VII. RESULTADOS	24
7.1 Población de <i>Oncidium leleui</i>	24

7.2	Época y forofitos con mayor aporte de nutrimentos.....	25
7.3	Contenido de nutrimentos en sustrato.....	28
7.4	Contenido de nutrimentos en materia orgánica y fracción mineral.....	31
7.5	Contenido de nutrimentos en tejido vegetal.....	34
7.6	Relación cultivo y hábitat natural	37
7.7	Escurrimiento fustal en el hábitat natural	39
7.7.1	CORRELACIONES.....	42
VIII.	DINAMICA DE NUTRIMENTOS.....	46
IX.	DISCUSION.....	48
8.1.	Contenido de nutrimentos en el sustrato y en los componentes del sustrato.....	50
8.2.	Contenido de nutrimentos en los órganos de la planta.....	55
8.3.	Cultivo	57
8.4.	Escurrimiento fustal y agua de lluvia	59
8.5.	Correlaciones.....	61
X.	CONCLUSIONES	64
XI.	REFERENCIAS.....	66

FIGURAS

Figura 1.-	Mapa de localización donde se muestra la localidad de Putla y los puntos de muestreo de cada forofito.....	24
Figura 2.-	Porcentaje de nutrimentos en las diferentes épocas y en los tratamientos del cultivo. .	25
Figura 3.-	Promedio del porcentaje de nutrimentos totales entre forofitos.....	25
Figura 4.-	Comparación de la concentración de los promedios de nutrimentos en % de los diferentes forofitos muestreados en diferentes épocas.....	26
Figura 5.-	Comparación nutrimental (Cmol kg^{-1}) entre épocas entre cada forofito y su representación significativa para sus diferencias en la prueba de Tukey en el sustrato.....	29
Figura 6.-	Comparación nutrimental (Cmol kg^{-1}) entre épocas entre cada forofito y su representación significativa para sus diferencias en la prueba de Tukey entre materia orgánica y parte mineral.....	32
Figura 7.-	Órganos de la planta y sus concentraciones expresadas en %.....	34
Figura 8.-	Comparación por forofito de concentración de nutrimentos en cada órgano.....	34
Figura 9.-	Comparación nutrimental (Cmol kg^{-1}) entre forofitos para cada órgano vegetal y su representación significativa para sus diferencias en la prueba de Tukey en cada nutrimento.....	37
Figura 10.-	Porcentaje de nutrimentos los órganos de <i>Oncidium leleui</i> en hábitat natural.....	38

Figura 11.- Porcentaje de nutrimentos los órganos de <i>Oncidium leleui</i> de los tratamientos del cultivo	38
Figura 12.- Porcentaje de nutrimentos en cada uno de los tratamientos experimentales para las concentraciones aplicadas de abono orgánico.	39
Figura 13.- Porcentaje de cada nutrimento en el agua de escurrimiento fustal en cada uno de los forofitos.....	41

CUADROS

Cuadro 1.- Área de distribución de <i>Oncidium leleui</i> , en el rancho “La Margarita”, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.	24
Cuadro 2.-Concentración de nutrimentos (Cmol kg ⁻¹ y su equivalencia en porcentaje) en las muestras de sustrato de cada uno de los forofitos de <i>Oncidium leleui</i> muestreados y comparados por épocas.....	30
Cuadro 3. Concentración promedio de nutrimentos (Cmol kg ⁻¹) y en porcentaje en las muestras de sustrato comparados por época	30
Cuadro 4. Concentración total de nutrimentos (Cmol kg ⁻¹) y en porcentaje en las muestras de sustrato.	30
Cuadro 6. Concentración promedio de nutrimentos (Cmol kg ⁻¹) y su equivalencia en porcentaje en las muestras de componentes del sustrato (materia orgánica y parte mineral) de cada uno de los forofitos muestreados.....	33
Cuadro 5. Concentración de nutrimentos (Cmol kg ⁻¹) y su equivalencia en porcentaje en las muestras de componentes del sustrato (materia orgánica y parte mineral) de cada uno de los forofitos muestreados.....	33
Cuadro 7. Concentración total de nutrimentos (Cmol kg ⁻¹) y su equivalencia en porcentaje en las muestras de componentes del sustrato (materia orgánica y parte mineral) de cada uno de los forofitos muestreados.....	33
Cuadro 8.- Comparación nutrimental (Cmol kg ⁻¹) en tejido vegetal del cultivo donde se muestra en rojo los órganos de mejor recepción de abono y cuales nutrimentos son los más representativos.	37
Cuadro 9.- Comparación entre total en hábitat natural y cultivo de acuerdo a las concentraciones de los órganos.	38
Cuadro 10.- Representación en partes por millón y porcentaje de la concentración nutrimental en el agua de escurrimiento fustal y en el agua de lluvia la cual no se detectó en ninguna prueba de gabinete.	40
Cuadro 11.- Correlaciones entre tejido vegetal, sustrato y componentes del sustrato	42
Cuadro 12.- Correlaciones entre sustrato y tejido vegetal	43
Cuadro 13.- Correlaciones entre materia orgánica y tejido vegetal	44
Cuadro 14.- Correlaciones entre el abono orgánico y el tejido vegetal del hábitat natural de <i>Oncidium leleui</i>	45

RESUMEN

Se realizó un muestreo aleatorio dentro de una selva mediana subcaducifolia cerca del Municipio de Putla, Villa de Guerrero, Oaxaca, en la cual se identificaron cinco especies de forofitos donde se establece *Oncidium leleui*, de los cuales se tomaron muestras compuestas para poder determinar y cuantificar los nutrimentos nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio dentro de cada órgano de la orquídea, así como del sustrato (corteza del forofito) y compuestos del sustrato donde se contempla a la materia orgánica y la parte mineral. Los muestreos se realizaron en dos épocas del año, la época seca y la época húmeda. En esta última época también se tomaron muestras de agua de escurrimiento fustal de cada forofito muestreado y muestras de agua de lluvia determinando y cuantificando los mismos nutrimentos. Para detectar diferencias significativas entre los forofitos, los datos se sometieron a análisis estadísticos de acuerdo a las pruebas análisis estadísticos de ANOVA y Tukey, se realizaron correlaciones de Pearson tomando en cuenta las significancias de 0.05 y 0.01, finalmente se realizó un diagrama de flujo de *Oncidium leleui* mostrando la dinámica interna de nutrimentos en la especie.

Los forofitos con mayor aporte de nutrimentos hacia *Oncidium leleui* son *Coccoloba barbadensis*, *Andira inermis* y *Citrus sinensis*, los forofitos *Hymenaea courbaril* y *Mangifera indica* mostraron resultados no viables para la orquídea, de igual forma en el muestreo, en algunos de estos forofitos como *M. indica* no se tomaron muestras de la parte mineral ya que no presentaba en ninguna de las épocas muestreadas. El periodo en la que los forofitos brindan mayor aporte de nutrimentos es en la época seca, debido a la retención y nula lixiviación de estos, lo cual provoca mayor concentración.

El calcio y el magnesio son los nutrimentos más representativos en el sustrato de *Oncidium leleui* en la mayoría de los forofitos. El fósforo tiene una concentración más baja de los dos nutrimentos anteriores, pero es un elemento representativo en la planta. La materia orgánica tiene mayor concentración de nutrimentos y en pocos forofitos como *C. sinensis* y *C. barbadensis* la parte mineral contiene más nitrógeno y fósforo respectivamente.

De igual forma, el calcio es el nutrimento de mayor concentración en los órganos de la orquídea. El nitrógeno juega un papel importante en las raíces, órgano donde se registraron las mayores concentraciones de este elemento en los forofitos de *A. indica*, *H. courbaril* y *C. sinensis*, debido a su actividad microbiana y el fosforo en las tiene una alta concentración en las flores.

Los elementos potasio y magnesio tiene concentraciones muy bajas en la planta, sin embargo, en sus tejidos está presente la cantidad fisiológicamente requerida y no se puede hablar de una deficiencia.

La hoja y el pseudobulbo son los órganos con mayor cantidad de nutrimentos seguido de la raíz, estos son los órganos de captación y almacenaje de la orquídea, lo cual muestra la dinámica de nutrimentos externa e interna de *Oncidium leleui*.

En las muestras de agua de escurrimiento fustal se tiene que el nitrógeno es el elemento predominante y el forofito con mayor absorción y asimilación de nutrimentos por escurrimiento es *C. barbadensis*, forofito más adecuado para el anclaje, nutrición y reproducción para *Oncidium leleui*.

De acuerdo a los análisis antes mencionados, se puede decir que *Oncidium leleui* es una especie que puede ser cultivada *ex situ* e *in situ*, siempre y cuando se asemeje las condiciones bióticas y abióticas de su hábitat natural, así como la introducción de un abono orgánico en su cultivo, que de acuerdo a esta investigación se propone una concentración 1:10, puede mejorar la nutrición y por lo tanto el desarrollo de la planta, esto ayudaría a la propagación de la especie cuando su hábitat esté en peligro o si llegará a estar en peligro de extinción.

I. INTRODUCCIÓN

En México, la selva mediana subcaducifolia se distribuye a lo largo de la vertiente del Pacífico principalmente, aunque se encuentra en áreas pequeñas del centro de Veracruz y en la parte central y norte de la península de Yucatán, así como en la depresión central de Chiapas. Su composición florística es característica de cada lugar. En el área de estudio éste tipo de selva está bien representado (Pennington y Sarukhán, 2005).

De acuerdo con la clasificación de Miranda y Hernández (1963), el tipo de vegetación con mayor número de especies es la selva baja caducifolia, seguida por el matorral xerófilo y en tercero y cuarto lugares, la selva mediana subcaducifolia y el bosque de *Quercus* respectivamente. La comparación de la riqueza nacional por el tipo de vegetación con la existente en el estado de Oaxaca, permite decir que en la mayoría de los tipos de vegetación el porcentaje de riqueza es superior a 50%, en el caso de la selva mediana subcaducifolia se tiene el 61% de la riqueza nacional en este estado (García *et al.*, 2004).

Las epifitas son un componente importante de las selvas, debido a su gran número de especies, a su abundancia y a su papel en el ciclo del agua y de nutrimentos. Además son una fuente fundamental de alimento y hábitat para muchas aves, mamíferos, anfibios y reptiles; también ofrecen refugio a una gran variedad de invertebrados y microorganismos (Guariguata y Kattan 2002). La familia Orchidaceae es la de mayor número de especies, se calcula existen entre 20.000 y 35.000; para Colombia se estiman unas 3.000 a 3.500 especies (Dressler, 1981). Dentro de la familia, el 70% son epifitas (Wilde 1995) y el 30% restante se distribuye entre terrestres, xerófitas, saprofitas y litófitas. La riqueza de la familia Orchidaceae en Oaxaca se ha estimado en 700 especies pertenecientes a 144 géneros aproximadamente (Soto y Salazar, 2004), que es poco más de la mitad de las que se conocen para México (Hágsater *et al.*, 2005). Sin embargo, solo se ha estudiado el 20% de todo el estado debido a su tipo de topografía.

Considerando el porcentaje de orquídeas epifitas y que este hábitat es un medio relativamente adverso para la reproducción, se hizo necesario el desarrollo de estrategias evolutivas que garantizaran su sobrevivencia como grupo (Wilde, 1995), tales como el engrosamiento basal de los tallos (pseudobulbos), el velamen en las raíces y las modificaciones en la flor y ya que viven en condiciones de escasez de agua y nutrimentos, se adaptaron muy bien a vivir en la copa y/o ramas de los árboles (forofito), tomando principalmente los nutrimentos atmosféricos, de la lluvia, del deslave del forofito y otros hospederos de este. La caída de hojas del forofito resulta también una fuente de nutrición rescatándola como materia orgánica y mineral, ya que no sólo extraen una amplia variedad de nutrimentos como nitrógeno (N), potasio (K), fósforo (Fe), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (He), molibdeno (Mb), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y boro (Br), sino que son protagonistas en la economía de nutrimentos y energía de muchas comunidades forestales del trópico ya que son diversas dentro de un mismo forofito (Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

Actualmente, los fragmentos de vegetación original del trópico mexicano están en riesgo de ser transformados y sustituidos por sistemas agropecuarios a consecuencia del cambio en el uso del suelo, las prácticas antrópicas más comunes son: el establecimiento de cultivos anuales, expansión de pastizales para la ganadería extensiva, crecimiento de las áreas urbanas y la expansión de infraestructura en las vías de comunicación, además de un aprovechamiento inadecuado de los recursos forestales. En suma, la falta de una política de planeación del uso del territorio ha provocado la pérdida de biodiversidad al disminuir las poblaciones de flora y fauna, ocasionando la extinción local de las especies endémicas de plantas y animales. Estos cambios, también han causado modificaciones en la estructura de la vegetación, composición florística, diversidad y abundancia de las especies de los remanentes de selvas (Dirzo 1995; García *et al.*, 2011; Zamora *et al.*, 2008).

El estudio de especies que no se encuentran en peligro de extinción pero si se encuentra en peligro su hábitat es muy poco realizado y/o conocido, sin embargo es un paso hacia el entendimiento de la estructura de la vegetación, la diversidad de especies, abundancia y la dinámica de las comunidades vegetales; siendo esto fundamental para hacer propuestas de conservación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA

Las selvas húmedas o bosque tropicales se clasifican en altas (de más de 30 metros), medianas (entre 15 y 30 m) o bajas (menos de 15 m) y de acuerdo a la caída de sus hojas se consideran perennifolias (menos del 25% de las especies pierden sus hojas), subcaducifolias (50 a 75% de las especies pierden las hojas) o caducifolias (más del 75% de las especies pierden sus hojas). Las selvas húmedas tienen los más elevados valores de riqueza de especies que cualquier otro ecosistema terrestre (Challenger y Soberón, 2008).

Las selvas medianas subcaducifolias, tiene una extensión de 4,193 km² en el territorio mexicano (INEGI, 2005^a), siendo el 0.21% de la superficie del País. Se encuentran a lo largo de la costa del Pacífico (hasta el sur de Sonora en su límite norte), a lo largo de las faldas bajas y los cañones de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre Occidental, en las planicies, llanuras y otras zonas bajas e inundables de la Península de Yucatán y el sur de Veracruz y Tabasco, forma manchones discontinuos desde el centro de Sinaloa hasta la zona costera de Chiapas. Prospera en altitudes entre 1 y 1300 m, aunque es posible que en algunos sitios de las franjas costeras de Guerrero y Oaxaca ascienda a mayores alturas sobre el nivel del mar. Hacia su extremo altitudinal superior colinda a menudo con los encinares, con los pinares y con el bosque mesófilo de montaña. Se desarrollan en regiones cálidas subhúmedas con lluvias en verano, la precipitación media anual oscila entre 1000 y 1229 mm, la temperatura media anual es de 25.9° C a 26.6°C, con una temporada seca muy bien definida y prolongada (García, 1973).

Los climas en los que prospera son los Am más secos y preferentemente los Aw. Este tipo de selva presenta en las zonas de su máximo desarrollo, árboles cuya altura oscila entre 25 y 30 m. En la época de mayor desarrollo de follaje, la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir fuertemente la incidencia de la luz solar en el suelo (INEGI, 2005). Además abundan las lianas, epífitas y palmas. Algunos árboles tienen troncos rectos con raíces tubulares con contrafuertes, por lo general el estrato superior forma un dosel uniforme y los elementos de este estrato comúnmente tienen troncos derechos y esbeltos que no se ramifican en la parte inferior de la planta y el diámetro de la copa suele ser mucho menos que la altura total del árbol. La mayoría de los árboles tienen hojas grandes y duras. En general, la mitad o más de la mitad de los árboles son de hoja caduca, pero muchos lo son en forma facultativa, de tal manera que la intensidad y el largo de la sequía de un determinado año se refleja a menudo, en el grado de la defoliación y en la duración del periodo de carencia de hojas y la floración de la mayor parte de los árboles de esta comunidad coincide con la estación del año y con este periodo. Son ecosistemas muy complejos con alta variación de especies de un lugar a otro (Challenger y Soberón, 2008).

Los suelos propios de esta tipo de selva pueden ser someros o profundos, aunque en el caso de los últimos se encuentran aún pocos sitios sin desmontar. La materia orgánica por lo general, es abundante, al menos cerca de la superficie. El drenaje suele ser rápido, aunque la selva es capaz

de desarrollarse en sitios que a veces se inundan por cortos periodos. La reacción del suelo es ácida o más frecuentemente cercana a la neutralidad (Rzedowski, 2006).

Con respecto a sus afinidades geográficas la flora ofrece grandes similitudes con la selva perennifolia, pues al igual que ésta es francamente neotropical y no muestra mayores vínculos hacia el norte. Se diferencia porque una alta proporción de los árboles (del 25 al 75%) pierden las hojas durante la época seca. Se distinguen varios estratos.

Las bromelias y las orquídeas destacan entre las epifitas y presentan tanto las formas xeromorfas como las exuberantes propias de clima muy húmedo. Las comunidades vegetales que en México se agrupan dentro de la selva mediana subcaducifolia llevan comúnmente varias especies que comparten entre si la dominancia, aunque estas rara vez pasan de cinco. En algunas ocasiones manifiestamente una sola especie es la que lleva la primacía en la biomasa. Los forofitos de las selvas medianas subcaducifolias, tienen en el área del dosel una importante carga de material fotosintético que incluye las hojas de las epifitas, lo cual imprime características particulares en la dinámica general de la selva (Walker y Ataroff, 2002).

Las selvas han sido tradicionalmente fuente de maderas preciosas, leña, diversidad plantas y animales para la subsistencia de comunidades rurales e indígenas. Además son sustento de los procesos de funcionamiento de los ecosistemas incluyendo ciclo de nutrimentos y agua, retención y formación de suelos, hábitat de biodiversidad, regulación del clima, erosión y eventos extremos, mantenimiento de la biodiversidad. También desempeñan un papel importante en la regulación de polinizadores, plagas y vectores de enfermedades (Balvanera y Cloter, 2009).

En general, no ha sido aún tan profundamente afectado en México por las actividades humanas como el trópico perennifolio. La afectación varía, sin embargo, de una región a otra, principalmente en función de la capacidad del suelo para ser utilizado con fines de cultivo. En Oaxaca, la franja de la selva mediana subcaducifolia corresponde a un área con población indígena bastante densa y su impacto sobre la vegetación ha sido intenso y vastas superficies han sido desmontadas y otras fuertemente modificadas. En las áreas empleadas para la agricultura el cultivo más frecuentemente es el maíz; en la Sierra madre del Sur de Guerrero y Oaxaca, así como en Chiapas, hay amplias zonas cubiertas de plantaciones de café (Rzedowski, 2006).

Otra amenaza más difícil de cuantificar pero evidente, es la extracción desmedida de flora y fauna para tráfico ilegal, lo cual, afecta la capacidad del ecosistema para mantener su funcionamiento y sus servicios ambientales. De los 255,000 km² que se estima había originalmente en México, hubo una gran destrucción de este ecosistema durante la década de los 70's y para 2002 las comunidades primarias se redujeron a 44,000 km². Los cambios más drásticos ocurrieron en Veracruz, Tabasco, la sierra del sur de Chiapas y la parte norte del estado de Yucatán donde casi la totalidad de la vegetación de selvas húmedas se eliminó para la cría de ganado (CONABIO, 2017).

Este ecosistema tiene gran valor para la conservación ya que alberga gran cantidad de especies de flora y fauna que se encuentran en categorías de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).

2.2. FAMILIA ORQUIDACEAE

En el mundo la familia Orchidaceae presenta unas 25 mil especies de orquídeas (Chase *et al.*, 2003), de las cuales en México existen más de 1 260 (Hágsater *et al.*, 2005; Soto *et al.*, 2007) siendo el porcentaje de endemismo de 40% de especies y 8% de géneros. México es un territorio que cuenta con una extrema variedad de condiciones climáticas, geológicas y biológicas, que van desde las regiones sumamente áridas y desérticas del norte del país, hasta las húmedas y exuberantes selvas del sureste mexicano y la vertiente del Golfo de México. Esto contribuye a que la flora fanerogámica de México se calcule aproximadamente en 220 familias, 2,410 géneros y 22,000 especies. La mayor concentración de la diversidad se registra en Chiapas, Oaxaca y se prolonga por un lado al centro de Veracruz, por el otro, a Sinaloa y Durango. El bosque mesófilo y el bosque tropical perennifolio son los ecosistemas más diversos por unidad de superficie. La proporción de taxa endémicos de México se aproxima a 10% en el caso de géneros y a 52% en especies. Las cifras anteriores indican que el territorio nacional ha sido el sitio de origen y de evolución de un gran número de linajes vegetales. De los grupos taxonómicos mejor representados en la flora mexicana conocida, se enlistan seis familias, entre las cuales está Orchidaceae (Rzedowski, 1998).

En México, todas las regiones situadas al sur del Trópico de Cáncer, desde las costas del Pacífico y las del Golfo, hasta las regiones que rebasan los 3 500 m sobre el nivel del mar en los estados de Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas, albergan la mayor riqueza de orquídeas, aunque todos los estados cuentan por lo menos con una especie (Téllez, 2011a).

Esta familia cuenta con las características muy avanzadas desde el punto de vista evolutivo, pues exhibe notables especializaciones de polinización, sistemas avanzados de almacenamiento de agua en las estructuras llamadas pseudobulbos, tienen una particular complejidad floral y brindan algunos ejemplos clásicos de interacciones bióticas complejas, como la íntima relación que establecen con hongos micorrízicos ya sea para la germinación (Rasmussen, 1995; Zettler *et al.*, 2003; Hágsater *et al.*, 2005; Ortega-Larrocea *et al.* 2005) o para su manutención a lo largo de su vida (i.e. orquídeas micoheterótrofas). Otro tipo de interacción que ha sido objeto de numerosos estudios en las orquídeas es su polinización, en la que participan varios grupos de animales (e.g. Darwin, 1877; van der Pijl y Dodson 1966; Hágsater *et al.*, 2005).

Las orquídeas epífitas, largamente difundidas en los trópicos tienen un tallo con hojas aisladas o reducidas a escamas y muchas raíces aéreas colgantes recubiertas por el velamen que es un tejido esponjoso, blanco cremoso el cual cumple la función de captación y retención de humedad, cuyo ápice verde realiza la fotosíntesis. Este tipo de orquídeas viven fijadas sobre las partes altas de los árboles de los bosques como estrategia para alcanzar el máximo de luz. Las orquídeas trepadoras tienen raíces hipogeas pero tallos aéreos que se adhieren a diversos sustratos gracias a las raíces aéreas (Bennet, 1993).

Las flores forman inflorescencias en espiga, racimo o panícula, que se sitúan en la zona terminal del tallo en las orquídeas terrestres y en las axilas en las epífitas. La flor, colocada en la

axila de una bráctea, durante el desarrollo rota 180° (resupinación), por lo cual, la parte posterior se sitúa en la anterior. En la gran mayoría de los géneros, las flores están formadas por tres elementos externos llamados sépalos, dos laterales y uno dorsal y tres elementos internos llamados pétalos que se encuentran separados y a veces punteados o variadamente coloreados. El pétalo inferior está modificado en un labio o “labelo” de tamaño mayor a menudo es trilobulado o de una forma inusual y con crestas carnosas o un espolón basal, y muchas veces con un patrón de colores diferente que los demás. A veces las piezas se encuentran separadas o conadas en la base y son interpretados como seis pétalos en dos verticilos en lugar de tres sépalos y tres pétalos (Simpson 2005; Judd *et al.*, 2007).

El fruto es una cápsula con tres o seis hendiduras, que contiene las semillas, las cuales, son muy pequeñas y su producción es por millones en cada una. A diferencia de la mayoría de las plantas con flores, las semillas de las orquídeas carecen de tejido nutritivo que sirve para el desarrollo del embrión, el cual se denomina endospermo. Para que ocurra una germinación exitosa, la semilla debe llegar al sustrato en un hábitat adecuado y entrar en contacto con un hongo, relación conocida como micorriza. En ese momento comienza a desarrollarse entre el hongo y la plántula de la orquídea una relación simbiótica mutualista, en el sentido de que la orquídea recibe los nutrimentos necesarios para su desarrollo y el hongo recibe vitaminas y otras sustancias. Una vez que la plántula está suficientemente grande y es capaz de fotosintetizar y satisfacer sus propios requisitos energéticos, la asociación con el hongo deja de ser necesaria, pero frecuentemente permanece la relación. Con frecuencia el tiempo que transcurre entre la germinación de la semilla y la maduración de la planta es de varios años, pero en algunas especies el ciclo de vida puede transcurrir rápidamente (Ackerman y Maruja, 1992).

La polinización ocurre por medio de insectos o aves, de manera altamente específica. El proceso de transferir polen de la antera de una flor al estigma de otra depende de los polinizadores, a los cuales les atrae, la forma y las fragancias de la flor y la recompensa para ellos son el néctar, los aceites esenciales o la combinación de estos factores. Se sabe que las moscas, los escarabajos, las abejas, las avispas, los avispones, las hormigas, las mariposas y los colibríes, entre otros, son polinizadores de las orquídeas (Ackerman y Maruja, 1992).

Luego de la polinización, el polen germina y se forma un tubo polínico que crece por el interior de la columna del pistilo hacia el ovario. Esto estimula el desarrollo de los óvulos, que estarán receptivos para el momento en que el tubo polínico llegue a su proximidad. Posteriormente a la fecundación, se inicia el desarrollo del embrión que tendrá como resultado el desarrollo de la semilla, el cual, inicia una serie de cambios en las paredes del ovario que tendrá como consecuencia el desarrollo de las cápsulas. Para algunas especies el intervalo de tiempo entre la polinización y la dispersión de las semillas puede ser de sólo unas pocas semanas, pero para otras puede durar meses (Hodgson y Anderson, 1991).

2.3. ORQUÍDEAS EN OAXACA

La diversidad de la flora de Oaxaca se estima en más de 8,000 especies de plantas vasculares y es la más alta en México (García-Mendoza, 2004). Oaxaca alberga la mayor diversidad biótica de México y también más orquídeas que cualquier otro estado del país, aunque la diversidad alfa (dentro de los sitios) es mayor en algunos bosques húmedos de Chiapas. La diversidad beta (entre sitios) en Oaxaca es muy grande y generalmente se ha atribuido a la gran heterogeneidad fisiográfica y climática de la región, que abarca todas las combinaciones de climas cálido y templado, desde muy secos a muy húmedos, sin descartar la presencia de áreas poco extensas con una flora netamente montana. Tiene, prácticamente, todos los tipos de vegetación del país (Flores y Manzanero, 1999).

En Oaxaca, la familia Orchidaceae tiene una riqueza de casi 700 especies (Soto Arenas y Salazar, 2004), que es poco más de la mitad de las que se conocen para México (Hágsater *et al.*, 2005). Esta riqueza está desigualmente repartida en el estado, pues mientras las zonas montañosas con bosques húmedos de las Sierras Norte, Sur y del Istmo concentran la mayor parte de especies, otras regiones como la Cañada, Mixteca, las tierras bajas de la costa y cuenca del río Papaloapan presentan una diversidad menor (García-Mendoza, 2004). La mayoría de sitios de colecta para orquídeas se encuentran a lo largo o muy cerca de las carreteras del estado, sobre todo las que comunican a la capital con Tuxtepec, Puerto Ángel, Puerto Escondido y Tehuacán (Puebla), en contraste, existen zonas carentes de registros, entre ellos el distrito de Putla.

En las últimas tres décadas, en el estado de Oaxaca, se incrementaron notablemente las colecciones botánicas y se inició el inventario florístico (García-Mendoza y Torres 1999; García-Mendoza, 2004). Esta situación y la topografía tan accidentada que cubre la mayor parte del estado, son factores para que aún existan zonas extensas que no han sido exploradas, al grado de que solo el 20% de su superficie ha sido estudiada por los botánicos, por lo que seguramente la riqueza de orquídeas es mayor (Salazar y Hágsater 1997; Soto Arenas y Salazar 2004; Salazar *et al.* 2006).

La Sierra Sur es una de las regiones de Oaxaca biológicamente más diversas y es considerada prioritaria para la conservación en México (Arriaga *et al.* 2000), pero paradójicamente también de las que han sido menos estudiadas. Por otra parte, varias especies de orquídeas que son consideradas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059- ECOL-2001 (SEMARNAT 2002) tienen una distribución restringida a esta región del estado.

2.4. *ONCIDIUM LELEUI*

El género *Oncidium* fue descrito por primera vez por Olof Swartz en 1800 por la reclasificación de *Epidendrum altissimum* Jacq. El nombre *Oncidium* se debe a la pequeña callosidad que presenta

en la base del labio que aparenta ser una hinchazón, que en griego es *Onkos* (Atwood y Mora, 1999).

Contiene alrededor de 750 especies de orquídeas de la subfamilia Epidendroideae. Este es un género difícil y complejo en el que muchas especies están reclasificadas, lo que a la larga seguramente conducirá a dividirlo en otros grupos (Atwood y Mora, 1999).

Las orquídeas son principalmente epífitas, sin embargo, existen especies terrestres. Las inflorescencias de estas plantas son ramificadas y con flores múltiples. Las especies de *Oncidium* son bastante variadas y las flores muchas veces, son muy parecidas. La mayoría posee pseudobulbos carnosos, con hojas alargadas y delgadas, de 10 a 50 cm de largo, según las especies. Algunas tienen hojas en forma de lápiz, mientras que otro grupo, presentan abanicos enanos de hojas duras y trímeras. Las flores son comúnmente amarillas, rosadas, blancas y marrones. El tamaño de las flores varía desde 1.0 cm hasta 10 cm de longitud, aproximadamente. Una de las características del género *Oncidium* es el color amarillo con manchas cafés, con varias formas y tamaños, además de las numerosas variaciones en el arreglo de estos colores. De igual forma, existe una gran variación en el número de flores por inflorescencia, en el tamaño de las plantas, y en el hábitat natural de las especies y consecuentemente en las condiciones de cultivo requeridas. El número de flores varía según la especie con varas largas y aunque la flor sea pequeña tienen una floración espectacular de numerosas flores abiertas a un tiempo que se mantiene desde varias semanas a 2 meses. Los pétalos y el sépalo dorsal son más grandes que los sépalos laterales; el labelo siempre va lobulado (Dalström, 2001).

