

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Caracterización de una población de *Vanilla planifolia*
Andrews (Orchidaceae), en la Depresión Central de
Chiapas.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

JOSEPH AZAEL CHÁVEZ

DIRECTOR

Dra. CLARA LUZ MICELI MÉNDEZ

Instituto de Ciencias Biológicas

UNICACH

ASESOR(ES)

M.C. ANA GUADALUPE ROCHA LOREDO

Instituto de Ciencias Biológicas

UNICACH

DR. MIGUEL ANGEL PERALTA MEIXUEIRO

Instituto de Ciencias Biológicas

UNICACH





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas;
Fecha: 27 de noviembre de 2024

C. **Joseph Azael Chávez**

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Caracterización de una población de *Vanilla planifolia* Andrews (Orchidaceae), en la Depresión

Central de Chiapas

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

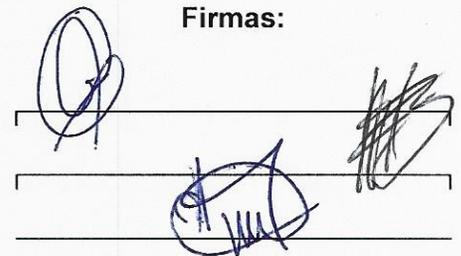
Revisores

Dra. Christian Anabí Riley Saldaña

Lic. Manuel Martínez Meléndez

Dra. Clara Luz Miceli Méndez

Firmas:



Ccp. Expediente

AGRADECIMIENTOS

A mi **madre, Rubí López Ibarra** por siempre brindarme su apoyo y amor incondicional y que través de sus consejos, lecciones y en ocasiones regaños, soy la persona que soy hoy, sin ti madre yo estaría perdido, no me alcanzará la vida para agradecértelo.

A mi **hermano, Dominick E. Chávez** por ser mi confidente, mi compañero de risas y bromas, por siempre estar ahí cuando necesitaba una buena risa, a pesar de todas las cosas siempre estamos y estaremos juntos.

A mis **abuelos, Esperanza Ibarra Cancino y Azael López Carvallo** que siempre me llenaron de amor y de apoyo, sin ellos no hubiera podido ser las persona que soy hoy, gracias abuelos por su sabiduría, consejos, apoyo y por siempre estar ahí para lo que yo necesitara, los amo.

A mis **tías y tíos**, pero en especial a mi tío **Carlos Rodríguez Hernández** y a mi tía **Agripina Ibarra Cancino** por brindarme el apoyo en tiempos difíciles, nunca olvidare todo su apoyo, su amor y aquellas llamadas telefónicas para preguntar cómo estaba, por siempre tendrán un espacio en mi corazón y en mi memoria.

A la **Dra. Clara Luz Miceli Méndez**, a la **M.C Ana Guadalupe Rocha Loredó** y al **Dr. Miguel Ángel Peralta Meixueiro** por darme el privilegio de trabajar con ellos en el campo, laboratorio e invernaderos. Por brindarme su extenso conocimiento para formar en el biólogo que soy, por siempre les agradeceré su paciencia y apoyo

Al **Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales ICBIol** por siempre ser personas llenas de empatía, respeto, conocimiento y amor por la vida. Gracias **M.C Alondra Elianeth Gutierrez Calvo** y **Biól. Mario Alberto López Miceli**.

A mis compañeros de carrera y compañeros de vida. Gracias a **Yvonne Enciso** por ser la primera persona que el destino me puso enfrente, sin ella no hubiera podido ser lo que soy hoy, gracias por todos los buenos momentos y por todo tu

apoyo, nunca olvidare los bellos momentos, hiciste que estos años de carrera fueron los mejores años de mi vida, más que una amiga, eres mi hermana.

Gracias a **Kevin Santiago, Mauricio Camaras, Grecia Camaras, Danna Vera, Alitzel Muñoa y a Alan Palomeque** por acompañarme todos estos años, por darme su apoyo, amor, consejos y por las mil risas que tuvimos, sin duda siempre serán parte de mí y me llevo un pedacito de todos ustedes.

A mis sinodales la **Dra. Christian Anahí Riley Saldaña** y al **Biólogo Manuel Martínez Meléndez** por regalarme todo su conocimiento y paciencia para la contribución de esta investigación, gracias.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. BIODIVERSIDAD DE MÉXICO.....	3
2.2. AMENAZAS DE LA BIODIVERSIDAD EN MÉXICO.....	4
2.3. ECOLOGÍA DE POBLACIONES	5
2.4. FACTORES AMBIENTALES Y BIOLÓGICOS QUE INFLUYEN	7
EN LAS PLANTAS.....	7
2.4.1. LUZ	7
2.4.2. ORIENTACIÓN A LA INTENSIDAD LUMÍNICA	8
2.4.3. TEMPERATURA.....	8
2.4.4. HUMEDAD.....	8
2.4.5. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	9
2.5. FORÓFITOS	9
2.6. PLAGAS EN VAINILLA.....	10
2.7. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	10
2.8. DATOS PASAPORTE DEL SINAREFI	11
2.9. MICROCLIMA	11
2.10. COMPETENCIA POR RECURSOS	12
2.11. HERBIVORISMO	12
2.12. EPIFITISMO.....	13
2.13. FENOLOGÍA	14
2.14. USOS Y APROVECHAMIENTO DE <i>Vanilla planifolia</i>	15
2.15. FAMILIA ORCHIDACEAE.....	17
2.16. GÉNERO <i>Vanilla</i>	17
2.18. <i>Vanilla planifolia</i> Andrews.....	18
III. ANTECEDENTES.....	20
IV. OBJETIVOS	24
OBJETIVO GENERAL:	24
OBJETIVOS PARTICULARES:	24
V. ZONA DE ESTUDIO	25
5.1. OCOZOCOAUTLA, DE ESPINOSA, CHIAPAS.....	25

5.1.1. GEOLOGÍA.....	26
5.1.2. CLIMA.....	26
5.1.3. VEGETACIÓN.....	26
5.1.4. FAUNA.....	27
5.1.5. EDAFOLOGÍA.....	27
VI. MÉTODOS.....	28
6.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE INDIVIDUOS DE <i>Vanilla planifolia</i>	29
6.1.1. VARIABLES MICROCLIMÁTICAS.....	29
6.1.2. FORÓFITOS CON PRESENCIA DE <i>Vanilla planifolia</i>	29
6.1.4 ANÁLISIS DE DATOS.....	31
VII. RESULTADOS.....	32
7.1 REGISTROS DE INDIVIDUOS DE <i>Vanilla planifolia</i>	32
7.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	32
7.2.1. INTENSIDAD DE COLOR DEL TALLO.....	32
7.2.2. VARIEGACIÓN DEL TALLO.....	33
7.2.3. FORMA EN SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TALLO.....	33
7.2.4. SUPERFICIE DEL TALLO.....	33
7.2.5. TEXTURA DEL TALLO.....	33
7.2.7. FORMA DEL ÁPICE DE LA HOJA.....	34
7.2.8. BASE DE LA HOJA.....	35
7.2.9. VARIEGACIÓN DE LA HOJA.....	35
7.2.10. INTENSIDAD DE COLOR DE LA HOJA.....	35
7.2.11. SIMETRÍA DE LA HOJA.....	36
7.2.12. FORMA EN SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA HOJA.....	36
7.2.13. FORMA DE LA HOJA.....	37
7.2.14. DIÁMETRO DEL TALLO.....	37
7.2.15. LONGITUD DEL ENTRENUDO DEL TALLO.....	38
7.2.16. LONGITUD DEL PECIOLO DE LA HOJA.....	39
7.2.17. LONGITUD DEL LIMBO DE LA HOJA.....	40
7.2.18. ANCHO DE LA HOJA.....	41
7.3. VARIABLES MICROCLIMÁTICAS.....	42
7.3.1 TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LAS PARCELAS.....	43

7.3.2 INTENSIDAD LUMÍNICA.....	45
7.3.3 CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS RESPECTO A LA ORIENTACIÓN SOLAR.....	46
7.4 PH DEL SUELO CERCANO AL FOROFITO O TUTOR.....	47
7.4. ESPECIES DE FOROFITO O TUTOR DE LAS PLANTAS DE <i>Vanilla planifolia</i>	47
VIII. DISCUSION.....	52
8.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	52
8.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS	56
8.2.1 TEMPERATURA Y HUMEDAD	56
8.2.2. INTENSIDAD LUMÍNICA.....	57
8.2.3. CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS RESPECTO A LA ORIENTACIÓN SOLAR.....	57
8.2.4 pH	58
8.3. FOROFITOS DE <i>Vanilla planifolia</i>	58
IX. CONCLUSIÓN.....	59
X. REFERENCIAS DOCUMENTALES	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de las formas biológicas según Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona	30
Cuadro 2. ANOVA de las variables microclimáticas normales del habitat de <i>V. planifolia</i> en la Depresión Central de Chiapas.....	42
Cuadro 3. Crecimiento de los ejemplares de <i>V. planifolia</i> en función a la orientación solar en la Depresión Central de Chiapas.....	46
Cuadro 4. Relación de especies usadas como forofitos por las plantas de vainilla (<i>Vanilla planifolia</i>).....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales Estados productores de vainilla en México en 2019 (SIAP, 2019).....	15
Figura 2. Partes de <i>Vanilla planifolia</i> . A) Flor (Salinas, 2021). B) Vainas (Flores-Castro, 2012). C) Cuerpo de <i>Vanilla planifolia</i> (Higgins, 2017)	19
Figura 3. Zona de estudio en Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. México. Con señalamientos al Parque Educativo Laguna Bélgica y la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote (Escobar-Ocampo, 2003).....	25
Figura 4. Porcentaje de intensidad del color del tallo y representación física en ejemplares de <i>V. planifolia</i> . Izq: Intensidad del color del tallo.....	32
Figura 5. Porcentaje de forma en sección transversal del tallo en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	32
Figura 6. Porcentaje de visibilidad del nervio principal de la hoja y representación física en ejemplares de <i>V. planifolia</i> . Izq: Visibilidad del nervio principal de la hoja y textura del tallo.....	33
Figura 7. Porcentaje del ápice de la hoja y representación física en ejemplares de <i>V. planifolia</i> . Izq: Ápice agudo.....	34
Figura 8. Porcentaje de base de la hoja y representación física en ejemplares de <i>V. planifolia</i> . Izq: Base amplexicaule	34
Figura 9. Porcentaje de intensidad de color de la hoja y representación física en ejemplares de <i>V. planifolia</i> . Izq: Intensidad del color de la hoja	35
Figura 10. Porcentaje de simetría de la hoja en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	35
Figura 11. Porcentaje de forma en sección transversal de la hoja en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	36
Figura 12. Porcentaje de forma de la hoja en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	37
Figura 13. Medida del diámetro de los tallos en ejemplares de <i>Vanilla planifolia</i>	37
Figura 14. Medida de longitud del entrenudo del tallo en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	38
Figura 15. Medida de longitud del peciolo de la hoja en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	39
Figura 16. Medida de longitud del limbo de la hoja en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	40
Figura 17. Medida del ancho de la hoja en ejemplares de <i>V. planifolia</i>	41
Figura 18. Temperatura de las parcelas en donde habitan los ejemplares de <i>V. planifolia</i> en la Depresión Central de Chiapas.....	43
Figura 19. Humedad relativa de las parcelas en donde habitan los ejemplares de <i>V. planifolia</i> en la Depresión Central de Chiapas	44

Figura 20. Intensidad lumínica de las parcelas en donde habitan los ejemplares de <i>V. planifolia</i> en la Depresión Central de Chiapas	42
Figura 21. pH del suelo de las parcelas en donde habitan los ejemplares de <i>V. planifolia</i> en la Depresión Central de Chiapas.....	46

RESUMEN

Por su riqueza en especies, endemismos y ecosistemas, México es considerado como uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo, razón por la cual se considera un país megadiverso, dentro de las familias más diversas se encuentra la Orchidaceae, que cuenta con aproximadamente 749 géneros y 26,000 especies la mayoría siendo plantas epífitas. Una de las plantas de esta familia es la trepadora *Vanilla planifolia* conocida como vainilla y es una de las especies más importantes a nivel mundial, gracias a su gran importancia comercial, pertenece al género *Vanilla* que cuenta con alrededor de 110 especies. Este género se destaca por el aprovechamiento frutal mundial y se conoce como la vainilla. Pese a su gran importancia comercial y ecológica, está sujeta a presión antropogénica, ecológica, económica y no se tiene tanto conocimiento sobre sus poblaciones, variables ambientales y reclutamiento natural. La presente investigación tiene por objetivo describir los procesos biológicos y ecológicos de *V. planifolia*. Se realizaron muestreos en sitios reportados en bases de datos e informantes claves que indicaron presencia de la especie en la Depresión Central de Chiapas. Se trazaron 5 parcelas de 10 x 20 m² (200 m²) hasta cubrir la totalidad de la población conformada por 73 individuos y con ayuda de los datos pasaporte de la SINAREFI se realizó la caracterización de 17 descriptores morfológicos. Se tuvieron plantas simétricas, sin presencia de variegación con ápices agudos con colores verdes oscuros tanto en tallo como en las hojas, se tuvieron tallos lisos con texturas suaves y formas de la hoja por su mayoría oblongas. Se describieron las variables microclimáticas, como la temperatura promedio (24.2 °C), la humedad (72.32%), la intensidad lumínica (500 Lux) y el pH (6.37). Por último se realizó la determinación taxonómica de los forofitos de *V. planifolia* para averiguar si existen preferencias. *V. planifolia* presentó altos niveles de heterogeneidad dentro de la población de muestreo, tuvo condiciones idóneas para promover el crecimiento, los individuos tuvieron preferencias con orientación al noreste y sus características morfológicas eran óptimas comparándolas con el registro bibliográfico de la especie.

Palabras claves: Datos pasaporte, SINAREFI, Forofitos, Vainilla, Ecología

ABSTRACT

Due to its richness in species, endemisms, and ecosystems, Mexico is considered one of the countries with the highest biodiversity in the world, which is why it is classified as a megadiverse country. Among the most diverse plant families is the Orchidaceae, which includes approximately 749 genera and 26,000 species, the majority of which are epiphytic plants. One of the plants in this family is the climbing plant *Vanilla planifolia*, known as vanilla, which is one of the most important species worldwide due to its significant commercial value. It belongs to the *Vanilla* genus, which contains around 110 species. This genus is particularly notable for its global fruit utilization, known as vanilla, and despite its great commercial and ecological importance, it is subject to anthropogenic, ecological, and economic pressures, and there is limited knowledge about its populations, environmental variables, natural recruitment, etc. The aim of this research is to describe the biological and ecological processes of *V. planifolia*. Sampling was carried out in sites reported in databases and by key informants who indicated the presence of the species in the Central Depression of Chiapas. Five plots of 10 x 20 m² (200 m²) were established to cover the entire population, which consisted of 73 individuals, and with the help of the SINAREFI passport data, 17 morphological descriptors were characterized. The plants were symmetrical, with no variegation, and had sharp tips with dark green colors on both stems and leaves. The stems were smooth with soft textures, and most leaves had an oblong shape. Microclimatic variables were also described, such as average temperature (24.2°C), humidity (72.32%), light intensity (1500 Lux), and pH (6.37). Lastly, the taxonomic determination of *V. planifolia* phorophytes was conducted to determine if there were any preferences. *V. planifolia* showed high levels of heterogeneity within the sampled population and had ideal conditions for growth. The individuals had preferences for northeast orientations, and their morphological characteristics were optimal when compared to the bibliographic record of the species.

Key words: Passport data, SINAREFI, Phorophytes, Vanilla, Ecology.

I. INTRODUCCIÓN

Por su riqueza en especies, endemismos y ecosistemas, México es considerado como uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo, razón por la cual se considera un país megadiverso. Entre las familias de plantas más diversas se encuentran: Asteraceae, Fabaceae, Orchidaceae, Cactaceae, Asparagaceae y Poaceae (Sosa *et al.* 2018).

Es importante destacar que la familia Orchidaceae es una de las familias más ricas en especies del reino vegetal e incluye aproximadamente 26,000 especies con 749 géneros, las orquídeas epífitas de áreas tropicales y subtropicales tienen el mayor número de representantes, mientras que las orquídeas terrestres comprenden una cuarta parte o un tercio del número total de especies de orquídeas descritas (Djordjević y Tsiftsis, 2022).

Chiapas ocupa el segundo lugar de endemismos en México (Rzedowski, 1991), al igual alberga mayor riqueza de orquideoflora, comprendiendo 148 géneros y 730 especies, de las cerca de 1200 que están registradas en el país, constituyendo el 62.5% de la orquideoflora nacional (Beutelespacher-Baigts, 2011).

El género *Vanilla* es probablemente el más conocido y ampliamente apreciado de las orquídeas por el famoso sabor a vainilla, derivado de la vainillina que se encuentra en sus frutos, incluye unas 110 especies en su distribución pantropical (Soto-Arenas y Dressler, 2010). Se emplean mayoritariamente para el aprovechamiento de sus frutos entre las que destaca *Vanilla planifolia* por su importancia comercial, cubriendo el 95% de la producción mundial (Guevara *et al.* 2016).

Pese a su importancia ecológica y económica, *Vanilla planifolia* se encuentra sometida a presiones antrópicas, biológicas y económicas, Por lo que se encuentra catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 sujeta a protección especial (Pr) y en el apéndice II del CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre), al igual es catalogada como un cultivo con alto grado de erosión genética (FAO, 1995) y en el

2009, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial otorgó la denominación de origen: “Vainilla de Papantla”. Todo lo anterior, hace necesario la implementación de políticas y normas que promueven su protección y buen manejo.

A pesar de la gran relevancia de la especie, poco se sabe sobre el estado de sus poblaciones naturales, germinación, reclutamiento, variables ambientales, entre otros (Trinidad-García *et al.* 2019). Bajo este contexto, se plantea la presente investigación, con la finalidad de generar conocimiento sobre los procesos biológicos y ecológicos en una población de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas, con la finalidad de coadyuvar en la toma de decisiones para su conservación y manejo, permitiendo conocer el estado actual de la población, los requerimientos específicos para su crecimiento y desarrollo que permitan en el mediano plazo la implementación de estrategias para la conservación de este recurso.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. BIODIVERSIDAD DE MÉXICO

El criterio más importante para pertenecer al grupo de los países megadiversos son los endemismos. Para que un país se denomine megadiverso, este debe contar por lo menos con 5,000 endemismos de plantas, como también diversidad de especies, diversidad de niveles taxonómicos superiores, diversidad de ecosistemas y con la presencia de ecosistemas marinos y de selvas tropicales (CONABIO, 2020).

México ocupa el cuarto lugar mundial en diversidad de plantas vasculares nativas y el segundo en diversidad de especies endémicas (Villaseñor, 2016) además tiene casi todos los tipos de vegetación del mundo dentro de su territorio, van desde selvas cálido-húmedas, bosques templados y bosques mesófilos de montaña, matorrales xerófilos, pastizales naturales y vegetación halófila y gipsófila. La riqueza de ecosistemas del país es notable en la parte continental del territorio además de ser el centro de origen de algunas de las plantas cultivadas más importantes para la humanidad, poco más de 16% de estas especies vegetales se consumen en el mundo (SEMARNAT, 2016).

El inventario de plantas vasculares nativas de México reconoce 23,314 especies, distribuidas en 2,854 géneros, 297 familias y 73 órdenes. La flora incluye 1,039 especies de helechos y licofitas, 149 gimnospermas y 22,126 angiospermas (Villaseñor, 2016).

2.2. AMENAZAS DE LA BIODIVERSIDAD EN MÉXICO

La deforestación es la causa primordial para la destrucción de los hábitats naturales, algunas de las consecuencias directas son la pérdida en biodiversidad a causa de la misma reducción de los hábitats y la falta de conectividad con otros paisajes (Otavo, 2017). Al tener faltas en la cobertura entre paisajes se ve un incremento en la temperatura que directamente afecta al área habitable, la disponibilidad de alimento e incluso en algunos casos la reproducción, en el peor de los casos provocando la extinción de ciertas especies, poniendo en riesgo aún más a la biodiversidad (Martínez-Meyer *et al.* 2014).

La introducción de especies exóticas o invasoras afecta directamente el endemismo, haciendo esta una de las amenazas más graves contra la biodiversidad. Las consecuencias de este problema es la fragmentación de hábitats, perdidas de riqueza del suelo, cambios en la distribución de agua y las pérdidas de las especies endémicas (Balandrán-Valladares *et al.* 2015).

El uso irresponsable del suelo por actividades antropogénicas es otra de las causas con mayor impacto en los diferentes ecosistemas, sin embargo, la vegetación forestal es la más afectada, como consecuencia desestabiliza la estructura natural de los procesos ecológicos (Hernández-Pérez *et al.* 2022).

La agricultura intensiva afecta principalmente a la deforestación y por consiguiente a la biodiversidad, además de la deforestación para la expansión de monocultivos, utilizan agroquímicos agresivos que muchas veces inducen la contaminación del suelo y del agua, así como la degradación del suelo y al cambio climático (Reyes-Palomino y Cano-Ccoa, 2022).

2.3. ECOLOGÍA DE POBLACIONES

La ecología de poblaciones es una rama perteneciente a la ecología, estudia las estructuras y dinámicas de las poblaciones. Se considera una población al conjunto de individuos de una misma especie que interactúan en tiempo y espacio implicando que estos compartan características biológicas que dan pauta una alta cohesión reproductiva y ecológica del grupo. La cohesión reproductiva es el intercambio de material genético entre los individuos, mientras que la cohesión ecológica es la presencia de interacciones entre ellos, debido a que poseen requerimientos similares para la supervivencia y la reproducción (Morlans, 2014).

Una población, se mide por varios métodos especializados, como son directos e indirectos. En los métodos directos se mide el número de individuos, cobertura y frecuencia, y en los métodos indirectos los conteos de indicios por unidades espaciales o temporales. Para poder tener el tamaño absoluto de una población se debe de registrar todos los individuos presentes en la población, esto es difícil tomando en cuanto al tamaño de algunas poblaciones, es por ello que se emplean estos métodos o estrategias para estimar el tamaño poblacional, por ejemplo, el conteo por número de individuos es una estrategia factible cuando se trata de poblaciones pequeñas y aisladas, facilita el conteo de cada una de ellas (Martella *et al.* 2012).

Densidad poblacional es el número de individuos por unidad de área o volumen, siendo importante ya que describe el estado actual de la población y, permite hacer predicciones de cómo se comportará en el futuro (Morlans, 2014).

En el momento de realizar un estudio ecológico, la parte fundamental es el tipo de muestreo que se puede implementar, ya que este determina el éxito de un experimento o una prueba, el método de muestreo debe tomar en cuenta la mayor variabilidad existente en toda una población estadísticamente (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Existen diseños básicos para el muestreo de vegetación, entre ellos son, el muestro simple, estratificado, sistemático y por conglomerados. El muestreo

simple consiste en elegir aleatoriamente los puntos de unidad de muestra o “transectos” este método garantiza que cada unidad de muestreo o “transecto” sea totalmente independiente. El muestro estratificado toma en cuenta las distintas unidades ambientales y realizar muestros idénticos dentro de ellas, este método se realiza con criterios fisionómicos o geográficos como lo es el tipo de suelo, topografía, exposición, pendiente etc... El muestro sistemático es un método que selecciona muestras con un arreglo regular y con intervalos según el área de interés siguiendo un patrón, por ejemplo, se podría tomar una muestra cada cierto número de metros o de una manera equidistante en una cuadrícula regular sobre el área de estudio. Por último el muestro por conglomerados, este usualmente se realiza en inventarios forestales nacionales, consiste en escoger de manera aleatoria segmentos o unidades del paisaje y realizar parcelas para el muestreo. Este se utiliza cuando se quiere evaluar la vegetación en áreas grandes como en un municipio o localidad (León-Cortés *et al.* 2010).

El método de cuadrantes es uno de los métodos más utilizados cuando se habla de cobertura y densidad de poblaciones vegetales. Se realizan cuadrantes sobre la vegetación, pueden ser cuadrantes pequeños e irse ampliando de ser necesario, cuando son áreas más grandes se utilizan cintas flexibles para marcar el cuadrante. El tamaño del cuadrante depende de la forma de vida y la densidad del individuo. Es necesario realizar pre-muestreos para establecer el tamaño de los cuadrantes, de no ser así, existe la posibilidad de tener varios cuadrantes con ausencia de individuos (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

2.4. FACTORES AMBIENTALES Y BIOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LAS PLANTAS

Los principales factores que influyen en la fisiología de las plantas son la radiación solar, la temperatura del aire y la humedad (Lambers y Oliveira, 2019). En especies forestales, debido a sus características intrínsecas, pueden presentar respuestas distintas a las condiciones ambientales y, por lo tanto, las actividades fotosintéticas de las plantas se ven significativamente alteradas (Días *et al.* 2017).

La radiación solar a lo largo del día tiene efectos directos en la fotosíntesis de las plantas que influyen en la absorción y transferencia de energía en el aparato fotosintético, en los cambios en la asimilación de CO₂, la conductancia estomática y la transpiración (Cruces *et al.* 2017).

La temperatura del aire influye en el proceso fotosintético, se relaciona con la actividad de las estomas, su apertura y cierre, causando la regulación de las relaciones hídricas en las hojas a través de la transpiración (Bahtla y Lal, 2018).

2.4.1. Luz

Las plantas responden de manera diferente a la calidad de la radiación, ya sea por el color o longitud de onda y la cantidad de luz llamada irradiancia, o bien por la combinación de ellas. Así también, La percepción de la luz permite a los seres vivos adaptarse a los cambios lumínicos, que influye considerablemente en la morfogénesis, fotosíntesis y la prevención de daños causados por las radiaciones nocivas. En este sentido, las especies vegetales tienen la capacidad de responder de diferentes formas a la calidad de la luz, como el color o la longitud de onda y su intensidad, (Blanco-Valdés, 2019).

2.4.2. Orientación a la intensidad lumínica

La intensidad lumínica cambia con la exposición de la luz sobre la planta, formando así una variedad de microclimas en los distintos hábitats. La variación entre las exposiciones contrastantes es el resultado de las diferencias en la radiación solar recibida. En este sentido, en el hemisferio norte, las laderas orientadas al sur reciben más luz solar y se vuelven más xéricas y cálidas, lo que permite el desarrollo de una vegetación resistente a la sequía, siendo menos propicio para el crecimiento de los árboles, mientras que las laderas orientadas al norte retienen la humedad, son frías y húmedas, desarrollando plantas con baja tolerancia a sequías (Maren *et al.* 2015).

2.4.3. Temperatura

El estrés por calor o temperatura se define como el aumento de temperatura en el suelo y el aire, más allá de un nivel de cantidad mínima de tiempo, afecta de tal forma que daña permanentemente el crecimiento y desarrollo de las plantas. Tales condiciones adversas están generando áreas propensas a la sequía y consecuencia e influyen en el crecimiento de las plantas y la productividad de los principales cultivos (Lamaoui, 2018).

2.4.4. Humedad

El agua es el recurso indispensable para todas las funciones de las plantas, y permite una adecuada humedad (May-Lara *et al.* 2011), la ausencia de humedad genera sequía que es un estrés abiótico que afecta a las plantas en varios niveles y etapas de su período de vida. Este estrés abiótico no solo afecta la cantidad de agua de las plantas sino las relaciones a través de la reducción del agua, la turgencia y agua total, pero también afecta el cierre de estomas, limita el intercambio gaseoso, reduce la transpiración y perturba la fotosíntesis (Singh *et al.* 2018).

2.4.5. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH del suelo se expresa usando la escala de pH, en la escala va desde 0 hasta 14, Los suelos con un pH sobre 7 son llamados básicos o alcalinos y los suelos con un pH bajo 7 son ácidos. El suelo con un pH 7 se considera neutro. Los rangos de pH óptimos para la absorción de nutrientes en plantas como los micronutrientes y macronutrientes, son de 6 hasta 7.5 (Vélez-Carvajal *et al.* 2014).

2.5. FOROFITOS

Las plantas epífitas tienen que enfrentarse a condiciones ambientales extremas, como la disponibilidad de luz, deficiencias hídricas y nutricionales, cada especie requiere de diferentes condiciones microclimáticas, el forófito es el encargado de ser un árbol hospedero para las especies epífitas (Castiblanco-González, 2022).

Los forofitos juegan un papel vital en la biodiversidad de las plantas epífitas, tanto en la estructura de sus comunidades como en la dinámica de sus poblaciones. Se considera que el efecto de los forofitos sobre las epífitas está determinado por numerosas características del árbol hospedero, como son: patrones de ramificación, distribución, tamaño y ángulo de las ramas, características físicas y químicas de la corteza, por ejemplo, pH, retención de agua de la corteza, rugosidad, grado de exfoliación, presencia de compuestos alelopáticos (Hernández-Álvarez, 2021).

Los forofitos también considerados tutores son muy importantes en el cultivo de la vainilla debido a que forman la parte esencial de la plantación. Las funciones fundamentales son darles soporte a las plantas y proporcionar sombra necesaria para su desarrollo. Como se trata de una planta trepadora, en los sistemas de cultivo ecológico, la vainilla siempre se sujeta a árboles llamados tutores, para ello se recomiendan *Gliricidia sepium*, *Erythrina ssp*, e *Inga ssp*, así como diferentes variedades de palmeras nativas e incluso otras especies maderables (Miceli-Méndez y Rivera-Velázquez, 2015).

2.6. PLAGAS EN VAINILLA

Otros factores que influyen en las plantas son los factores biológicos o bióticos. Los agentes biológicos son todas aquellas enfermedades y plagas. Las enfermedades incluyen hongos, bacterias, virus, nemátodos y plantas parásitas; mientras que, en las plagas generalmente son los insectos los que ocasionan los efectos negativos (López-Gómez *et al.* 2015).

Los factores biológicos son considerados dentro de los más perjudiciales en el cultivo de vainilla causando daños significativos en la producción. Respecto a las enfermedades que ocasionan las mayores pérdidas en producción son las generadas por los hongos. Algunos de los géneros de los patógenos más preocupantes *Fusarium*, *Phytophthora*, *Sclerotium* y *Colletotrichum*, los síntomas suelen manifestarse como una pudrición de las vainas que pueden extenderse hacia el tallo, las partes de la vaina infectada se muestran acuosas, suaves y de color café oscuro, o puede haber aparición de manchas oscuras en las flores, las vainas, las hojas y los tallos (Ramos-Castellá y Iglesias-Andreu, 2022).

2.7. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

La caracterización morfológica emplea características claves o descriptores definidos, ayudan a medir estructura, forma e incluso comportamiento y son esenciales para el estudio de poblaciones, porque permite comparar entre distintos fenotipos. Los órganos principales considerados para la caracterización morfológica son las hojas, flores, raíces, troncos y los tejidos celulares, gracias a la caracterización morfológica se puede medir diversas variables y a la vez nos permite conocer el entorno de las especies, lo que lleva a su mejor entendimiento y hasta su posible mejoramiento a través de programas de conservación (Moliner-Hurtado, 2012).

2.8. DATOS PASAPORTE DEL SINAREFI

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA) creó en el 2002 el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) siendo coordinado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) como una estrategia para conservar la diversidad fitogenética de México (Gutiérrez-Águilar *et al.* 2014)

Una de las estrategias propuestas por el SINAREFI para la conservación de la diversidad fitogenética fueron los datos pasaporte, que son una guía base para poder caracterizar morfológicamente a las variedades vegetales de una población en específico, permite identificar y distinguir las variedades vegetales, así como comparar fenotipos y genotipos. En México los datos pasaporte son importantes para poder registrarse dentro del Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (SNICS, 2014).

2.9. MICROCLIMA

El microclima es el cúmulo de variables climáticas en un espacio geográfico o un área reducida, las características climáticas de estas regiones tienden a tener una modificación en su clima, las modificaciones son causadas por las diferentes características ecológicas, por ejemplo la presencia de cubiertas vegetales o forestales, estas características cambian la estructura del clima haciéndolas dependientes de clima general pero a la vez de las características estructurales de la cubierta vegetal o forestal (Promis *et al.* 2010)

Las características de las cubiertas vegetales dependen de varios factores como los son las variables afectadas por el clima como, temperatura del aire, humedad atmosférica, luz o velocidad del viento, por lo que, las características climáticas son diferentes dependiendo de la zona en la que se encuentran. En este sentido, el estudio del microclima es muy importante porque permite entender los procesos vegetativos como la fotosíntesis, la recuperación o regeneración de un individuo hasta la degradación de la materia orgánica (Soledad-Duval y Campo, 2016).

2.10. COMPETENCIA POR RECURSOS

Dentro de las poblaciones silvestres los individuos no están excluidos o aislados unos de otros, es por ello, por lo que, las plantas están en constante competencia por recursos vitales para sobrevivir y proliferar; mientras que los recursos más importantes y escasos, son el agua, luz, calor y nutrientes del suelo. Esta competencia usualmente se presenta cuando en un espacio determinado, varios individuos se encuentran presentes e intentan consumir estos recursos a lo que se le denomina competencia interespecífica (Vázquez-Preedo, 2015).