El género *Oncidium* es originario de la América tropical (desde Puerto Rico hasta la Florida) de dimensiones muy variables según la especie. Se desarrollan desde el nivel del mar a las zonas montañosas y en todos los niveles intermedios. La distribución de este género en América se extiende desde los EE.UU. hasta Argentina (Atwood y Mora, 1999).

Son plantas adaptables que se pueden cultivar fácilmente, la mayoría requieren abundante luz para florecer adecuadamente. Las temperaturas deben ser de intermedias a cálidas, entre 12 °C y 15 °C por la noche y entre 25°C y 30°C durante el día, toleran temperaturas más altas si se mantiene la humedad y una buena circulación de aire.

Oncidium leleui es una planta endémica de México, su distribución altitudinal va de los 300 a los 1400 m, lo que significa que la planta está ausente de las zonas muy cercanas a la costa, muy calurosas y por lo general secas; es común en la selva mediana subcaducifolia de altitudes medias (500-800 m) con abundancia de *Brosimum alicastrum*, *Bursera simarouba*, leguminosas y muchos otros árboles. También se le encuentra en los cafetales y en la vegetación algo abierta y sabanoide con *Pinus oocarpa* y encinos de zonas cálidas. La época de floración es durante la parte seca del año, de febrero a mayo.

Se encuentra distribuida en toda la región cálida de la vertiente pacífica, desde el sur de Sinaloa (registro visual) hasta Oaxaca, sin embargo, solo se encuentra registrada para la Asociación Mexicana de Orquideología (AMO) en los estados de Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Jiménez y Soto, 1990). Los últimos estudios, los cuales son casi nulos ya que solo se tiene

la descripción morfológica de la especie, el holotipo, distribución y parecido con otras especies del género *Oncidium*, remontan a los 80's, siendo en 1988 registrada en Oaxaca y Michoacán, donde fue encontrada en encinares y selvas riparias.

Su futuro aparentemente no está en peligro, sin embargo, los hábitats donde es más frecuente, por lo regular, es en zonas cafetaleras, donde se modifica la estructura primaria de la vegetación, afectando el hábitat de esta especie y donde se disminuyen e incluso desaparecen algunas de sus poblaciones (Jiménez y Soto, 1990).

2.5. HÁBITAT Y NUTRICIÓN

Ecológicamente, una epífita es una planta perenne que no produce ni mantiene grandes tallos y ramas leñosas, son plantas que crecen sobre otras plantas y difieren de las parasitas en que no toman el alimento y el agua de plantas que la soporta (forofito) y no tienen conexión con el suelo (Daubenmiere, 1974). Tienen requerimientos de luz relativamente altos y sus raíces probablemente requieren una mejor aireación; al no tener conexión con el suelo, deben tolerar sustratos extremadamente pobre en nutrimentos y un suministro de agua muy inestable (Jazen, 1975). Frecuentemente poseen características xeromórficas, tales como cutículas engrosadas, estomas hundidas y succulencia.

Longman y Jenix (1974) hacen énfasis en la división de microhábitats de las epifitas, estos van desde el dosel de los árboles (generalmente más seco e iluminado) hasta cerca del piso del bosque (más húmedo y sombrío). Estos microclimas y la naturaleza del sustrato, determinan diferentes adaptaciones a factores tales como intercepción de luz, conservación de agua, disponibilidad de nutrimentos, polinización y dispersión de semillas.

El hecho de que el sustrato está a cierta elevación del nivel del piso y generalmente inclinado, con un ángulo que varía desde horizontal sobre ramas grandes hasta vertical sobre el tronco principal, crea algunos problemas tanto para la dispersión de semillas como para un mantenimiento exitoso de la planta (Richars, 1957). Pequeñas cantidades de partículas y humus, que se acumulan en hendiduras y huecos sobre los árboles además del polvo, la precipitación y en algunos casos solamente el aire, son los recursos nutrimentales para las plantas epifitas (Benzing 1972; Benzing y Renfrow 1974; Richars, 1957). Otra característica del hábitat epífita es la baja disponibilidad de agua. Aun cuando está lloviendo, el excesivo drenaje a lo largo del tronco, y la tasa de evaporación relativamente alta, hacen de este un ambiente xérico con frecuentes periodos de sequía, por lo tanto, las epifitas deben ser capaces de conservar su suplemento de agua o ser resistentes a la desecación para sobrevivir, es por esto que tiene dos fuentes de recursos de agua: la precipitación y la humedad de la atmósfera, en donde del total de lluvia, el 25% se evapora a nivel de dosel, 40% penetra a la selva y llega al suelo y el resto es interceptado por el follaje (Longman y Jenik, 1984), también el rocío juega un papel importante en suministrar agua y en su efecto de transpiración, ya que es la duración y no la cantidad de rocío lo que es importante para

las plantas. El agua que se absorbe se almacena en gran cantidad de tubérculos, tallos suculentos, en el velamen de las raíces y/o en el humus retenido en el sitio de crecimiento.

La inclinación y orientación entre diferentes partes del mismo árbol, pueden afectar la vegetación epífita, no solamente porque influye en la colonización de semillas, sino también por que modifican la iluminación, la evaporación y el soporte de la planta (Richards, 1957). También depende de la edad del hospedero, pues la vegetación epífita sobre árboles jóvenes que poseen corteza lisa, es diferente de aquella sobre árboles viejos que tiene corteza escamosa, la naturaleza de la corteza afecta la acumulación de humus, la retención de agua y la capacidad de sostén.

No solamente las propiedades físicas de la corteza sino también las químicas, incluyendo el agua que corre sobre ella influyen en la distribución de la vegetación epífita sobre los árboles. Algunos árboles poseen sustancias químicas en la corteza que inhiben la germinación de plantas epífitas o su desarrollo una vez que germinan. La independencia de las epífitas del suelo crea un problema para la toma de nutrimentos, así que estas dependen de los nutrimentos contenidos en el aire, el agua, los detritos y el polvo; tienen mecanismos diferentes al sistema radical para absorber los nutrimentos requeridos del ambiente. La absorción a través de hojas es importante, pero algunas epífitas tienen un sistema de raíz que es absorbente. Todas las partes de la planta absorben agua, solutos y gases de su ambiente, para la gran mayoría, la principal función de las hojas es la fijación de carbón. Los gases se intercambian a través de las estomas y espacios intercelulares. Tanto las estomas, como los ectodesmata, los tricomas y las células de guarda, juegan un papel importante en la absorción de nutrimentos a través de hojas y en el proceso de excreción, por medio de diferentes mecanismos. Muchos de los nutrimentos también se obtienen a partir de la lluvia que cae por el árbol huésped y que ha lavado hojas, tallos, etc. Es bien conocido que las hojas muertas pueden desprender sales, pues la materia orgánica de deslave contiene mayor cantidad de calcio, potasio y sodio (Tamm, 1951). También se ha demostrado que la composición de nutrimentos en agua de lluvia, depende mucho del hospedero.

Las partículas transportadas por el viento, son químicamente diversas y originadas de suelo, mar y fuentes animales, cabe señalar que el suministro de los flujos atmosféricos varía y no es uniforme en el dosel forestal, en tiempo y espacio.

Algunos de los aportes nutrimentales que tiene la planta se llevan a cabo de forma atmosférica, por ejemplo con los precipitados seco y húmedos, la biomasa de las epífitas establecida en las ramas interiores de los árboles, alberga un alto contenido de nutrimentos esenciales como nitrógeno (como iones NO_3^- , NO_2^- , y NH_4^+), fósforo (H_2PO_4^-) y potasio (K^+) (macronutrimentos) los cuales posteriormente son reciclados, brindando rutas alternas al ciclo de nutrimentos a la dinámica del agua en las comunidades (Ceja *et al.*, 2008). Sin embargo, también es importante aportar los llamados micronutrimentos como hierro (Fe), molibdeno (Mo), zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B) y cobre (Cu) que necesitan las plantas para su óptimo desarrollo, un déficit de uno o más de ellos puede producir alteraciones o una reducción de la absorción de los macronutrimentos, pudiendo ocasionar enfermedades y/o muerte de la planta.

Las epífitas no sólo extraen una amplia variedad de nutrimentos (al mismo tiempo que lo hacen de formas y con órganos muy llamativos), sino que son protagonistas en la economía de

nutrimentos y energía de muchas comunidades forestales del trópico ya que son diversas dentro de un mismo hospedero o forofito, pues en él se alimentan de distintas fuentes de materia, casi todas de origen orgánico, a diferencia de la flora terrestre (Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

2.6. IMPACTO ECOLÓGICO SOBRE LAS ORQUÍDEAS

A nivel mundial, las principales causas que han incidido en la pérdida de coberturas forestales y diversidad genética son: 1) crecimiento y densidad poblacional humana; 2) la generalización de la agricultura comercial moderna; 3) pastoreo en el bosque y sobrepastoreo; 4) disturbios civiles, guerrillas y guerras; 5) la pérdida de diversidad cultural; 6) comercio ilegal de plantas raras, amenazadas o en peligro de extinción; 7) destrucción por animales silvestres (jabalíes, liebres, venados, ratas, ratones y tuzas, entre otros) y domésticos (vacas, chivos, borregos, cerdos): 8) rellenos sanitarios en cañadas y barrancas que rodean bosques (Borys y Leszczyńska-Borys 1998; Barton y Merino 2004). De tal manera que también se ven amenazadas por el calentamiento global, el deterioro de la capa de ozono, la erosión, la acumulación de desperdicios tóxicos y la contaminación. Este problema, a largo plazo, sobrepasa en importancia a todos los demás: la pérdida de riqueza de especies, ecosistemas y procesos ecológicos (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995).

Un punto específico relacionado con la erosión del material genético lo mencionan Flores-Palacios y Brewster (2002), quienes citan que el tráfico ilegal de orquídeas entre los años de 1993 a 1996 se estimó de entre 9 y 12 millones de plantas. Para las especies silvestres con valor ornamental el factor esencial de su destrucción ha sido la colecta excesiva en los hábitats naturales para abastecer el mercado de especies de orquídeas en Estados Unidos, Europa y Japón; a pesar de las leyes vigentes que prohíben estas prácticas las plantas continúan colectándose y exportándose.

La alteración extensiva del medio ambiente realizada por el hombre en las últimas décadas del siglo XX ha transformado para siempre el paisaje, (Chapin *et al.*, 2000, Hernández y López 2002, Stern *et al.* 2002), este problema es particularmente grave en el cinturón tropical del planeta en donde se concentra la mayor diversidad biológica. En México, algunas de las zonas más severamente afectadas por las diversas acciones antrópicas son las cubiertas por los bosques: tropical perennifolio, tropical subcaducifolio, tropical caducifolio y mesófilo de montaña, ecosistemas particularmente ricos en recursos y por lo mismo, preferidos por el hombre para sus actividades agropecuarias. Entre algunas de las actividades humanas que han contribuido a la alteración de los ecosistemas naturales en México, se encuentra la introducción y el cultivo de especies exóticas utilizadas con fines diversos. Este es el caso de los cafetos, que en México constituyen una fuente de materias primas de gran importancia económica y social, ya que de su cultivo dependen alrededor de tres millones de personas, entre huerteros, pizcadores y otros empleados (Bartra *et al.*, 2002).

Las orquídeas epífitas pueden utilizarse como indicadores de la integridad o nivel de fragmentación ecológicos de las comunidades vegetales en las que crecen, como los cafetales (Williams-Linera *et al.*, 1995).

Se ha estimado que entre el 50 y el 60% del total de la flora orquideológica mexicana vive en los bosques mesófilos (IUCN/SSC Orchid Specialist Group 1996), que son también algunos de los ambientes preferidos por los cafetaleros. Si a esto se suman los bosques tropicales caducifolios, subcaducifolios y perennifolios, el porcentaje alcanza el 70 u 80%. No es raro pues que el número de especies de orquídeas presentes en los cafetales sea elevado.

Lo anterior es importante ya que para que las epífitas se desarrollen es necesaria la presencia de árboles y esto sólo es posible en los cafetales de sombra, cultivos en los que se respeta al menos parcialmente el estrato arbóreo original de las comunidades vegetales. Un total de 76 géneros de orquídeas de los 146 reconocidos para México, es decir más de la mitad, tienen representantes en los cafetales, 14 de ellos con el 100% de sus especies, 17 con más del 50% y 45 con menos del 50%. Además 47 (22%) de las especies son endémicas de México (Espejo Serna *et al.*, 2005)

2.7. CULTIVO

Debido a la pérdida que se ha tenido de la riqueza de orquídeas en todo el país, muchos científicos han optado por el cultivo de orquídeas, ya sea *ex situ*, *in situ* y el que más se utiliza, el *in vitro*. También se manejan diversos bancos de semillas y la propagación asexual y sexual, para la supervivencia, conservación y aprovechamiento de estas (Ávila Díaz y Salgado-Garciglia, 2006).

El cultivo de orquídeas tiene dos objetivos definidos: 1) producción de flor cortada para abastecer el mercado internacional de floricultura y, 2) producir y comercializar plantas de diferentes tamaños, en particular las que se hallan cerca de la floración, para abastecer de plantas ornamentales el mercado interno de cada país. Entre los géneros de orquídeas más comúnmente cultivados para flor de corte o como plantas ornamentales se destacan *Cattleya*, *Dendrobium*, *Epidendrum*, *Paphiopedilum*, *Phalaenopsis*, *Vanda*, *Brassia*, *Cymbidium*, *Laelia*, *Miltonia*, *Oncidium*, *Encyclia* y *Coelogyne*. No obstante, la mayor proporción de cultivares actuales de orquídeas (los que se cuentan por más de 100 000) han surgido a través de hibridaciones artificiales entre dos o más especies, muchas veces de distintos géneros (Téllez, 2011).

Las orquídeas tienden a la hibridación, no sólo entre especies sino también entre géneros distintos. A pesar de esta complejidad, el gran número de formas que constituyen esta familia, evidencia una extremada uniformidad en cuanto a la organización floral, constituyendo un formidable ejemplo de homogeneidad entre las Angiospermas. En estado silvestre las orquídeas rara vez generan híbridos naturales ya que la integridad de las plantas se mantiene principalmente por barreras naturales como la época de floración, la morfología de las flores, efectos visuales y aromáticos para atraer polinizadores y por la incompatibilidad genética entre las especies. Si estas

barreras o mecanismos son superados (como en el cultivo que se da en un invernadero), es posible que se generen híbridos con facilidad (Hodgson y Anderson, 1991).

Al cultivar las orquídeas fuera de su hábitat, se hace necesaria la intervención humana para su supervivencia, ya que las condiciones donde se van a desarrollar no son las mismas, por lo que es necesario reproducir lo más cercanamente posible las condiciones ambientales de su hábitat como el clima, suelo y nutrimentos esenciales para su supervivencia y desarrollo (Menchaca, 2011). Este último punto es el más importante, ya que muchos de los fertilizantes utilizados para el cultivo de orquídeas están hechos a base de químicos, lo cual puede repercutir en la naturaleza de la planta.

Oncidium es un género que se ha cultivado durante mucho tiempo, sin embargo *Oncidium leleui* es una especie que no se ha reconocido su potencialidad.

III. HIPÓTESIS

El establecimiento y desarrollo de *Oncidium leleui* varía dependiendo del forofito, y está influenciado por la cantidad, proporción y forma química disponible de nutrimentos para su supervivencia.

El cultivo de *Oncidium leleui* será exitoso si se le administran los recursos en cantidad, proporción y forma química disponible. La aplicación de un abono líquido favorecerá su establecimiento y desarrollo.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el ciclo de los nutrimentos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el hábitat de *Oncidium leleui*, así como explicar la relación que esta especie tiene con su forofito y poder llevar a cabo su cultivo, propagación y conservación.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Cuantificar y calcular nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en los componentes del sustrato orgánico y mineral, así como en el tejido vegetal de *Oncidium leleui*.
- Cuantificar y calcular nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el agua de escurrimiento fustal.
- Conocer que especie de forofito es la que brinda mejor hábitat a *Oncidium leleui*.
- Evaluar las concentraciones de los nutrimentos en el sustrato del hábitat de la especie en estudio.
- Evaluar las concentraciones de los nutrimentos en los componentes del sustrato provenientes del forofito del hábitat de la especie en estudio.
- Determinar la dosis más apropiada de un abono líquido fermentado para el cultivo de *Oncidium leleui*, así como cuantificar su concentración de nutrimentos.
- Contribuir al conocimiento del papel funcional que esta especie tiene en el ecosistema.

V. JUSTIFICACIÓN

Las epífitas juegan un papel importante en la productividad, captación de agua y ciclaje de nutrimentos. Sin embargo, en la actualidad no se dispone de mucha información sobre su composición florística y sus requerimientos ecológicos. También es desconocida la influencia de este grupo de plantas sobre el balance hídrico de los ecosistemas y el ciclo de nutrimentos (Oyarzún *et al.* 1998; Godoy *et al.*, 2001; Köhler, 2002). Por lo tanto, sin estos antecedentes no es posible predecir el efecto de la intervención silvícola en los ecosistemas en general, ni sobre el estrato epifito en particular.

En Oaxaca, las áreas que presentan el mayor número de especies y registros son también las que poseen una mayor exploración botánica como: la región Centro, Cuicatlán y Juchitán, entre otros, en contraste, existen zonas carentes de registros, entre ellos el distrito de Putla.

Oncidium leleui es una planta muy abundante, ampliamente distribuida y su futuro aparentemente no está en peligro. Sin embargo, los hábitats donde es más frecuente, son por lo regular zonas cafetaleras, donde se modifica la estructura primaria de la vegetación, afectando el hábitat de esta especie y donde se disminuyen e incluso desaparecen algunas de sus poblaciones. Sin embargo, Jiménez & Soto (1990) consideran que *Oncidium leleui* es una orquídea muy vistosa, pero es difícil de cultivar en la Ciudad de México, ya que proviene de zonas bastante cálidas y en donde la humedad atmosférica se conserva alta a lo largo de todo el año. El gran tamaño de las plantas tampoco favorece su presencia en invernaderos y por ello, no es frecuente en cultivo fuera de su área de distribución, es por esto la propuesta de un abono orgánico como aporte de nutrimentos para el cultivo de *Oncidium leleui*.

Por otra parte, existen pocos estudios sobre *Oncidium leleui* y particularmente sobre el ciclo de nutrimentos en su hábitat natural. Los ciclos internos de nutrimentos en las plantas y la relación ecológica con su entorno son estudios poco analizados, algunas investigaciones existentes sin embargo, han sido de manera general, es necesario hacerlo para cada una de las especies. Obtener información de esta índole, permitirá hacer un manejo adecuado de las especies según el interés, propagación o conservación.

5.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Municipio de Putla Villa de Guerrero, localizada en la parte suroeste del estado de Oaxaca, en las coordenadas 97°55' W, 17°01' N y a una altitud de 750 metros. La Mixteca oaxaqueña es una zona de gran importancia a nivel mundial, biológica y culturalmente, por el número de especies de flora y fauna endémicas que alberga, y por la presencia de comunidades indígenas mixtecas, triquis y chocholtecas. Esta región comprende 1, 709, 482 hectáreas e incluye dos subregiones, la Mixteca y una parte de la Sierra Sur. Se caracteriza

geológicamente por presentar montañas formadas con rocas de diversos tipos, predominantemente volcánicas, metamórficas y sedimentarias, tiene como basamento rocas cristalinas y metamórficas, calizas plegadas y otros sedimentos así como lavas (Arriaga *et al.* 2000).

Su clima es templado y cálido, C(w2) y C(w1) , con oscilación térmica de 20°C promedio anual, presenta lluvias en verano y principios de otoño. Uno de los tipos de vegetación que presenta Putla es la selva mediana subcaducifolia, donde entre sus formas arbóreas se pueden encontrar ejemplares de *Enterolobium cyclocarpum*, *Cedrela odorata* así como varias especies de *Ficus* y asociados con distintas especies de epífitas como Araceae, Pteridophytas, Bromeliaceae, Orchidaceae, entre otras (García–Mendoza, 2004).

Esta región pertenece a la Región Terrestre Prioritaria (RTP) 126, abarca 3051 km² y según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) presenta un valor alto para la conservación.

Por las condiciones climáticas es muy rica en una gran variedad de cultivos como el café, caña, mango y otras variedades de frutales; se explota la madera de pino, ocote, encino y otros. Como ya se mencionó anteriormente, la expansión de estos mismos cultivos, provoca una amplia destrucción de la vegetación, lo cual lleva a la pérdida de millones de hábitats para la flora que se encuentra en este lugar.

VI. MÉTODO

6.1 FASE DE CAMPO

6.1.1 Muestreo

El muestreo de *Oncidium lelei* se llevó a cabo de forma aleatoria, para ello se realizaron recorridos donde se registró la diversidad de sus forofitos. Con el fin de conocer cual o cuales son los forofitos preferidos por la especie, se contó el número de individuos de la orquídea por forofito en una población de 10 individuos tomados al azar.

De cada uno de los forofitos se tomó su altura, DAP, la descripción del microambiente y las asociaciones que se encuentran con la especie en estudio. Se realizaron 2 muestreos a lo largo del año, uno en época húmeda y otro en época seca, en cada caso se formaron muestras compuestas a partir de 5 muestras simples.

6.1.1.1 Muestreo de tejido vegetal

Se recolectaron cinco individuos de *Oncidium lelei* de diferente forofito. De forma *In situ* de cada uno se seccionó en los siguientes órganos: raíz, pseudobulbo, hojas, tallo floral y flores. Se formaron muestras compuestas por órgano a partir de las cinco muestras simples. Cada órgano se colocó por separado en bolsas de papel estraza previamente etiquetadas. Bajo estas condiciones el material vegetal se transportó al laboratorio de Restauración de Suelos de la FES Zaragoza para su pretratamiento requerido en el análisis nutricional.

6.1.1.2 Muestreo de sustrato

Localizados los forofitos donde la especie es más abundante, se tomó una muestra del sustrato del hábitat de la orquídea; donde se incluyó hojas, segmentos de ramas, fragmentos de flores, semillas y miscelánea para la materia orgánica. Por otra parte se recolectó corteza y trozos de corteza muerta del forofito para elaborar el sustrato para el cultivo de la orquídea.

6.1.1.3 Muestreo de agua de escurrimiento fustal de los forofitos seleccionados

En los diferentes forofitos se colocó embudos de plástico justo en la parte inferior del punto de inserción de la orquídea con el forofito, el embudo estuvo conectado a un depósito a través de una manguera de plástico. El agua se recolectó durante 1 mes, del volumen total recolectado se tomaron muestras de 500 mL en botellas de plástico previamente etiquetadas y se transportaron bajo estas condiciones al laboratorio de Restauración de Suelos de la FES Zaragoza para su pretratamiento y análisis.

6.1.1.4 Muestreo de agua de lluvia

A cielo abierto, se colocaron cubetas de plástico previamente lavadas con el fin de recolectar agua de lluvia que no haya tenido contacto con ningún sustrato sólido, del mismo modo, en botellas de plástico previamente etiquetadas se vertió un litro de agua y se transportó bajo estas condiciones al laboratorio para su pretratamiento y análisis.

6.1.2 Recolecta de especímenes para su identificación.

Se hicieron recolectas de ejemplares para herbario, tanto de los forofitos como de la especie en estudio, se herborizaron, para posteriormente ser identificados taxonómicamente utilizando claves especializadas y bajo la asesoría del personal del Herbario FEZA.

6.2 FASE DE LABORATORIO

6.2.1 Tratamiento de las muestras

Las muestras del sustrato, se separaron en sus componentes orgánicos y minerales. La parte orgánica fue subdividida en hojas, tallos y miscelánea; se dejaron secar a temperatura ambiente y a la sombra, posteriormente se pesaron y proporcionalmente se formó una mezcla de 5.0 g para su molienda y análisis nutrimental. Mientras que las muestras de agua se filtraron en papel Watman No. 41 previo a la cuantificación de nutrimentos. De manera independiente se secaron, pesaron y molieron las muestras de corteza y tejido vegetal, para su posterior análisis nutrimental.

6.2.2 Análisis nutrimental

6.2.2.1 Digestión de muestras de sustrato y tejido vegetal.

Un gramo de muestras molidas de sustrato y tejido vegetal fueron digeridas en una mezcla diácida (los ácidos utilizados varían dependiendo del nutrimento a cuantificar); una vez digeridas estas se filtraron y se llevaron a un volumen de 50 mL. En esta muestra se cuantificaron los nutrimentos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Estos mismos nutrimentos se determinaron en el agua de escurrimiento fustal, con una digestión de mezcla diácida, al finalizar se filtraron y llevaron a un volumen final de 100 mL para su lectura.

6.2.3 Cuantificación de nutrimentos

6.2.3.1 Análisis nutrimental

*Nitrógeno total (TN): Se determinó por el método semi-micro Kjeldahl para lo cual se utilizó una mezcla catalizadora que contiene SO_4^{2-} para formar $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, H_2SO_4 y ácido salicílico para reducir los nitratos a NH_3 . 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 0.05N, donde el contenido de nitrógeno se calcula a partir de la cantidad cuantificada de iones amonio en la disolución de concentración conocida de ácido bórico (Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas, 2011).

*Fósforo (PO_4^{+3}): La extracción se realiza mediante una digestión con ácido sulfúrico, ácido salicílico y la cuantificación por colorimetría del complejo fosfo-vanadatolibdato (Sadzawka *et al.* 2007; Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas, 2011).

*Potasio (K^+), Calcio (Ca^{2+}) y Magnesio (Mg^{2+}): El tratamiento previo para las muestras de hojarasca y mantillo para la determinación de Ca y Mg consistió en una digestión húmeda de 0.5 g de muestra con una mezcla digestora de HNO_3 y HClO_4 en relación 2:1. Posteriormente, se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica (EAA) (Rodríguez-Fuentes 2002; Manual de procedimientos analíticos para análisis de suelos y plantas, 2011).

6.2.3.2 Análisis de agua

*Nitrógeno: En el método Kjeldahl los compuestos nitrogenados de la muestra se descomponen con ácido sulfúrico concentrado en caliente, transformándose el nitrógeno de la mayoría de los grupos funcionales orgánicos en amonio. Cuando la descomposición se ha completado la disolución se enfría, se diluye y se alcaliniza con hidróxido de sodio concentrado. El amoniaco

liberado se destila y se adsorbe en una disolución de concentración conocida de ácido bórico. Los grupos amino y amido se convierten cuantitativamente a ión amonio (NMX-AA-026-SCFI-2010).

*Fósforo: Método ácido vanadomolibdofosfórico: En una disolución diluida de ortofosfatos, el molibdato de amonio reacciona en condiciones ácidas con el vanadato para formar un heteropoliácido, ácido vanadomolibdofosfórico. En la presencia de vanadio, se forma ácido vanadomolibdofosfórico de color amarillo. La longitud de onda a la cual la intensidad del color es medida depende de la detección requerida. La intensidad del color amarillo es directamente proporcional a la concentración de fosfato (NMX-AA-029-SCFI-2001).

*Potasio, Calcio y Magnesio: Para cuantificar los metales en su totalidad se deben liberar estos de las formas en las que se encuentren y pasarlos a su estado elemental. Se filtró la muestra y se acidificó con HNO_3 para ser analizada directamente por Emisión atómica en llama (fotometría de llama) (NMX-AA-051-SCFI-2001).

6.2.3.3 Cultivo de la orquídea en invernadero

Cinco plantas se trasplantaron en cinco recipientes transparentes con orificios en la parte inferior para el drenaje de agua, donde se colocó como sustrato una base de hojarasca con poco suelo directamente del hábitat de la planta (previamente pesado). Bajo estas condiciones las plantas se mantuvieron bajo invernadero durante un periodo de dos meses con el fin de que las plantas se aclimataran y se recuperaran de su trasplante.

6.2.3.3.1 Preparación del abono líquido fermentado

El abono se preparó utilizando frutas en descomposición (seleccionadas al azar y pesadas). Se molió la pulpa de las frutas (con un 10% de agua con respecto al peso total de la fruta), se reposó durante un mes (el compuesto fue agitado 2 o 3 veces al día para incrementar la actividad de las levaduras y así agilizar la fermentación), se separó el líquido fermentado de lo sólido de la fruta, se filtró y almacenó en un recipiente de plástico (abono concentrado). El tratamiento de aplicación del abono se hizo diluyendo el concentrado en una proporción 1:5 y otra 1:10 y se aplicó mediante aspersión foliar una vez cada 15 días y aplicación al sustrato una vez a la semana.

El diseño experimental consistió en dos tratamientos: un tratamiento con dos plantas abonadas con una proporción 1:5 (fermento: agua), otro tratamiento con dos plantas abonadas con una proporción 1:10 y un testigo regado con agua.

Las variables de respuesta que se evaluaron, como criterios para definir el efecto benéfico del abono líquido fermentado fueron: área foliar, largo de hoja, número de hojas, peso, largo,

ancho y grosor de pseudobulbo y finalmente, la biomasa peso fresco. Cada una de estas variables se evaluó cada 15 días durante 3 meses.

Finalmente, se recolecto biomasa fresca de raíz, pseudobulbo, hojas y eje floral para la cuantificación de los nutrimentos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en tejidos) por los métodos antes indicados. El abono orgánico fermentado también fue evaluado por los mismos métodos.