La competencia interespecífica se genera cuando existen varias especies que, en un mismo nicho, en el cual, las plantas suelen estar sujetas a factores escasos y limitados, que se puede ver reflejado morfológicamente a nivel de dosel, raíz, flores, frutos, semillas como consecuencia directa de la escasez. Usualmente estas afectaciones ecológicas se representan de manera negativa y puede afectar a la diversidad poblacional, es por eso, por lo que, las plantas han desarrollado mecanismos para poder sobrevivir a pesar de la escasez, desarrollando mecanismos de sobrevivencia, para hacer frente a otras especies por el mismo recurso (Dotor-Robayo y Cabezas-Gutiérrez, 2015).

2.11. HERBIVORISMO

En las poblaciones silvestre las plantas están expuestas a muchos factores bióticos entre ellos los herbívoros, las diferentes cantidades de herbívoros depende del tipo de vida silvestre en la que se encuentra la planta. Las interacciones herbívoro-planta varían entre las diferentes especies de planta y la intensidad alimentaria del herbívoro. Con el paso del tiempo las plantas han desarrollado respuestas contra el ataque de los herbívoros, al sufrir el ataque, la planta produce cambios metabólicos primarios y secundarios, estos cambios se producen en toda la planta tanto en los órganos aéreos y subterráneos, las respuestas de estos cambios cumplen la función de ahuyentar o resistir al ataque del herbívoro (Wan *et al.* 2022).

Las plantas son organismos sésiles, por lo que tienden a desarrollar mecanismos de sobrevivencia, estos mecanismos incluyen adaptaciones morfológicas y defensa química siendo una de las razones claves del éxito evolutivo de las plantas. Las adaptaciones morfológicas consisten en modificar físicamente la estructura de la planta como espinas o tricomas, para disminuir la posibilidad de ser consumidas, la defensa química es la habilidad que tiene la planta de poder realizar cambios en sus metabolitos primarios y secundarios, dentro de estos cambios pueden inducir sustancias nocivas para los herbívoros para ahuyentar, irritar o intoxicar, otras simplemente reducen la calidad nutritiva o volatizan sustancias antimicrobianas contra microorganismos. Algunos de ellos son los compuestos fenólicos, taninos o compuestos nitrogenados (Camacho-Escobar *et al.* 2020).

2.12. EPIFITISMO

Las epífitas son plantas que requieren una planta hospedera, no extraen nada, solo ocupan la estructura física de la planta para sujetarse; el rol de las epífitas son claves para las interacciones interespecíficas del dosel, en la productividad del ecosistema y en los roles del ciclo hidrológico y nutrientes en los bosques (González y Ceballos, 2021).

El grupo de las epífitas vasculares es muy diverso e incluye formas muy variadas, como el modo de crecimiento y tamaño, viven la mayoría o al menos una parte de su ciclo de vida sin tocar el suelo del bosque. Se clasifican en holoepífitas, hemiepífitas, epífitas facultativas y epífitas accidentales. Las holoepífitas o verdaderas epífitas, pasan toda su vida sobre otras plantas sin contacto con el suelo del bosque, sin manipular el sistema vascular de su hospedadora (Ceballos, 2019).

Las plantas hemiepífitas se caracterizan por presentar una asociación a dos sustratos en el transcurso de su crecimiento, el primero depende del forófito para poder habitar y el segundo depende de la calidad del suelo en proximidad inmediata con su hospedero de donde toma nutrientes y agua. Las plantas

hemiepífitas se pueden clasificar dependiendo donde se inició su ciclo de vida, pueden ser primarias o secundarias. Las hemiepífitas primarias son las más comunes, comienzan su vida germinando y habitando sobre un forófito, mientras haya suficiente humedad y nutrientes pueden estar sobre cualquier hospedero. Las hemiepífitas secundarias comienzan su vida germinando y habitando en el suelo, después en el hospedero más cercano, adhiriéndose a la corteza. Algunas especies pueden desarrollarse completamente en el forófito y perder conexión con el suelo, como plantas epífitas esto solo llegando a su fase adulta (López-Acosta y Dirzo, 2015).

Los individuos del género *Vanilla* son plantas trepadoras, usualmente se describen como hemiepífitas, pero en ocasiones son descritas como hemiepífitas secundarias en este género, las plantas pueden morir si perdieran la conexión con el suelo. *V. planifolia*, tiene raíces aéreas trepadoras con indeterminado crecimiento. Estas raíces aéreas pueden alcanzar el suelo y absorber nutrientes o agua. Cuando se cultivan plantas de vainilla sin un árbol hospedero se producen estas raíces aéreas que sirven como un contacto secundario con el suelo (Almeda *et al.* 2021).

2.13. FENOLOGÍA

La fenología es el estudio periódico en las plantas en cuanto a la relación que tienen con el clima y los cambios de estación. Se ocupa de los cambios vegetativos y de fases con respecto al clima y estacionalidad de un área en particular y determina el grado de sincronía reproductiva con otras especies vegetales. La fenología de floración cambia de especie a especie dependiendo mucho de los tipos de ecosistemas (Kumar-Sahu y Chaudhary, 2021).

La fenología de la vainilla se divide en seis etapas: crecimiento vegetativo (diciembre-enero), brote de yemas florales (febrero), floración y polinización (marzo), amarre de frutos (abril-mayo), desarrollo de frutos (junio-octubre), madurez y cosecha (noviembre) (González-Reyes *et al.* 2020).

La floración de la vainilla es anual y en México comienza de abril hasta mayo, crecen en racimos de 20 flores que son viables 6 horas. por lo que debe ser polinizada en ese lapso entre las 6 am y 12 pm de otra manera la flor se marchita y se vuelve inviable, ya que haya sido polinizada la flor, el fruto debe madurar durante aproximadamente 9 meses para ser luego cortada y posterior a ello colocarse en las camas de secado para potenciar su dulce aroma y sabor. La flor requiere de condiciones óptimas como la temperatura, agua y sombra para no abortar su fruto (Rodríguez-Deméneghi *et al.* 2023)

2.14. USOS Y APROVECHAMIENTO DE *Vanilla planifolia*

La vainilla se cultiva desde los tiempos prehispánicos principalmente en la región Totonaca, actualmente es la zona con mayor producción de vainilla y está constituida por municipios del norte de Veracruz y Puebla (Figura 1) (SIAP, 2019).



Figura 1. Principales estados productores de vainilla en México en 2019 (SIAP, 2019).

Los primeros reportes del uso de la vainilla datan de antes de los tiempos precolombinos. Posterior a la conquista de los Mexicas (aztecas) sobre el imperio Totonaca, la especia fue consumida principalmente por la nobleza en una bebida a base de cacao, llamada “Xocolatl” que realizaban desde los años 1,300 hasta la llegada de los españoles (Rodríguez-Deméneghi *et al.* 2023).

El género *Vanilla* atrajo la atención de los españoles durante el periodo de la conquista, razón por la que fue exportada a algunos continentes como: Europa, África y Asia para ser aprovechada por sus cualidades aromáticas y saborizantes. Sin embargo, en estos lugares se presentó con un gran problema, la ausencia de un polinizador natural, las abejas pertenecientes al género *Euglossa*, razón por la cual fue prácticamente imposible cultivar las vainas de vainilla (Watteyn *et al.* 2020).

Existen reportes en el siglo XVIII, sobre el cultivo de la vainilla en las regiones de Colipa/Misantla y Papantla, en el estado de Veracruz, Por ello, comúnmente se atribuye que el origen del cultivo de la vainilla es de la cultura Totonaca, no obstante, existen evidencias de recolección de vainilla y su cultivo proveniente de las tierras Mayas, sus pobladores tenían un nombre para la vainilla, era conocida como sisbic-ak o bejuco oloroso, y era usada como medicina y perfume. Su empleo en la salud se reporta en partos, problemas del riñón y dolores de cabeza, las vainas verdes se utilizaban como tratamientos contra las mordeduras de insectos venenosos y para curar heridas; mientras que, en el aspecto espiritual, las semillas se mezclaban con resina de copal (*Bursera* sp.), para aromatizar templos sagrados (Rodríguez-López y Martínez-Castillo, 2019).

2.15. FAMILIA ORCHIDACEAE

La familia Orchidaceae es una de las familias más ricas en especies del reino vegetal e incluye aproximadamente 26,000 especies dentro de 749 géneros (Djordjević y Tsiftsis, 2022). Alrededor del 40% de estas orquídeas son endémicas (Endañú-Huerta *et al.* 2017) y dentro del continente americano es la familia más diversa con aproximadamente 12,983 especies, en donde mas se ve reflejado esta diversidad es en los países andinos. Esta familia representa del 9 hasta el 23% de su flora, Por ejemplo, Ecuador 23%, Colombia 15%, Peru 11%, Venezuela 10% y Bolivia 9% (Ulloa-Ulloa *et al.* 2017).

Las orquídeas se pueden distribuir en todos los continentes con excepción de la Antártida, pero su mayor diversidad se encuentra en regiones tropicales como los bosques de neblina y las selvas tropicales húmedas del sur del país, siendo los ecosistemas más favorables, se distribuyen en gran parte del territorio nacional, con la excepción de las zonas con aridez extrema. Este grupo vegetal ocupa el tercer lugar a nivel nacional en cuanto a las familias de plantas con mayor diversidad taxonómica, siendo superadas sólo por Asteraceae y Fabaceae (Salazar, 2014).

2.16. GÉNERO *Vanilla*

La lista mundial actual de todas las orquídeas es de 110 especies del género vainilla (Cameron, 2018). Es mundialmente conocido por ser un género que le atribuye el sabor a vainilla, la segunda especia más cara del mundo. Su distribución es pantropical, es decir, el género se distribuye dentro o cerca de los trópicos (Medina *et al.* 2009). Algunas especies sobresalientes del género por la producción de esencia de vainilla son *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. tahitensis* (Jiménez *et al.* 2017).

Pese al alto valor tanto socioeconómico y cultural que se ve representado el cultivo de vainilla para el país, México sigue figurando como el tercer país productor de vainilla en el mundo (6.7%), antecediendo con una gran brecha

Madagascar (41.6%) en primer lugar e Indonesia en segundo lugar (30.1%) (Rodríguez-Deméneghi *et al.* 2023).

2.18. *Vanilla planifolia* Andrews

Vanilla planifolia es una orquídea nativa de las regiones totonacas en México y la más importante para la producción de vainilla (Peña-Barrientos *et al.* 2021) la cual es extraída de las semillas curadas dentro de las cápsulas, este extracto es el saborizante universal, encontrado en algunos alimentos como helados, en perfumes, en farmacéuticos y entre otras (Ying *et al.* 2019).

Es una planta con hábitos hemiepífitos y trepadora (Martínez-Santos *et al.* 2021). Sus hojas son suculentas, alternas, dispuestas en patrón de zigzag a través del tallo, raíz adventicia en el lado opuesto de la hoja; de tallo suculento, cilíndrico, simple o ramificado, de color verde brillante; las flores se presentan en inflorescencias o racimos de tonalidades de blanco amarillento a crema (Figura 2) (Higgins, 2017) y sus frutos son capsulares de color verde, al madurar son amarillentos, llegan a medir hasta 29 cm de largo (Figura 2) y sus semillas son muy pequeñas; tiene dos tipos de raíces: 1) terrestres, que brotan de los nudos bajo tierra y se desarrollan principalmente, en la parte más superficial y rica en materia orgánica del suelo y 2) aéreas, que se originan en los nudos superiores y tienen como función el soporte de las plantas sobre el tutor, crecen adheridas al tronco y no se ramifica (Figura 2; Marín-Mosquera, 2021).

Se cultiva en climas tropicales cálidos y húmedos y suele tener ciertos requisitos agroecológicos, cuando se habla de temperatura debe tener un rango 20 a 32 °C, una precipitación con un promedio de 2000 a 3000 mm por año, un porcentaje de sombra de entre 50% a 70% con suelo rico en humus y árboles de soporte (Rodríguez-Deméneghi *et al.* 2023).

Se comercializa tres tipos diferentes de vainillina; natural, biotecnológica y sintética, sin embargo, la producción de vainillina natural representa menos del 1% de la producción total es un compuesto muy codiciado entre las industrias

cosméticas, farmacéuticas y gastronómica, actualmente es una de las tres especias más demandadas y costosas del mundo, también destaca por su importancia ecológica ya que se considera un producto no maderable que contribuye a la conservación y valorización de los bosques nativos y otros recursos naturales (Rodríguez-Deméneghi *et al.* 2023).

Debido a la poca variabilidad genética presente en *V. planifolia* se ha desarrollado interés en la polinización cruzada con otras especies del género *V. pompona*, *V. tahitensis* y *V. insignis*, principalmente para obtener beneficios de la diversidad genética intraespecífica, por ejemplo, combinar la resistencia a estrés biótico y/o abiótico al mismo tiempo que se estimula la producción de vainilla (Pansarin y Ferreira, 2022).

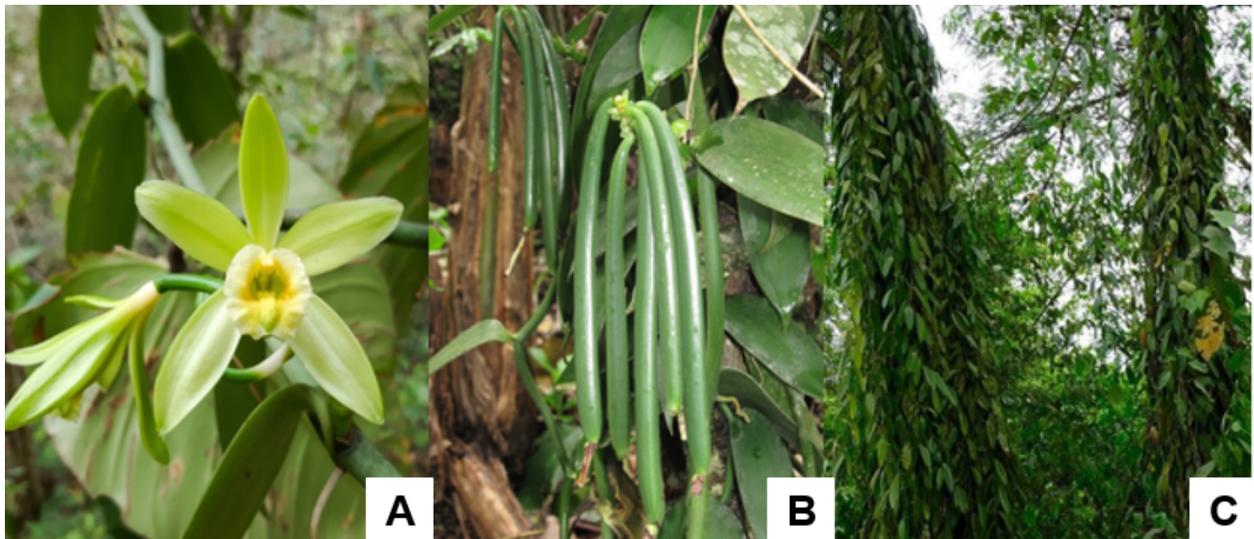


Figura 2. Partes de *Vanilla planifolia*. A) Flor (Salinas, 2021). B) Vainas (Flores-Castro, 2012). C) Cuerpo de *Vanilla planifolia* (Higgins, 2017).

II. ANTECEDENTES

Respecto a las investigaciones realizadas sobre *V. planifolia* se han realizado principalmente sobre su cultivo, no obstante, los estudios sobre poblaciones silvestres, asilvestradas o sin manejo agronómico son pocos, entre ellos se tienen los siguientes.

En el 2011 Castro-Bobadilla *et al.* Realizaron un estudio sobre el aumento de retención de frutos de *V. planifolia* en Totonacapan, Veracruz. Determinaron que las variables ambientales registradas mensualmente: humedad y pH del suelo, temperatura y humedad relativa y precipitación, no aportaron efecto de asociación con la retención de frutos (Spearman (rs) $p > 0.05$). Lo que sugiere que la retención de frutos puede estar asociada con otras variables (características del suelo), o la variación diaria de estos mismos factores.