6.3 FASE DE GABINETE

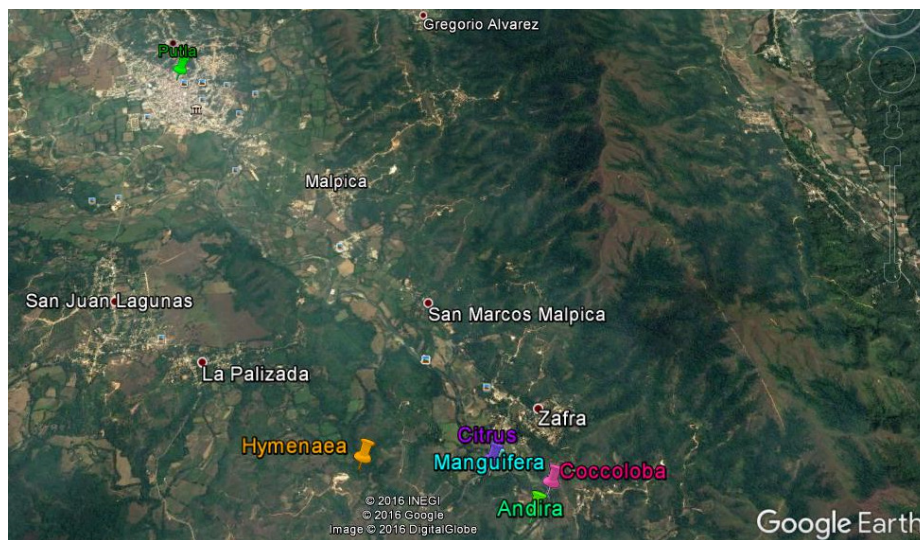
Se realizaron análisis estadísticos de ANOVA para ver las diferencias entre tratamientos y en los casos en donde se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, se aplicó una prueba a posteriori de Tukey y en los análisis de correlación se utilizó el coeficiente de Pearson usando un nivel de significancia de 0.01 y 0.05. El análisis estadístico de los datos se realizó con el Software SPSS vol. 24 y Statgraphics.

VII. RESULTADOS

7.1 Población de *Oncidium lelei*

Se realizaron muestreos de sustrato y tejido vegetal de la epífita *Oncidium lelei* en cinco forofitos de esta especie. Los muestreos se llevaron a cabo en el Rancho “La Margarita” a 6 kilómetros del Municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca aproximadamente (Figura 1) y se encontró a *Oncidium lelei* en su hábitat natural en los siguientes forofitos y georreferencias (Cuadro 1), teniendo entre ellos un micro hábitat diferente.

Figura 1.- Mapa de localización donde se muestra la localidad de Putla y los puntos de muestreo de cada forofito



Oncidium lelei es endémica de México, en el Municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, se tiene registro de la orquídea. En este estudio se registró por orden de importancia decreciente en: *Mangifera indica*, *Citrus sinensis*, *Coccoleba barbadensis*, *Andira inermis* e *Hymenaeae courbaril*.

Cuadro 1.- Área de distribución de *Oncidium lelei*, en el rancho “La Margarita”, Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

Forofito	Coordenadas	Altitud (m)	Microhábitat
<i>Mangifera indica</i>	16°58'49.07"N 97°53'38.44"O	734	Perturbado
<i>Citrus sinensis</i>	16°58'50.39"N 97°53'38.80"O	722	Perturbado
<i>Coccoleba barbadensis</i>	16°58'43.25"N 97°53'20.53"O	717	Ribereño
<i>Andira inermis</i>	16°58'34.85"N 97°53'26.56"O	711	Ribereño
<i>Hymenaeae courbaril</i>	16°58'51.10"N 97°54'19.60"O	740	Silvícola

7.2 Época y forofitos con mayor aporte de nutrimentos

Para el desarrollo de este trabajo se eligieron las dos épocas de muestreo: seca y húmeda. En la época de secas se registró la mayor concentración de nutrimentos en su microhábitat. En la Figura 2A se muestra que en el microhábitat de *Oncidium leleui* se encuentra el 63% de los nutrimentos durante la época de sequía, mientras que en el periodo de humedad se tiene el 37%. Por otra parte, cuando la planta fue cultivada como se ve en la Figura 2B, la proporción de nutrimentos fue ligeramente superior (28%) como resultado de las aplicaciones de abono liquido fermentado.

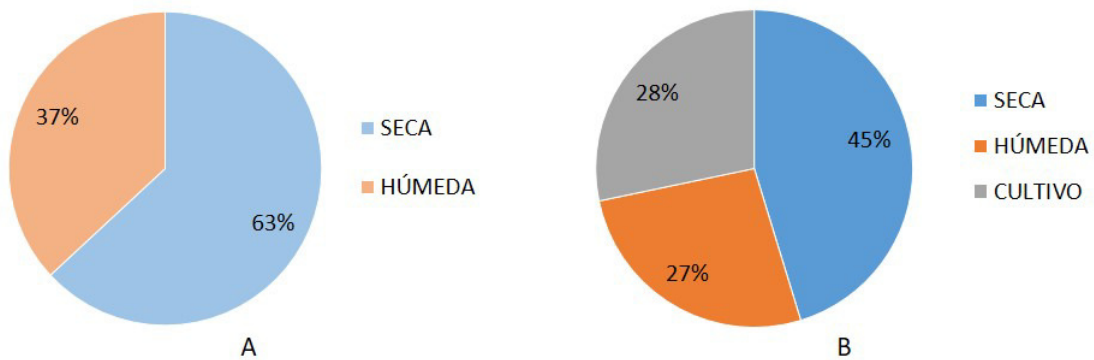


Figura 2.- Porcentaje de nutrimentos en las diferentes épocas y en los tratamientos del cultivo.

Como se muestra en la Figura 3 los forofitos con mayor aporte de nutrimentos (N, P, K, Mg y Ca) son *Coccoloba barbadensis* (16.85%), *Andira inermis* (16.30%), *Citrus sinensis* (15.46%). La diferencia en la cantidad de nutrimentos encontrada en el microhábitat que ofrece cada uno de los forofitos difiere poco entre sí.

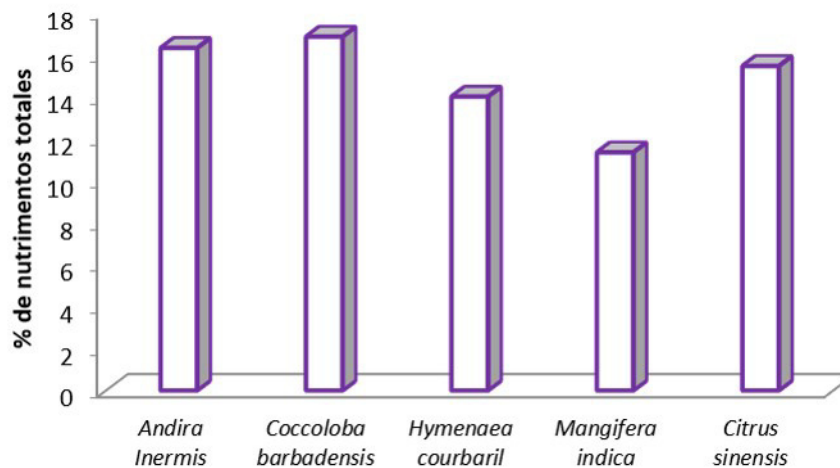
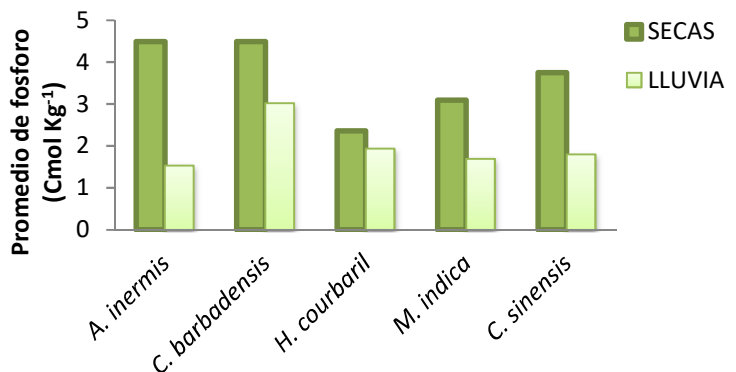
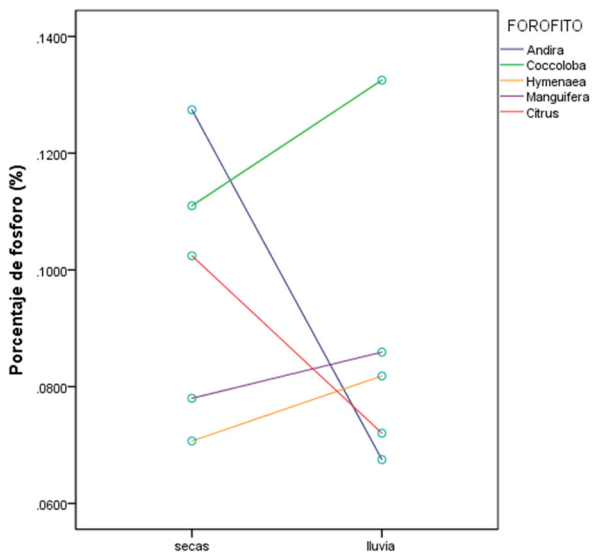
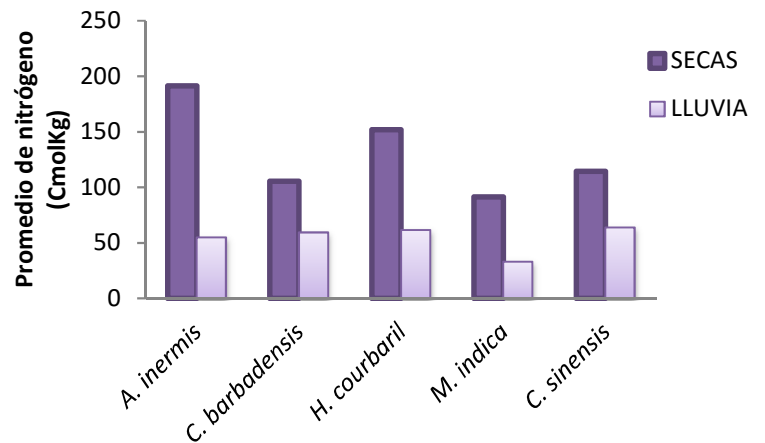
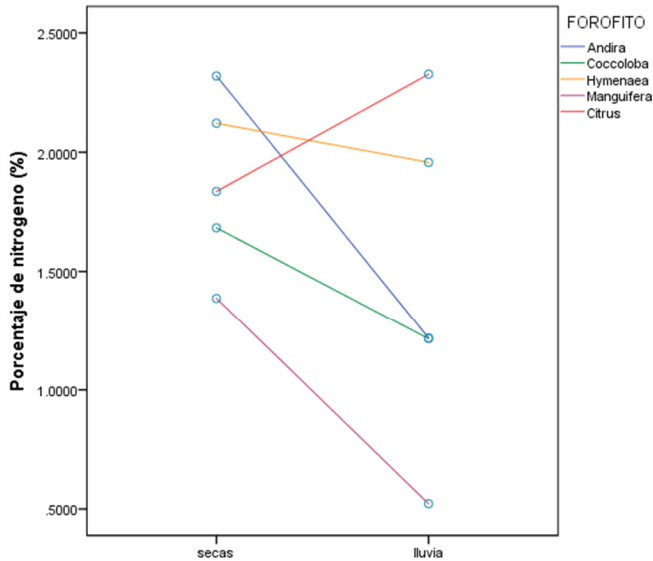


Figura 3.- Promedio del porcentaje de nutrimentos totales entre forofitos.

Los forofitos que ofrecen un menor contenido de nutrimentos para la especie en estudio son *Mangifera indica* e *Hymenaea curbaril*, con solo 11.34% y 13.9%, respectivamente, de la cantidad total de nutrimentos del hábitat.

Se compararon las medias marginales entre forofitos y épocas del año, con cada uno de los nutrimentos analizados. En la Figura 4 se puede observar el comportamiento de cada nutrimento en los forofitos de la especie en estudio, la comparación entre épocas es muy notoria, sin embargo, se observa que algunos forofitos como *Coccoloba barbadensis*, *Citrus sinensis* y *Andira inermis* son favorecidos en cualquier época. Para el nitrógeno y potasio el porcentaje más alto se encontró en *Citrus sinensis* (2.03%, 1.3% respectivamente) y para fósforo, magnesio y calcio las más altas cantidades se encontraron en *Coccoloba barbadensis* (0.1222%, 0.0630%, 11.5% respectivamente). Finalmente cabe señalar que *Mangifera indica* e *Hymenaea courbaril* son los forofitos de concentraciones más bajas.



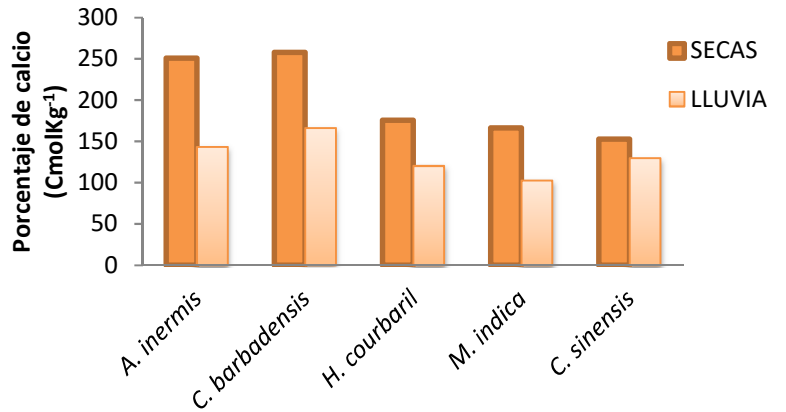
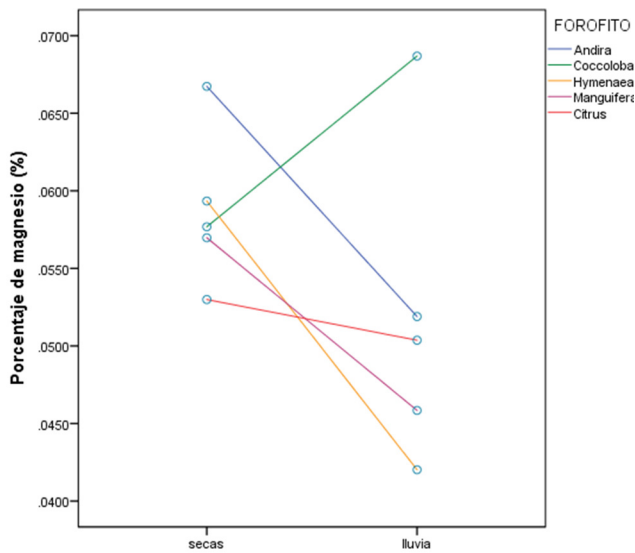
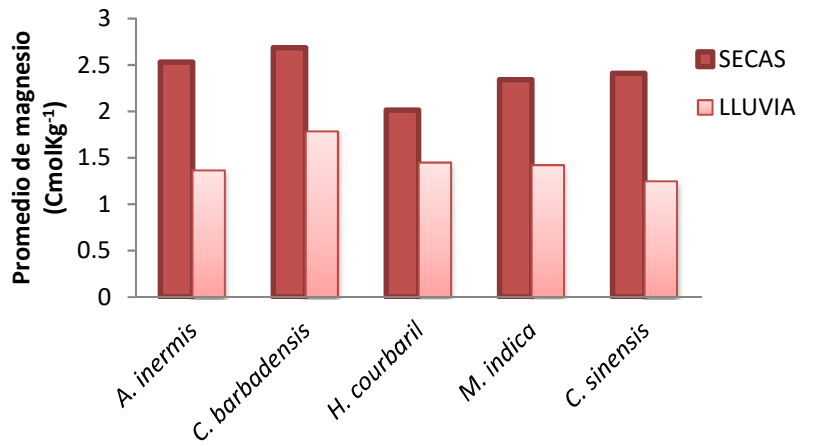
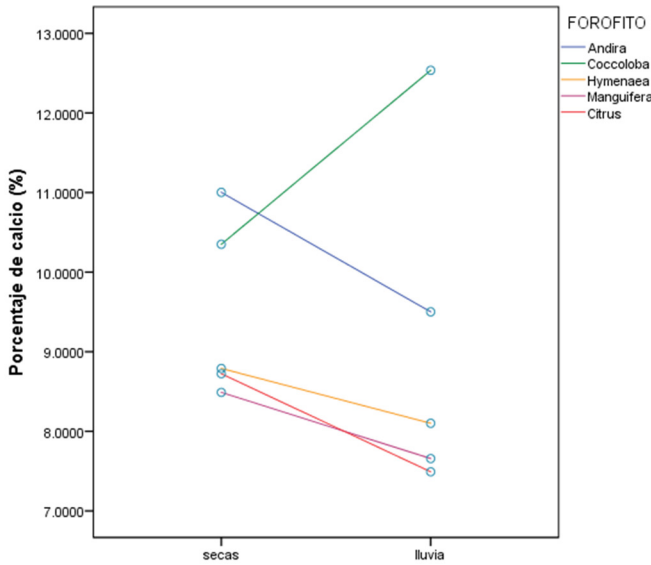
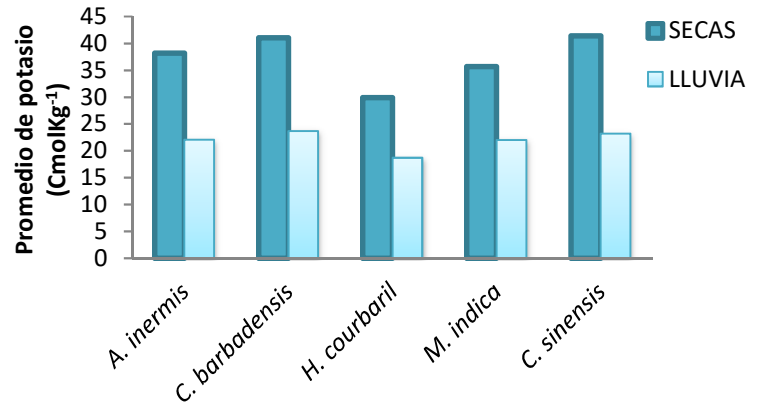
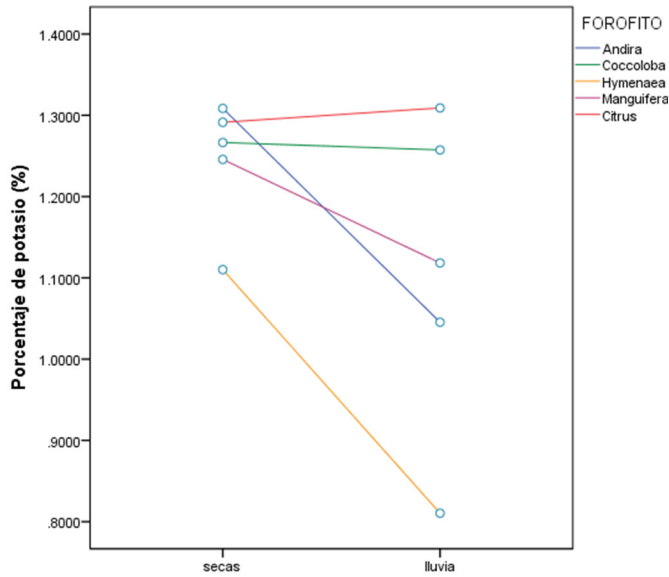


Figura 4.- Comparación de la concentración de los promedios de nutrientes en % de los diferentes forofitos muestreados en diferentes épocas.

7.3 Contenido de nutrimentos en sustrato

Se obtuvieron concentraciones de 5 nutrimentos (Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K⁺), Magnesio (Mg²⁺) y Calcio (Ca²⁺)) de las muestras compuestas de sustrato de cada uno de los forofitos muestreados *Andira inermis*, *Coccoloba barbadensis*, *Hymenaea courbaril*, *Mangifera indica* y *Citrus sinensis*. En el Cuadro 2 y 3 se muestran las concentraciones promedio y totales de cada nutrimento en cada época expresado en Cmol kg⁻¹ y su equivalencia en porcentaje.

Nitrógeno: se registró una concentración promedio mínima (114.39 Cmol kg⁻¹) durante la época de secas y una concentración promedio mayor en época húmeda (143.0 Cmol kg⁻¹). Se registró la concentración más alta en el sustrato de *Citrus sinensis* (258.5 Cmol kg⁻¹), por lo que, es el forofito que aporta mayor cantidad de nitrógeno. De acuerdo con el análisis estadístico se observan diferencias significativas entre forofitos (p. value=0.0000) y se realizó la prueba de rangos múltiples con Tukey; la cual, mostró que el contenido de nitrógeno no es estadísticamente diferente entre *Coccoloba barbadensis* y *Andira inermis* pero si entre el resto de forofitos.

Fósforo: se registró una baja concentración en época húmeda (2.04 Cmol kg⁻¹) y una mayor en época de secas (3.03 Cmol kg⁻¹). No se tienen diferencias significativas entre forofitos (p. value = 0.3556), sin embargo el forofito con mayor aporte de fósforo a la orquídea de estudio nuevamente es *Coccoloba barbadensis* (3.20 Cmol kg⁻¹).

Potasio: presenta una baja concentración en época húmeda (12.76 Cmol kg⁻¹) y una concentración mayor (29.67 Cmol kg⁻¹) en época de secas, sin embargo, no se tienen diferencias significativas entre forofitos (p. value= 0.8070). El forofito que brinda mayor

aporte de potasio es *Mangifera indica* (24.77 Cmol kg⁻¹).

Magnesio: La concentración de magnesio es de las menores entre todos los nutrimentos, se tiene baja concentración en la época húmeda (1.36 Cmol kg⁻¹) y una mayor en época de secas (2.76 Cmol kg⁻¹) y de acuerdo a la prueba estadística tampoco se tienen diferencias significativas entre forofitos (p. value= 0.7124). *Andira inermis* es el forofito que aporta mayor cantidad de magnesio (2.84 Cmol kg⁻¹) a *Oncidium leleui*.

Calcio: juega un papel muy importante en *Oncidium leleui* ya que es el nutrimento más abundante, en la época de secas, se tiene una concentración alta (292.63 Cmol kg⁻¹) y baja menor en época húmeda (286.08 Cmol kg⁻¹), sin embargo, como se observa en el cuadro 2 y 3, es más alto que el de los demás nutrimentos. Estadísticamente se observan diferencias significativas (p. value= 0.0006) y de acuerdo a la prueba de rangos múltiples

con Tukey nos muestra que *Coccoloba barbadensis* tiene una diferencia alta con respecto a los demás forofitos (393.13 Cmol kg⁻¹).

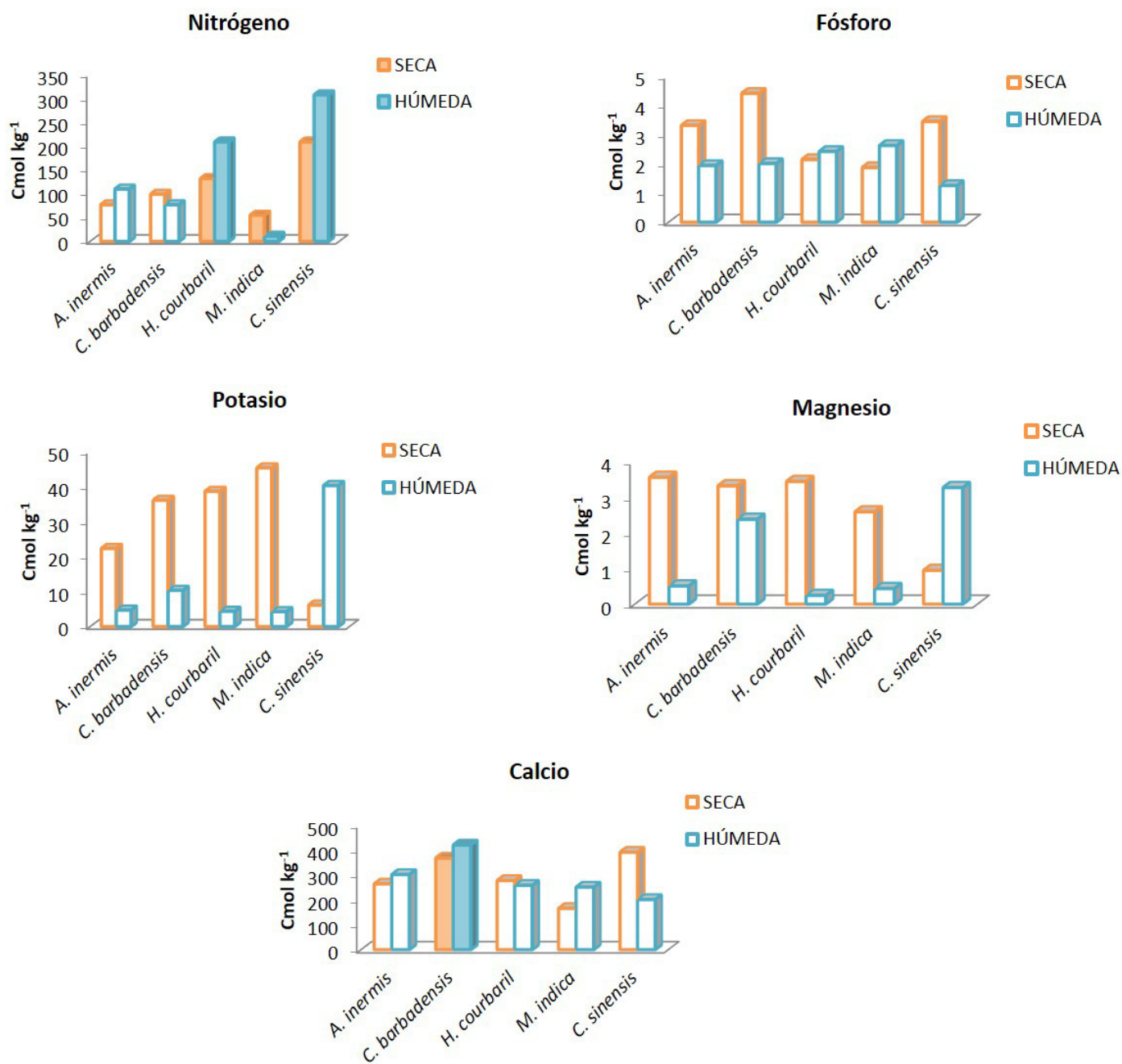


Figura 5.-Comparación nutrimental (Cmol kg⁻¹) entre épocas entre cada forofito y su representación significativa para sus diferencias en la prueba de Tukey en el sustrato.

Cuadro 3.-Concentración de nutrimentos (Cmol kg⁻¹ y equivalencia en porcentaje) en las muestras de sustrato de cada uno de los forofitos de *Oncidium lelei* muestreados y comparados por épocas.

Forofito	Nitrógeno				Fósforo				Potasio				Magnesio				Calcio						
	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda			
	Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%			Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%			
<i>Andira inermis</i>	77	110	1.078	1.54	3.311	1.94	0.102	0.060		22.292	4.69	0.871	0.183		3.55	0.506	0.086	0.012		263.50	301.24	10.561	12.07
<i>Coccoloba barbadensis</i>	99	77	1.386	1.078	4.40	2	0.136	0.062		36.047	10.317	1.40	0.403		3.313	2.375	0.080	0.057		367.04	419.75	14.711	16.82
<i>Hymenaea courbaril</i>	132	209	1.848	2.926	2.145	2.41	0.066	0.074		38.60	4.329	1.50	0.169		3.434	0.243	0.083	0.005		276.91	257.88	11.098	10.33
<i>Mangifera indica</i>	55	11	0.77	0.154	1.871	2.625	0.057	0.081		45.318	4.239	1.772	0.165		2.583	0.435	0.062	0.010		165.26	250.71	6.623	10
<i>Citrus sinensis</i>	209	308	2.926	4.312	3.44	1.254	0.106	0.038		6.134	40.267	0.239	1.574		0.94	3.262	0.022	0.079		390.43	200.81	15.648	8

Cuadro 2. Concentración promedio de nutrimentos (Cmol kg⁻¹) y en porcentaje en las muestras de sustrato comparados por época

Nitrógeno		Fósforo				Potasio				Magnesio				Calcio					
Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda	Época seca	Época húmeda
Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%	
115	143	1.60	2	3.03	2.04	0.09	0.06	29.67	12.76	1.16	0.49	2.76	1.36	0.06	0.03	292.63	286.08	11.72	11.46

Cuadro 4. Concentración total de nutrimentos (Cmol kg⁻¹ y en porcentaje) en las muestras de sustrato

Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Magnesio		Calcio	
Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%
128.69	1.80	2.54	0.078	21.22	0.82	2.06	0.050	289.35	11.59

7.4 Contenido de nutrimentos en materia orgánica y fracción mineral

No se encontraron muestras de materia orgánica en época húmeda, siendo así dividido en materia orgánica y fragmento mineral como componentes del sustrato, mostrándose las concentraciones totales y promedio en los Cuasros 5 y 6.

Respecto al nitrógeno, se tiene una mayor concentración promedio en la materia orgánica ($114.39 \text{ Cmol kg}^{-1}$) y una menor en el fragmento mineral ($68.19 \text{ Cmol kg}^{-1}$). De acuerdo al análisis estadístico se muestran diferencias significativas entre forofitos (p. valué= 0.0002) y con la prueba de rangos múltiples con Tukey observamos diferencias entre *Mangifera indica*, *Hymenaea courbaril*, *Andira inermis* y similitud entre los forofitos restantes. La primera especie de forofito mencionada es la que mayor aporte de componentes del sustrato brinda ($176.0 \text{ Cmol kg}^{-1}$).