Arango y Moreno (2011), mencionan que, durante la fase vegetativa inicial, el desarrollo de la vainilla realmente no se ve afectada por el tipo de árbol tutor y/o la densidad de siembra, no obstante, encontraron diferencias significativas entre zonas, por tanto, consideran que la temperatura puede influir notablemente en el crecimiento de la especie. Reportan que el mejor crecimiento se obtiene en una iluminación relativa entre 30 y 50%, en lugares con temperaturas 20°C y 30°C aunque puede tolerar temperaturas hasta de 33°C.

Gómez (2012), evaluó las respuestas de *V. planifolia* ante variaciones microambientales, analizó las variables ambientales, instaló sensores que registraron humedad relativa (HR%) y temperatura (T°C) dentro de las parcelas y fuera de ellas durante 24 días cada 30 minutos. Empleó sensores y Data Logger hobo, para cada hora del día y calculó los promedios de las variables, con el fin de evaluar las condiciones lumínicas debajo de los tutores. Señala que la especie de árbol tutor y la densidad de siembra, son determinantes para el crecimiento de *V. planifolia*, debido a que dichas combinaciones generan microclimas que influyeron en los resultados fisiológicos y de dinámica (crecimiento y mortalidad).

López-Gómez *et al.* (2012) mencionan que un factor determinante del desarrollo de una planta es la orientación o exposición que tiene hacia la intensidad solar, explican que las orientaciones que tienen las laderas modifican totalmente el microclima de una zona.

Moliner-Hurtado (2012), caracterizó morfológicamente a los individuos del género *Vanilla* en el Distrito de Buenaventura-Valle del Cauca en Colombia, realizó su caracterización con base a lo propuesto por Soto-Arenas y Dressler en el 2010, los cuales son caracteres cualitativos como tallos, hojas, peciolo, inflorescencias (forma, color, longitud y grosor) y en las flores (color, forma, longitud de todas las partes) por último realizó impresiones de epidermis de las hojas.

Flores, *et al.* (2017), refieren la importancia de conocer las variables ambientales, climáticas y de suelo para el cultivo de vainilla, así como la cantidad y distribución adecuada de la precipitación a lo largo del año. Señalan que al considerar que la distribución de los organismos está determinada por el clima, se debe realizar un análisis para conocer por qué una especie crece en un determinado sitio y no en otro. De igual forma cada especie tiene su propio perfil bioclimático y el análisis de las variables que determinan dicho perfil, sirve para cuantificar las diferencias en climas dentro de los diferentes dominios que se presentan en las diferentes especies.

Bautista *et al.* (2018), realizaron un estudio de caracterización de agroecosistemas en *Vanilla* spp., determinaron que las variables de temperatura, precipitación, altitud y relieve son una expresión de los pisos térmicos que determinan las condiciones de vegetación y humedad en la zona de Totonacapan. Con base en dichas variables fue posible caracterizar la zona de estudio y se dedujo que las vainillas identificadas en la investigación se desarrollan bajo condiciones abióticas como el suelo, la luminosidad, la ventilación y la humedad, sin problemas en el agroecosistema de la zona baja; el agroecosistema de la zona media y en el agroecosistema de la zona alta.

Trinidad-García *et al.* (2019), realizaron recorridos de campo para confirmar la presencia del taxón. Identificaron 28 sitios, los cuales fueron georreferenciados con ayuda de un GPS Garmin®. Tomaron datos sobre el tipo de tutor que sostiene a la planta, la altura del tutor, la cantidad de frutos presentes, el porcentaje de sombra y las características ambientales. La temperatura mínima oscila entre 5 hasta 14 °C y la máxima de 26 hasta 36 °C. En todos los sitios, el tipo de vegetación predominante fue selva mediana perennifolia y subperennifolia.

Marín-Mosquera (2021), caracterizó los factores ambientales de una población de *V. planifolia* como radiación solar, precipitación, temperatura, y humedad relativa. Estas variables fueron tomadas debido a la gran importancia que tienen para el crecimiento de las plantas, refiere que la radiación solar osciló entre un valor promedio mensual máximo de 15804 w/m² y un mínimo de 590 w/m², durante el periodo de la investigación, la temperatura promedio fue de 26.6 °C y mínimo de 25.6°C, mientras que, la precipitación mensual en la zona de estudio estuvo bien marcada por cambios fuertes durante el tiempo de estudio con una máxima de 972.8 mm y una mínima de 163.8 mm y una humedad promedio mensual máxima de 84.3% y mínima de 81.8%, de las cuales, la radiación solar y la precipitación presentaron mayor variación entre los muestreos

En este mismo sentido, se llevó a cabo otro estudio con poblaciones de *Tillandsia*, *Catasetum* y *Caularthron*, por Velásquez-Romero en el 2022. Realizó una caracterización abiótica y biótica para el manejo ambiental, donde caracterizó y georreferenció los forofitos objetos de aprovechamiento forestal, realizó recorridos para determinar si dichos forofitos tenían presencia o no de especies epifitas. Se identificaron los distintos impactos por la ejecución de las actividades propias del proyecto en los componentes abióticos y bióticos como los hidrológicos, hidrogeológicos, geoesférico, atmosféricos, flora y fauna. Intervinieron con rescate y reubicación de algunas epifitas declaradas en veda, en total se identificaron seis especies durante la reubicación: dos orquídeas, *Catasetum* sp. y *Caularthron bicornutum*, y cuatro bromelias, *Tillandsia elongata*, *Tillandsia flexuosa*, *Tillandsia juncea* y *Tillandsia* sp.

Cruz *et al.* (2022) realizaron una caracterización morfológica del género *Vanilla* en el ecosistema Napo–Pastaza de la Amazonia ecuatoriana, basándose en la guía de los datos pasaporte, pudieron describir a los individuos, dentro de su caracterización utilizaron 50 descriptores morfológicos sugeridos por Soto y Dressler, (2010); Rojas y Padulosi, (2013) como el hábito de crecimiento, altura de planta, diámetro del tallo, distancia internodal, longitud, ancho de hojas, área foliar, estructuras florales y otras características morfológicas sugeridas por Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), los cuales incluyen caracteres vegetativos y reproductivos.

Flores-Jiménez, (2023) evaluó 44 accesiones del género *Vanilla*, seleccionó la parte media de la planta (hojas, flores, tallos) totalmente desarrolladas, realizó 3 repeticiones y escaneo cada una de sus partes con un escáner 15 digital CANON MX310 con la finalidad de obtener imágenes en formato JPEG, con los datos morfológicos, realizó análisis estadísticos descriptivos como la estandarización de la matriz de datos (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos), con el propósito de comprobar que tan variables eran entre sí, mediante cálculos como la desviación estándar. El análisis morfológico de 41 accesiones de vainilla dio lugar a la formación de 15 grupos, incluyendo cinco especies distintas dentro del género *Vanilla* y seis clones de *V. planifolia*. Además, se sugiere que las accesiones 18, 51 y 53, conocidas comúnmente como oreja de burro y espada, respectivamente, podrían ser consideradas como nuevas especies.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Generar conocimiento sobre los procesos biológicos y ecológicos de *Vanilla planifolia* en la Depresión Central de Chiapas, México.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Caracterizar morfológicamente una población natural de *Vanilla planifolia*.
- Describir las variables ambientales en las que se distribuye la población.

V. ZONA DE ESTUDIO

5.1. OCOZOCOAUTLA, DE ESPINOSA, CHIAPAS

La población de estudio se localiza en un predio cercano a la cabecera municipal Ocozocoautla, Chiapas. El municipio se ubica en la parte occidental del estado (Figura 3), abarca una porción de la Depresión Central y de las Montañas del Norte. Sus coordenadas geográficas son $16^{\circ} 45' 45''$ N y $93^{\circ} 22' 30''$ O, altitud de 820 m. Colinda al norte con Tecpatán, al este con el municipio de Berriozábal, con Tuxtla Gutiérrez y con el municipio de Suchiapa, al sur con Villaflores y al oeste con Jiquipilas y Cintalapa. Sin embargo, el estudio se realizó en un rancho sobre propiedad privada con cercanía a el Parque Ecológico Laguna Bélgica.

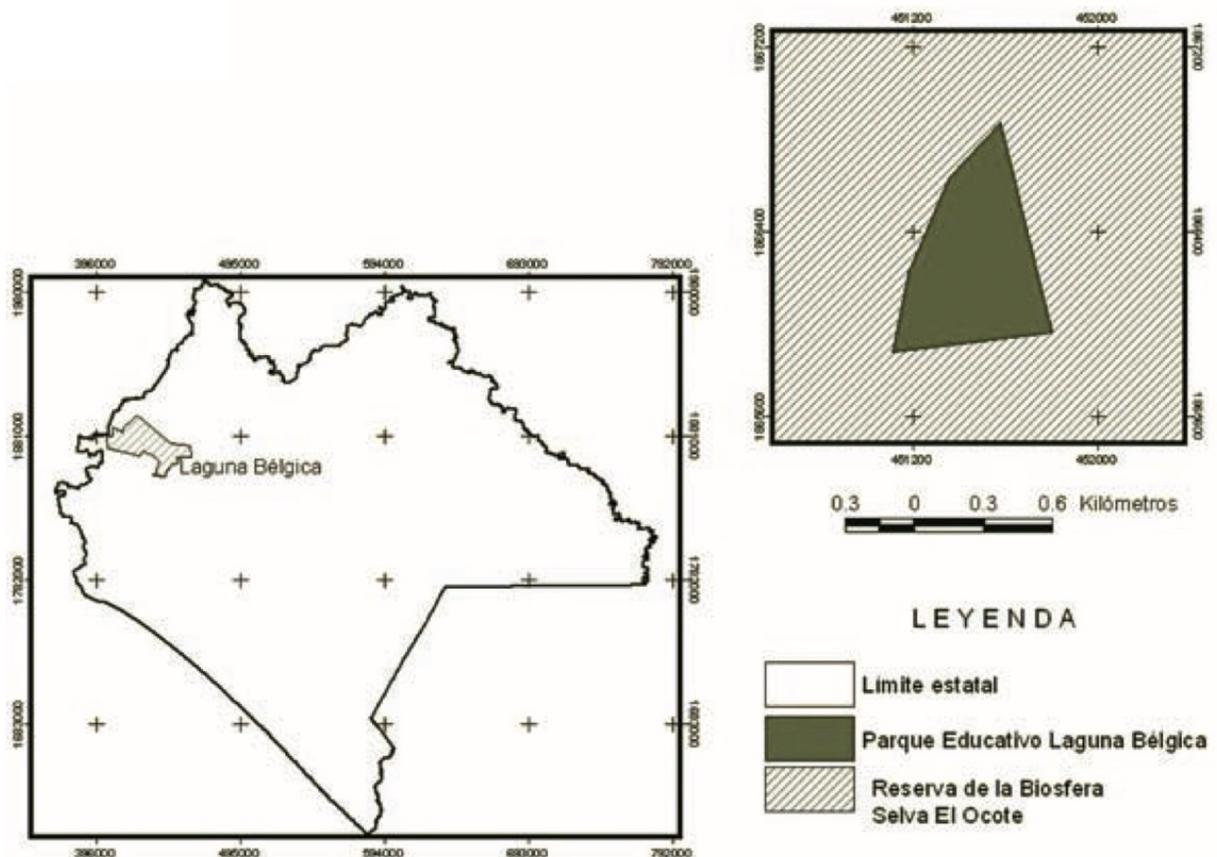


Figura 3. Zona de estudio en Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. México. Con señalamientos al Parque Educativo Laguna Bélgica y la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (Escobar-Ocampo, 2003).

5.1.1. Geología

La zona de estudio está ubicada cerca del Parque Ecológico Laguna Bélgica y pertenece a la subprovincia de las Cordilleras Plegadas y Mesetas del Norte. En esta subprovincia abundan los cuerpos de caliza y los clásticos de grano fino del Cretácico Medio y Tardío; los del Cretácico Medio representan sedimentación marina somera, es decir, desarrollos carbonatados de plataforma o banco y complejos arrecifales, que se curvan en pliegues abiertos de rumbo general noroeste-sureste (Morales-Pérez *et al.* 2009).

5.1.2. Clima

La región presenta un clima de tipo Aw1 cálido subhúmedo con lluvias en verano; con una temperatura mayor de 18°C, una precipitación entre 0 y 60 mm en el mes más seco, este tipo de clima se presenta a 486 km² del municipio (Trinidad-Gómez, 2019).

5.1.3. Vegetación

En esta región, la Selva Mediana Perennifolia suele ubicarse en las partes bajas de las serranías, mientras que el Bosque Lluvioso de Montaña se encuentra más a menudo en las elevaciones más altas (Breedlove, 1981). La zona de estudio está inmersa en un Encinar de *Quercus elliptica*: en laderas con pendientes entre 15 y 40° con exposiciones noreste, sur y este, y en las cimas de los cerros, entre los 900 y 960 msnm. Se presenta en áreas con poca humedad, por lo que las epífitas son poco abundantes, las especies más frecuentes son *Myrsine coriacea*, *Quercus elliptica*, *Saurauia oreophila* y *Ternstroemia oocarpa*. Los encinares de *Quercus oleoides* son las porciones mejor conservadas y expuestas a la humedad de los vientos provenientes del golfo de México, se localiza en las cimas de los cerros y laderas con pendientes de 5 a 40° por arriba de los 950 msnm, las especies más frecuentes son *Calypttranthes* sp., *Erythroxylum tabascense*, *Eugenia rhombea*, *Matayba oppositifolia* y *Mosquitoxylum jamaicense*. En esta asociación abundan

las epífitas herbáceas, principalmente orquídeas, bromelias, helechos, musgos y líquenes. (Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007).

5.1.4. Fauna

La fauna que está presente en la zona de estudio encontramos la ninfa del bosque (*Agalychnis callidryas*), el anolis verde (*Anolis petersi*), la lagartijera olivácea (*Mastigodryas melanolomus*), la culebra añadida (*Scaphiodontophis annulatus*), el coral de cañutos (*Micrurus rowni*), el coral punteado (*Micrurus elegans*), la nauyaca real (*Bothrops asper*), el mochuelo rayado (*Ciccaba virgata*), el pájaro raqueta (*Momotus momota*), el pilín o tucancillo collarejo (*Pteroglossus torquatus*), el carpintero real (*Campephilus guatemalensis*), el tlacuache dorado (*Caluromys derbianus*), el armadillo (*Dasybus novemcinctus*), el guaqueque negro (*Dasyprocta mexicana*), el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el puma (*Puma concolor*) (Morales-Pérez et al. 2009).

5.1.5. Edafología

Los suelos corresponden a podzoles del tipo litosol, rendzina y luvisol plíntico de textura fina. Los podzoles son suelos ácidos frecuentemente poco fértiles, cubiertos por una gruesa capa de humus. Estos suelos por lo general son profundos de tierra rosa laterítica en las partes bajas y son suelos amarillos delgados y migajones del grupo laterítico en las partes altas. El tipo Litosol corresponde a suelos jóvenes de poca profundidad ligados a pendientes pronunciadas, en tanto que el Luvisol se encuentra en sitios planos o de pendiente suave y el tipo Rendzina indica que el suelo se deriva de roca caliza (Morales-Pérez et al. 2009).