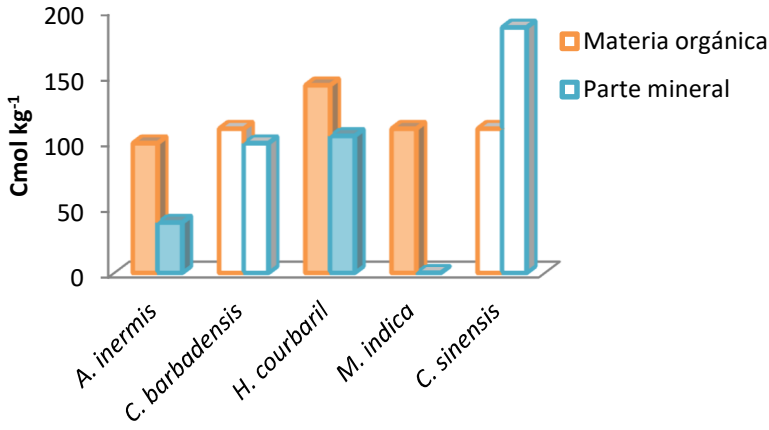
De acuerdo a las concentraciones de fósforo se tiene una cantidad promedio mayor en la materia orgánica ($1.75 \text{ Cmol kg}^{-1}$) y por debajo en el fragmento mineral ($0.70 \text{ Cmol kg}^{-1}$). Los resultados de la prueba estadística, indican que no existen diferencias significativas entre forofitos (p. valué= 0.0933) y que el forofito con mayor concentración y aporte de fósforo es *Andira inermis* ($2.15 \text{ Cmol kg}^{-1}$) con casi el doble en comparación con los demás forofitos.

Las concentraciones de potasio son mayores en promedio para la materia orgánica ($15.64 \text{ Cmol kg}^{-1}$) y menores en el fragmento mineral ($5.57 \text{ Cmol kg}^{-1}$), de acuerdo al análisis estadístico existen diferencias significativas entre forofitos (p. valué= 0.0001) y la prueba de rangos múltiples con Tukey muestra que *Andira inermis* difiere de los demás forofitos, mientras que entre los demás existe similitud, siendo éste el de mayor concentración promedio de potasio ($19.79 \text{ Cmol kg}^{-1}$) en los componentes del sustrato.

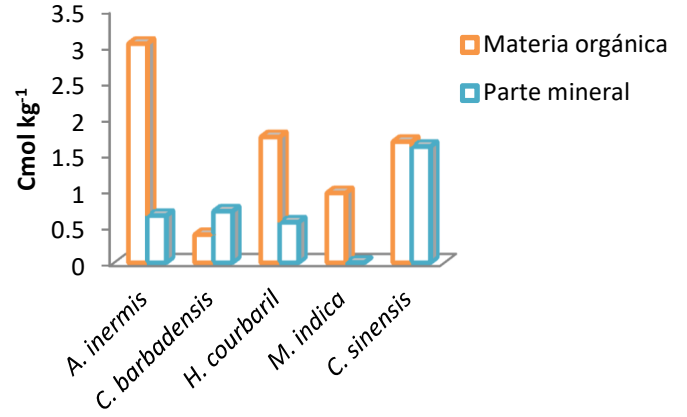
El magnesio lo encontramos con menor concentración promedio en la parte mineral ($0.71 \text{ Cmol kg}^{-1}$) y mayor en la materia orgánica ($2.61 \text{ Cmol kg}^{-1}$), respecto al análisis estadístico no encontramos diferencias significativas entre los forofitos (p. valué= 0.0805) con respecto al magnesio mostrado nula influencia entre forofitos. El forofito con mayor aporte nutrimental de este elemento es *Andira inermis* ($3.17 \text{ Cmol kg}^{-1}$),

Se muestran concentraciones altas para calcio en la materia orgánica ($369.91 \text{ Cmol kg}^{-1}$) y un promedio menor en parte mineral ($81.22 \text{ Cmol kg}^{-1}$), sin embargo, de acuerdo al análisis estadístico no se encuentran diferencias significativas (p. valué= 0.8480) entre forofitos y tenemos que *Andira inermis* es el forofito con mayor aporte de calcio en la materia orgánica ($284.67 \text{ Cmol kg}^{-1}$), por lo tanto el calcio en la materia orgánica tampoco influye en el contenido nutrimental entre forofitos.

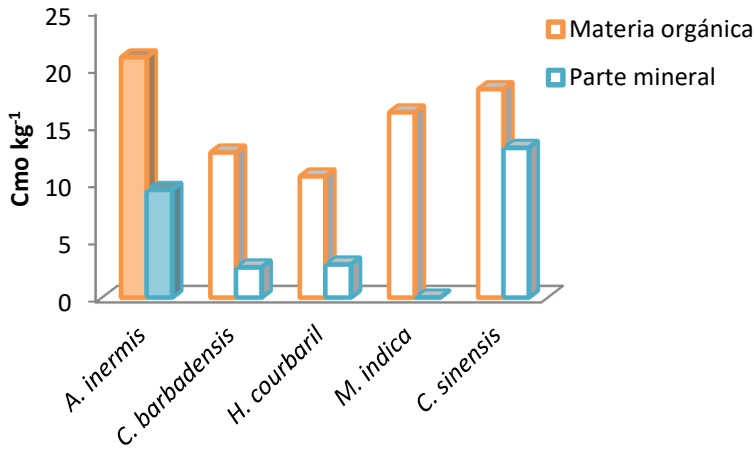
Nitrógeno



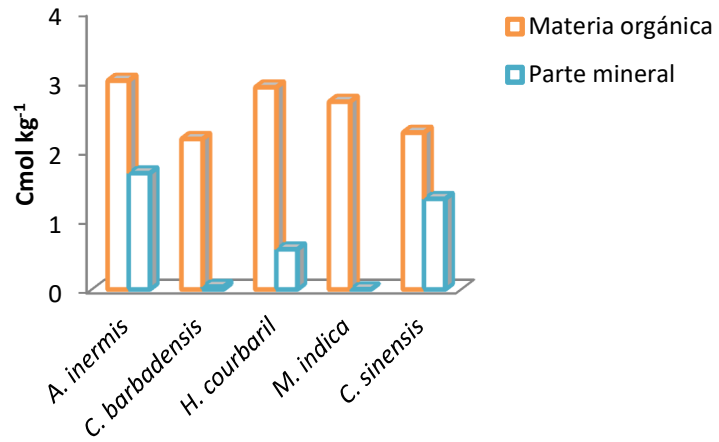
Fósforo



Potasio



Magnesio



Calcio

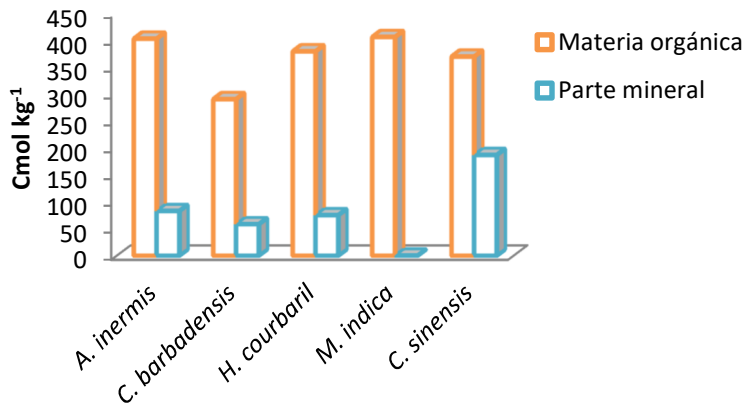


Figura 6.- Comparación nutricional (Cmol kg⁻¹) entre épocas entre cada forofo y su representación significativa para sus diferencias en la prueba de Tukey entre materia orgánica y parte mineral.

Cuadro 5. Concentración de nutrientes (Cmol kg⁻¹) y su equivalencia en porcentaje en las muestras de componentes del sustrato (materia orgánica y parte mineral) de cada uno de los forofitos muestreados.

Forofito	Nitrógeno				Fósforo				Potasio				Magnesio				Calcio			
	Materia orgánica	Parte min.	Mat. orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Mat. orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Mat. orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Mat. orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Mat. orgánica	Parte min.
	Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%	
<i>Andira inermis</i>	99	38.49	1.38	0.53	3.02	0.65	0.09	0.02	20.87	9.35	0.81	0.36	3.00	1.67	0.073	0.040	402.91	83.55	16.14	3.34
<i>Coccoloba barbadensis</i>	110	99	1.54	1.38	0.38	0.71	0.011	0.022	12.60	2.61	0.49	0.10	2.16	0.037	0.052	0.0009	291.26	58.77	11.67	2.35
<i>Hymenaea courbaril</i>	143	104.49	2	1.46	1.74	0.55	0.053	0.01	10.52	2.87	0.41	0.11	2.91	0.57	0.070	0.01	379.52	75.77	15.21	3.03
<i>Mangifera indica</i>	110	ND	1.54	ND	0.96	ND	0.029	ND	16.09	ND	0.62	ND	2.70	ND	0.065	ND	406	ND	16.27	ND
<i>Citrus sinensis</i>	110	187	1.54	2.61	1.67	1.60	0.051	0.04	18.11	13	0.70	0.50	2.25	1.30	0.054	0.031	369.85	188	14.82	7.53

Cuadro 6. Concentración promedio de nutrientes (Cmol kg⁻¹) y su equivalencia en porcentaje en las muestras de componentes del sustrato (materia orgánica y parte mineral) de cada uno de los forofitos muestreados

Nitrógeno				Fósforo				Potasio				Magnesio				Calcio			
Materia orgánica	Parte min.	Mat. orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Mat. orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.	Materia orgánica	Parte min.
Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%		Cmol kg ⁻¹		%	
115	85.79	1.60	1.50	1.55	0.70	0.048	0.027	15.64	5.57	0.611	0.272	2.61	0.71	0.063	0.021	369.91	81.22	14.82	4.06

Cuadro 7. Concentración total de nutrientes (Cmol kg⁻¹) y su equivalencia en porcentaje en las muestras de componentes del sustrato (materia orgánica y parte mineral) de cada uno de los forofitos muestreados.

Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Magnesio		Calcio	
Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%
100.39	1.55	1.125	0.0375	10.60	0.44	1.66	0.042	225.56	9.44

7.5 Contenido de nutrimentos en tejido vegetal

En los órganos de las plantas se almacenan algunos de los nutrimentos y cada elemento es usado de acuerdo a la funcionalidad del mismo. En la Figura 7 se observa que la hoja es el órgano que almacena la mayoría de nutrimentos de la planta (3.30 %) seguido del pseudobulbo (2.61 %) y la raíz (1.49 %). Los niveles más bajos se encontraron en las flores y el eje floral (1.23 % y 0.62 % respectivamente).

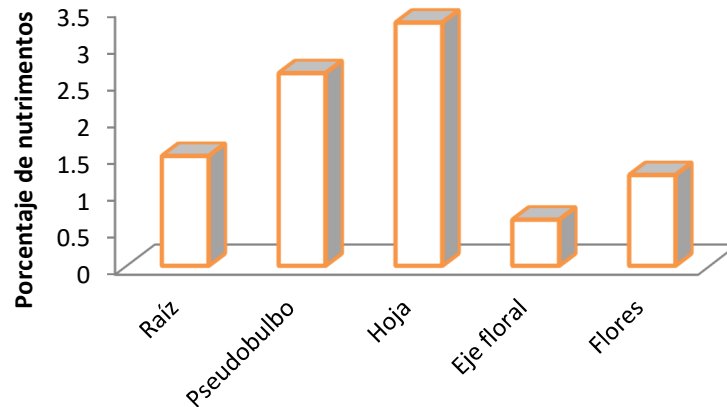


Figura 7.- Órganos de la planta y sus concentraciones expresadas en porcentaje.

El comportamiento de cada órgano de *Oncidium leleui* se muestra en la Figura 8, de tal modo que la hoja muestra mayor concentración en todos los forofitos con un porcentaje arriba de 3%, sin embargo, las flores son el órgano que varía más dependiendo del forofito, en *C. barbadensis* tenemos 3.8 %, mientras que en *H. courbaril* tenemos 0.8 %. Tanto la hoja como el pseudobulbo y la raíz, tiene el porcentaje más bajo en *M. indica* (2.9%, 2 % y 1 % respectivamente).

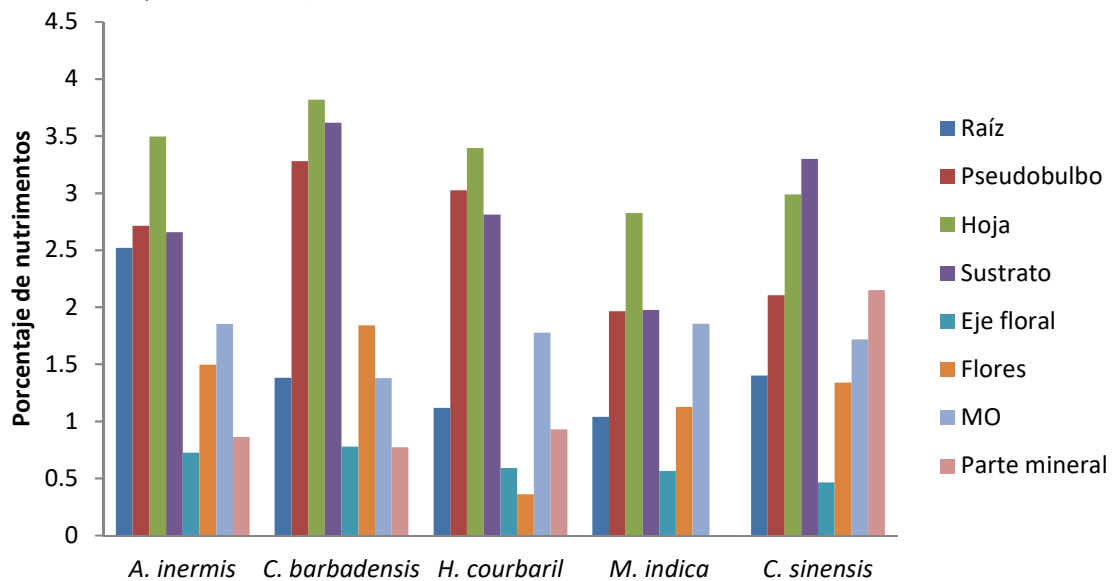


Figura 8.- Comparación por forofito de concentración de nutrimentos en cada órgano.

En muestras de hojas se tienen concentraciones altas en la época húmeda (239.10 Cmol kg⁻¹) y más bajas en época de secas (236.78 Cmol kg⁻¹). De acuerdo a los análisis estadísticos en los nutrimentos nitrógeno (N), fósforo (P) y magnesio (Mg²⁺) no se tienen diferencias significativas (p. valúe= 0.4118, 0.1130, 0.0940 respectivamente), sin embargo, en calcio (Ca²⁺) y potasio (K⁺) existen diferencias significativas y se aplicó la prueba de rangos múltiples con Tukey (p. valúe= 0.0000 y 0.0145 respectivamente), encontrando para calcio diferencias en todos los forofitos y para potasio sólo difiere *Andira inermis*. Los forofitos brindan mayor aporte de nutrimentos a las hojas de la orquídea en estudio son *C. barbadensis* (fósforo 5.21 Cmol kg⁻¹, magnesio 3.99 Cmol kg⁻¹ y calcio 382.5 Cmol kg⁻¹), *A. inermis* (nitrógeno 104.5 Cmol kg⁻¹) y *C. sinensis* (potasio 56.89 Cmol kg⁻¹).

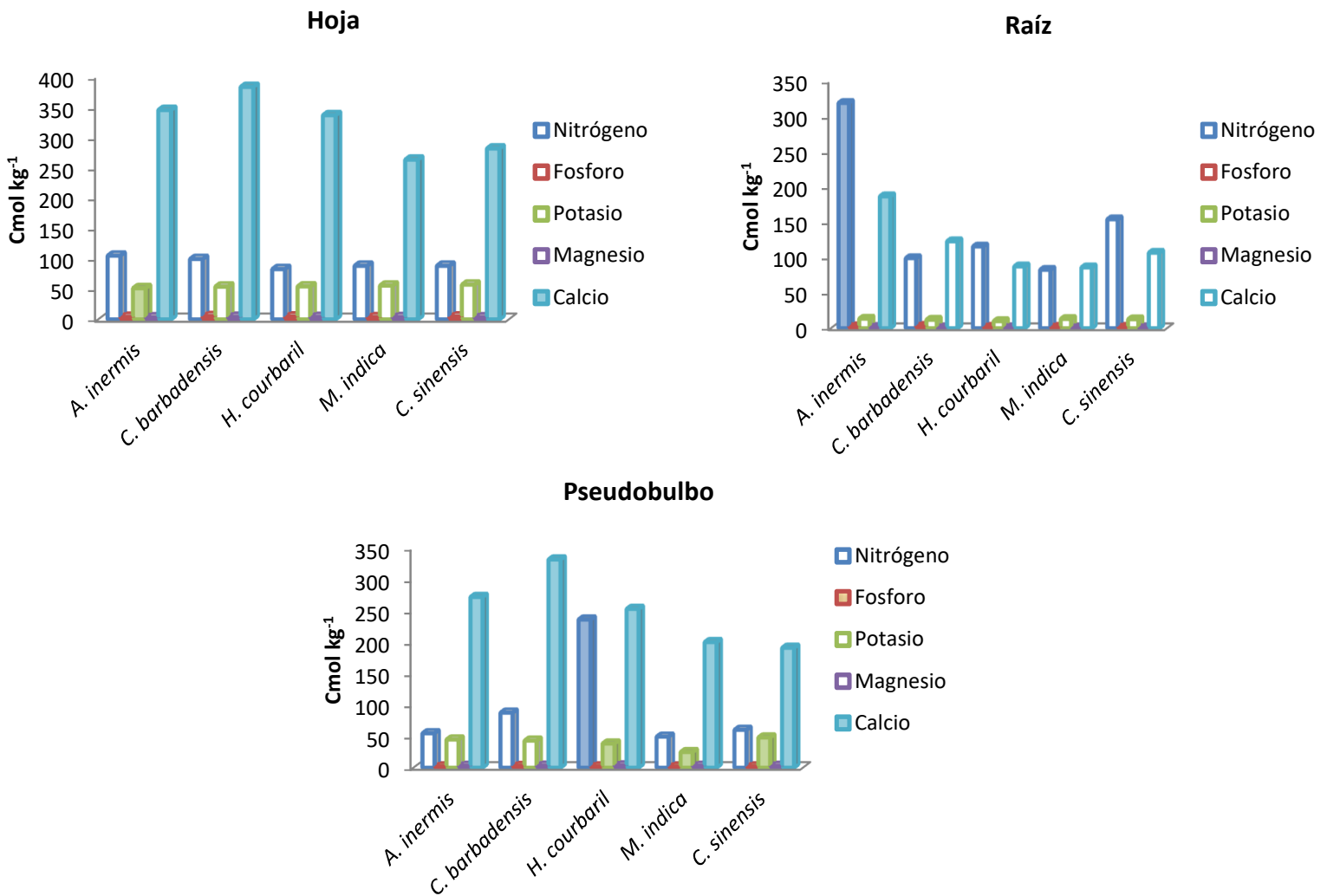
Respecto al pseudobulbo, en época de secas se tiene una concentración mayor (207.70 Cmol kg⁻¹) y menor en época húmeda (185.03 Cmol kg⁻¹), al realizar el análisis estadístico se encontró que en el fósforo y magnesio no tienen diferencias significativas (p. valúe= 0.4267 y 0.6673 respectivamente). En nitrógeno, potasio y calcio, por el contrario, se tienen diferencias (p. valúe= 0.0008, 0.0063, 0.0000, respectivamente) y aplicando la prueba de Tukey encontramos que *H. courbaril* difiere de todos los forofitos respecto al nitrógeno, esta misma especie de forofito junto con *M. indica* y *C. sinensis* difieren entre sí respecto al potasio y todos los forofitos difieren en el calcio. Los forofitos más representativos de acuerdo a los nutrimentos son *C. barbadensis* (calcio 331.97 Cmol kg⁻¹ y fósforo 2.61 Cmol kg⁻¹), *H. courbaril* (nitrógeno 236.3 Cmol kg⁻¹ y magnesio 3.54 Cmol kg⁻¹) y *C. sinensis* (potasio 48.21 Cmol kg⁻¹).

Con base en los cálculos obtenidos para las raíces, resulta una concentración alta en la época de secas (180.70 Cmol kg⁻¹) y una baja en época húmeda (106.78 Cmol kg⁻¹), se realizó el análisis estadístico encontrando que en fósforo, potasio y magnesio no tiene diferencias significativas (p. valúe= 0.3925, 0.7455 y 0.6972 respectivamente) y al aplicar la prueba de Tukey se encontró que *A. inermis* difiere de los demás forofitos con respecto al nitrógeno y calcio (p. valúe= 0.0008 y 0.0004 respectivamente) siendo el resto iguales entre ellos. Los forofitos con mayor aporte de nutrimentos a la raíz son *A. inermis* (nitrógeno 319 Cmol kg⁻¹, calcio 186.20 Cmol kg⁻¹ y magnesio 1.76 Cmol kg⁻¹), *M. indica* (potasio 13.05 Cmol kg⁻¹) y *C. barbadensis* (fósforo 3.21 Cmol kg⁻¹).

En cuanto al eje floral, solo se determinó en la época de secas (107.25 Cmol kg⁻¹) debido a que la planta florea anualmente en febrero, en cuanto al análisis estadístico se tienen diferencias significativas en todos los nutrimentos (p.value= 0.0000 nitrógeno, potasio, calcio, 0.0014 fósforo) excepto en magnesio (p. valúe= 0.3910) y aplicando la prueba de Tukey se encontró que todos los forofitos son diferentes entre sí para el nitrógeno y calcio, *H. courbaril* y *M. indica* difieren del resto de forofitos para el fósforo y potasio, respectivamente. Los forofitos que tienen mayor concentración de nutrimentos

en el eje floral son *H. courbaril* (nitrógeno 154 Cmol kg⁻¹ y fósforo 5.33 Cmol kg⁻¹), *C. barbadensis* (calcio 131.89 Cmol kg⁻¹ y magnesio 2.55 Cmol kg⁻¹) y *M. indica* (potasio 40.73 Cmol kg⁻¹).

Para las flores sólo fue determinada en su época de floración (205.14 Cmol kg⁻¹) y de acuerdo al análisis estadístico se tiene diferencias significativas en todos los nutrientes (p. valué=0.0000 para nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y p. valué= 0.0057 para magnesio). Aplicando la prueba de Tukey encontramos que todos los forofitos son diferentes entre sí para nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. Con respecto al magnesio, sólo *H. courbaril* difiere de todos los forofitos, este forofito es el más bajo en cuanto a concentraciones nutrimentales en las flores. Los forofitos más apropiados para la floración de la orquídea en estudio son *C. barbadensis* (10.41 Cmol kg⁻¹ fósforo, 78.14 Cmol kg⁻¹ potasio, 3.63 Cmol kg⁻¹ magnesio y 314.11 Cmol kg⁻¹ para calcio) y *C. sinensis* (209 Cmol kg⁻¹ nitrógeno).



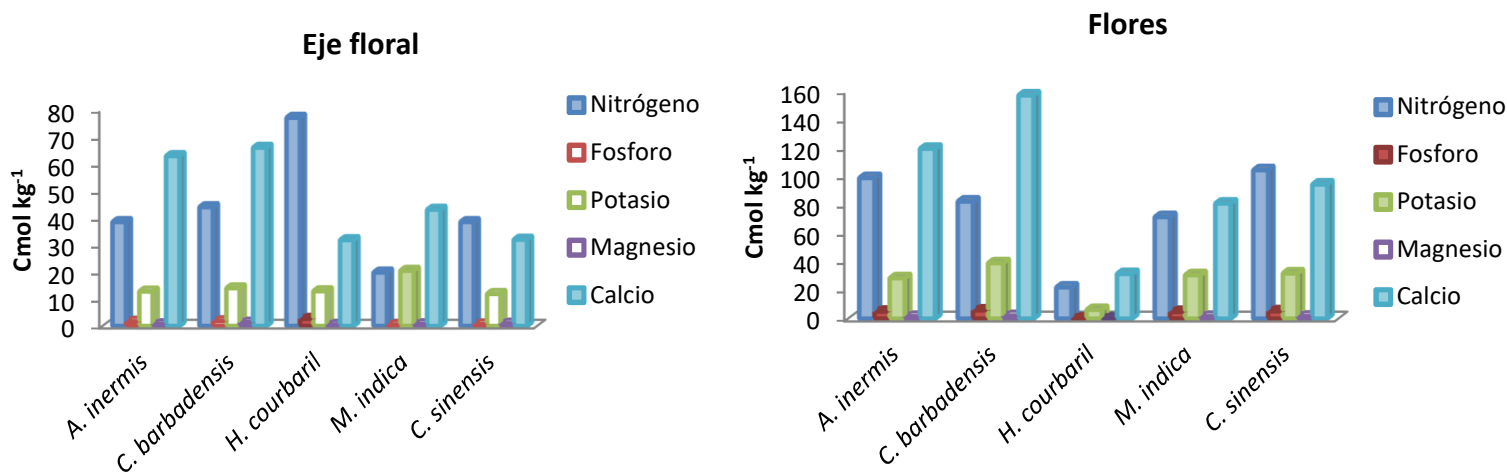


Figura 9.- Comparación nutrimental (Cmol kg⁻¹) entre forofitos para cada órgano vegetal y su representación significativa para sus diferencias en la prueba de Tukey en cada nutrimento.

La Figura 9 muestra las diferencias significativas de acuerdo a las pruebas estadísticas en cada uno de los órganos de *Oncidium lelei* y el forofito con mayor representación en cada órgano vegetal y nutrimento.

7.6 Relación cultivo y hábitat natural

En el cultivo se tuvieron 5 tratamientos, 2 concentraciones diferentes (1:10 y 1:05) y un testigo, las cuales de acuerdo al análisis estadístico muestran diferencias significativas entre tratamientos (p . value=0000) y de acuerdo a la prueba de Tukey todos difieren entre sí. El tratamiento 1:10 es el de mayor concentración y el testigo el de menor (122.74 Cmol kg⁻¹ y 98.22 Cmol kg⁻¹ respectivamente). Como se observa en el Cuadro 8, se tiene que el nitrógeno y calcio difieren de los demás nutrimentos en el cultivo y son los que presentan mayor concentración en el tejido vegetal de las orquídeas cultivadas (305.15 Cmol kg⁻¹ y 249.63 Cmol kg⁻¹ respectivamente). Sin embargo, se observa que se tienen concentraciones nutrimentales más altas que en el hábitat natural de *O. lelei* y el nitrógeno es el nutrimento que favorece al cultivo ya que presenta la mayor concentración.

Cuadro 8.- Comparación nutrimental (Cmol kg⁻¹) en tejido vegetal del cultivo donde se muestra en rojo los órganos de mejor recepción de abono y cuales nutrimentos son los más representativos.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio	Calcio
Raíz	461.99	2.042	0.0291	2.284	132.51
Pseudobulbo	197.99	5.353	3.463	3.356	276.47
Hoja	256.49	1.729	6.851	3.392	339.91
Sustrato	439.99	1.750	0	2.617	230.13

El sustrato arrojó diferencias significativas entre los nutrientes (p. valúe=0000) y una concentración alta en el nitrógeno y calcio (440 Cmol kg^{-1} y $230.13 \text{ Cmol kg}^{-1}$ respectivamente), sin embargo, no se encontró una concentración positiva de potasio.

En cuanto al tejido vegetal de los tratamientos del cultivo de *O. leleui*, se registró que el pseudobulbo presenta la menor concentración, mientras que la hoja y la raíz tienen una mayor cantidad.

En el Cuadro 9, se comparan los promedios entre el hábitat natural de *O. leleui* y el cultivo experimental con la aplicación del abono, lo cual arroja resultados positivos y mayores para las plantas cultivadas.

Cuadro 9.- Comparación entre total en hábitat natural y cultivo de acuerdo a las concentraciones de los órganos.

Cultivo	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Magnesio		Calcio	
	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%	Cmol kg ⁻¹	%
TEJIDO VEGETAL										
Promedio hábitat	92.74	1.29	2.81	0.084	29.59	1.15	1.92	0.046	166.61	6.67
Promedio Cultivo	305.49	4.27	3.04	0.094	3.44	0.13	3.01	0.073	249.63	2.91
SUSTRATO										
Promedio hábitat	128.69	1.80	2.54	0.078	21.22	0.82	2.06	0.050	289.35	11.59
Promedio cultivo	439.99	6.16	1.75	0.054	6.85	ND	2.61	9.22	230.13	3.10

En la Figura 10 y Figura 11, podemos observar una comparación entre los porcentajes de nutrientes por órgano de acuerdo al hábitat natural y a los tratamientos del cultivo.

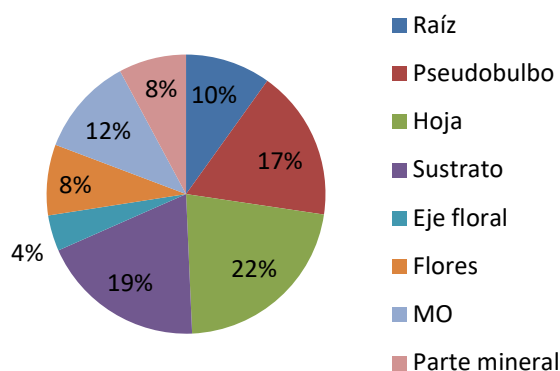


Figura 10.- Porcentaje de nutrientes los órganos de *Oncidium leleui* en hábitat natural

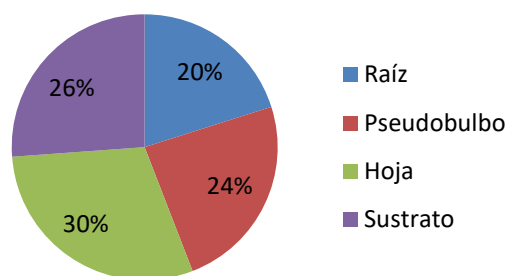


Figura 11.- Porcentaje de nutrientes los órganos de *Oncidium leleui* de los tratamientos del cultivo

La Figura 12 muestra que la hoja tiene el mayor porcentaje con un 22%, seguido del sustrato con 19%, pseudobulbo con 17% y raíz con el 10%, en comparación con la Figura 3 de acuerdo con los tratamientos del cultivo, donde las concentraciones son diferentes para cada órgano. La mayor cantidad se registró en la hoja con 30%, el sustrato con 26%, pseudobulbo con 24% y la raíz con 20%. Los resultados son más altos en los tratamientos con abono y la cantidad va de acuerdo al modo de suministro del abono.

Entre los tratamientos utilizados en este proyecto tenemos en la Figura 12 que el 36% respondió al tratamiento de abono a 1:10 con mayor porcentaje en comparación con los demás, seguido del tratamiento 1:05 con 33% y un 31% de testigo.

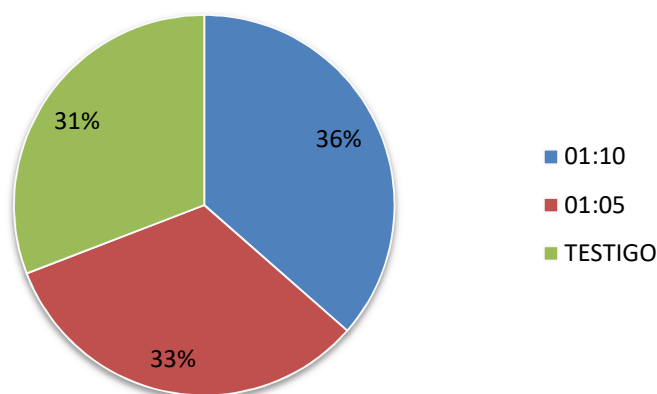


Figura 12.- Porcentaje de nutrimentos en cada uno de los tratamientos experimentales para las concentraciones aplicadas de abono orgánico.

7.7 Escurrimiento fustal en el hábitat natural

Se realizó el análisis nutrimental en el agua de escurrimiento fustal de cada forofito y del agua de lluvia; sin embargo, en esta última no fue detectado ningún nutrimento en las pruebas de gabinete, como se muestra en el Cuadro 10 y se hizo una comparación porcentual entre nutrimentos mostrando el porcentaje de estos en cada forofito (Figura 13).

Para el nitrógeno se encontraron diferencias significativas (p . valué=0.0000) y de acuerdo a la prueba de Tukey todos los forofitos difieren entre sí, de la corteza de *C. barbadensis* se disuelve una mayor concentración (302.02 ppm) de nitrógeno en el agua de escurrimiento fustal.

De acuerdo con las pruebas estadísticas para fósforo todos los forofitos difieren entre sí (p . valué=0.0000) y aplicando la prueba de Tukey observamos que solo *H.*

courbaril y *C. sinensis* no presentan diferencias entre sí, para este nutrimento, *C. barbadensis* aportó la mayor concentración (363.78 ppm).

Las pruebas en potasio arrojan diferencias significativas entre forofitos (p. valué=0.0000) y de acuerdo a Tukey, *M. indica* muestra nula homogeneidad con los demás forofitos, sin embargo es de la que mayor concentración de potasio (12.7 ppm) se disuelve en el agua de escurrimiento fustal.

Magnesio es el nutrimento con menor representación en el agua de escurrimiento fustal. Los forofitos presentan diferencias significativas (p. valué=0.0002) y de acuerdo a la prueba de Tukey solo *H. courbaril* difiere de los demás, esta es la especie de la que se disuelve una menor concentración de magnesio en el agua de escurrimiento fustal, se encontró que *M. indica* aporta la mayor concentración (7.83 ppm).

Las pruebas para calcio muestran diferencias significativas entre forofitos (p. valué=0.0000) y de acuerdo a las prueba de Tukey solo *A. inermis* y *C. sinensis* presentan similitud entre ellos. El forofito con la concentración más alta es *C. barbadensis* con 66.12 ppm.

Cuadro 10.- Representación en partes por millón y porcentaje de la concentración nutrimental en el agua de escurrimiento fustal y en el agua de lluvia la cual no se detectó en ninguna prueba de gabinete.

	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Magnesio		Calcio	
	Ppm	%	Ppm	%	Ppm	%	Ppm	%	Ppm	%
<i>Andira inermis</i>	246.90	0.0246	311.97	0.03119	8.2	0.00081	7.0204	0.0007	34.87	0.003
<i>Coccoloba barbadensis</i>	302.02	0.0302	363.78	0.066	6.7	0.00067	4.9127	0.00049	66.12	0.006
<i>Hymenaea courbaril</i>	238.68	0.0238	150.70	0.0150	5.2	0.00052	1.8273	0.00018	43.78	0.004
<i>Mangifera indica</i>	260.96	0.0260	243.82	0.024	12.7	0.00127	7.8306	0.00078	25.34	0.002
<i>Citrus sinensis</i>	105.14	0.0105	200.45	0.020	3.6	0.00036	5.6348	0.00056	36.25	0.003
Agua de lluvia	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

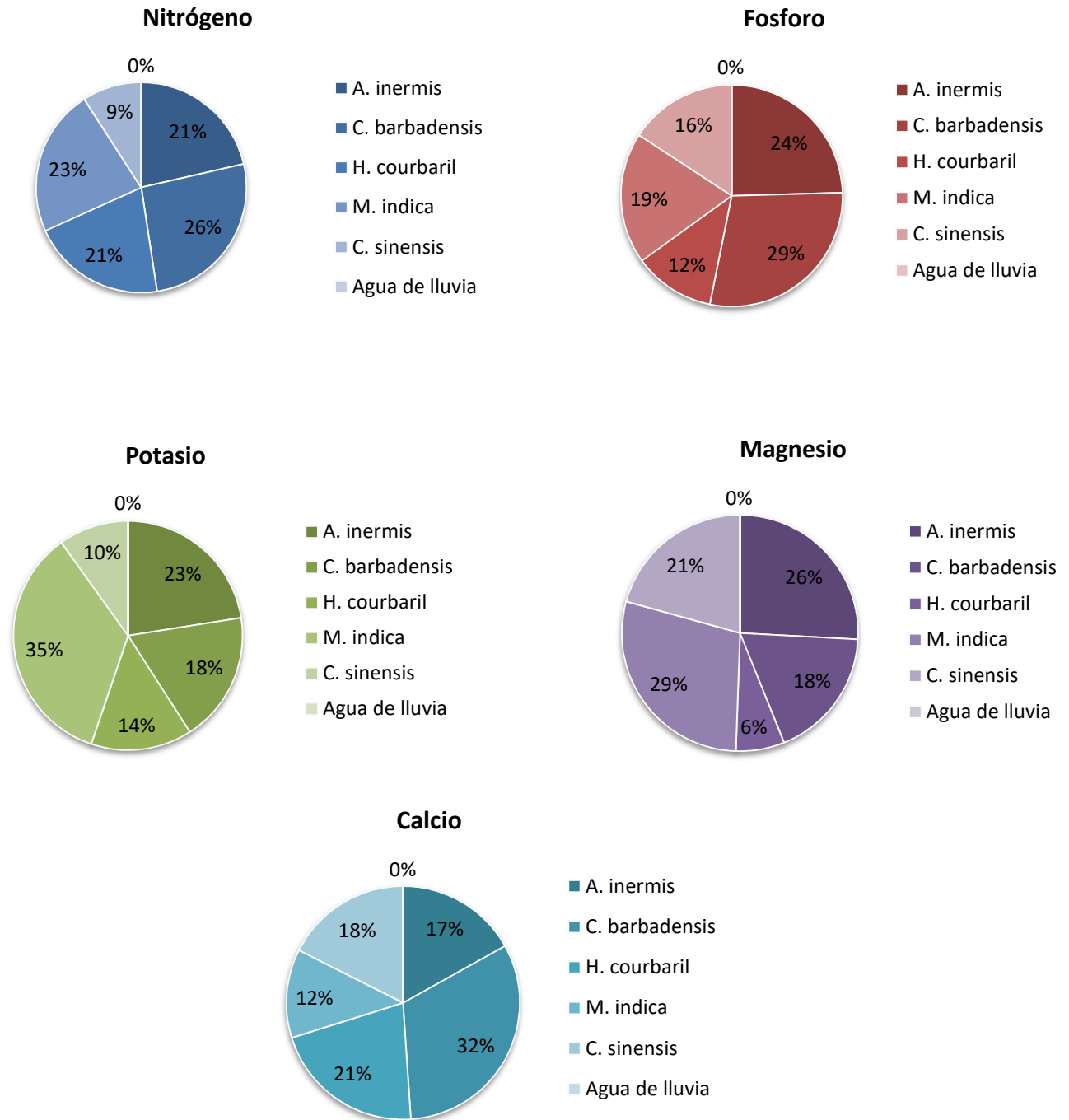


Figura 13.- Porcentaje de cada nutrimento en el agua de escurrimiento fustal en cada uno de los forficitos.

7.7.1 CORRELACIONES

7.7.1.1 Sustrato, componentes del sustrato y tejido vegetal.

En el Cuadro 11 se muestran las correlaciones entre sustrato, materia orgánica, parte mineral y tejido vegetal. De acuerdo con la prueba estadística de coeficiente de correlación de Pearson, en rojo se muestran las correlaciones con mayor nivel de significancia ya sea con el 0.01 o menor con el 0.05. Se encontró una correlación positiva de la raíz con la parte mineral, sustrato, pseudobulbo y hoja a un nivel de significancia de 0.01 y con la materia orgánica, eje floral y flores a un nivel de significancia de 0.05, es decir, se correlaciona con todos los órganos pero con uno tiene una correlación más fuerte.

El pseudobulbo presenta correlación con la hoja, el sustrato y la materia orgánica (0.01), la hoja con el sustrato y la parte mineral, el eje floral con las flores y la materia orgánica y el sustrato con la parte mineral, además de las correlaciones ya antes mencionadas entre los demás órganos.

Cuadro 11.- Correlaciones entre tejido vegetal, sustrato y componentes del sustrato

		Raíz	Pseudobulbo	Hoja	Eje floral	Flores	Sustrato	Materia orgánica	Parte mineral
Raíz	Correlación de Pearson	1	.909**	.888**	.751*	.749*	.917**	.763*	.941**
	Sig. (bilateral)		.000	.001	.012	.013	.000	.010	.000
Pseudobulbo	Correlación de Pearson	.909**	1	.997**	.590	.602	.991**	.656*	.951**
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.072	.066	.000	.039	.000
Hoja	Correlación de Pearson	.888**	.997**	1	.582	.596	.991**	.654*	.943**
	Sig. (bilateral)	.001	.000		.077	.069	.000	.040	.000
Eje floral	Correlación de Pearson	.751*	.590	.582	1	.999**	.586	.951**	.548
	Sig. (bilateral)	.012	.072	.077		.000	.075	.000	.101
Flores	Correlación de Pearson	.749*	.602	.596	.999**	1	.599	.964**	.558
	Sig. (bilateral)	.013	.066	.069	.000		.067	.000	.094
Sustrato	Correlación de Pearson	.917**	.991**	.991**	.586	.599	1	.659*	.971**
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.075	.067		.038	.000
Materia orgánica	Correlación de Pearson	.763*	.656*	.654*	.951**	.964**	.659*	1	.621
	Sig. (bilateral)								

	Sig. (bilateral)	.010	.039	.040	.000	.000	.038		.055
Parte mineral	Correlación de Pearson	.941**	.951**	.943**	.548	.558	.971**	.621	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.101	.094	.000	.055	

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

7.7.1.2 Sustrato-Tejido vegetal

En el Cuadro 12 se muestran las correlaciones entre sustrato y cada órgano vegetal de *O. leleui*, se observa que las correlaciones son fuertes y casi todas con un nivel de significancia de 0.01, exceptuando la correlación raíz con el eje floral y las flores con un nivel de significancia 0.05 (coeficiente r de Pearson= 0.751 y 0.749 respectivamente); es decir que el sustrato se relaciona con todos los órganos y entre pseudobulbo con eje floral y flores no existe relación, teniendo el mismo caso para hoja.

Cuadro 12.- Correlaciones entre sustrato y tejido vegetal

		Sustrato	Raíz	Pseudobulbo	Hoja	Eje floral	Flores
Sustrato	Correlación de Pearson	1	.939**	.924**	.922**	.816**	.830**
	Sig. (bilateral)		.000	.000	.000	.004	.003
Raíz	Correlación de Pearson	.939**	1	.909**	.888**	.751*	.749*
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.001	.012	.013
Pseudobulbo	Correlación de Pearson	.924**	.909**	1	.997**	.590	.602
	Sig. (bilateral)	.000	.000		.000	.072	.066
Hoja	Correlación de Pearson	.922**	.888**	.997**	1	.582	.596
	Sig. (bilateral)	.000	.001	.000		.077	.069
Eje floral	Correlación de Pearson	.816**	.751*	.590	.582	1	.999**
	Sig. (bilateral)	.004	.012	.072	.077		.000
Flores	Correlación de Pearson	.830**	.749*	.602	.596	.999**	1
	Sig. (bilateral)	.003	.013	.066	.069	.000	

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

7.7.1.3 Materia orgánica- tejido vegetal

Para el Cuadro 13 se correlacionó la materia orgánica con cada órgano vegetal y resulto que hay bajas correlaciones (nivel de 0.05) entre la materia orgánica con raíz, pseudobulbo, hoja y alta para eje floral y flores (0.01).

Cuadro 13.- Correlaciones entre materia orgánica y tejido vegetal

		Raíz	Pseudobulbo	Hoja	Eje floral	Flores	Materia orgánica
Raíz	Correlación de Pearson	1	.909**	.888**	.751*	.749*	.763*
	Sig. (bilateral)		.000	.001	.012	.013	.010
Pseudobulbo	Correlación de Pearson	.909**	1	.997**	.590	.602	.656*
	Sig. (bilateral)	.000		.000	.072	.066	.039
Hoja	Correlación de Pearson	.888**	.997**	1	.582	.596	.654*
	Sig. (bilateral)	.001	.000		.077	.069	.040
Eje floral	Correlación de Pearson	.751*	.590	.582	1	.999**	.951**
	Sig. (bilateral)	.012	.072	.077		.000	.000
Flores	Correlación de Pearson	.749*	.602	.596	.999**	1	.964**
	Sig. (bilateral)	.013	.066	.069	.000		.000
Materia orgánica	Correlación de Pearson	.763*	.656*	.654*	.951**	.964**	1
	Sig. (bilateral)	.010	.039	.040	.000	.000	

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

7.7.1.4 Abono orgánico- tejido vegetal

El cuadro 14 muestra las pruebas de correlación del coeficiente de Pearson entre los órganos vegetales del cultivo y el abono orgánico aplicado, donde nos muestra una correlación perfecta entre el abono y el sustrato del cultivo (1.000 de correlación y 0.01 de nivel de significancia). El pseudobulbo se encuentra altamente relacionado con la hoja (0.999), el abono con la raíz (Coeficiente r de correlación de Pearson= 0.977) y el sustrato con la raíz ($r= 0.0972$) todos con un nivel de significancia de 0.01.

Cuadro 14.- Correlaciones entre el abono orgánico y el tejido vegetal del hábitat natural de *Oncidium leleui*

		Cultivo				
		Raíz	Pseudobulbo	Hoja	Sustrato	Abono
Raíz	Correlación de Pearson	1	.669	.693	.972**	.977**
	Sig. (bilateral)		.216	.194	.006	.004
Pseudobulbo	Correlación de Pearson	.669	1	.999**	.826	.812
	Sig. (bilateral)	.216		.000	.085	.095
Hoja	Correlación de Pearson	.693	.999**	1	.844	.830
	Sig. (bilateral)	.194	.000		.073	.082
Sustrato	Correlación de Pearson	.972**	.826	.844	1	1.000**
	Sig. (bilateral)	.006	.085	.073		.000
Abono	Correlación de Pearson	.977**	.812	.830	1.000**	1
	Sig. (bilateral)	.004	.095	.082	.000	

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

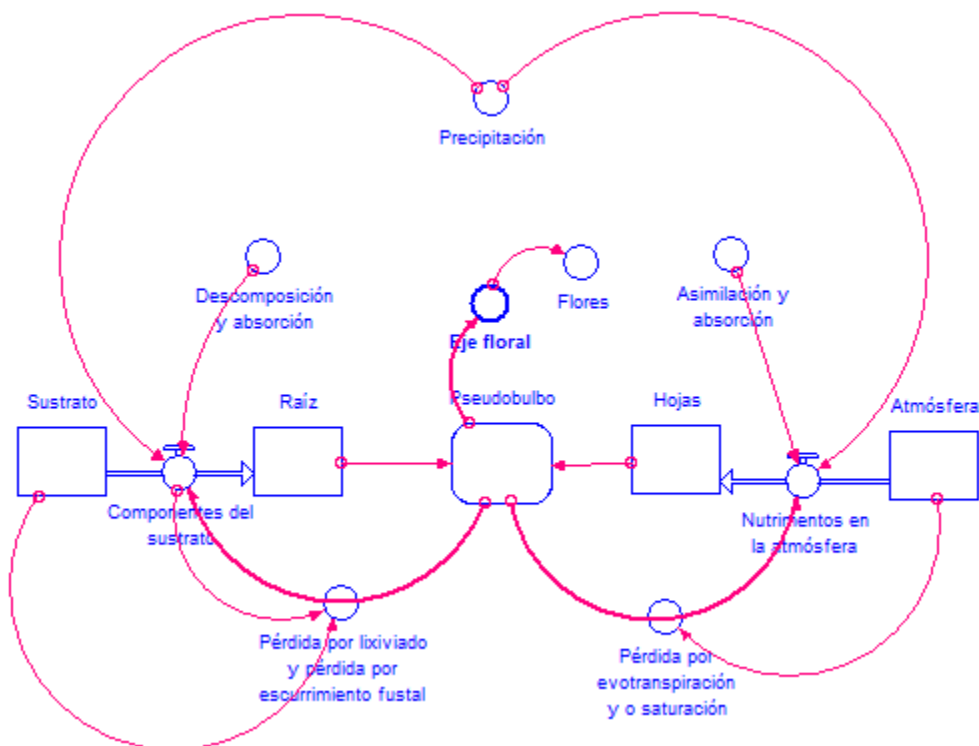
VIII. DINAMICA DE NUTRIMENTOS

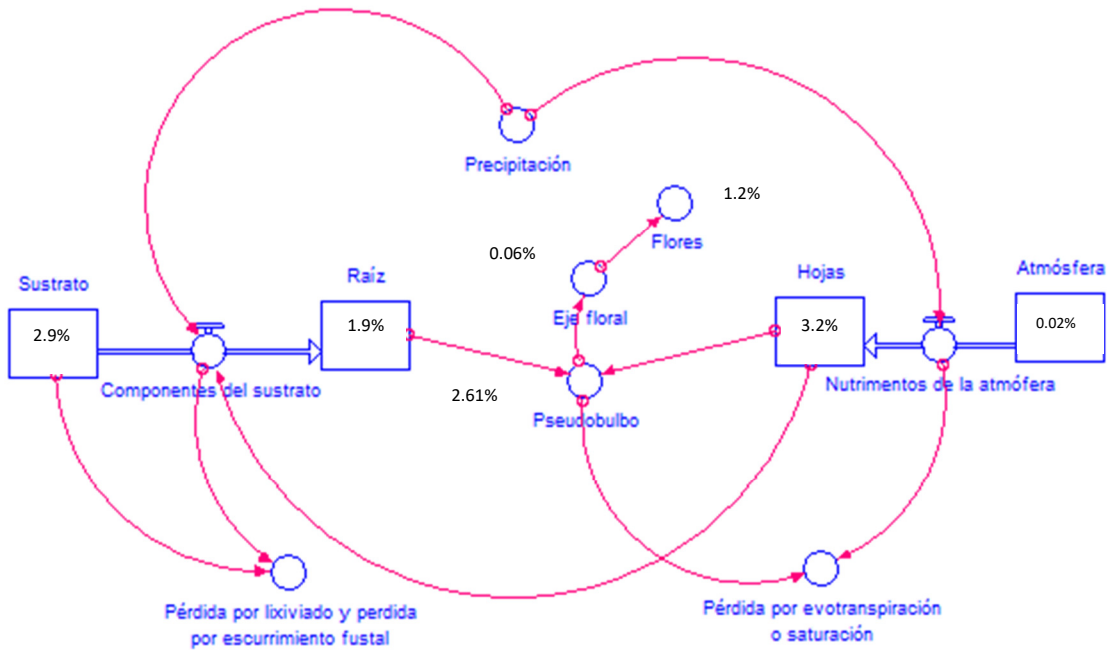
El ecosistema se encuentra en una dinámica de flujo de nutrientes y microclima, dado que en las matas se guarda grandes montos de agua que no solo provee de humedad para el microsistema biológico, sino que tiene influencia en el balance de agua del bosque. El sotobosque incrementa la capacidad del bosque para la captura y retención de carbono y minerales, cooperando con el intercambio y ciclo de nutrientes del bosque, además de su efecto significativo sobre el microclima del sotobosque debido a que modera los extremos de temperatura y humedad atmosférica, reduciendo las tasas de desecación, esto es influenciado sobre todo por las plantas. En la figura 14, se muestra una dinámica del hábitat de *Oncidium leleui*, se observa cómo la precipitación lleva algunos nutrientes al sustrato, los cuales junto con el agua escurren hacia la raíz de la planta proporcionando algunas opciones: el arrastre de componentes del sustrato que pueden quedar acumulados entre el forofito y la raíz, lo cual llevará posteriormente a su descomposición y absorción de nutrientes por parte de *O. leleui* y/o puede arrastrar los componentes del sustrato, de manera que caigan y no se obtenga ningún beneficio, además de que se lleve a cabo la lixiviación de algunos nutrientes ya en proceso de absorción.

Por otra parte se tiene absorción de nutrientes por parte de la atmósfera, estos son tomados por las hojas, los cuales también tienen algunos riesgos: se puede tener pérdida por evapotranspiración o si el sistema se encuentra saturado, la absorción será nula.

Los estomas de las hojas abren para absorber los nutrientes disponibles atmosféricamente para después concentrarse en el pseudobulbo, de la misma manera la raíz absorbe tales nutrientes ya en su forma asimilable y los lleva al órgano de almacenamiento: el pseudobulbo. Este órgano recibe y distribuye por toda la planta los nutrientes asimilados por medio del xilema y floema, esto se lleva a cabo en ciclos, es decir, así como entran los nutrientes abastece a los órganos y estos mismos lo abastecen a él, es importante mencionar que también puede tener saturación de agua y/o nutrientes que afectan a la dinámica interna de nutrientes.

Figura 14. Modelo en Stella de la dinámica de nutrientes en el hábitat natural de *Oncidium leleui*





N=0.6%
P=0.04%
K=0.5%
Mg=0.01%
Ca=1.88%

Nutrientes eje floral

N=1.06%
P=0.12%
K=1.06%
Mg=0.02%
Ca=3.87%

Nutrientes flores

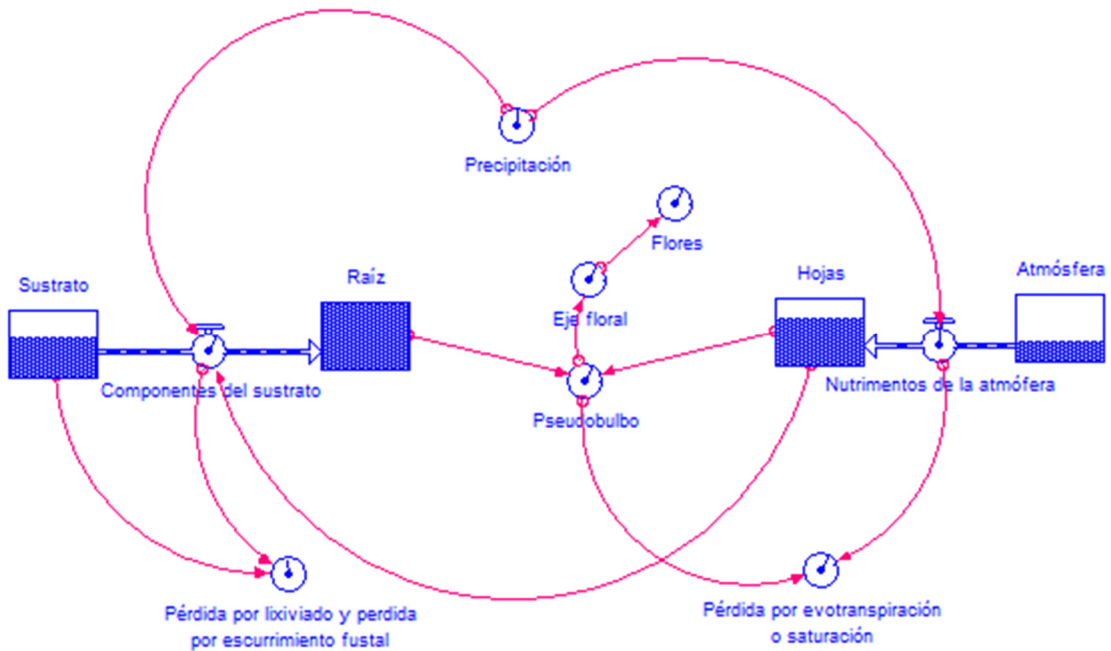
Nutrientes sustrato
N=1.80 %
P=0.07%
K=0.82%
Mg=0.05%
Ca=11.59%

Nutrientes raíz
N=2.15%
P=0.07%
K=0.47%
Mg=0.02%
Ca=4.72

Nutrientes pseudobulbo
N=1.37%
P=0.05%
K=1.56%
Mg=0.07%
Ca=10%

Nutrientes hojas
N=1.29%
P=0.13%
K=2.11%
Mg=0.08%
Ca=12.8%

Nutrientes agua
N=0.02%
P=0.03%
K=0.02%
Mg=0.02%
Ca=0.01%



IX. DISCUSION

Se describió como una nueva especie a *Oncidium lelei* en 1990, ya que esta especie fue confundida anteriormente con *O. satum* Lindl y *O. sphacelatum* Lind describiéndola como un nuevo taxón por Jiménez & Soto Arenas.

Las poblaciones de *Oncidium lelei* se encuentran distribuidas a lo largo de la vertiente pacífica mexicana, desde Sinaloa hasta Oaxaca. En el estado de Oaxaca fue registrada en Pochutla, Mpio. Pluma Hidalgo en un encinar sobre un forofito de *Ceiba* (López-Ferrari *et al.*, 1988), a 5 km al noreste de Chacalapa en una selva riparia con *Homalium* (Sousa *et al.*, 1990), en San Cristobal Mixtepec en un árbol junto al Río Rana (Paul y Vivian, 1989) y en Putla Villa de Guerrero únicamente fue registrada a 500 m del entronque de la carretera de Putla-Pinotepa Nacional, al Sasteadero por Solano (1988), donde fue registrada como escasa en cafetales sobre *Lafoensia puniceifolia*. Esta última ubicación se encuentra aproximadamente a 3 kilómetros en línea recta de nuestra zona de muestreo. Se observó que la especie se ha ido distribuyendo a lo largo del municipio, quizá por el cambio de uso de suelo adaptándose a distintos tipos de hábitat. En este estudio se le encontró en *Coccoloba barbadensis* un forofito que mencionan Paul y Vivian Catling en 1989, y que también reporta Solano (1988) en zonas cafetaleras junto al Río La Purificación. No se encontró en ninguno de los forofitos registrados por los demás autores.

Oncidium lelei se registra por primera vez sobre los forofitos en estudio. *Coccoloba barbadensis* árbol de hasta 18 m de alto y DAP de hasta 60 cm, le aporta cantidades mayores de nutrimentos (Figura 3) en comparación con los demás forofitos registrados en el presente trabajo. Este forofito se caracteriza por tener el tronco corto y recto, abundantes ramas ascendentes y luego colgantes, copa redondeada y muy densa, con una corteza externa escamosa a ligeramente fisurada, grosor de la corteza de 10 a 12 mm (Pennington y Sarukhán, 2005) lo cual, favorece el establecimiento y desarrollo de la orquídea en estudio. Este forofito con frecuencia forma parte de la vegetación ribereña, condición que favorece la acumulación de nutrimentos al ser depositados a través del aire y agua como los nitratos, amoníaco, azufre y algunas otras sales que son aportadas frecuentemente por vapor de agua o a través de la lluvia, el cloro en las brisas y el calcio en forma de polvo.

El siguiente forofito con mayor aporte de nutrimentos es *Andira inermis* otra especie encontrada en un ambiente ribereño, lo cual confirma que *O. lelei* tiene una tendencia por microhábitats de humedad relativamente alta y vías de aporte de nutrimentos, es decir, al estar en un ambiente ribereño se tiene asegurado corrientes de aire húmedo, además el forofito se alimenta directamente del agua del río que también proporciona una gran cantidad de nutrimentos (nutrición constante) junto con la absorción atmosférica que la orquídea realiza y la absorción de mayor cantidad de luz por encontrarse en un fragmento de selva abierto. Es sabido que cuando la luz no es limitante, puede utilizarse parte del exceso de poder reductor para reducir los nutrimentos en los cloroplastos, de modo que si la asimilación se lleva a cabo en los órganos fotosintéticos, el costo puede llegar a ser prácticamente despreciable (Poorter, 1994). La diversidad florística que los árboles remanentes del bosque retienen, son comunidades ricas de

epífitas sobre sus ramas y troncos (Williams-Linera *et al.*, 1995), que se explican por las condiciones anteriormente señaladas.