VI. MÉTODOS

Para la obtención de los datos de presencia de individuos de *V. planifolia* en poblaciones naturales, se realizaron salidas a campo a sitios reportados en bases de datos e informantes clave que indicaron la presencia de la especie en la Depresión Central de Chiapas. Una vez ubicada y seleccionada la población, se trazaron cinco parcelas de 10 x 20 m (200m²). Se identificaron los individuos, asignándoles un número de identificación con el fin de contabilizarlos. Los individuos se georreferenciaron de manera directa empleando un Geographical Position System (GPS) Garmin[®], y los mapas se obtuvieron a partir del programa QuantumGis

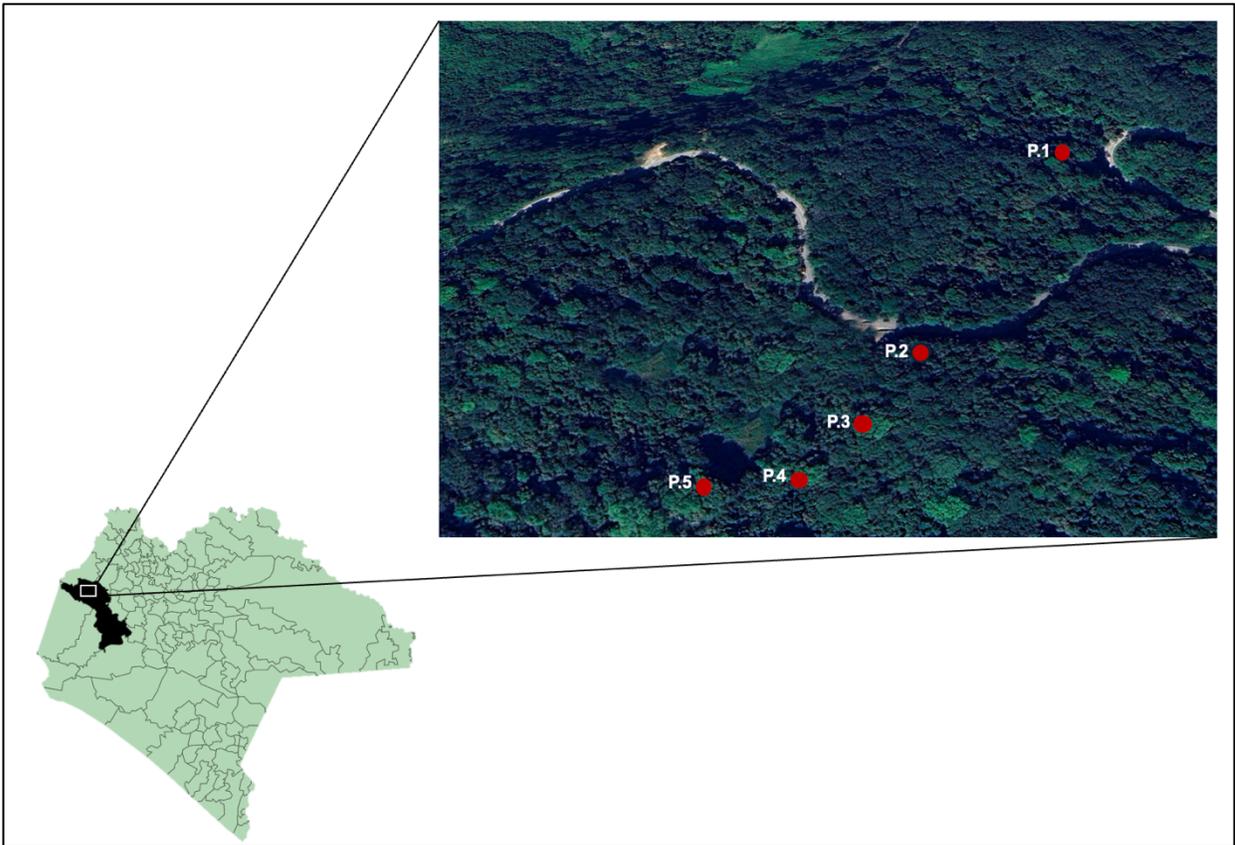


Figura 4. Zona de estudio con las parcelas (Generado apartir del software Google Earth, 2024) en la Depresión Central de Chiapas.

6.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE INDIVIDUOS DE

Vanilla planifolia

Se describieron *in situ* todos los individuos de *Vanilla planifolia* presentes en las parcelas analizadas, de acuerdo con los datos pasaporte de la SINAREFI (Anexo 1). Se registraron las variables cualitativas morfológicas y cuantitativas: intensidad de color del tallo, variegación del tallo, forma en sección transversal del tallo, diámetro del tallo, longitud del entrenudo del tallo, superficie del tallo, textura del tallo, visibilidad del nervio principal de la hoja, forma del ápice de la hoja, longitud del peciolo de la hoja, base de la hoja, variegación de la hoja, intensidad de color de la hoja, simetría de la hoja, grosor de la hoja, forma en sección transversal de la hoja, forma de la hoja, longitud de limbo y ancho de hoja. Una vez registradas se realizó la comparación cualitativa y cuantitativa siguiendo los criterios de la Guía de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales UPOV (2014).

6.1.1. Variables microclimáticas

Se evaluaron los parámetros abióticos como la intensidad de luz que llegaba al sotobosque en el estrato herbáceo en plantas con ayuda de un luxómetro (Light meter CEM DT-1308). Se midió la temperatura ambiental y humedad relativa media de cada planta con la ayuda de un termómetro/higrómetro electrónico Radio Shack-technology®. Se midió el pH y la temperatura del suelo con un medidor portátil de pH 4 en 1, suelo, humedad, temperatura y luz.

6.1.2. Forofitos con presencia de *V. planifolia*

Una vez encontradas las plantas de vainilla se identificó el forofito en el que se desarrollaban, Se llevó a cabo la determinación taxonómica de la planta tutor en el sitio a nivel de especie si era posible, con ayuda de listados florísticos de Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona (2007) En caso contrario, se colectaron muestras biológicas para su determinación taxonómica en el Herbario Eizi Matuda

(HEM) del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, con ayuda de literatura especializada y comparación de ejemplares depositados en su colección. Los nombres científicos y autoridades taxonómicas fueron corroborados en el portal tropicos.org del Missouri Botanical Garden.

Para clasificar el tamaño de los forofitos usados por las plantas de vainilla se utilizó como referencia el trabajo realizado por Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona (2007), realizado en el Parque Ecológico Laguna Bélgica el cual las clasifica en cinco formas biológicas (Cuadro 1)

Cuadro 1. Clasificación de las formas biológicas según Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, (2007).

Forma biológica	Tamaño del forofito
1	Arbusto
2	Bejuco
3	Árbol menor a 10 m de altura
4	Árbol entre 10 y 20 m de altura
5	Árbol mayor de 20 m de altura

Con respecto a la clasificación del tamaño del forofito, se abrevio de la siguiente manera: Arbusto (A), Bejuco (Bj), Árbol menor a 10 m de altura (A<10 m), Árbol entre 10 y 20 m de altura (A10-20 m) y Árbol mayor de 20 m de altura (A>20 m).

6.1.4 Análisis de datos

Se analizaron las variables cuantitativas y cualitativas de los datos pasaporte por separado. Los datos se agregaron a una hoja de cálculo en el programa Microsoft Excel 2016 para Windows para analizarlos con tablas dinámicas. Se realizaron gráficas de caja y bigotes (boxplot) para las variables cuantitativas y para estas variables se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para discernir si los datos se acotaban a una distribución normal y en su caso aplicar una ANOVA para analizar si hay diferencias significativas. Los análisis se realizaron en el programa IBM SPSS Statistics v.21 para Windows.

VII. RESULTADOS

7.1 REGISTROS DE INDIVIDUOS DE *V. planifolia*

Las plantas se encontraban dispersas entre los árboles y arbustos; algunas plantas parecían ser pedazos de otras plantas cercanas, es decir, las plantas se desprendían o fragmentaban por alguna razón y los fragmentos podían independizarse.

7.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Se describieron 18 características morfológicas, de ellas, 13 fueron cualitativas y 5 cuantitativas, de acuerdo con los Datos pasaporte.

7.2.1. Intensidad de color del tallo

De acuerdo con lo referido en los datos pasaporte, la intensidad de color se clasificó en: verde claro, medio u oscuro. Se encontró un 57.79% de individuos con una intensidad de color verde oscuro, 36.98% con intensidad media y 8.21% con intensidad clara (Figura 5).

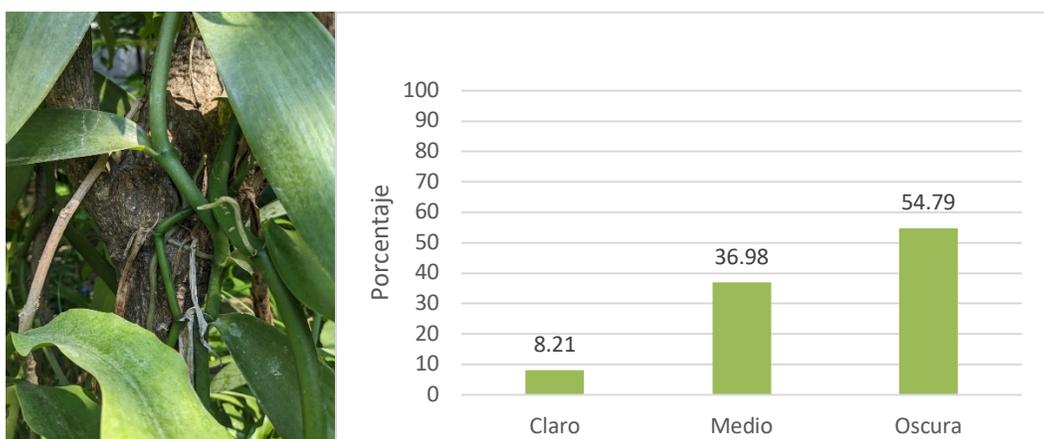


Figura 5. Porcentaje de intensidad del color del tallo y representación física en ejemplares de *V. planifolia*. Izq: Intensidad del color del tallo.

7.2.2. Variegación del tallo

La variegación del tallo se clasificó en ausente y presente. Teniendo 98.63% de ausencia de variegación y 1.36% con presencia de variegación.

7.2.3. Forma en sección transversal del tallo

La forma transversal del tallo puede ser redondo/angular (red/ang), redondo o angular. El 64.38% de los individuos tuvieron tallos redondos/angulares, 35.61% redondos y ningún individuo tuvo tallos angulares (Figura 6).

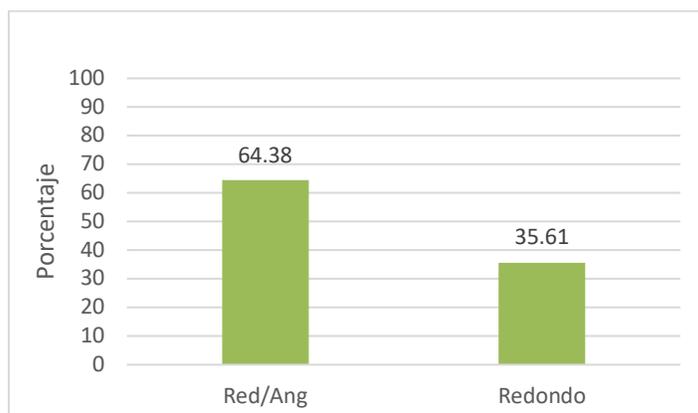


Figura 6. Porcentaje de forma en sección transversal del tallo en ejemplares de *V. planifolia*

7.2.4. Superficie del tallo

Las superficies del tallo se clasificaron en: lisa, media y rugosa. Se obtuvo un 100% en la superficie lisa, no hubo tallos con superficies medias ni rugosas.

7.2.5. Textura del tallo

La textura del tallo se clasificó en: lisa y áspera. Se obtuvo un 100% de textura lisa, ninguno presentó textura áspera.

7.2.6. Visibilidad del nervio principal de la hoja

Se clasificó la visibilidad del nervio principal de la hoja en: débil, media y fuerte. El 21.91% tuvo una visibilidad débil, 78.02% una visibilidad media y ninguna con visibilidad fuerte (Figura 7).

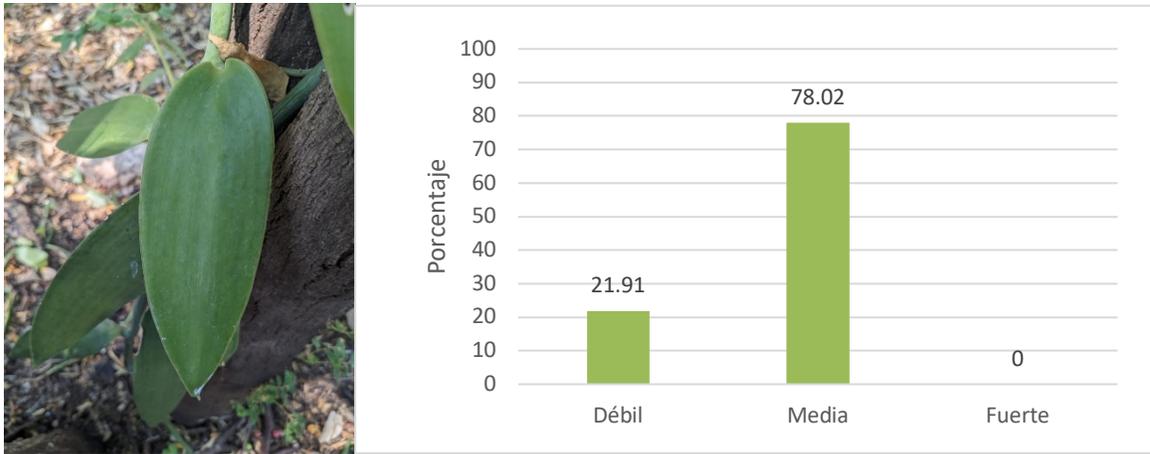


Figura 7. Porcentaje de visibilidad del nervio principal de la hoja y representación física en ejemplares de *V. planifolia*. Izq: Visibilidad del nervio principal de la hoja y textura del tallo.

7.2.7. Forma del ápice de la hoja

Las formas del ápice, se clasificó en: agudo, obtuso o redondo. El 27.39% tuvo un ápice obtuso y un 72.60% de formas de ápice agudo, no hubo presencia de forma redonda (Figura 8).

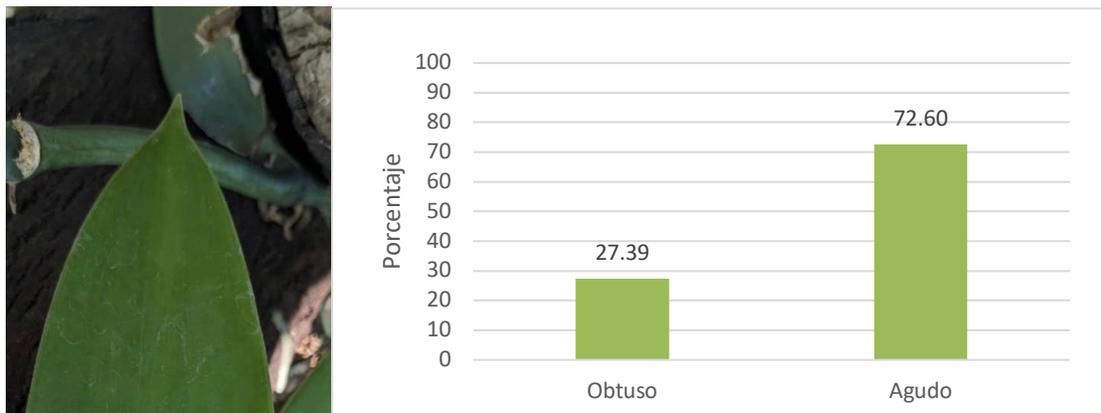


Figura 8. Porcentaje del ápice de la hoja y representación física en ejemplares de *V. planifolia*. Izq: Ápice agudo.

7.2.8. Base de la hoja

La base de la hoja se clasificó en: amplexicaule y atenuada. El 82.19% presentó base amplexicaule y el 17.80% base atenuada (Figura 9).

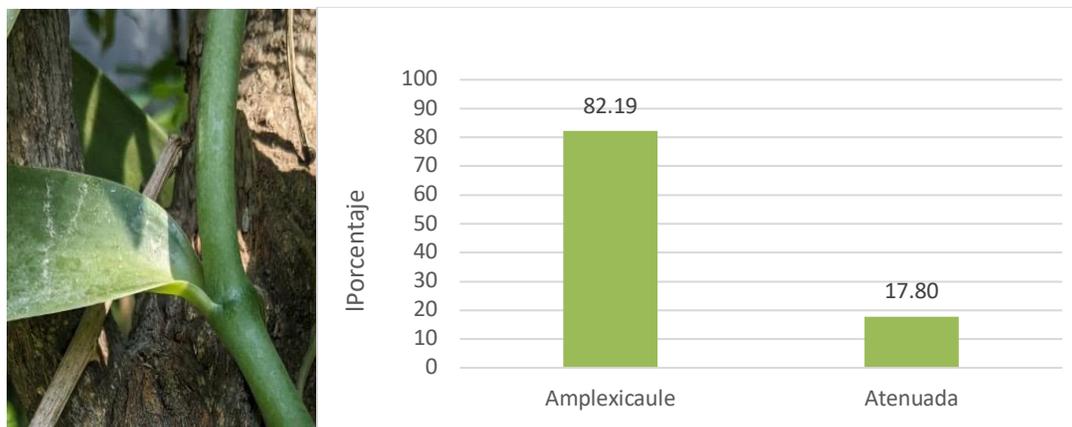


Figura 9. Porcentaje de base de la hoja y representación física en ejemplares de *V. planifolia*. Izq: Base amplexicaule.

7.2.9. Variegación de la hoja

La variegación de la hoja se clasificó en: ausente y presente. El 91.78% presentó ausencia de variegación y 8.21% con presencia.

7.2.10. Intensidad de color de la hoja

La intensidad del color de la hoja se clasificó en: claro, medio u oscuro. El 9.58% presentó intensidad clara, 36.98% intensidad media y 53.42% intensidad oscura (Figura 10).