Por otro lado tenemos que *Mangifera indica* es una de las especies con menor aporte de nutrimentos, este es el forofito menos preferido y conveniente para *O. leleui*, esta especie de forofito fue encontrada en medio de un fragmento de selva montañoso, cerrado y con un nivel alto de competencia entre especies estando muy cerca entre sí, obstruyendo el paso de luz, agua y por lo tanto nutrimentos entre ellas mismas. Este estudio demuestra que este tipo de ambientes no favorecen el aporte de nutrimentos para *O. leleui* y quizá para otras epífitas, por tanto no favorece su reproducción establecimiento y desarrollo. De acuerdo con lo expuesto por Borchert (1983), al trabajar con especies arbóreas en el trópico, es necesario considerar que su comportamiento es más complejo, debido a la continua relación entre estructura del árbol, desarrollo vegetativo y floración. Son aspectos importantes la posición de las diferentes ramas en la copa del árbol, la repetición cíclica del crecimiento vegetativo y reproductivo, así como el control del desarrollo floral y la propagación de epífitas, aconteciendo lo mismo con *Hymenaea courbaril* y *Citrus sinensis*.

Respecto a las épocas muestreadas se tiene que en época seca, *Oncidium leleui* presenta mayor concentración de nutrimentos, ya que al no captar nutrimentos por parte de la lluvia, la planta administra de mejor manera sus reservas. Los nutrimentos que puede llegar a absorber con ayuda de las bacterias y/o de forma mineral, se retienen en sus órganos de reserva y se distribuyen. En cambio, en época húmeda tenemos lixiviación de nutrimentos y en ocasiones, nula absorción de estos por saturación, pues el agua que llega a una epífita es una fusión de factores como la precipitación local, la lluvia y la niebla interceptada por el follaje, la lluvia que se escurre por las ramas y el tronco, y la morfología del árbol mismo (Frahm y Gradstein, 1990). A nivel de hospedero, la variabilidad es impresionante, Knops, Nash y Schlesinger en 1996, resaltaron la acción que ejercen las epífitas en la intercepción del agua por parte del bosque y en el papel que tienen estas en la dinámica de nutrimentos dentro del ecosistema.

Veneklaas (1990) en observaciones realizadas en Colombia, dentro de bosques localizados en dos altitudes (2.250m y 3.370m), encontró que los valores de interceptación variaron entre el 12% y 18%, que se explican por la presencia de epífitas que modifican las condiciones del almacenamiento en la parte aérea de la planta y a las características de la lluvia.

El agua también puede ser absorbida por las raíces y salir posteriormente de la planta por transpiración (Imbach *et al.*, 1989). En términos generales, la modificación en las proporciones de agua interceptada por la vegetación origina cambios en las relaciones en el balance hídrico, especialmente en los volúmenes del agua de escorrentía, de infiltración y en la cantidad almacenada en el suelo (Jaramillo y Chaves, 1998).

Cabe mencionar que más que la cantidad absoluta de lluvia, la contribución relativa de distintas fuentes de precipitación parece ser uno de los factores que más influye en la abundancia de epífitas. Los tejidos de la mayoría de las epífitas se saturan muy rápido (apenas unos minutos de haber comenzado la lluvia), el resto del agua simplemente se escurre. De manera que es muy

posible que la niebla, más que la lluvia misma, juegue un papel preponderante en la distribución y la riqueza de la flora epífita (Bush y Beach, 1995). Se ha observado que la precipitación tiende a ser más nutritiva y concentrada durante la época seca que en períodos húmedos; el mayor volumen de lluvia en la estación húmeda disminuye su influencia de fertilidad en la comunidad vegetal de epifitas, siendo el resultado obtenido en los muestreos.

8.1. Contenido de nutrimentos en el sustrato y en los componentes del sustrato

Las epifitas crecen en condiciones tan diversas como las que ofrece el mismo suelo del bosque (Zots y Andrade 2002), incluso más diversas. Sequías pronunciadas, fuertes vientos, escasez de nutrimentos, irradiación intensa, alelopatía y una lucha constante con la gravedad, son algunas de las perturbaciones que estas plantas deben enfrentar. A esto hay que sumarle la poca uniformidad espacial que muestra su sustrato, mucho menos apto para la germinación que el suelo (Frahm y Gradstein, 1991). Para responder estas restricciones las epifitas recurren a una enorme diversidad morfológica, ecológica y fisiológica (Zots y Andrade, 2002).

En el presente trabajo, se encontró variación en la concentración de nutrimentos en el sustrato y en los componentes del sustrato para cada forofito, las concentraciones más altas son para los nutrimentos nitrógeno y calcio en ambos casos, siendo *C. barbadensis* en sustrato y *A. inermis* en los componentes del sustrato lo de mayor representación, debido a su corteza que permite la acumulación de gran cantidad de materia orgánica y mineral, además de un almacén de nutrimentos que se liberan poco a poco y van formando un depósito de recursos disponibles para la orquídea. Otros elementos que resultan particularmente importantes son la presencia de material orgánico suficiente en las ramas o troncos que permitirá el establecimiento, nutrición y/o enrizamiento de las epifitas (Frahm y Gradstein, 1990).

Así mismo, al ser la fracción foliar la mayor proporción de la hojarasca en las selvas tropicales (hasta alrededor de un 68%, según Álvarez-Sánchez y Guevara 1993), se favorece notablemente el crecimiento y reproducción de los hongos y las bacterias, los cuáles ayudan a su vez, a un mayor transporte, dispersión y asimilación de nutrimentos, aunado de diversos integrantes de la meso y macrofauna quienes también diseminan sus propágulos al fragmentar las hojas (Lavelle *et al.*, 1993) y liberar los nutrimentos. Por ejemplo, en una selva tropical de los Tuxtlas, Veracruz, se observó que las hojas de *Nectandra ambigens* y *Pseudolmedia oxyphyllaria* tuvieron una concentración más baja de Mg, K, Ca y P y una mayor concentración de metabolitos secundarios (Osuna y Pérez- Amador, datos no publicados), mientras que la concentración de macronutrientes y metabolitos primarios fue más alta en *Ficus yoponensis* y *Poulsenia armata* (Álvarez-Sánchez y Becerra, 1996). Estos patrones de descomposición de hojarasca coinciden con los patrones espaciotemporales de producción y acumulación de hojarasca en el suelo, distribuyéndose la hojarasca de *Nectandra* y *Pseudolmedia* con mayor amplitud y extensión a través del suelo de la selva, y la de *Ficus* y *Poulsenia* únicamente en la sombra debajo de la copa de

los árboles. De ésta forma, éstas últimas especies contribuyen menos al acervo de detritos en el suelo al disminuir la acumulación de los mismos por la alta descomposición, lo cual puede alterar no sólo la colonización en esos sitios sino también los procesos a nivel del ecosistema como la dinámica de la materia orgánica (Russell y Vitousek, 1997). Por otro lado, *N. ambigens* y *P. oxyphyllaria* al acumular más detritos debido a su más lenta descomposición influyen (de acuerdo a Russell y Vitousek, 1997) en la profundidad con la que pueden enraizar las plantas, en la capacidad de acumulación de agua del suelo y en la capacidad de almacenaje de nutrimentos del ecosistema, lo cual, ocurre con *A. inermis* que tienen una mayor producción de hojarasca y una gran dispersión de esta, casi diferente en *Citrus sinensis* que se encuentran más reducidos en cuanto a la producción y dispersión; cabe mencionar que *Mangifera indica* tiene ausencia de parte mineral (analizado como componente del sustrato, donde también entra la materia orgánica), lo cual, le da una limitación y desventaja en comparación con los demás forofitos.

En cuanto a los nutrimentos que se obtuvieron en este trabajo, se observó una alta concentración para calcio principalmente y nitrógeno, posteriormente las concentraciones bajan para potasio, fósforo y magnesio. Las cantidades de nutrimentos resorbidos pueden variar, según las especies, entre aproximadamente el 28 y el 83 % de las máximas cantidades almacenadas en la copa para nitrógeno y entre 25 y 98 % para fósforo (Aerts, 1996). Su forma amoniacal, NH_4^+ y en particular una baja relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, interaccionan negativamente con la absorción por parte de la planta de calcio, magnesio y potasio, de forma que un exceso de NH_4^+ puede llegar a provocar una carencia de alguno de estos tres elementos, lo cual justifica las concentraciones bajas de estos nutrimentos en *Oncidium leleui*. Sin embargo, este estudio no se maneja como una carencia, pero si, como una baja concentración. El nitrógeno en su forma de NO_3^- asimilable por las plantas tiene una sinergia con el calcio, lo cual explica la alta concentración obtenida de ambos elementos en la planta. Tanto el NO_3^- como el NH_4^+ facilitan la absorción de fósforo. En el caso de NH_4^+ , el motivo parece ser la excreción de iones H^+ por parte de la planta cuando se administra el nitrógeno de esta forma en cantidades significativas. Estos H^+ provocan una ligera acidificación del entorno radicular que puede favorecer la solubilidad de algunas sales de fósforo que de otra forma se encontrarían bloqueadas o en forma insoluble (García, CANNA Research, 2017).

Otros elementos que resultan particularmente importantes son la presencia de material orgánico suficiente en las ramas o troncos (Frahm y Gradstein, 1990). Mucha de la materia orgánica en descomposición que se acumula debajo de las epífitas crea un microhábitat capaz de mantener una amplia gama de comunidades animales asociadas a estas características (Lyford 1969; Nadkarni y Longino, 1988); las bacterias y hongos descomponen las hojas caídas, animales muertos y otras partículas orgánicas hasta formar una capa alrededor de las raíces y tallos de la epífita, esta capa de humus mantiene el agua y ciertas cantidades de sales minerales y nutrimentos, un desprendimiento y/o liberación de distintos elementos nutricionales por acción de la descomposición animal y natural de la materia muerta posteriormente dará lugar a la liberación de nutrimentos que serán absorbidos por la orquídea (Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

La capacidad para absorber N orgánico puede ser muy importante para la nutrición de las plantas, y efectivamente, se ha observado que la absorción de N orgánico es más cuantiosa de lo que se pensaba (Aerts y Chapin, 2000).

En algunas especies se observa un aumento de la capacidad de absorción radicular a elevado CO₂, pero no en otras (Luo *et al.*, 1999). Probablemente, el rango en los porcentajes observado para el fósforo refleja una mayor variabilidad en su carácter limitante. El fósforo puede ser aparentemente, más limitante para el crecimiento que el nitrógeno en ciertos ambientes y poco o nada limitante en otros. Puede variar la adquisición relativa de N y P (Niinemets *et al.*, 1999) y conducir a mayor limitación por P, sobre todo en ecosistemas mediterráneos, que ya suelen mostrar carencias de P en las actuales concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, en el caso de *Oncidium leleui*, se tiene una concentración alta de nitrógeno y una muy baja de fósforo, teniendo este factor limitante.

Stewart *et al.* (1995) han realizado análisis con el isótopo estable ¹⁵N para trazar varias posibles fuentes de nitrógeno y los procesos de adquisición de este elemento en epifitas tropicales, en comparación con árboles asociados, enraizados en el suelo. El contenido de ¹⁵N en las epifitas fue comparativamente bajo. Esto sugiere que las epifitas pueden hacer un uso considerable del nitrógeno atmosférico (vía la fijación biológica de N₂). Además, las cianobacterias y las bacterias de vida libre fijadoras de N₂ de la filósfera (hojas) y otros hábitats epifitos pueden jugar un importante papel en el abastecimiento de nitrógeno a las epifitas.

Dentro de estas asociaciones poco conocidas, pero no por eso menos importantes son las que han establecido las orquídeas con bacterias, estas se han encontrado dentro del sustrato donde se desarrollan y en las raíces de orquídeas tanto epifitas como terrestres. De los géneros bacterianos aislados de estas orquídeas, se ha demostrado que *Azotobacter* y la bacteria *Bacillus radicolica* promueven la germinación de semillas de orquídeas por la producción de la fitohormona auxina (IAA). (Ramos *et al.*, 2007). Y bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, y *Xanthomonas*) y *Sphingomonas sp.*, *Microbacterium sp.*, *Mycobacterium sp.*, *Bacillus sp.*, *Rhizobium sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Cellulomonas sp.*, *Pseudomonas sp.*, y *Micrococcus luteus* también tienen la capacidad de producir esta hormona. (Knudson, 1922; Wilkinson *et al.*, 1989 y 1994; Tsavkelova *et al.*, 2004a, 2004 b). Por otra parte se tiene conocimiento del empleo de biofertilizantes en plantas de importancia agrícola, donde se han observado cambios importantes al aplicarse estos, en el proceso de germinación, desarrollo y producción de los cultivos, los biofertilizantes son producidos por diferentes géneros bacterianos: *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Rhizobium*, *Pseudomonas* y *Serratia*, estas respuestas se deben a que los microorganismos aumentan el reciclado y la solubilización de los nutrientes minerales y sintetizan vitaminas, aminoácidos, auxinas, giberelinas, citoquininas y etileno; así como algunas de ellas fijan nitrógeno reduciendo de manera importante el uso de fertilizantes químicos cuyo uso a largo plazo tienen efectos negativos para el ambiente (Frankenberger y Arshad 1995; Fuentes *et al.* 2003; Jiménez Salgado *et al.*, 2004).

En el caso del fósforo, se ha encontrado que en algunas especies se produce un efecto positivo entre la cantidad disponible y la resistencia de la planta a la salinidad, de manera que un aumento de este elemento provocaría una mayor resistencia. Sin embargo, otros estudios concluyen que su efecto es negativo. También se ha reportado una disminución en la disponibilidad de azufre y calcio cuando se aplican grandes cantidades de fosfatos, en el caso del calcio por la formación de fosfatos insolubles, lo cual se observa en este estudio que un aumento

en la concentración de calcio, disminuyó antagónicamente la concentración de fósforo y magnesio. Por el contrario, el fósforo favorece la absorción de magnesio, con lo que una carencia en fósforo podría manifestarse también en una carencia de magnesio en el caso de encontrarse este último en pequeñas cantidades, como encontramos en el sustrato y materia orgánica, ambos elementos se encuentran en concentraciones bajas en la orquídea, afirmando el sinergismo entre estos elementos (*García, CANNA Research, 2017*).

La relación N/K es también crucial en la etapa donde la planta tiene que pasar de la fase de crecimiento (vegetativa) a la de floración o fructificación (generativa). El principal estímulo que hace que una planta de día corto o día largo pase del periodo vegetativo al generativo es el número de horas de oscuridad seguidas que recibe. Sin embargo, hay otros estímulos que condicionan en mayor o menor medida estos estados fenológicos, por ejemplo, la relación N/K. El potasio es por lo tanto el catión necesario para compensar el efecto nitrógeno y sus consecuencias en el exceso de crecimiento, teniendo al potasio en el tercer lugar de concentraciones altas en *Oncidium leleui* (*Ciclamen, 2018*).

A diferencia del P y K, la dinámica del N en el suelo no está regulada por un equilibrio químico, sino principalmente por procesos biológicos, derivados de la actividad microbiana del suelo que afectan sobre todo a las formas minerales y a las formas orgánicas de reserva. Los iones edáficos están disponibles después de ser transportados por la transpiración del vegetal. Su consumo, depende del sitio de colocación de la epífita, de su capacidad para interceptar y absorber filtrados y lixiviados con materia en degradación y desechos animales (*Granados-Sánchez et al., 2003*).

El potasio interacciona tanto en el suelo como en la planta con fósforo, sodio, calcio y magnesio, si el potasio está disuelto en su forma iónica, parte de este potasio es adsorbido por las partes minerales y húmicas del suelo, si regamos con una solución pobre en potasio, el que está retenido es liberado y por lo tanto, se vuelve disponible para la planta. A este potasio intercambiable y al que hay en la solución es el que se denomina potasio disponible y es, como su nombre indica, el que absorbe la planta con mayor facilidad. Sin embargo, también se encuentra el potasio en formas no intercambiables, este potasio no está directamente disponible para la planta y solo pasa a la solución cuando los niveles de potasio intercambiable son muy bajos. El problema del aprovechamiento de este, radica en que el paso de la forma fija a la intercambiable es muy lenta, por lo que prácticamente no es aprovechado por la planta (*García, CANNA Research, 2017*).

El potasio según Rodríguez (1992), es absorbido por la planta en su forma catiónica, K^+ . La absorción en el suelo está relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso de magnesio (Mg^{2+}), por problemas de competencia única, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad y de acuerdo a Rodríguez, 1992, es por esto que en el sustrato y materia orgánica se tiene una mayor concentración de potasio que de magnesio, además de que el magnesio se absorbe como Mg^{2+} , y se comporta como un elemento móvil tanto en la planta como en la célula (*Azcon-Bieto y Talón, 2000*).

Aparte de las interacciones mencionadas anteriormente, es importante tener en cuenta la relación Ca/Mg. El mayor efecto que tiene esta relación es su influencia sobre la estructura del suelo. El calcio en el suelo tiende a mejorar la aireación mientras que el Mg favorece la adhesión de partículas del suelo. De esta forma, si la concentración Ca/Mg es muy bajo, lo que supone que gran parte del complejo de cambio estará ocupado por estos iones Mg, el suelo se vuelve menos permeable, perjudicando el desarrollo de la planta, es decir el calcio y magnesio constituyen la fracción más importante del complejo de cambio catiónico, en tanto que los cationes monovalentes se hallan en menor proporción. Entre estos últimos, el potasio está retenido más fuertemente que el sodio por lo que su lixiviado es escaso y por tanto su nivel, suele ser elevado (Monge *et al.*, 1994).

El contenido de calcio en las plantas varía entre el 0,1 y el 5 % de su peso seco, dependiendo de la especie, del órgano y de las condiciones de crecimiento. Por otro lado, los niveles de Ca^{2+} libre en el citoplasma y en los cloroplastos deben ser muy bajos, para evitar la precipitación del fósforo inorgánico y la inactivación o activación incontrolada de ciertas enzimas como la fosfolipasa y la NAD-quinasa (Dieter, 1984). La tasa de traslocación del calcio en el xilema viene regulada por intercambio catiónico más que por el flujo hídrico, respondiendo a los distintos gradientes de humedad, así como a las diferentes concentraciones de nutrientes (principalmente nitrógeno). Sin embargo, este flujo no está correlacionado con la cantidad de calcio transportado (Marschner, 1983).

El calcio es poco móvil y tiende a acumularse en los órganos más viejos, mientras que los de mayor actividad metabólica (hojas en crecimiento, flores, frutos y meristemos apicales) son los tejidos que necesitan un mayor aporte por tanto la deficiencia de este macronutriente afecta en primer lugar a las partes en formación y meristemos en crecimiento, donde queda fijado y prácticamente inmóvil en sus paredes celulares. Debido a esta inmovilidad, las hojas viejas pueden tener concentraciones normales de calcio, mientras que las hojas jóvenes, frutos u otros órganos, pueden presentar niveles por debajo de la normalidad (Chiu y Bould, 1977), debido a esto, la materia orgánica lleva consigo una gran concentración de calcio que posteriormente quedara libre para volver a ser absorbido por la orquídea, por lo cual presenta una concentración alta en los estudios.

En 1999, Montero, realizó una investigación sobre nutrimentos en una repoblación de *Pinus pinaster* y encontró una cantidad de 0.22-0.30% de nitrógeno en corteza (sustrato), 0.011-0.016% para fósforo, 0.12-0.28% potasio, 1.07-1.11% calcio y 0.08-0.09% magnesio, lo cual no se aleja de nuestros resultados que van para nitrógeno entre 0.15-2.9% en nitrógeno, 0.05-0.13% en fósforo, 0.16-1.5% potasio, 6.6-16% calcio y 0.005-0.08% magnesio, se tiene que tener en cuenta que ambas investigaciones se han realizado en ecosistemas diferentes, es decir, el coeficiente de descomposición, que indica la relación caída de hojarasca/acumulación, varía de 0.5 en los bosques templados, a 2.0 en las selvas tropicales. Dicho de otra manera, las tasas de fraccionamiento de la materia orgánica en las selvas tropicales oscilan entre un 2 y 5% por año (Brown y Lugo, 1982; Golley, 1983), aunque existen casos en los cuales el proceso puede ser más rápido como el caso de las hojas de *Ficus yoponensis* en la selva de Los Tuxtlas en Veracruz, en donde toda la descomposición ocurrió en tres meses (Álvarez-Sánchez y Becerra, 1996); por otro

lado, la descomposición en los bosques templados es mucho más lenta, con valores entre 0.4 y 1% por año (Golley 1983), lo cual nos da valores más altos en la cantidad de nutrimentos que nos da en esta investigación.

Las concentraciones de N, P, la tasa C/N, la concentración de lignina y las tasas lignina/N y lignina/P, tienen un valor menos predictivo en la descomposición de hojarasca (Meentemeyer 1978). En las selvas tropicales, sin embargo, la amplia diversidad de especies y la variación ínter específica en la concentración de nutrimentos, ligninas y polifenoles, determinan que en estos ecosistemas el contenido de nutrimentos y el tipo de materia orgánica en la hojarasca está fuertemente relacionado con la velocidad de su descomposición (Meentemeyer, 1978; Cuevas y Medina, 1988; Palm y Sánchez, 1990); de este modo se les puede considerar como buenos predoctores del proceso, pues además en general tienen altas concentraciones de N y bajas tasas de lignina/N en la hojarasca (Heal *et al.*, 1997; Scowcroft, 1997) y además los nutrimentos más móviles (K, P) declinan rápidamente al inicio de la descomposición y el N se puede acumular (Cornejo *et al.*, 1994; Torres, datos no publicados).

8.2. Contenido de nutrimentos en los órganos de la planta

Los ciclos de nutrimentos en los bosques y en general las áreas con vegetación incluyen un conjunto complejo de mecanismos de retroalimentación directos entre el suelo y las plantas. La superficie vegetal constituye un sistema abierto donde entran y salen elementos químicos de manera continua (Bruijnzeel 1990; Maberley 1992; Likens y Bormann, 1995).

Los nutrimentos han sido caracterizados por tener alto, bajo o intermedio movimiento en el floema, lo cual ha sido determinado claramente por medio del empleo de isótopos. Los elementos que son muy móviles en el floema desde las hojas son el nitrógeno, fósforo, potasio y en menor proporción el magnesio. Altas concentraciones de estos elementos se han encontrado en extractos del floema circulando por la planta; cuando la disponibilidad de estos elementos disminuye, las hojas más jóvenes retienen su circulación a expensas de las hojas más viejas, produciendo con ello una disminución en concentración y la aparición de las deficiencias en las hojas viejas (Maschner, 1995).

Las bacterias fijadoras de N₂ son uno de los grupos funcionales más importantes del suelo, estas contienen la enzima nitrogenasa que reduce el N₂ a amonio (NH₄), nutrimento asimilable directamente por las plantas (Barea *et al.*, 2005), esto nos explica la alta concentración de nitrógeno en la raíz de *Oncidium leleui*, ya que además de las bacterias, distintos microorganismos se encargaran de convertir ese nitrógeno a una forma asimilable, proceso que solo se da en la raíz de la orquídea y única y exclusivamente para la transformación de nitrógeno, a diferencia de los demás elementos, que pueden o no ser absorbidos directamente por la planta si se encuentra en

la forma asimilable o por las bacterias, mientras que el nitrógeno necesita forzosamente de estos microorganismos.

La absorción del nitrato se caracteriza por ser una absorción activa, necesita ATP y un transportador. El potasio mejora la absorción y transporte del nitrógeno, especialmente en forma de nitratos en las raíces. Para potenciar el efecto del nitrógeno dentro de las plantas, es esencial el aporte de cantidades adecuadas de potasio para alcanzar rendimientos elevados. También se ha visto que cuando se tienen niveles adecuados de potasio, la planta responde positivamente a las aportaciones crecientes de nitrógeno. El fundamento de esta relación está basado en que el potasio mejora el transporte del nitrógeno dentro de las plantas, algunas veces la deficiencia de potasio ocasiona que se tenga una alta concentración de nitratos y aminoácidos solubles en las raíces (Cakmak, 2015). Lo anterior, ocasiona que la planta al contar con una alta concentración de compuestos nitrogenados decida no absorber más nitratos, lo cual, por supuesto, detiene la biosíntesis de proteínas y con ellos una serie de consecuencias fisiológicas que provocan trastornos en el metabolismo de la planta que llevan a la reducción inequívoca del rendimiento. A lo largo del tiempo, puede provocarse un enriquecimiento en potasio, con el consiguiente efecto antagónico sobre la toma de calcio y de magnesio por parte de las raíces. Los resultados obtenidos recientemente por Jackobs en (1993a), demuestran que el antagonismo potasio-calcio se hace particularmente evidente cuando, durante el crecimiento del fruto, el valor de la relación entre ambos nutrientes en el extracto acuoso del suelo (1:2) es superior a 10. De acuerdo a nuestros resultados y a Marschner en 2012, tenemos la existencia de este efecto sinérgico dentro de nuestras concentraciones de nutrimentos en las raíces, el potasio proporcional es menor a la concentración de nitrógeno y ante un “exceso”, que en esto caso, solo es una concentración más alta de potasio, tenemos una deficiencia o baja concentración de magnesio, igualmente una alta concentración de calcio en raíces dio sinergismo con el potasio (Cakmak, 2015).

Un exceso de fósforo interacciona negativamente con la mayoría de microelementos (Fe, Mn, Zn y Cu), en algunas ocasiones debido a la formación de precipitados insolubles y en otras debido a procesos metabólicos en el vegetal que impiden el traslado del elemento nutrimento desde la raíz al resto de partes de la planta como por ejemplo sucede con la interacción P/Zn. La interacción P/Fe parece estar regulada negativamente tanto a nivel celular como por la formación de complejos insolubles. La interacción P/Cu es debida normalmente a la formación de precipitados en el área radicular (García, CANNA Research, 2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos, observamos que se tiene una concentración más baja de fósforo en *Oncidium leleui* que la mencionada por Aerts en 1996, debido a que las orquídeas tienen un crecimiento mucho más lento y el poco fósforo que tienen es utilizado para la floración, ya que la especie de estudio tiene inflorescencia anual.

El potasio es un elemento abundante en los frutos, con lo que su suministro debe de estar asegurado en los periodos generativos. Sin embargo, aunque haya mucho potasio, si su concentración con respecto al nitrógeno es muy bajo, se puede producir una reducción en la entrada en floración, derivando en plantas con muchas partes vegetativas (hojas y ramas) y pocas generativas (flores y frutos) debido al sinergismo y antagónico ya mencionado, se tiene una alta

concentración de nitrógeno y calcio en el eje floral y flores de *Oncidium leleui*, siendo el potasio el tercer elemento más representativo en este órgano.

Tukey, Mecklenburg y Morgan (1965) citados por Eaton *et al* 1973, indican que los nutrimentos, en los tejidos jóvenes son en su mayor parte rápidamente metabolizados dentro de las células dificultando la lixiviación. Sin embargo, en tejidos viejos los nutrimentos están en formas intercambiables y son lixiviados más fácilmente. Las hojas muy jóvenes las cuales aparentemente son delicadas y frágiles, son menos susceptibles a la lixiviación que las hojas viejas. Hay mayor lixiviación de calcio para hojas amarillas senescentes que para las hojas verdes, resultado del incremento de la permeabilidad de la hoja. La tasa de absorción de calcio puede ser presionada por otros cationes, como K^+ , NH_4^+ , Ca_2^+ y Mn_2^+ , y por H^+ , a pH bajo. El calcio es de los elementos más competitivos con el magnesio, por lo tanto, las altas concentraciones de calcio en el sustrato resultan en un aumento de este elemento en la hoja, con reducción de las concentraciones de magnesio (Bernstein y Hayward 1958), coincidiendo con esto, las hojas jóvenes tendrán una mayor concentración de calcio como sucede en *O. leleui* donde la concentración de calcio es muy alta en comparación con los demás nutrimentos.

El transporte de calcio a las hojas parece estar más relacionado con la tasa de crecimiento de las raíces que con la de los brotes (Scaife y Clarkson, 1978). En el interior de la planta es un elemento poco móvil interviniendo en la forma de los pectatos de calcio de la laminilla media de las células que intervienen en el proceso de absorción de los elementos y actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemos y en la absorción de nitratos (Rodríguez, 1992). Sin embargo, tenemos que tener en cuenta que el nitrógeno tiene una mayor concentración en las raíces de *Oncidium leleui* debido a su acción microbiana que es realizada en ellas, siendo así y de acuerdo a los resultados una alta concentración de calcio ayudara a una mejor absorción de nitrógeno en las raíces y viceversa, teniendo que lo resultados arrojan concentraciones similares en todos los forofitos de ambos elementos.

Los iones calcio es ransportado casi exclusivamente por los vasos del xilema, mientras que potasio, magnesio, compuestos nitrogenados y fosforados, son transportados principalmente por el floema, en efecto, análisis de las savias del floema y del xilema, han demostrado que la translocación se produce principalmente a través de este último, bien en forma iónica o acompañado con ácidos málico o cítrico (Vang-Petersen, 1980), ya que la movilización de nutrimentos en el xilema es muy amplia y libre, mientras que en el floema es más restringida, lo cual explica la alta concentración de calcio en el pseudobulbo de *Oncidium leleui*, el cual actúa como tallo suculento como adaptación morfológica para las orquídeas.

8.3. Cultivo

Para lograr altos rendimientos y hacer rentable la actividad agropecuaria los cultivos requieren de un buen suministro de nutrimentos. Si el suelo no es capaz de aportar todos los nutrimentos que demanda el cultivo, es posible suministrar parte de estos como fertilizante. Estos fertilizantes

pueden originarse en procesos de síntesis química (sintetizados por el hombre) o provenir de fuentes orgánicas (por ejemplo, estiércol). Actualmente, los fertilizantes de origen químico constituyen una fuente importante de N en muchos sistemas agrícolas, sin embargo las actividades agrícolas como la labranza, la aplicación indiscriminada de fertilizantes y de agroquímicos etc., producen severas alteraciones en las micorrizas y su funcionamiento (Johnson y Pflieger, 1992), por ello, los agricultores se han visto obligados a crear nuevas alternativas de actuación, dando paso a actividades de tipo sostenible, es por esto que el propósito de este trabajo fue realizar un abono orgánico a base de frutas para la orquídea, el cual no dañará de ningún modo a la planta y le aportará nutrimentos de forma totalmente natural.

Es importante realizar estudios sobre las poblaciones bacterianas que se encuentren asociadas a la orquídea de estudio, ya que esta varía en función de las condiciones ambientales y del nicho ecológico en que se encuentren, además de las características morfológicas y fisiológicas que presentan las plantas y permitan el establecimiento de tales asociaciones (Wilkinson *et al.*, 1994).

Es bien conocido que las bacterias asimbióticas fijadoras de N₂ no son tan efectivas como las bacterias simbióticas (Zuberer 1999), y por tanto, es posible que no satisfagan la totalidad de los requerimientos de nitrógeno de las plantas. La importancia de estas bacterias para fijar N₂ en la rizosfera de vainilla, puede no ser significativa si además dentro del manejo de este nutrimento también se suministran sustratos orgánicos ricos en nitrógeno (vermicompost, compost, estiércol de animales y hojarasca de leguminosas), o si se aplican cantidades moderadas de fertilizantes nitrogenados. Sin embargo, es posible que el efecto positivo de estos microorganismos sea evidente si el sustrato de crecimiento presenta materiales orgánicos con relaciones C/N >30, es decir, pobres en fuentes nitrogenadas y con altos contenidos de polisacáridos estructurales, como los chips de madera, fibra de coco y residuos de cortezas de árboles, que son elementos comúnmente aplicados en nuestro medio al sustrato para el establecimiento de la vainilla (Moreno y Díez 2011).

Para este estudio, el abono a base de frutas, fue realizado de manera natural, la descomposición de las frutas por microorganismos nos ayudó a un alto aporte de nutrimentos en los tratamientos de *O. leleui*, siendo el tratamiento 1:10 con mayor cantidad de abono el de mejor efectividad. Al ser aplicado en la parte aérea y radicular, incrementa la actividad microbiana y como vimos anteriormente, la absorción del calcio de forma sinérgica, siendo ambos los nutrimentos más concentrados en los tratamientos.

Los microorganismos se encuentran localizados sobre la capa mucilaginosa de la superficie de la raíz y en los tejidos superficiales de la misma, de donde reciben carbono orgánico en forma de exudados, secreciones y tejidos muertos. (Ramos *et al.*, 2007). La presencia de bacterias en las otras zonas anatómicas de las orquídeas indica que existe un mecanismo por el cual pueden llegar al interior, así como su capacidad para poder adaptarse a las nuevas condiciones imperantes a su alrededor. Por ejemplo, al ser abonada por parte aérea, las hojas son los tejidos vegetales con mayor concentración de nutrimentos, ya que funcionan como uno de los primeros receptores. La situación actual de la bacteria y su abundancia dentro de la raíz no se conoce perfectamente pero

su capacidad de sobrevivir en el interior de las plantas con poca o ninguna competencia las hace candidatos potenciales para el control biológico (Misagui & Donndelinger, 1990). En los resultados tenemos que como segundo receptor al sustrato, el cual retendrá los nutrientes para ser procesados por las bacterias para ser asimilables.

8.4. Esguerrimiento fustal y agua de lluvia

El reciclado interno representa una parte considerable de las necesidades anuales de nutrientes para la construcción de la biomasa foliar (Escudero y Mediavilla, 2003). Sin embargo, a pesar del indudable valor de esta adaptación, lo cierto es que hay diferencias muy marcadas en la eficiencia de resorción de las diferentes especies, lo que sugiere que no todas tienden a maximizar la eficiencia del reciclado. Además, en contra de lo que cabría esperar, no siempre las especies de zonas más limitadas en nutrientes son las más eficaces. Por ejemplo, aunque es sabido que las perennifolias son propias de zonas más limitadas en nutrientes, no parece haber diferencias significativas entre caducifolias y perennifolias en la eficiencia de resorción (Aerts, 1996). Quizá, la falta de relación entre la limitación en nutrientes y la eficiencia de resorción se deba al efecto de otros factores limitantes, como el estrés hídrico, que podrían interferir con los mecanismos que permiten incrementar la eficiencia de la resorción (Del Arco *et al.*, 1991).

Una vez que el agua de lluvia atraviesa la cubierta forestal, su cantidad así como su composición química sufren alteraciones (Smith 1974; Westman 1978; Lima 1979; Brinson *et al.* 1980; Pehl y Ray 1984; Santa Regina *et al.* 1989; Potter Ragsdale y Swank 1991). Las alteraciones químicas se deben principalmente a dos factores: el primero es el lavado de los elementos depositados en seco sobre el follaje y el segundo, a los cambios que se producen en el dosel arbóreo a través de la lixiviación de nutrientes desde el follaje y/o la absorción directa por la copa, de los iones presentes en el agua de lluvia (Potter *et al.*, 1991).

Es un proceso importante, principalmente para los elementos con alta solubilidad, pudiendo con el aumento del nivel de acidez de las lluvias influenciar en una mayor lixiviación, principalmente de cationes (McCune y Boyce, 1992).

El agua retenida por la parte aérea de la planta está influenciada por la variabilidad de la vegetación, forma e inserción de las hojas, la duración de la lluvia (cantidad de lluvia, pérdida por evaporación de las hojas) y en menor proporción, por la turbulencia atmosférica. La estructura de una plantación perenne puede ser descrita en términos de la capacidad de almacenamiento de agua por el dosel, la cual es definida mediante un coeficiente de almacenamiento del dosel que expresa la cantidad de agua foliar en este sin que ocurra evaporación, y cuando los aportes de lluvia efectiva se han detenido (Robledo, 2003).

La micorrización podría atenuar las alteraciones provocadas por el déficit hídrico y mejorar la capacidad de resistencia al estrés. Además la presencia de micorrizas favorece la absorción de agua por la planta (Ruiz-Lozano *et al.*, 1995).

La cantidad de lluvia que escurre por los tallos es inferior al 1 o 2% del total de la lluvia; este valor en la mayoría de los estudios es ignorado en los cálculos del balance hídrico de las plantaciones (Castaño *et al.* 1999; Colman 1953; Kittredge 1948; Likens y Bormann 1995). Los nutrientes P, K, Ca y Mg generalmente sufren lixiviación y/o lavado hacia el suelo (Carlisle *et al.* 1966; Schlesinger 1978; Westman 1978; Brinson *et al.* 1980 y Veneklaas 1990). Esto nos ayuda a entender la baja concentración en calcio, magnesio y potasio, siendo los elementos más bajos y coincidiendo con los autores, el escurrimiento fustal es poco y como consecuencia habrá menos absorción de nutrientes.

Jaramillo y Chaves (1998), al analizar las frecuencias del agua interceptada con relación al agua de lluvia registrada en la parte externa, determinaron que un 17% de las medidas en el bosque y en el cafetal bajo sombra presentan valores superiores a los observados en la parte externa; para las condiciones de cafetal a libre exposición solar un 26% de los datos son superiores, es decir, se tiene bastante lluvia, mucha escorrentía, poca interceptación y absorción.

De acuerdo al estudio de Guilherme de C. Andrade en 1995, las contribuciones medias para los tratamientos en la oferta de nutrientes a través del agua de precipitación efectiva son de 1.3% para el nitrógeno, 10.5% para el fósforo, 16.8% para el potasio, 18.8% para el calcio y 26.3 % para el magnesio. Se destaca todavía que para N hay una posible absorción media de 3.5%, con relación al total directamente por el dosel arbóreo desde el agua de precipitación incidente. Con relación a los aportes de nutrientes observados en este trabajo, se verificó que éstos difieren de los valores obtenidos para N, P, K, Ca y Mg por Guilherme. De acuerdo a Pereira citado por Salas 1987, la interceptación de la lluvia por la vegetación es función de la intensidad de la lluvia; las lluvias leves con tamaño de gota pequeña se interceptan totalmente, mientras que las lluvias intensas saturan rápidamente el follaje y transmiten la mayor parte de la lluvia a los estratos inferiores, además de que una vez en el suelo, los nutrientes pueden perderse por lixiviación, quedar inmovilizados en formas complejas o ser tomados por competidores. Esto nos ayuda a entender porque las concentraciones de nutrientes en *O. leleui* son bajas, los órganos de las orquídeas presentan una rápida saturación de agua, por lo tanto no se tiene una gran absorción de nutrientes.

Este abastecimiento hídrico está influenciado por la presión osmótica de la solución del suelo, así como por las condiciones que favorecen una alta tasa de transpiración; por tanto, el transporte de agua y calcio, vía xilema, a hojas y frutos puede quedar temporal o permanentemente (caso de substratos salinos) restringido (Monge *et al.*, 1994).

Los aportes de N por las lluvias son de escasa relevancia en la producción agrícola. En regiones desérticas se estima que las cantidades de N aportadas por este mecanismo son del orden de 5 kg. ha⁻¹ año, mientras que en zonas de intensa actividad industrial podrían ser hasta de 30 kg. ha⁻¹ año. Las principales formas de N aportadas por las precipitaciones son NH₃, NO₃⁻, NO₂, N₂O. La mayor parte de estos compuestos de N son producidos en el suelo, pasan a la atmósfera por procesos como volatilización y desnitrificación, y vuelven a caer con la lluvia en sitios cercanos a su lugar de origen. Parte del NO₃⁻ que vuelve con la lluvia es producido por descargas eléctricas que ocurren en la atmósfera. Sin embargo, en términos globales la mayoría del N que vuelve al

suelo con las lluvias proviene del N liberado durante la quema de combustibles fósiles y bosques, y en menor medida de la actividad volcánica (Lewis, 1993).

El agua dura también podría causar problemas de precipitados con algunos nutrimentos disueltos en el agua. El agua naturalmente contiene usualmente iones de calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), hierro como ion férrico (Fe^{3+}) y posiblemente, otros iones como sodio, potasio, etc. La dureza del agua es causada por la cantidad de iones Ca y Mg presentes. El agua es considerada dura cuando la concentración total de estos iones está por encima de cierto nivel. Agua con menos de 50 ppm es considerada un agua blanda, 50 a 100 ppm como de dureza media y entre 100-200 ppm como agua dura, en este estudio, se tienen valores menores en calcio y magnesio estableciendo un agua tipo blanda, por lo que en vez de tener precipitados de nutrimentos, tenemos lixiviación o déficit de absorción (Tubbett, 1998).

8.5. Correlaciones

Como regla general, existe una alta correlación entre el análisis de suelos y el análisis de plantas. Sin embargo, en algunos casos esta regla puede no ser tan exacta por lo que no siempre es válido asumir que el contenido de un nutrimento en la planta está directamente relacionado a la disponibilidad del mismo en el suelo. Por ejemplo, muchos son los factores que afectan la absorción de P (bajas temperaturas, condiciones de anegamiento, pH muy bajos). La absorción de Ca se ve afectada cuando aumenta el pH, así como cuando hay una alta fertilización con N y K. Por ejemplo, cuando el pH del suelo se eleva, baja la correlación Ca en el suelo y Ca en planta. La absorción de Mg se reduce tanto si el pH es muy bajo, como cuando hay exceso de K, independientemente del nivel de Mg en el suelo. Cuando el pH se incrementa la disponibilidad de los micronutrimentos disminuye, excepto en materia orgánica (Barbazán 1998). El sustrato de *O. lelei* tiene una fuerte correlación con la raíz, pseudobulbo y hoja, siendo el orden de dispersión de nutrimentos dentro de la planta, es decir, la alta concentración de nutrimentos en el sustrato, tendrá un reflejo en los nutrimentos en estos órgano, afirmando esta alta correlación.

Como el Ca^{2+} en el suelo está en equilibrio generalmente con el NO_3^- , las concentraciones de ambos iones en distintos órganos del frutal (hojas y frutos) se hallan altamente correlacionadas. Cuando el nitrógeno es aplicado como nitrato, mediante aspersión foliar, se incrementa la acumulación de calcio en hojas viejas, mientras que si se aplica en forma amoniacal aumenta en las jóvenes (Vang Petersen *et al.*, 1973).

El antagonismo de otros iones con el calcio puede ponerse de manifiesto tanto en los mecanismos de absorción, traslocación y almacenamiento, como posteriormente, dentro ya del mismo fruto. Respecto a la relación de otros elementos con el bitter pit, Sadowski y Czescik (1977), por ejemplo, encontraron, en tejidos afectados, un menor contenido de calcio y una mayor concentración de magnesio, fósforo y potasio. Este último, como antagonista del calcio, retarda su absorción, y la concentración de calcio, tanto en frutos como en hojas, está correlacionada negativamente con el aporte de potasio (Forsyth y Webster, 1971). También la aplicación de

magnesio, bien al suelo o por vía foliar, disminuye la concentración de calcio en hojas y raíces (Vang-Petersen 1974). Infiltraciones al vacío realizadas en frutos de manzano, utilizando soluciones de $MgCl_2$, demostraron que el ion Mg^{2+} induce la aparición de los síntomas de bitter pit, mientras que infiltraciones con sales de Ca^{2+} previenen su desarrollo (Burmeister y Dilley, 1993). Es de destacar que estos antagonismos se suelen producir fundamentalmente en los frutos, donde la relación entre $Mg+K/Ca$ es 20-50:1; mientras que en hojas esta relación es de 1-2:1 (Bangerth 1974b), como se ha mencionado anteriormente, las correlaciones entre hojas y raíces son positivas, el abastecimiento de nutrimentos en la raíz y a disponibilidad de nutrimentos en el sustrato, se verán afectadas en las hojas de la planta, como se puede ver en este estudio, donde las hojas están altamente correlacionadas con la raíz, pseudobulbo, sustrato y componentes del sustrato.

Marcelle (1993) en su reciente revisión destaca la necesidad de un control estricto de las relaciones K/Ca y N/Ca como parámetros a considerar dentro de la relación nutrición orgánica-fruto, coincidiendo en este presente trabajo, los resultados arrojan que el eje floral y los frutos, están altamente correlacionados con la materia orgánica.

Las fluctuaciones en el estado hídrico de los distintos órganos de una planta están correlacionadas con la dinámica del transporte de calcio (Wiebe *et al.*, 1977). Así, los órganos con amplia superficie (hojas frente a frutos) o los que están más directamente expuestos al medio ambiente (hojas exteriores frente a las interiores) reciben agua y calcio a través del xilema. Coincidiendo de acuerdo a las correlaciones de escurrimiento fustal, se tiene una fuerte correlación entre hojas, eje floral, flores y pseudobulbo.

Las epífitas desempeñan un papel muy importante en la dinámica de las comunidades ya que al estratificarse verticalmente, desde los troncos de los árboles hasta las copas del dosel, ofrecen una gran variedad de nichos y recursos que son aprovechados por diversos grupos de animales (hormigas, artrópodos, anfibios, aves, etcétera), contribuyendo al incremento de la biodiversidad de las comunidades donde se encuentran. Las plantas epífitas, principalmente las de tipo roseta, acumulan grandes cantidades de agua entre sus hojas, proporcionando una vía alterna en la dinámica de este recurso dentro del bosque. Además, la biomasa de las epífitas establecida en las ramas interiores de los árboles, alberga un alto contenido de nutrimentos esenciales como fósforo y nitrógeno los cuales posteriormente son reciclados, brindando rutas alternas al ciclo de nutrimentos y a la dinámica del agua en las comunidades. El tráfico de animales y plantas silvestres es una de las mayores amenazas a la diversidad biológica, y las plantas epífitas son un grupo especialmente susceptible a esta actividad ya que proveen al mercado hortícola de una gran cantidad de especies (principalmente bromelias y orquídeas), las cuales son extraídas sin ningún tipo de control de las zonas donde habitan, generando desequilibrio en los ecosistemas e incluso la desaparición de algunas especies. Por ello es importante promover estrategias que permitan el uso racional de este recurso, apoyando la economía de las comunidades rurales de las que se obtengan las plantas, sin menoscabo de las poblaciones, evitando con ello la alteración del ecosistema en su conjunto. Finalmente, es importante resaltar que las epífitas son un grupo de plantas complejo y diverso que puede ser estudiado desde distintas perspectivas con el fin de

profundizar en el conocimiento de sus diferentes aspectos biológicos, con lo cual queda claro que aún hay mucho por hacer en torno a ellas (Ceja *et al.*, 2008).

Algunas de las estrategias propuestas como se menciona en este trabajo, es el estudio interespecie de orquídeas, contemplando la producción de abonos orgánicos que nos permitan cultivarla y propagarla, ya sea para conservación, para el mercado hortícola, para uso ornamental, entre otras, disminuyendo así la extracción de las especies de su hábitat natural y la demanda ilegal de estas.

X. CONCLUSIONES

- ❖ Durante la época seca *Oncidium leleui* bioacumula más nutrimentos.
- ❖ En el hábitat de *O. leleui* el calcio seguido del nitrógeno son los nutrimentos de mayor concentración, estos dos nutrimentos son los que ayudan principalmente al crecimiento y desarrollo de la especie.
- ❖ De los cinco forofitos, la corteza de *Coccoloba barbadensis* seguida por *Andira inermis* son las que brindan mayor cantidad de nutrimentos disponibles para *O. leleui*, una mayor humedad relativa, que ofrece el ambiente ribereño favorece aún más la relación forofito-orquídea.
- ❖ Cuanto mayor es el contenido mineral del sustrato, este adquiere mayor relevancia en la retención y suministro de nutrimentos para la planta.
- ❖ La mayor cantidad de nutrimentos aportados por el sustrato tiene su origen en la mineralización de los residuos orgánicos, la parte mineral esencialmente los retiene un mayor tiempo para su absorción por la planta.
- ❖ El agua de lluvia no tiene aporte de nutrimentos para *Oncidium leleui*, sin embargo el agua de escurrimiento fustal tiene un papel importante en el ciclo de nutrimentos de la orquídea ya que al tener contacto con el forofito, la misma escorrentía va acumulando nutrimentos que el mismo forofito y las plantas asociadas desprenden y que llegarán para ser absorbidos por la orquídea, ayudando a su nutrición.
- ❖ La corteza agrietada y las ramas gruesas como las de *Coccoloba barbadensis*, además de algunas asociaciones biológicas tanto bacterianas como de otras especies de plantas, musgos y líquenes, son las mejores condiciones para la germinación, establecimiento y desarrollo de *Oncidium leleui*.
- ❖ De los diferentes órganos de *Oncidium leleui* la hoja, seguido por el pseudobulbo, son los que mayor reservas nutrimentales tienen, sin embargo las raíces también es un órgano de reserva y/o bioacumulación.
- ❖ El calcio es importante para el desarrollo y reproducción de la planta, su participación en los procesos de división mitótica y en el crecimiento de meristemas, ayudaron a que la planta cultivada tuviera más brotes, lo cual ayuda para su propagación.
- ❖ El sustrato del forofito aporta una considerable cantidad de nutrimentos a *Oncidium leleui*, es importante resaltar que las orquídeas en muchas ocasiones pueden anclarse en otros tipos de sustrato que no sean corteza (rocas, cemento, inclusive cables). Sin embargo la

humedad de ésta, así como los nutrimentos que retiene o escurren sobre ella, la fisiología y el microhábitat que crea el forofito, son los más viables e idóneos para las orquídeas y especies epífitas.

- ❖ El apoyo de un abono orgánico como el que se elaboro es idóneo para el aporte de nutrimentos, el cual aporta entre otros nutrimentos, calcio y nitrógeno asemejando el hábitat natural de *Oncidium leleui*, siendo la concentración 1:10 la más favorable para la especie, esto indica que puede ser cultivada en invernadero y propagada para uso ornamental, de conservación y/o producción para resiembra.
- ❖ El aporte de nutrimentos por el abono líquido fermentado, favoreció el crecimiento de las raíces, hojas, ejes florales y de nuevos brotes.
- ❖ El reciclaje de nutrimentos en el microhábitat que genera la orquídea, incrementa la biodiversidad en el ecosistema.
- ❖ El cultivo de *Oncidium leleui* es posible.
- ❖ La información generada en este estudio permite el cultivo *ex situ* de *Oncidium leleui*.

XI. REFERENCIAS

Ackerman J. D. 1992. "Las orquídeas de Puerto Rico y las Islas vírgenes" Ed. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico.

Aerts, R. 1996. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns? *Journal of Ecology* 84: 597-608.

Aerts R. and Chapin F. S. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research* 30: 1-67.

Aguilar Santelises R. y García R. 2004. Catálogo de plantas reportadas como parte de la dieta de la guacamaya verde, en la región de la cañada oaxaqueña. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional, unidad Oaxaca.

Álvarez-Sánchez J. and Becerra R. 1996. Leaf decomposition in a Mexican tropical rain forest. *Biotropica*, 28(4b): 657-667.

Álvarez- Sánchez J. and Guevara S. 1993. Litterfall dynamics in a Mexican lowland tropical rain forest. *Trop. Ecol.*, 34: 127-142

Álvarez-Sánchez M. E., Marín-Campos A. 2011. Manual de procedimientos analíticos de suelo y planta Laboratorio de Química, Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

Arriaga L., Espinoza J. M., Aguilar C., Martínez E., Gómez L. y Loa E. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Atwood T. y Mora de Retana D. 1999. Flora Costaricensis Fieldiana. Orchidaceae: Tribe Maxillarieae and Oncidiinae.

Ávila-Díaz I. y Salgado-Garciglia R. 2006. Propagación y mantenimiento in vitro de orquídeas mexicanas, para colaborar en su conservación. *BIOLÓGICAS* No. 8, pp. 138-149, 2006, Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Azcon-Bieto y Talón. 2000. Fundamentos de Fisiología vegetal. Editorial Mc Graw- Hill interamericana, Edicions Universitat de Barcelona.

Balvanera P., Cotler H. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 185-245.

Bangerth F. 1974b. Antagonism between calcium and other elements in the apple fruit. *Acta Hort.* 45:49-52.

Barbazán M. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Universidad de la República. Montevideo- Uruguay.

- Barea J. M., Azcón R. and Azcón-Aguilar C.** 2005a. Interactions between mycorrhizal fungi and bacteria to improve plant nutrient cycling and soil structure. In: F. Buscot and A. Varma [eds.]. *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg. pp. 195-212.
- Barea J. M., Pozo M. J., Azcón R. and Azcón-Aguilar C.** 2005b. Microbial co-operation in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*. 56: 1761-1778.
- Bartra A., Cobo R., Meza M. y Paredes L. P.** 2002. Sombra y algo más. Hacia un café sostenible mexicano. Ensayo que sintetiza el análisis y conclusiones del estudio del café de sombra en México, realizado entre diciembre de 2001 y febrero de 2002 por el Instituto Maya, con la colaboración del Consejo Civil Mexicano para la Cafecultura Sostenible y el financiamiento de la Comisión de Cooperación Ambiental de América de Norte
- Barton B. D. y Merino P. L.** 2004. La Experiencia de las Comunidades Forestales en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C
- Bennett D. E. and Christenson E. A.** 1993. *As Epidendrum orbicu/atum* C. Schweinf. in *leones Orch. Peruvianum* 52. 1993.
- Bernstein L. and Hayward, H. E.** 1958. Physiology of salt tolerance. *Annual Review of Plant Physiology* 9(1): 25-46. doi: 10.1146/annurev.pp.09.060158.000325
- Benzing D. H.** 1972. The monocotyledons: Their evolution and comparative biology I. Mineral nutrition and related phenomena in Bromeliaceae and Orchidaceae. *Quart. Rev. Biol*, 48: 277-2903
- Benzing D. H.** 1990. *Vascular epiphytes. General biology and related biota*. Cambridge University Press, New York. 354 pp.
- Benzing D. H. and Renfrow A.** 1974. The nutritional status of *Encyclia tampense* and *Tillandsia circinata*, on *Taxodium ascendus*, and the availability of nutrients to epiphytes on this host in south Florida. *Bull. Torrey Bot. Club* 101: 191-197.
- Benzing D. R. and Seemann.** 1978. Nutritional piracy and host live: a new perspective on the epiphyte-host relationship. *Selbyana* 2 (3-4): 133-148.
- Borchert R.** 1983. Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica* 15(2): 81-89.
- Borys M. W. and Leszczyńska-Borys H.** 1998. *Milla biflora* Cav. Sedes, harvest and germination.
- Brinson M. M., Bradshaw H. D., Holmes R. N. and Elkins J. B. J.** 1980. "Litterfall, stemflow and throughfall nutrient fluxes in an alluvial swamp forest", *Ecology* 61: 827-835.
- Brown S. and Lugo A.** 1982. The storage and production of organic matter in Tropical Forest and their role in the Global Carbon Cycle. *Biotropica*, 14(3): 161-187.

Bruijnzeel, L. 1990: Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion; a state of knowledge review. Amsterdam. UNESCO International Hydrological Programme-Free University Amsterdam. 224p.

Burmeister D. M., Dilley D. R. 1993. Characterization of Mg²⁺ - induced bitter pit - like symptoms on apples: A model to study bitter pit initiation and development. *J. Agric. Food Chem.* 41: 1203-1207.

Bush S. P. y Beach JH. 1995. Breeding system of epiphytes in a tropical mountain wet forest. *Selbyana* 16:155-158.

Cakmak I. 2015. Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri.

Cantú I. and Gonzales H. 2005. Pérdidas por interceptación de la lluvia en tres especies de Matorral Submontano. *Revista CIENCIA UANL*, 3(1): 80-85.

Carlisle A., Brown A. H. F. and White E. J. 1966. "The nutrient content of tree stem flow and ground flora litter and leachates in a sessile oak (*Quercus petraea*) woodland", *Journal of Ecology* 55: 615-627.

Castaño C. A. y Jaramillo R. A. 1999. Esgurrimiento de agua y nutrimentos por el tallo de árboles de guamo (*Inga sp.*). Chinchiná, Cenicafé. 20 p.

Castellanos A. S. 2002. Plantas vasculares raras, amenazadas, o en peligro de extinción del estado de Oaxaca, un panorama preliminar. *Polibotánica*, núm. 13, junio, Departamento de Botánica, México, p. 47-82,

Ceja R. J., Espejo S. A., López F. A., García C. J., Mendoza R. A. y Pérez G. B. 2008. Las plantas epifitas: su diversidad e importancia. Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM Iztapalapa. *Ciencias* 91 Julio- Septiembre. México.

Challenger A. y Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 87-108.

Chapin III F.S., Zavaleta E.S, Eviner V.T., Naylor R.L., Vitousek P.M., Reynolds H.L., Hooper D.U., Lavorel, S. Sala O.E., Hobbie S.E., Mack M.C. y Díaz S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234-242.

Chapman H. D. 1991. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas., Ed. Trillas 7ma edición, México.

Chase M. W., Freudenstein J. V., Cameron R. L. and Barrett K. M. 2003. Dna data and Orchidaceae systematics: a new phylogenetic classification. Pp. 69-89 en: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. L. Barrett y P. J. Cribb (eds.). *Orchid conservation*. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Sabah.

- Chiu T. F. and Bould C.** 1977. Sand-culture studies on the calcium nutrition of Young Apple trees with particular reference to bitter pit. *J. hort. Sci.* 52, 19-28.
- Coccoloba uvifera* L. (1759). — Polygonaceae — *Systema Naturae*, Editio Decima 1007. 1759
- Colman E. A.** 1953. *Vegetation and watershed management*. New York, The Ronald Press Company, 412 p.
- Cornejo F., Varela A. and Wright J.** 1994. Tropical forest litter decomposition under seasonal drought: nutrient release, fungi and bacteria. *Oikos*, 70:183-190.
- Cuevas E. and Medina E.** 1988. Nutrient dynamics within amazonian forests II. Fine root growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. *Oecologia*, 76: 222-235.
- Dalström S.** 2001. A synopsis of the genus *Cyrtorchilum* (Orchidaceae; Oncidiinae): Taxonomic reevaluation and new combinations. *Lindleyana*, 16(2), 56–80
- Damon A.** 2006. *Orquídeas del Soconusco*. ECOSUR.
- Darwin C.** 1877. *The various contrivances by which orchids are fertilized by insects*. The University of Chicago Press, Chicago (reimpresión 1984).
- Daubenmiere R. F.** 1974. *Plants and environment*. 3 ed., John Wiley & sons.
- Del Arco J. M., Escudero A. y Garrido M. V.** 1991. Effects of site characteristics on nitrogen retranslocation from senescing leaves. *Ecology* 72: 701-708.
- Dieter P.** 1984. Calmodulin and calmodulin-mediated processes in plants. *Plant, Cell and Environment*. 7: 371.
- Dirzo R.** 1995. Las selvas tropicales de México: Un recurso amenazado. En: Delfín, H., V. Parra y C. Echazarreta (Eds.) *Conocimiento y manejo de las selvas de la Península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Yucatán. México. Pp. 81-89
- Dressler R.** 1981. *The orchids – natural history and classification*. Harvard University Press, Cambridge.
- Dressler R. L. y Pollard G. E.** 1974. El género *Encyclia* en México. Asociación Mexicana de Orquideología, México, D.F.
- Eaton J. W., Skelton T. D., Swoffors H. S., Kolpin C. E. and Jacob H. S.** 1973. Elevated erythrocyte calcium in sickle cell disease, *Nature* 246: 105-106
- Edwards P. J.** 1982. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. *Journal of Ecology* 70:807-827.
- Elbert L. Little Jr., Francis H., Wadsworth y Marrero.** 1977. *Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes*. Universidad de Puerto Rico.