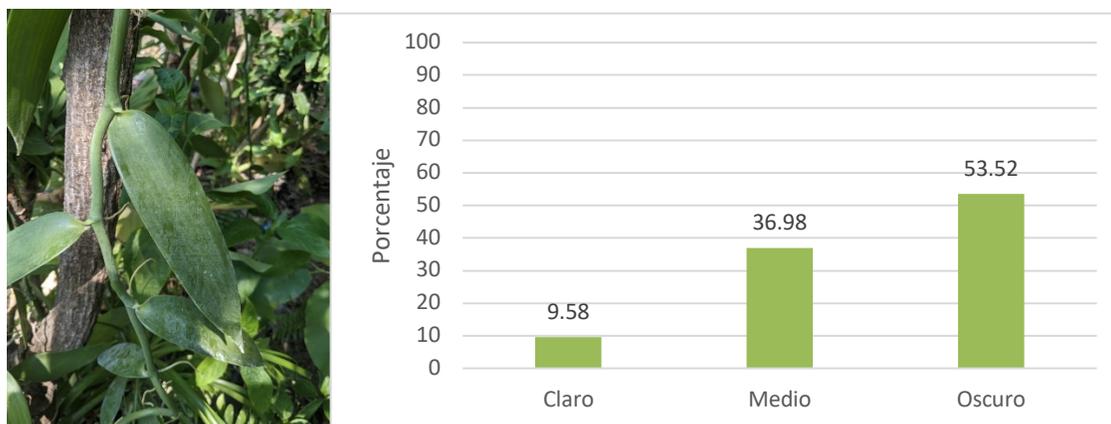


Figura 10. Porcentaje de intensidad de color de la hoja y representación física en ejemplares de *V. planifolia*. Izq: Intensidad del color de la hoja

7.2.11. Simetría de la hoja

Se clasificó la simetría de la hoja en: simétrico y asimétrico. Se obtuvo 80.82% de simetría y 19.17% de asimetría de la hoja (Figura 11).

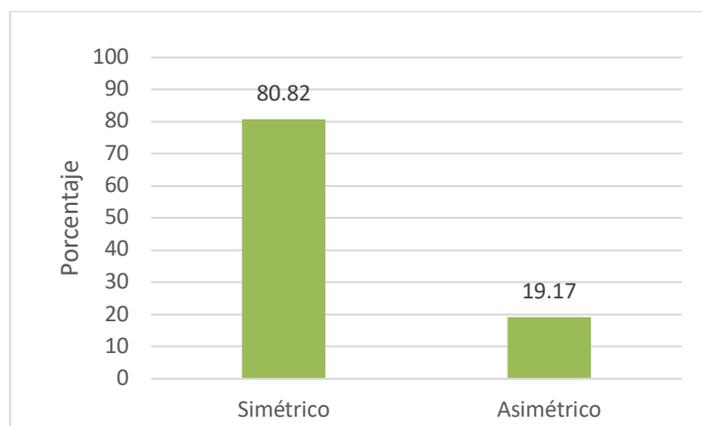


Figura 4. Porcentaje de simetría de la hoja en ejemplares de *V. planifolia*.

7.2.12. Forma en sección transversal de la hoja

Se clasificó la forma de la hoja en sección transversal: plano, moderadamente cóncavo y cóncavo. Las hojas presentaron 90.41% de formas planas, 9.58% moderadamente cóncavas y ningún individuo con forma cóncava (Figura 12).

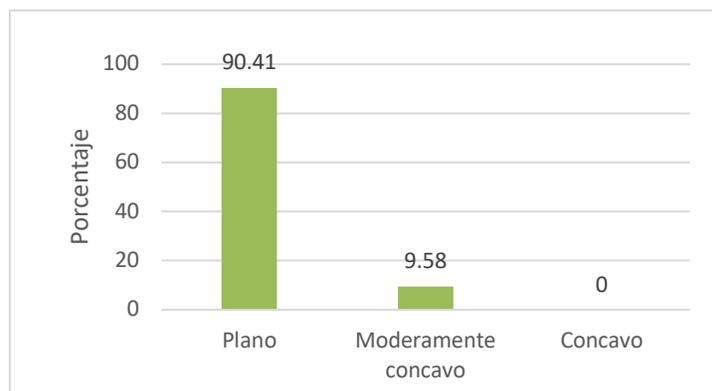


Figura 5. Porcentaje de forma en sección transversal de la hoja en ejemplares de *V. planifolia*.

7.2.13. Forma de la hoja

Las hojas se clasificaron en: elíptico, oblongo, oval estrecho y oval medio. El 20.54% de las hojas fueron formas elípticas, 47.94% oblongas, 28.76% de formas ovales estrechas y 2.73% de formas ovales medias (Figura 13).

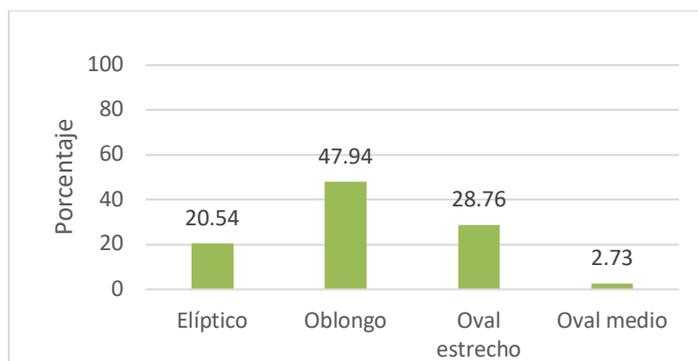


Figura 6. Porcentaje de forma de la hoja en ejemplares de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas.

7.2.14. Diámetro del tallo

El diámetro mínimo fue de 0.40 cm y el máximo de 2.2 cm. (\bar{x} : 1.104 \pm 0.418 SD). En la figura 14 se observa el diámetro promedio y la variabilidad donde no hubo valores atípicos.

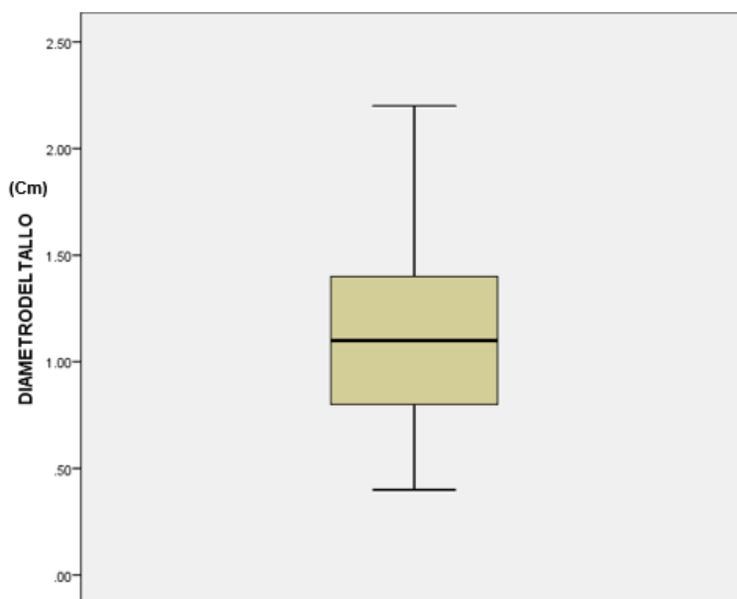


Figura 7. Medida del diámetro de los tallos en ejemplares de *Vanilla planifolia*.

7.2.15. Longitud del entrenudo del tallo

La longitud del entrenudo del tallo mínimo fue de 0.70 cm y el máximo de 13 cm. (\bar{x} : 8.583 ± 2.375 SD). En la figura 15 se observó un valor atípico de un individuo con 0.70 cm de longitud.

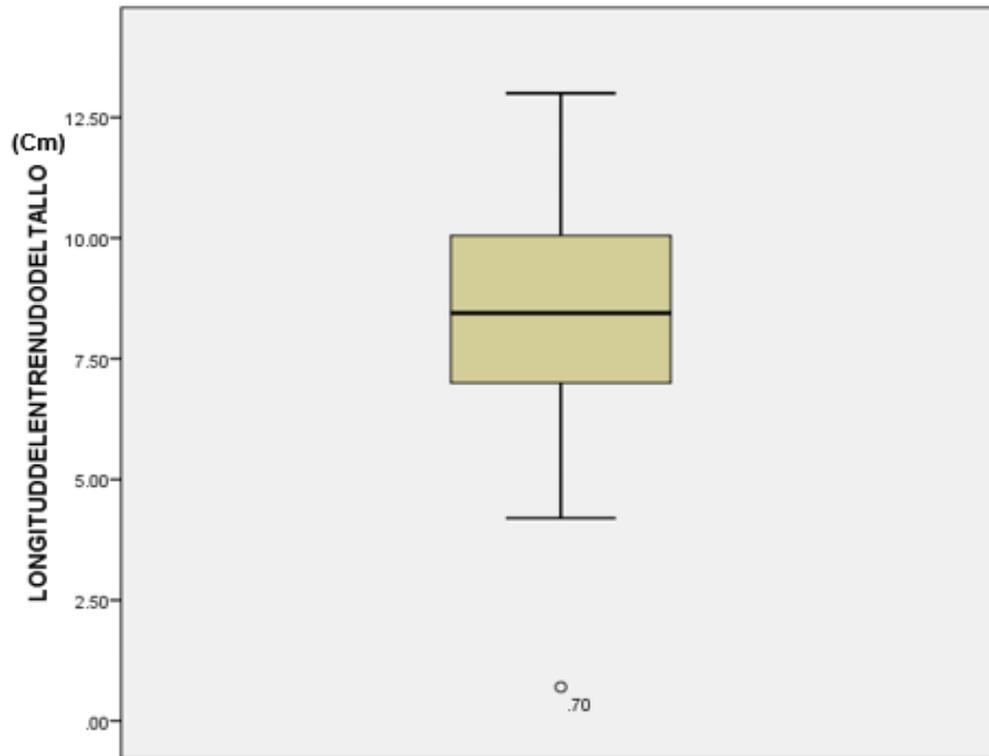


Figura 8. Medida de longitud del entrenudo del tallo en ejemplares de *V. planifolia*.

7.2.16. Longitud del peciolo de la hoja

La longitud del peciolo de la hoja mínimo fue de 0.60 cm y el máximo de 2.40 cm. (\bar{x} :1.288 \pm 0.412 SD). En la figura 16 se observó un valor atípico de un individuo con 2.40 cm de longitud.

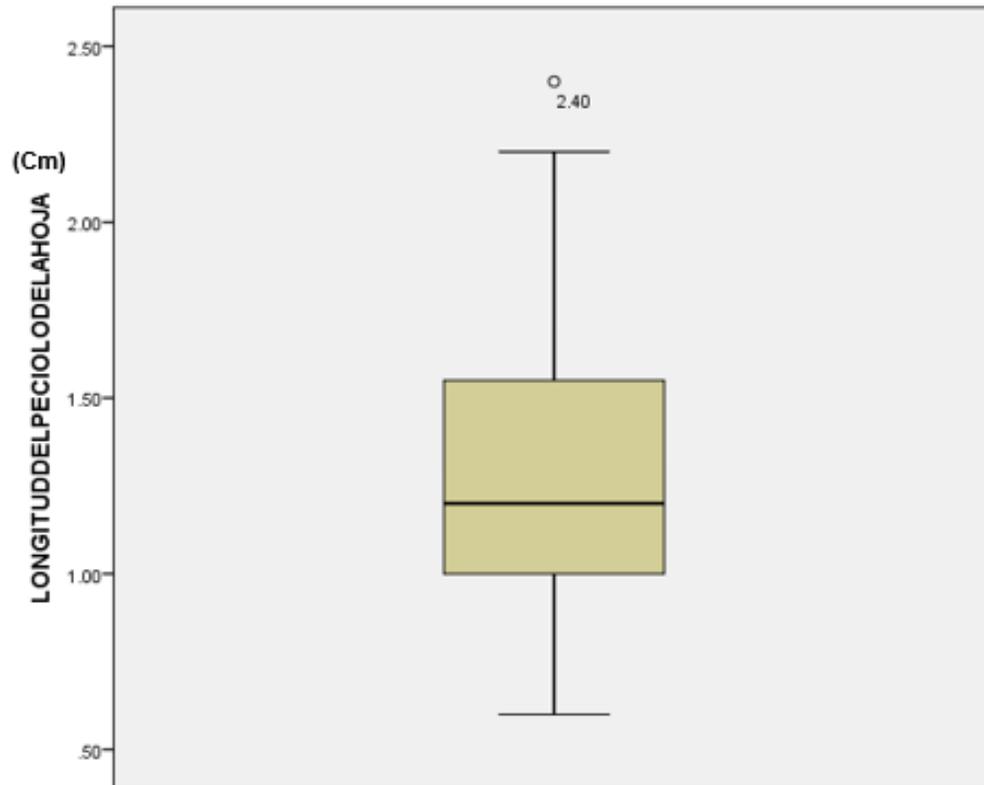


Figura 9. Medida de longitud del peciolo de la hoja en ejemplares de *V. planifolia*.

7.2.17. Longitud del limbo de la hoja

La longitud del limbo de la hoja mínimo fue de 10 cm y el máximo de 23 cm. (\bar{x} : 17.048 ± 3.084 SD). En la figura 17 no se observa ningún valor atípico.

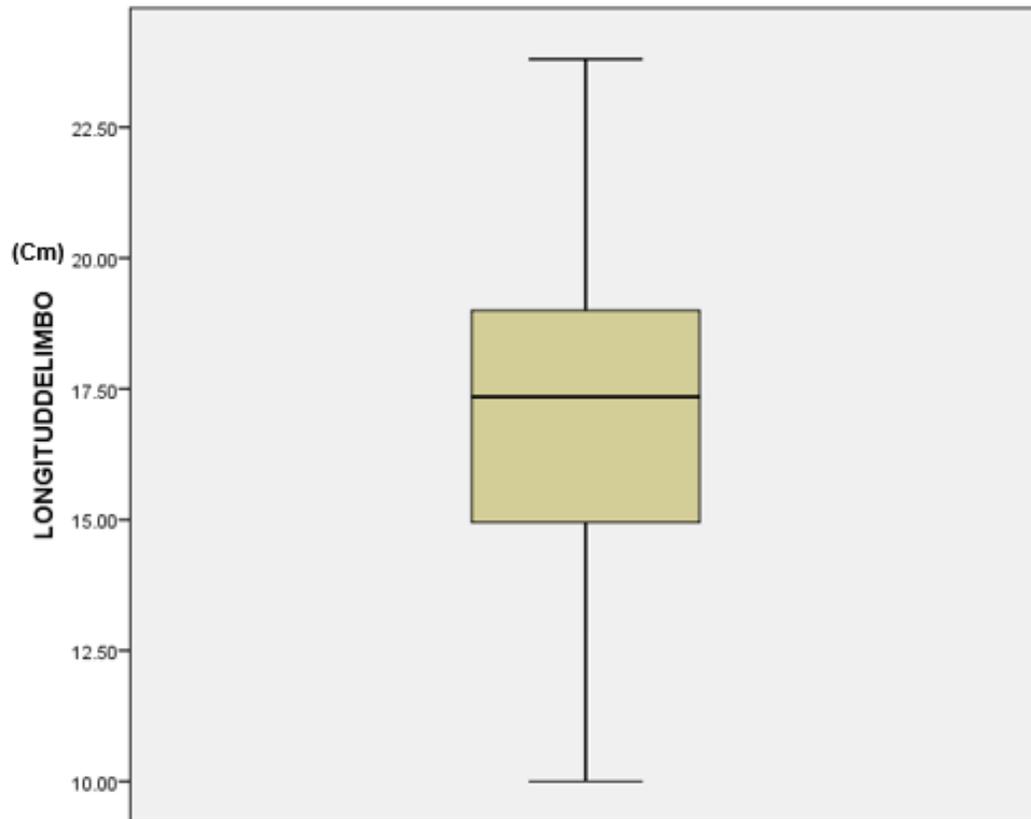


Figura 10. Medida de longitud del limbo de la hoja en ejemplares de *V. planifolia*.

7.2.18. Ancho de la hoja

El ancho de la hoja mínimo fue de 3 cm y el máximo de 7.9 cm. (\bar{x} : 5.217 ± 0.949 SD). En la figura 18 se observa un valor atípico en un individuo con 7.90 cm de ancho de hoja.

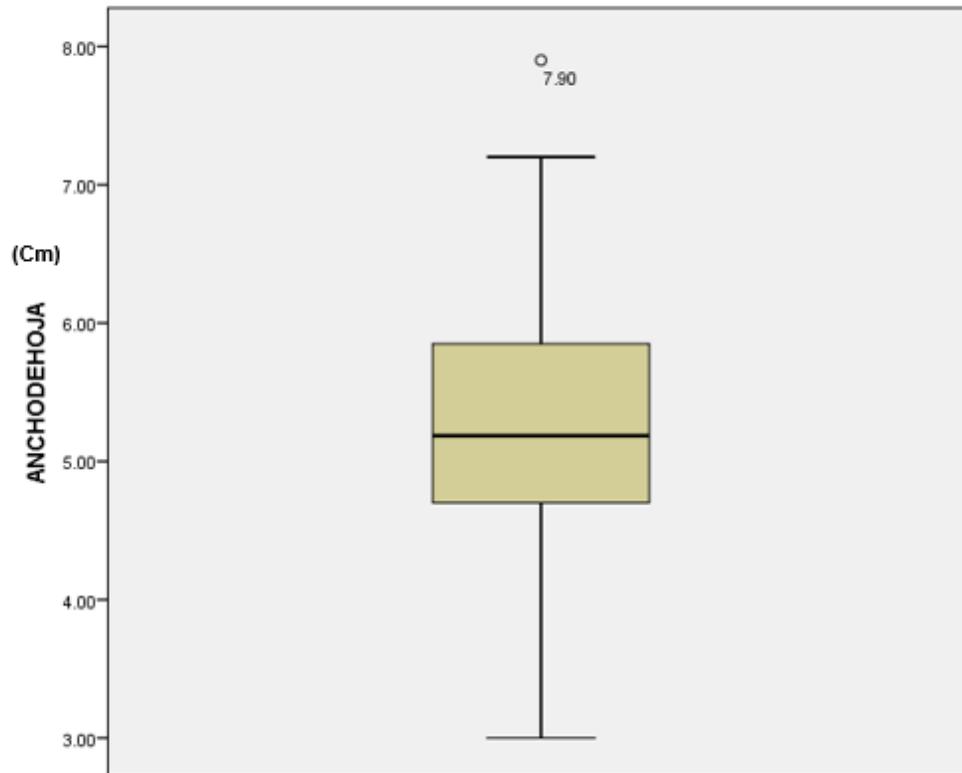


Figura 11. Medida del ancho de la hoja en ejemplares de *V. planifolia*.

7.3. VARIABLES MICROCLIMÁTICAS

Se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para los datos de las variables cuantitativas microclimáticas (temperatura, luminosidad, altitud, pH y humedad; Anexo 2), esta prueba se recomienda para muestras de más de 50 datos, las variables con $p > 0.05$ indican que los datos son normales, lo cual ocurrió para temperatura, luminosidad, y humedad. Las variables de pH y altitud no presentaron una distribución normal (Anexo 2). Para las variables de temperatura, luminosidad y humedad se realizó una prueba de ANOVA (Cuadro 2) para verificar si hay diferencias significativas en estas variables entre las parcelas.

Las variables temperatura, luminosidad y humedad fueron estadísticamente diferente entre las cinco parcelas (Cuadro 2).

Cuadro 2. ANOVA de las variables microclimáticas normales del habitat de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Temperatura	Inter-grupos	255.716	4	63.929	53.220	.000
	Intra-grupos	81.683	68	1.201		
	Total	337.399	72			
Luxes	Inter-grupos	15453946.361	4	3863486.590	8.622	.000
	Intra-grupos	30470937.639	68	448102.024		
	Total	45924884.000	72			
Humedad	Inter-grupos	3436.243	4	859.061	32.128	.000
	Intra-grupos	1818.250	68	26.739		
	Total	5254.493	72			

7.3.1 Temperatura y humedad de las parcelas

Se determinó la temperatura y humedad durante el periodo de seca y de lluvia utilizando un Data Logger Hobo® y se sistematizaron en el programa Microsoft Excel 2016 para Windows. Los valores de temperatura puntuales medidos en campo fueron de 28.7 °C (\bar{x} : 24.2 ± 2.1647 SD) y los valores mínimos fueron de 19 °C y se compararon entre las distintas parcelas. La temperatura varió entre cada parcela, hubo datos atípicos (outliers) en las parcelas 1, 4 y 5. (Figura 18).

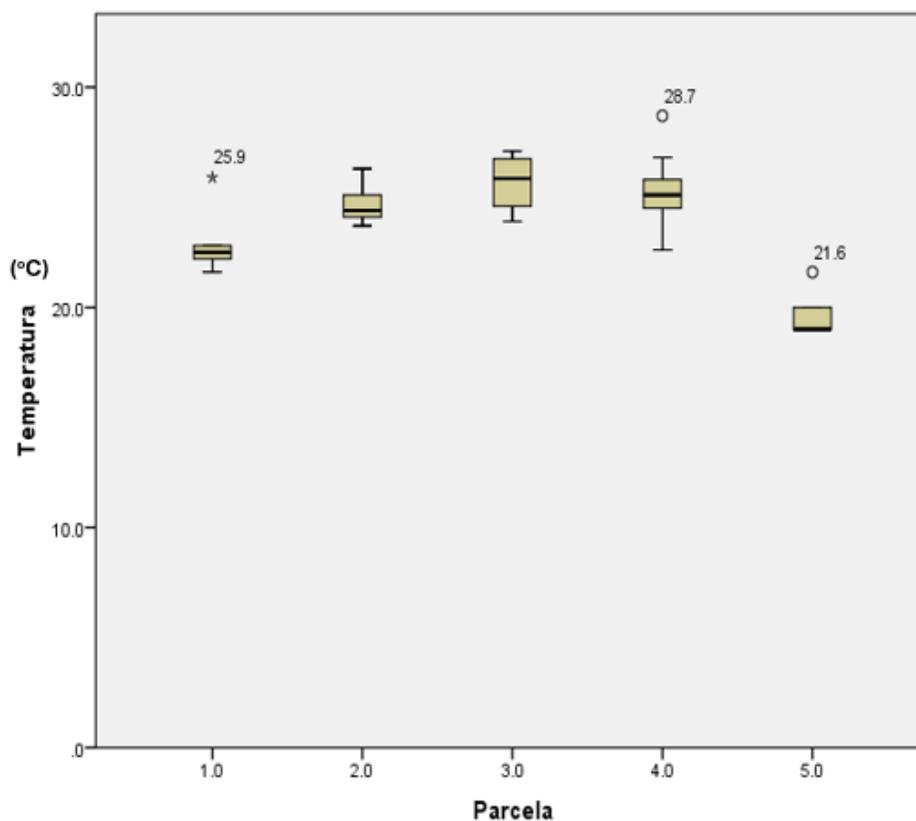


Figura 12. Temperatura de las parcelas en donde habitan los ejemplares de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas.

Los porcentajes máximos de humedad relativa fueron de 87% (\bar{x} : 72.32 ± 8.54 SD) y los porcentajes mínimos de 60%. Se compararon los porcentajes de humedad relativa de todas las parcelas y se encontró variaciones entre ellas. La mayor variación de humedad fue en la parcela 4 y se tuvieron datos atípicos (*outlayers*) en las parcelas 1 y 4 (Figura 19).

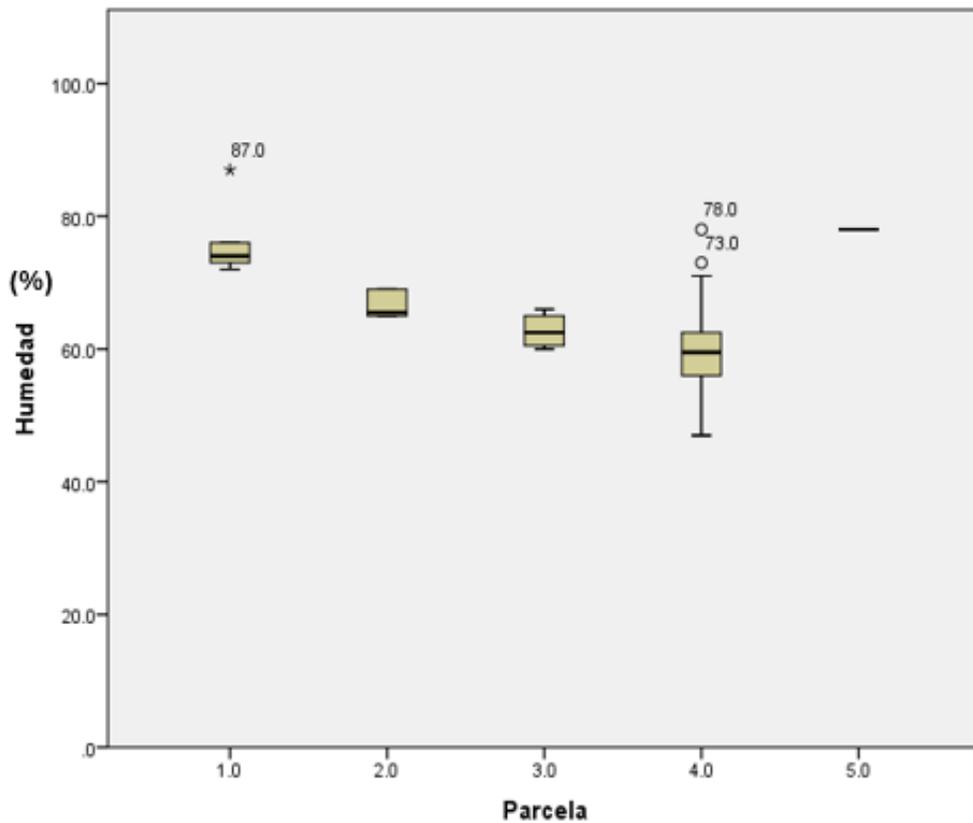


Figura 13. Humedad relativa de las parcelas en donde habitan los ejemplares de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas

7.3.2 Intensidad lumínica

Se tomaron los datos de intensidad lumínica para cada planta en dirección a como las hojas estaban orientadas al sol utilizando un Light meter CEM® DT -1308. Los valores máximos de intensidad lumínica fueron de 3600 Lux (\bar{x} : 1500 ± 798.6524 SD) y los valores mínimos de 325 Lux y se compararon entre las distintas parcelas (Figura 20). La intensidad lumínica fue diferente entre las parcelas, ya que hubo diferencias significativas entre los promedios de las parcelas ($g/4$; $p \leq 0.05$) (Figura 20, Cuadro 2). Se tuvieron datos atípicos (*outlayers*) en las parcelas 1 y 5.

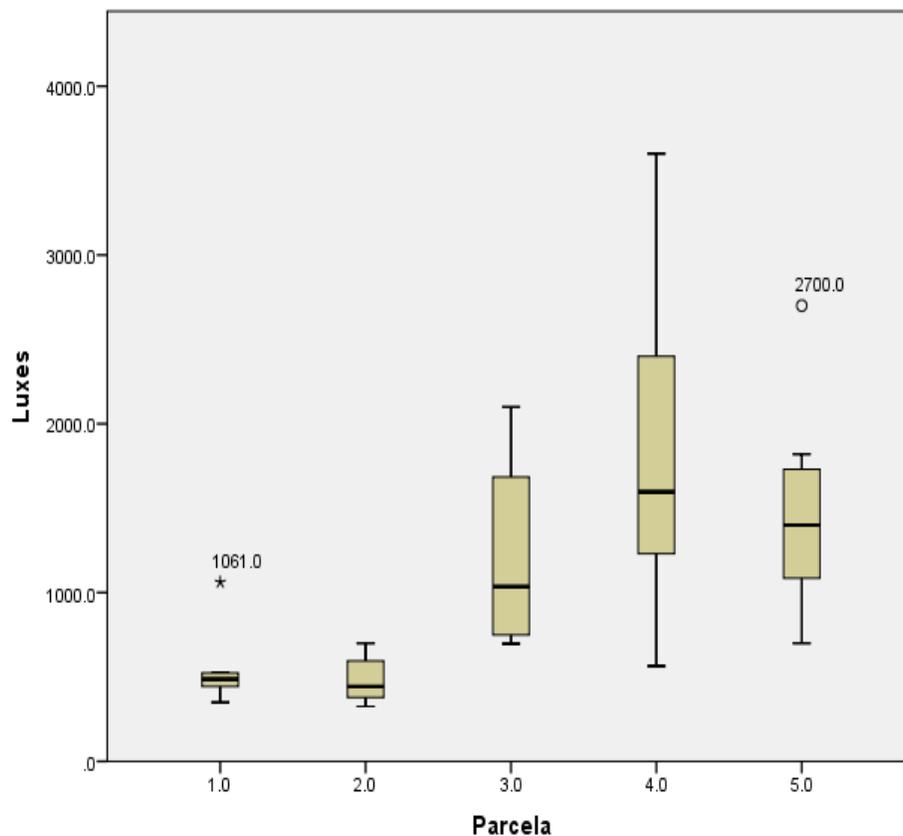


Figura 14. Intensidad lumínica de las parcelas en donde habitan los ejemplares de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas.

7.3.3. Crecimiento de las plantas respecto a la orientación solar.

Se registró la orientación del desarrollo de cada planta de vainilla a lo largo del forofito para determinar si influía su exposición a la radiación solar. La mayoría de las plantas de vainilla se orientan en las caras Noreste (32) y Sureste (18) de los forofitos. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Crecimiento de los ejemplares de *V. planifolia* en función a la orientación solar en la Depresión Central de Chiapas.

Orientación sobre exposición solar	No. de individuos de <i>V. planifolia</i>
Noreste	32 (43.8%)
Sureste	18 (24.6%)
Este	9 (12.3%)
Oeste	9 (12.3%)
Sur	2 (2.7%)
Norte	3 (4.1%)

7.4 pH DEL SUELO CERCANO AL FOROFITO O TUTOR

El pH se obtuvo con un medidor portátil de pH 4 en 1 colocándolo directamente en el suelo cercano al tutor presente. Los valores máximos de pH fueron de 7 (\bar{x} : 6.37 \pm 0.9428 SD) y los valores mínimos fueron de 3.5 (Figura 21).

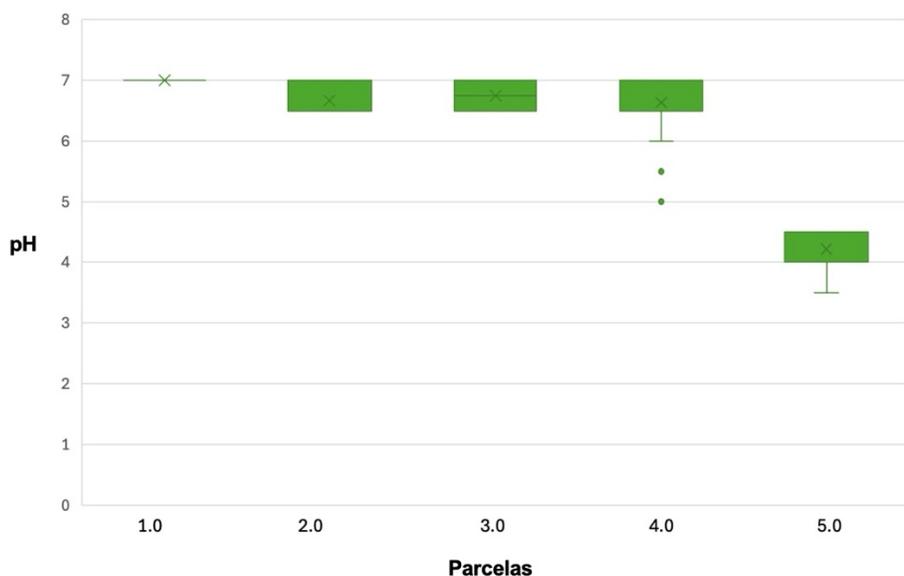


Figura 22. pH del suelo de las parcelas en donde habitan los ejemplares de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas

7.4.1 Especies de forofito de las plantas de *V. planifolia*

La clasificación de los forofitos se realizó mediante el método propuesto por Escobar Ocampo y Ochoa Ganoa (2007). Para cada individuo se le registró un forofito en el que se apoyaba toda la planta de vainilla o la mayoría del cuerpo, ya que algunos tenían varios metros de largo y podían estar en más de un forofito. La mayoría de los individuos se apoyaban en árboles menores de 10 metros (Forma biológica 3), seguido de la forma biológica 4 que eran árboles de entre 10 y 20 m (Cuadro 1, Cuadro 4). El porcentaje restante fueron plantas de vainilla que se encontraban en troncos muertos y/o en el suelo.