- Escudero A. and Mediavilla S.** 2003. Dinámica de los nutrientes. *Ecosistemas*, XII (1), 1-8.
- Espejo-Serna A., López-Ferrari A. R., Jiménez-Machorro R. y Sánchez-Saldaña L.** 2005. Las orquídeas de los cafetales en México: una opción para el uso sostenible de ecosistemas tropicales. *Revista de Biología Tropical*, vol. 53, núm. 1-2, marzo-junio, pp. 73-84, Universidad de Costa Rica Costa Rica.
- Fassbender H. W. y Bornemiza E.** 1987. Química de suelos con énfasis en América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. 419 p.
- Fernández-Ortiz, L. M.** 1989. Los factores que condicionan el desarrollo rural en la Mixteca Oaxaqueña. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. México.
- Flores A. y Manzanero G.** 1999. Los tipos de vegetación del estado de Oaxaca. En: Vásquez-Dávila M.A. Ed. *Vegetación y Flora*, pp 7-45, Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, Oaxaca.
- Flores-Palacios, A., y Brewster P.** 2002. Introducción al cultivo de orquídeas. Instituto de Ecología, A.C.-Asociación Mexicana de Orquideología, Xalapa, p. 240.
- Forsyth F.R. and Webster D. H.** 1971. Volatiles from McIntosh apple fruits as affected by phosphorus and potassium nutrition. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 96: 259-263.
- Frahm J. and Gradstein S.** 1991. The Altitudinal Zonation of Tropical Rain Forest using Bryophytes. *Journal of Biogeography*. 18:669-678
- Franken W., Leopoldo P., Matsui E. Ribeiro E M.** 1992. Interceptação das precipitações en floresta amazônica de terra firme. *Acta Amazônica*, 12: 15-22
- Frankenberger W.T. and Arshad M.** 1995. Phytohormones in soils; microbial production and Function. Marcel Dekker, New York
- Fuentes R. L. E., Tapia H. A., Jiménez S. T., Mascarúa E. M. A., Santoyo P. Y., Caso V.L.R., Romero H. H. T., del R. Cajica E.M., León B. D., RosalesFüguemann , M. P. and Castillo R. M. G.** 2003. Bacterias acéticas: diversidad e interacción con las plantas. *Elementos*. 49 (10): 47.
- García de Miranda, E.** 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, México, D.F., UNAM.
- García-Mendoza A. J.** 2004. Integración del Conocimiento Florístico del Estado. En: García-Mendoza A.J., Ordóñez M.J. y Briones-Salas M. Eds. *Biodiversidad de Oaxaca*, pp. 305-325, Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, D.F.
- García M. A.; Ordóñez D, M de J. H. y Briones S. M. A.** 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM: Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza: World Wildlife Fund, 1ra Ed. D. F., México.

García–Mendoza A. y Torres R. 1999. Estado actual del conocimiento sobre la flora de Oaxaca. En: Vásquez–Dávila M.A. Ed. *Flora y Vegetación*, pp. 49–86, Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, Oaxaca.

García Y., Ramos J. M. y Becerra J. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. *Biodiversitas*. 94:12-15

Godoy R, Oyarzún C. and Gerding V. 2001. Precipitation chemistry in deciduous and evergreen Nothofagus forests of southern Chile under low-deposition climate. *Basic and Applied Ecology* 2: 65-72.

Golley F. 1983. Decomposition. Pp. 157-166. In: F. Golley (Ed.) *Tropical Rain Forest Ecosystems*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Netherlands

Gómez M. H. 2011. Validación de la metodología por el método estándar 3111^a – absorción atómica para el análisis de metales pesados en muestras de aguas y aguas residuales. Escuela de Tecnología Química, Corporación Autónoma Regional De Risaralda Carder Universidad Tecnológica De Pereira Facultad De Tecnologías Escuela De Tecnología Química Pereira. Colombia

Gómez-Pompa A. & Dirzo R. 1995. Reservas de la Biosfera y otras áreas protegidas de México. Publicación de SEMARNAP y CONABIO. México. 159 pp.

Granados-Sánchez D., López-Ríos G. F., Hernández-García, M. Á., Sánchez-González A. 2003. Ecología de plantas epífitas, Universidad Autónoma Chapingo, Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, Vol. 9, Núm. 2, México.

Guilherme de C. Andrade, Da Silva H. D., Ferreira C. A., Bellote A. y Moro L. 1995. Contribución del agua de lluvia en la oferta de nutrientes minerales para *Eucalyptus grandis*. *Bosque* 16 (1): 47-51. C.D.O.: 181.34. Brasil.

Gutiérrez-Báez C, Zamora-Crescencio P., Hernández-Mundo and Candelaria S. 2012. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia de Mucuychacán, Campeche, México. *Foresta Veracruzana*, 14(1):9-16 Recursos Genéticos Forestales Xalapa, México.

Guariguata M. L. y Kattan G. H. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. *LUR*, p.p 272, 273.

Hágsater Soto E. M., Salazar G. A., Jiménez R., López M. A. y Dressler R. L. 2005. Las orquídeas de México. Instituto Chinoín, A.C., México, D.F

Hardy, F. 1970. Suelos tropicales. *Pedología tropical con énfasis en América*. Herrero hermanos Sucesores, S. A. México.

Heal, O.W., J.M, Anderson and M.J. Swift. 1997. Plant litter quality and Decomposition: An Historical Overview. Pp. 3-32. In:G. Cadish & K.E. Giller (Eds.). *Driven by Nature. Plant litter quality and decomposition*. University Press, Cambridge, London, UK.

- Hernández-Valencia, I. y López-Hernández D.** 2002. Pérdida de nutrimentos por la quema de la vegetación en una sabana de *Trachypogon*. *Rev. Biol. Trop.* 50:1013-1019.
- Hymenaea courbaril* L. (1753). — Caesalpinaceae — *Species Plantarum* 2: 1192. 1753
- Imbach A. C., Fassbender H. W., Beer J., Borel R., Bonnemann A.** 1989. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laureal (*Cordia alliodora*) y café con poró (*Erythrina poeppigiana*). Balances hídricos e ingreso con lluvias y lixiviación de elementos nutritivos. *Turrialba* 39(3): 400-414.
- INEGI.** 1995. Estadísticas del medio ambiente. México, D.F. 447 p.
- INEGI.** 2005b. Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI.** 2005^a. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1:250 000. Serie III (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- ORQUIDEA (Méx.)** 1990. Revista de la Asociación Mexicana de Orquideología, A.C. ISSN 0300-3701 *Orquidea* (Méx) 12(1): 1-126.
- IUCN/SSC Orchid Specialist Group.** 1996. Orchids - Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, Gland Switzerland and Cambridge, UK.
- Jackobsen S. T.** 1993a. Interaction between plant nutrients. III Antagonism between potassium, magnesium and calcium. *Acta horticulturae Scandinavica*, 43: 1-5.
- Janzen D. H.** 1975. Ecology of plants in the tropics. Arnold. London.
- Jaramillo R. A. y Chaves C. B.** 1998. Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café *Coffea arabica* L. *Cenicafé* 49 (2): 129-135.
- Jiménez M. y Soto A.** 1990. *Oncidium leleui*, *Orquídea* (Mex.) 12 (1)
- Jiménez- Machorro R. y Soto-Arenas.** 1990. *Oncidium leleui*, una nueva especie de la costa pacífica mexicana. *Orquídea* (México) 12 (1): 57-64.
- Jiménez S. L., Vázquez C. H. and Tapia H. A.** 2001. Response of the coffee plant to the inoculation with *Azospirillum* sp. In: Nitrogen fixation: global perspectives. Proceedings of the 13th International Congress on nitrogen fixation. Hamilton, Ontario, Canada.
- Jiménez-Salgado T., Fuentes-Ramírez L. E., TapiaHernández A., Mascarúa-Esparza E. M. A., Johnson N. C., y Pflieger F. L.** 1992. Vesicular arbuscular mycorrhizae and cultural stresses, In: *Mycorrhiza in Sustainable Agriculture*, Bethlenfaavay G. J. y Linderman R. Eds American Society of Agronomy, Cop Science of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI, 71-99.

Judd W. S., Campbell C. S, Kellogg E. A., Stevens P. F. and Donoghue M. J. 2007. «Eriocaulaceae». Plant Systematics: A Phylogenetic Approach, Third edition. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates

Kittredge J. 1948. Forest influences. The American Forestry Series. New York, McGraw-Hill Book Company. 349 p.

Knop J. M. H., Nash T. H. and Schlesinger W. H. 1996 The influence of epiphytic lichens on the nutrient cycling of an oak Woodland. Ecological Monographs 66 (2): 159-179.

Köhler L. 2002. Die Bedeutung der Epiphyten im ökosystemaren Wasser- und Nährstoffumsatz verschiedener Altersstadien eines Bergregenwaldes in Costa Rica. Tesis Doctor. Göttingen, Alemania. Georg-August-Universität Göttingen.

Knudson L., 1922. Nonsymbiotic Germination of Orchid Seeds, Bot. Gaz. 73(1): 1–25. Misaghi I.J. & C.R. Donndelinger

Lavelle P., Blanchart E., Martin A., Martin S., Barois I., Toutain F., Spain A., and Schaefer R.. 1993. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems. Application to soils in the humid tropics. Biotropica, 25, 130-150.

Lewis, O. A. M. 1993. Plants and Nitrogen. The Institute of Biology's Studies in Biology Nº 166

Likens G. E. and Borman F. H. 1995. Biogeochemistry of a forested ecosystem. New York, Springer-Verlag. 159 p.

Lima W. P. 1979. "Alteração do pH, condutividade e das concentrações de Ca, Mg e P da água da chuva em floresta de Pinus caribaea Morelet var. caribaea, IPEF 18:37-54.

Longman K. A. and Jenik J. 1974. Tropical forest and its environment, Tropical ecology series. Lognman.

López-Ferrari A. R. y Espejo A. 1998. Las Monocotiledóneas Mexicanas una Sinopsis Florística 1. Lista de Referencia Parte VII. Orchidaceae I. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 90 p.

López-Ferrari A. R. y Espejo, A. 1998^a. Las Monocotiledóneas Mexicanas una Sinopsis Florística 1. Lista de Referencia Parte VIII. Orchidaceae II. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 115 p.

López-Ferrari A. R. y Espejo A. 2001. La diversidad actual de las Monocotiledóneas Mexicanas: Un Análisis, un diagnóstico y una propuesta. Simposio Estudios Florísticos de México. Avances y Perspectivas hacia el Siglo XXI. XV Congreso Mexicano de Botánica, Querétaro, Querétaro.

Luo Y., Reynolds J., Wang Y. y Wolfe D. 1999. A search for predictive understanding of plant responses to elevated [CO₂]. Global Change Biology 5(2): 143-156.

- Lyford, W. H.** 1969. The ecology of an elfin forest in Puerto Rico. 7. Soil, root, and earthworm relationships. *J. Arnold Arbor. Harv. Univ.* 50:210- 224.
- Mabberley, D.** 1992: Tropical rain forest ecology. Blackie Academy and profesional. London. 300p.
- Madison, M.** 1977. Vascular Epiphytes: Their systematic ocurrence and salien features. *selbyana* 2 (1): 1-13.
- Marcelle R. D.** 1993. Mineral Nutrition and fruit quality. *Acta Hort.* 383: 219-225.
- Marschner H.** 1983. General introduction to the mineral nutrition of plants. In: *Encyclpedia of plan physiology, New Series, Vol. 15A, a.* Lauchli and R. L. Bieeleski, Eds., 5-60. New York: Springer Verlag.
- Marschner H.** 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2 Edition. Academic Press, San Diego. 889 pp.
- Marschner H.** 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd Edn London: Academic Press.
- Martínez-Romero and Caballero-Mellado J.** 1997. *Coffea arabica* L., new host plant for *Acetobacter diazotrophicus* and isolation of other nitrogen fixing acetobacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 63(9): 3676-3683.
- McCune D. C. and Boyce R. L.** 1992. "Precipitation and the transfer of water, nutrients and pollutants in tree canopies", *Tree* 7: 4-7.
- Medina E.** 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Secretaria General de la OEA Washington. Serie de Biología No. 16. 102 p.
- Martínez C. A. y Vázquez J.** 2009. Estudio Regional Forestal. UMAFOR Mixteca Sur 2013
- Menchaca García R. A.** 2011. Manual para la propagación de orquídeas. SEMARNAT, CONAFOR, 1ra Edición, México, pp 26-30.
- Meentemeyer D.** 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*, 59(3): 465-472.
- Misaghi I. J. and Dondelinger C. R.** 1990. Endophytic bac-teria in symptom-free cotton plants. *Phytopathology* 80: 808-811.
- Monge E., Val J., Sanz M., Blanco A. and Montañés L.** 1994. Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza)* 21(3): 189-201.
- Montero P., Bernis C., Varea C., y Arias S.** 1999. Hábitos alimentarios en mujeres españolas: Frecuencia de consumo de alimentos y valoración del cambio en el comportamiento alimentario. *Atención Primaria*, 23, 3:127-131.

- Moreno F. y Díez M.** 2011. Cultivo de vainilla. Contribuciones para el desarrollo de su cadena productiva en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Nadkarni N. M.** 1984. Epiphyte biomass and nutrient capital of a Neotropical Elfin Forest, *Biotropica* 16, 249-256.
- Niinemets U., Tenhunen J. D., Canta N. R., Chaves M. M., Faria T., Pereira J. S. y Reynolds, J. F.** 1999. Interactive effects of nitrogen and phosphorus on the acclimation potential of foliage photosynthetic properties of cork oak, *Quercus suber*, to elevated atmospheric CO₂ concentrations. *Global Change Biology* 5 (4): 455-470.
- Miranda F. y Hernández X. E.** 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179
- Moreira A. S. F. P. e Isaias, R. M. S.** 2008. Comparative Anatomy of the Absorption Roots of Terrestrial and Epiphytic Orchids. *Arch. biol. technol.* v.51 n.1: pp.83-93, Brazil.
- Nadkarni N. M., y Longino J.** 1988. Macroinvertebrate communities of canopy and forest floor organic matter in a neotropical cloud forest. *Ecol. Bull.* 69: 244.
- Ortega-Larrocea M. Del P., Zandoval-Zapotitla E., Guzmán C. and Chávez-Ávila V. M.** 2005. Histological development of symbiotic *Bletia urbana*: an endangered terrestrial orchid from Mexico [resumen]. *Selbyana* 26: 309.
- Osuna y Pérez- Amador.** Datos no publicados. Capítulo Metabolitos primarios y secundarios en la descomposición. **Álvarez-Sánchez y Naranjo-García.** 2003. Libro Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México. Instituto de Ecología, A.C., Instituto de Biología y Facultad de Ciencias UNAM. Xalapa, México.
- Oyarzún C., Godoy R. and Sepúlveda A.** 1998. Water and nutrient fluxes in a cool temperate rainforest at the Cordillera de la Costa in southern Chile. *Hydrological Processes* 12: 1067-1077.
- Oyarzún C., Godoy R., Schrijver, Staelens J. and Lust N.** 2004. Water chemistry and nutrient budget in an undisturbed evergreen rain forest of southern Chile. *Biogeochemistry* 71: 107-123.
- Palm C. and Sánchez P.** 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica*, 22(4): 330-338
- Paul and Catling V.** 1989. AMO!, ISSN 0300-3701 ORQUIDEA (Méx.) 12(1): 1-126.
- Pehl, C. E. and Ray K. F.** 1894. "Atmospheric nutrient inputs to three forest types in east Texas", *Forest Ecology and Management* 7: 11-18.
- Pennington T. D. y Sarukhán J.** 2005. Árboles Tropicales de México. 3da Edición. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica, México, D.F. Páginas 160 y 523.

- Poorter H.** 1994. Construction costs and payback time of biomass: a whole plant perspective. En A whole plant perspective on carbon-nitrogen interactions (eds. Roy, J. y Garnier, E.), pp. 111-127, SPB Academic Publishing, The Hague.
- Potter, C.S., H.L. Ragsdale, W.T. Swank.** 1991. "Atmospheric deposition and foliar leaching in a regenerating southern ap
- Ramos Z. E., Jiménez T., Tapia A.,** 2007. Estudio de bacterias asociada a orquídeas (Orchidaceae). Lankesteriana International Journal on Orchidology. 7(1-2): 322-325.
- Rasmussen H. N.** 1995. Terrestrial orchids: from seed to mycotrophic plant. Cambridge University Press, Cambridge
- Richards P. W.** 1957. The tropical rain forest. An ecological study. Cambridge at the University Press.
- Ritter, L. J. y Keller H. A.** 2013. Situación de conservación de la primer población de *Andira inermis* (Fabaceae) hallada en Misiones (Argentina). *Bonplandia* 22(1): 11-18.
- Robledo J. A.** 2003. La lluvia y el transporte de nutrimentos dentro de ecosistemas de bosque y cafetales. *Cenicafé* 54 (2):134-144. 2003. Centro Nacional de Investigaciones de café. Colombia.
- Rodríguez S.A.** 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpression. México, D.F
- Rodríguez Carlos M. N. y Caballero-Rueda L. M.** 1997. Dinámica de elementos en epifitos de un bosque altoandino de la cordillera oriental de Colombia. *Caldasia* Vol. 19, Nos. 1-2. Colombia.
- Rodríguez-Fuentes H.** 2002. Métodos de Análisis de Suelos y Plantas. Ed. Trillas. México. 292 pp
- Ruiz-Lozano J. M., Azcon R., and Gomez M.** 1995. Effects of arbuscular-mycorrhizal glomus species on drought tolerance: Physiological and nutritional responses. *Appl. Environ. Microb.*, 61, 456-460.
- Russell A., and Vitousek P.** 1997. Decomposition and potential nitrogen fixation in *Dicranopteris linearis* on Mauna Loa, Hawaii (i. *J. Trop. Ecol.*, 13: 579-594.
- Rzedowski J.** 2006. Vegetación de México. 2006. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Oaxa
- Sadowski A. y Czescik M.** 1977. Studies on bitter pit of apples. V. Osmotic concentration and mineral content in different parts of fruit and incidence of pits. *Zesz. Nauk. SGGW "Ogrodnictwo"* 10: 73-92.
- Sadzawka R. A., Grez Z. R., Carrasco R. M. y Mora G. M.** 2004. Métodos de análisis de tejidos vegetales. Comisión de Normalización y Acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.

- Salas G.** 1987. Suelos y ecosistemas forestales: con énfasis en América Tropical. Turrialba. IICA. 450 p.
- Salazar G. A.** 2009. Diversidad biológica e inventarios Orquídeas Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
- Salazar G. y Soto M. A.** 1996. El género *Lepanthes* Sw. en México. *Orquídea (Méx.)* **14**:1–231.
- Salazar G. y Hágsater E.** 1997. *Diversidad y Conservación de Orquídeas en la Región de Chimalapa, Oaxaca*. Reporte final proyecto G–024, México, D.F. 114 pp.
- Salazar G., Reyes J., Brachet C. y Pérez J.** 2006. *Orquídeas y otras Plantas Nativas de la Cañada Cuicatlán, Oaxaca, México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F
- Santa Regina, I., J.F. Gallardo, C. San Miguel, A. Moyano.** 1989. "Intercepción, pluviolavado y escorrentía cortical en una plantación de *Pinus sylvestris* de la Cuenca de Candelario (centro-oeste de España)", *Bosque* 10: 19-27.
- Scaife M.A. y Clarkson D.T.** 1978. Calcium-related disorders in plants - a possible explanation for the effect of weather. *Plant Soil* 50: 723-725.
- Schlesinger, W.H.** 1978. "Community structure, dynamics and nutrient cycling in the okefenokee cypress swampforest". *Ecological Monographs* 48: 43-65.
- Scowcroft, P.** 1997. Mass and nutrient dynamics of decaying litter from *Passiflora mollissima* and selected native species in a Hawaiian montane rain forest. *J. Trop. Ecol.* 13: 407- 426.
- Simpson, Michael G.** 2005. «Eriocaulaceae». *Plant Systematics*. Elsevier Inc.
- Solano- Camacho.** 1988. ISSN 0300-3701. ORQUIDEA (Méx.) 12(1): 1-126.
- Solano R.** 1993. El género *Stelis* Sw. (Orchidaceae: Pleurothallidnae) en México. *Orquídea (Méx.)* **13**:1–112.
- Solano-Gómez R., Bello-López R., Vásquez-Martínez A.** 2007. Listado de las orquídeas de la región de Juquila, Oaxaca, México. *Naturaleza y Desarrollo*, vol. 5 núm. 2 Julio - diciembre
- Solano-Gómez R., Alonso-Hernández N., Rosado-Ferrer K., Aguilar-Hernández M. Y García R.** 2008. Sistemática Y florística diversidad, distribución y estrategias para la conservación de las Pleurothallidinae (Orchidaceae) en Oaxaca, *Bol.Soc.Bot.Méx.* 82: 41-52
- Smith, M.K.** 1974. "Throughfall, stemflow and interception in pine and eucalypt forest", *Australian forestry.* 36: 190- 197.
- Soto M. A., Hágsater et, Jiménez R, Salazar G.A., Solano R., Flores R. y Contreras El.** 2007. Las orquídeas de México: catálogo digital. Instituto Chinoin, A.C., México, D.F.

Soto M. A. y Salazar G. A. 2004. Orquídeas. Pp. 271- 295. En: García-Mendoza, A., M.J Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.), Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza, México World Wildlife Fund; México, D.F.

Sousa M. S., Oswaldo T. V., Ladd M. O. and Soto N. J. 1990. ISSN 0300-3701 ORQUIDEA (Méx.) 12(1): 1-126.

Stern M., Quesada M. and Stoner K. E. 2002. Changes in Composition and Structure of a Tropical Dry Forest Following Intermittent Cattle Grazing. *Rev. Biol. Trop.* 50:1021-1034

Stewart G. R.; Handley L. L.; Turnbull M. H.; Erskine, P. D. and Joly C. A. 1995. 15N natural abundance of vascular rainforest epiphytes: implications for nitrogen source and acquisition. *Plant. Cell. Environ* 18: 85-90

Sudgen A. M. y Robins R. J. 1979. Aspects of the ecology of vascular epiphytes in two Colombian cloud forest, Distribution of the epiphytes flora. *Biotrópica II* (3): 173-188.

Sutton S. L., Whitmore, T. C., Chadwich A. C. (Ed). 1983. Tropical rain forest: ecology and management. Oxford. British Ecological Society.

Tamm C. O. 1951. Removal of plant nutrients from tree crowns by rain. *Physiol. Plant.* 4: 184-188.

Tebbutt T. H. 1998. Principles of water quality control. Ed. Butterworth Heinemann. 5a edition, Oxford, USA.

Téllez V. M. Á. 2011a. Análisis del diagnóstico de la familia Orchidaceae en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 169 p.

Tukey H. B., Mecklenburg R. A. y Morgan J. V. 1965. A mechanism for the leaching of metabolites from foliage. In *Isotopes and radation in soil-plant nutrition studies*. Intera. Atomic Energy Agency, Vienna. 371-385

Tsavkelova E.A., T.A. Cherdyntseva and A.I. Netrusov. 2004a. Bacteria associated with roots of epiphytic orchids. *Mikrobiologiya* 73(6): 825–831.

Tsavkelova E.A., T.A. Cherdyntseva and A.I. Netrusov. 2004b. Auxin production by bacteria associated with orchid roots. *Microbiology* 74(1): 46–53, translated from *Mikrobiologiya* 74(1): 55–62.

Van Der Pijl, L. and Dodson C. H. 1966. Orchid flowers: their pollination and evolution. University of Miami Press, Coral Gables, Florida.

Vang-Petersen O. 1980. Calcium nutrition of apple trees: a review. *Sci. Hort.* 12: 1-9.

Vang-Petersen O. 1974. Magnesium til aeble. I. *Tidsskr. Planteavl.* 78: 627-634.

Vang-Petersen O., Poulsen E. and Hansen P. 1973. The nutritional state of Danish fruit orchards as shown by leaf analysis. I. Tidsskr. Planteavl. 77: 37-47.

Villar-Salvador P., Peñuelas J. L. y Carrasco, I. 2000. Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* L. tienen mejor desarrollo en campo. 1er Simposio de Pino Piñonero (*Pinus pinea* L.). I. (Ed.). Junta de Castilla y León, Valladolid, pp. 219-227.

Veneklaas E. 1990. Rainfall interception and aboveground nutrient fluxes in Colombian, montane tropical rain forest. Utrecht, University of Utrecht, 105 p.

Walker R. y Ataroff M. 2002. Biomasa Epifita y su contenido de nutrientes en una Selva Nublada Andina, Venezuela, Ecotropicos 15(2):203-210 Sociedad Venezolana de Ecología

Westman, W.E. 1978. "Inputs and cycling of mineral nutrients in coastal subtropical Eucalyptus forest", Journal of Ecology. 66: 513-531

Wiebe H. J., Schätzler H.P., and Kühn W. 1977. On the movement and distribution of calcium in white cabbage in dependence on water status. Plant Soil 48: 409-416.

Wilde A. J. 1995. Las Orquideas Silvestres de Ucumarí. Corporación Autónoma Regional de Risaralda. Pereira, Colombia.

Wilkinson K. H., Dixon K.W. and Sivasithamparam K. 1989. Interaction of soil bacteria, mycorrhizal fungi and orchid seed in relation to germination of Australian orchids. New Phytol., 112: 429-435

Wilkinson K.G., Dixon K.W., Sivasithamparam K. and Ghisalberti E.L. 1994. Effect of IAA on symbiotic germination of an Australian orchid and its production by orchid-associated bacteria. Plant Soil 159: 291-295.

Williams-Linera G., Sosa V. and Platas T. 1995. The fate of epiphytic orchids after fragmentation of a Mexican cloud forest. Selbyana 16:36-40.

Zamora P., García G., Flores J. S. y Ortiz, J. J. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán, México. Polibotánica 26:39- 66.

Zettler L. W., Sharma J. and Rasmussen F. N. 2003. Mycorrhizal diversity. Pp. 205-226. En: Dixon, K. W., S. P. Kell, R. L. Barrett y P. J. Cribb (eds.). Orchid conservation. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Sabah.

Zotz G. y Andrade JL. 2002. La ecología y la fisiología de las epífitas y las hemiepífitas. Capítulo. In Ed. Guariguata, M. y Catan, G. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Costa Rica 12: 271-296.

Zuberer D.A. 1999. Biological dinitrogen fixation: introduction and non-symbiotic. En: D. Sylvia et al., editores, Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall, New Jersey, USA. p. 295-321

REFERENCIAS ELECTRONICAS:

Los microelementos en la nutrición vegetal. Director Istituto Sperimentale er la Nutrizione delle Piante. Italia.

Garcia Iñaki, CANNA RESEARCH. Recuperado de:

http://www.canna.es/interacciones_entre_nutrientes CITADO: 02/09/2017

CONABIO. Selvas húmedas. Recuperado de:

<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/selvaHumeda.html> CITADO: 10/11/2017

http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/sueloyveg/USOSUEVEGVI.pdf) CITADO: 15/10/2017

<http://www.sco.org.co> Sociedad Colombiana de Orquideología CITADO: 12/09/2016

<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM20oaxaca/municipios/20073a.html> Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México CITADO: 25/10/2016

<http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=16&n3=2&n4=141> CITADO: 10/11/2016

http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0717-92002006000300002&script=sci_arttext CITADO: 15/11/2017

<http://www.bioline.org.br/request?cg07017> CITADO: 10/11/2016

http://www.fao.org/ag/agp/agps/pgrfa/pdf/swrshr_s.pdf. CITADO: 06/11/2016

<https://www.cyclamen.com/es/profesional/cultivo/14/43> CITADO: 10/09/2017

<http://orquideas.tapecosur.edu.mx/epi.htm>. p. 24 CITADO: 10/11/2017

<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/sinergismos-y-antagonismos-entre-nutrientes> CITADO: 10/11/2017

ISSN 0300-3701 ORQUIDEA (Méx.) 12(1): 1-126. JULIO 1990.

*NMX-AA-029-SCFI-2001: ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-AA-029-1981)

*NMX-AA-026-SCFI-2010: ANÁLISIS DE AGUA - MEDICIÓN DE NITRÓGENO TOTAL

*KJELDAHL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA - (CANCELA A LA NMX-AA-026-SCFI-2001).

ANEXO 1

Oncidium leleui en su hábitat natural sobre *Andira inermis*



Tratamiento de *O. leleui* para su cuantificación



Flores de los tratamientos de cultivo de *Oncidium Leleui*



FOTOS A. P. V. ¹

¹ A. P. V. :Ariadna Peralta Villanueva

Inflorescencia de *O. lelei* después de agregar al abono orgánico con una proporción 1:10



Nuevos pseudobulbos resultantes del cultivo



Crecimiento de raíces por la aplicación del abono orgánico



FOTOS A. P. V.

Tratamientos cultivados en el invernadero de la F. E. S. Zaragoza campus II



Inflorescencia de *Oncidium lelei* en su hábitat natural, encontrada en el forofito de *Coccoloba barbadensis*