No hubo una preferencia clara por alguna especie de forofito en específico, pero las especies del género *Quercus* (*Q. elliptica* y *Q. sapotifolia*) fueron recurrentes con 8 individuos, seguido de las especies de la familia Anacardiaceae (*Toxicodendron striatum* y *Anacardium sp*). (Cuadro 4).

Cuadro 4. Relación de especies usadas como forofitos por las plantas de vainilla (*Vanilla planifolia*)

Especie	Nombre común	Familia	Clasificación de forma biológica	Número de Individuos
<i>Quercus elliptica</i> Née.	Roble, encino.	Fagaceae	A10-20 m	6
<i>Quercus sapotifolia</i> Libemann.	Roble, encino.	Fagaceae	A<10 m	2
<i>Terminalia amazonia</i> J.F. Gmel.	Cacho de toro, cortés amarillo, guayaba, guayabo.	Combretaceae	A10-20 m	6
<i>Anacardium sp</i>	-	Anacardiaceae	A<10 m	5
<i>Toxicodendron striatum</i> Ruiz & Pav.	Cedrillo	Anacardiaceae	A<10 m	3
<i>Ardisia scallonioides</i> Schltdl. & Cham.	Pimienta de monte	Primulaceae	A<10 m	4

<i>Matayba oppositifolia</i> Britton	Chingastillo	Sapindaceae	A10-20 m	4
<i>Clethra macrophylla</i> M.Martens et Galeotti.	Marquesote, marquesotillo.	Clethraceae	A<10 m	3
<i>Croton guatemalensis</i> Lotsy.	Algodoncillo, cascarillo, copalche, palo blanco.	Euphorbiaceae	A<10 m	3
<i>Guarea guidonia</i> L.Sleumer.	Trompillo, cedro macho, cedrillo	Meliaceae	A<10 m	2
<i>Psychotria marginata</i> Sw	Cafecillo	Rubiaceae	Bj	1
<i>Psychotria costivenia</i> Griseb. var. <i>costivenia</i> .	Huesillo	Rubiaceae	Bj	1
<i>Chomelia protracta</i> Bartl. ex DC.	-	Rubiaceae	A<10 m	1
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br.	Triquis	Myrsinaceae	A<10 m	1
<i>Louteridium</i> sp.	-	Acanthaceae	Bj	1

<i>Amyris attenuate</i> Standl.	Ocotillo de montaña	Rutaceae	A10-20 m	1
<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schtdl. & Cham.	Manguillo, Manzanillo de sabana.	Pentaphylacaceae	A<10 m	1
<i>Clusia salvinii</i> Donn.Sm.	Guayabillo	Clusiaceae	A<10 m	1
<i>Myriocarpa heterospicata</i> Donn. Sm.	Capulín cimarrón	Urticaceae	A<10 m	1
<i>Cecropia obustifolia</i> Bertol.	Guarumbo	Urticaceae	A10-20 m	1

Quercus elliptica y *Terminalia amazonia* fueron las especies que presentaron mayor frecuencia de vainillas sobre sus troncos. Se resaltan 12 individuos de *V. planifolia* que utilizan como soporte los árboles muertos para poder crecer y 7 individuos sobre el suelo del sotobosque, esto por su hábito hemiepífito (Figura 23).

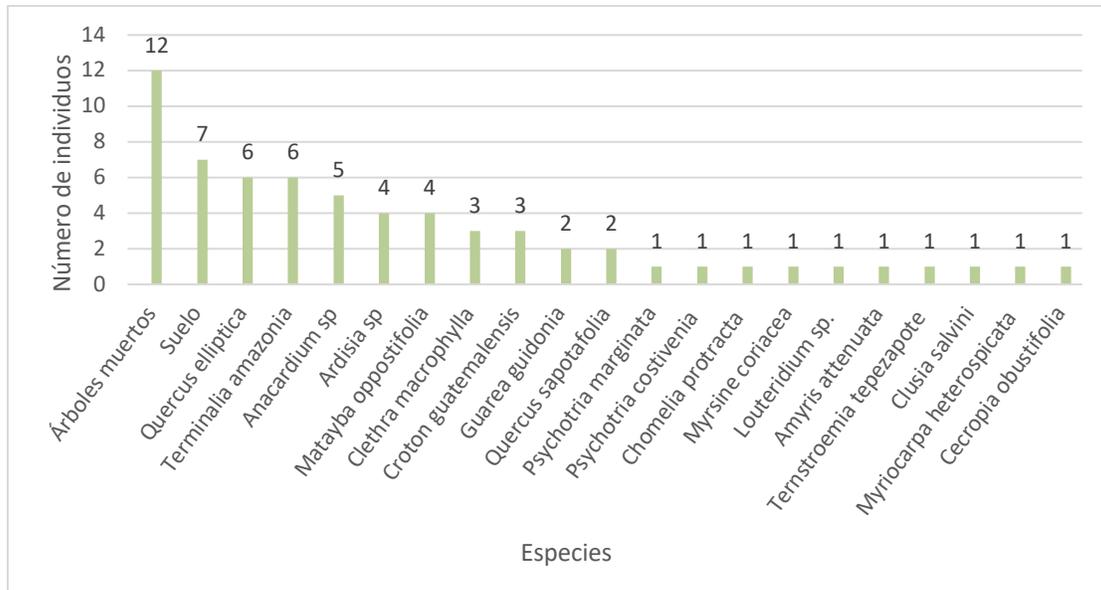


Figura 23. Forofitos utilizados por ejemplares de *V. planifolia* en la Depresión Central de Chiapas.

VIII. DISCUSIÓN

8.1. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Respecto a las características morfológicas cualitativas, el porcentaje de intensidad de color de los individuos de la población de estudio, más del 50% presentaron coloración verde oscuro tanto en intensidad del tallo como de la hoja.

Lo anterior nos indica que *V. planifolia* sigue un patrón de intensidades de coloración verde oscuro en esta población, esto es probablemente debido al nivel de intensidad lumínica que reciben ya que se encuentran en árboles de selva alta perennifolia y acahual. Lo anterior, concuerda con lo señalado por Díez *et al.* (2017) donde señala que las concentraciones de clorofila son significativamente más altas cuando *V. planifolia* se encuentra en sitios sombreados como es el caso de esta población lo que permite la coloración verde oscura en los individuos, refiriendo que se debe a la capacidad que tiene *V. planifolia* para capturar y utilizar la luz aumentando la de pigmentos oscuros cuando se encuentra con baja intensidad lumínica. Lo que, concuerda con los resultados ya que se registraron intensidades lumínicas bajas debido al tipo de vegetación donde se encuentran

Respecto a la variegación del tallo, la población presentó 98.63% de ausencia y tan solo 1.36% de presencia de variegación, esto puede ser debido a que la variegación es un gen recesivo que afecta directamente a la habilidad de fotosintetizar, Azarin *et al.* (2020) realizaron un estudio sobre las manchas amarillentas de *Helianthus annuus* y encontraron que en esas manchas habían niveles extremadamente bajos de clorofila y carotenoides y contribuyeron eso como una mutación que inhibía el fotosistema 1 y 2 que permiten realizar la fotosíntesis correctamente.

La forma en sección transversal del tallo tuvo 64.38% de individuos con tallos redondo/angulares y 35.61% con tallos angulares y ningún individuo con formas de tallo angulares, comparando con la guía de identificación UPOV, (2014)

la forma en sección transversal con forma redondo/angular es la común para *V. planifolia*.

La superficie del tallo tuvo 100% de superficie lisa, no se encontró superficies medias ni rugosas Reyes-López et al. (2022) señalan que las superficies lisas son patrones característicos de *V. planifolia*.

La textura del tallo presentó 100% de individuos con textura lisa y ninguno con textura áspera, comparando nuevamente con la guía de identificación UPOV, (2014) esta es una característica común de *V. planifolia*.

La visibilidad del nervio principal de la hoja en los individuos de la población de *V. planifolia* variaron entre 78.02% de visibilidad media, 21.91% de visibilidad débil y ningún individuo mostró visibilidad fuerte, Sánchez (2014) menciona que esta especie tiende presentar visibilidad media del nervio, más que visibilidad fuerte y débil, así también refiere que es una característica propia de *V. planifolia*.

La forma del ápice de la hoja de la población muestreada tuvo tendencia a tener ápices agudos con 72.60%, ápices obtusos con 27.39% y no presentó ápices redondos. Estas formas son características importantes para poder identificar a *V. planifolia* según la UPOV, (2014).

Las bases de las hojas variaron entre 82.10% de bases amplexicaules y tan solo 17.80% de bases atenuadas, según la UPOV, (2014) son características propias de *V. planifolia*. En la población muestreada, los individuos tendieron a tener bases amplexicaules.

La variegación de las hojas tuvo 91.78% de ausencia en la población y solamente 8.21% de presencia de variegación. Estos resultados pueden atribuirse a que la variegación es considerada una mutación negativa, que no es beneficiosa para las nuevas generaciones de *V. planifolia*. Olson y Clark, (2021) realizaron un estudio de tinción histológica y cuantificación de pigmentos a hojas con presencia y ausencia de variegación, obtuvieron que las hojas con presencia de variegación tuvieron concentraciones más bajas de clorofila y carotenoides, como también

encontraron que la eficiencia del fotosistema 2 disminuyó, afectando directamente a la capacidad que tiene la planta de realizar la fotosíntesis.

La intensidad de color de las hojas de *V. planifolia* varió entre la intensidad clara con 9.58%, la intensidad media con 36.98% y la intensidad oscura con un 53.42%. Esto puede ser por la cantidad de intensidad lumínica que recibe durante el día. Wahyudiningsih *et al.* (2023) mencionan que, a lo largo del día, con el incremento de la intensidad lumínica *V. planifolia*, tiende a tener intensidad de coloración verde claro, y entre menos intensidad lumínica que reciba, tendrá una intensidad de coloración verde más oscura, esto concuerda con los resultados obtenidos en la intensidad lumínica ya que no se obtuvieron cantidades muy elevadas que pudieran afectar la coloración de *V. planifolia*

La simetría de las hojas de la población de *V. planifolia* dieron como resultado 80.82% de simetría en sus hojas y 19.17% de asimetría la UPOV, (2014) señala a la simetría como una característica comparativa entre las hojas de *V. planifolia*. Esto puede ser útil para comparar las diferentes formas que puede tomar una misma especie, en distintos sitios.

La forma en sección transversal de las hojas de la población, mostraron que 90.41% de ellas fueron formas planas, 9.58% fueron modernamente cóncavas y no hubo presencia de formas cóncavas.

Las formas de hojas de *V. planifolia* en esta población tienen un patrón muy distinto entre ellos, se encontró que la forma más común era la oblonga con 47.94% de presencia, Lo anterior concuerda con Molineros-Hurtado (2012) quien nos señala en su estudio y comparación de algunas especies del género *Vanilla* que el patrón más común en cuanto a forma de hoja es la forma oblonga, como también nos menciona que pueden tener formas lanceoladas en algunos de los individuos.

En cuanto a las características cuantitativas, se tiene que el diámetro del tallo tuvo diámetros mínimos de 0.40 cm, máximos de 2.2 cm y promedios de 1.1 cm. Vargas-Hernández y Gámez-Vásquez, (2014). Mencionan que el diámetro del

tallo de *V. planifolia* debe ser entre 1 a 2 cm, esto siendo similar con los resultados obtenidos.

La longitud del entrenudo del tallo tuvo una longitud mínima de 0.70 cm, una longitud máxima de 13 cm y una longitud promedio de 8.5 cm. Reyes-López et al. (2022) señalan que la longitud del entrenudo del tallo puede alcanzar longitudes de 13.2 cm incluso hasta más dependiendo las condiciones hídricas de la zona, esto siendo similar con los resultados de longitud máxima en la población.

La longitud del peciolo de la hoja tuvo longitud mínima de 0.60 cm, longitud máxima de 2.40 cm y longitud promedio de 1.2 cm. Félix-Francisco, (2015). Describe la longitud del peciolo con longitudes de 1.2 cm hasta 2.5 cm, siendo considerados los parámetros normales para *V. planifolia*, en los muestreos se tuvo un valor atípico de 2.40 cm.

La longitud del limbo tuvo una longitud mínima de 10 cm, una longitud máxima de 23 cm y una longitud promedio de 16 cm. Según la guía UPOV, (2014) la longitud del limbo es importante para el registro de características para facilitar la identificación y para capturar datos de *V. planifolia*.

El ancho de hoja varió entre longitudes mínimas de 3 cm, longitudes máximas de 7.9 cm y longitudes promedios de 5.2 cm. Días-Bautista *et al.* (2018) Realizaron un estudio de caracterización morfológica de *V. planifolia* y sus resultados fueron similares con los de esta investigación, obtuvieron que el ancho de las hojas de *V. planifolia* fueron de longitudes mínimas de 4 cm, longitudes máximas 7.7 cm y longitudes promedio de 5.8 cm. Estos valores coinciden ya que estas son longitudes están dentro de los parámetros denominados como normales para el ancho de las hojas de *V. planifolia*.

Es importante mencionar que son pocos los trabajos de campo sobre caracterización morfológica de *V. planifolia*, ya que las investigaciones, en su mayoría son en plantaciones y sobre caracterización general como color y forma de los individuos, siendo por ello, relevante los resultados obtenidos en la presente investigación sobre la caracterización morfológica de *V. planifolia* en su hábitat

natural en Chiapas. En este sentido. Flores *et al.* (2017) explican la importancia de conocer las variables ambientales y cualquier variable que modifica el perfil morfológico y bioclimático del individuo, mencionan que esto ayuda a conocer a la especie y sus formas de vida, así como sus patrones de distribución

8.2 VARIABLES MICROCLIMÁTICAS

8.2.1 Temperatura y humedad

La variación de temperatura no demostró diferencias extremas, la variación en la zona está considerada dentro de los intervalos de temperatura de las zonas tropicales, las temperaturas varían entre cálido subhúmedo con lluvias en verano a cálido-húmedo y la zona cuenta con temperaturas mayores a 18 °C. Las zonas tropicales se caracterizan por tener relativamente pocas variaciones de temperatura durante el día, según Parada-Molina *et al.* (2022). Es decir, no presentan temperaturas extremas a lo largo del año y durante el día; dado a que la zona de estudio es considerada una zona tropical. Rodríguez-Deméneghi *et al.* (2023) mencionan que *V. planifolia* se cultiva precisamente en climas tropicales húmedos con temperaturas de un rango de 20°C a 32°C, temperaturas similares a las registradas en la zona de estudio.

La humedad varió entre porcentajes máximos de 87%, porcentajes promedios de 72.32% y porcentajes mínimos de 60% para *V. planifolia* la humedad es una característica indispensable para el desarrollo, Parada-Molina *et al.* (2022), refieren en sus estudios bioclimáticos, que la vainilla prolifera en climas cálidos con humedades relativas mayores al 80%, similares a los porcentajes máximos de humedad en la zona de estudio. La humedad de la zona de estudio hace posible no solo el crecimiento de *V. planifolia* sino la prosperidad de la población. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010), la zona de estudio tiene climas cálidos húmedos y cuenta con abundantes lluvias en verano (40%) con un rango de precipitación de entre 900 a 3000 mm, condiciones ideales para *V. planifolia*.

8.2.2. Intensidad lumínica

La intensidad lumínica varió de 3600 lux a 325 lux con promedio de 1500 lux, por lo que, *V. planifolia* se desarrolla en ambientes sombreados, como lo menciona Díez *et al.* (2017), refieren que las plantas de sombra como la vainilla son muy sensibles a alta radiación, ya que el metabolismo de la planta disminuye la tasa de fotosíntesis y el crecimiento. Al igual, Rodríguez-Deméneghi *et al.* (2023) señalan que un cultivo en campo abierto, *V. planifolia* necesita al menos 50% de sombra durante todo su desarrollo y en temporada de secas requiere hasta el 70% de sombra.

8.2.3. Crecimiento de las plantas respecto a la orientación solar.

López-Gómez *et al.* (2012) señalan que en el hemisferio norte (en donde se encuentra México), las laderas orientadas hacia el sur tienden a tener más intensidad solar, ideal para plantas xéricas, y las laderas orientadas hacia el norte son ideales para el crecimiento de plantas que necesitan más sombra y humedad. Esto fue evaluado con *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae), de los 493 ejemplares que encontraron 310 estaban en una ladera orientadas al sur y tan solo 183 con orientación norte. *Vanilla planifolia* es una planta que necesita sombra y humedad para poder desarrollarse, por ende, *V. planifolia* debería tener la mayoría de las orientaciones hacia el norte o noreste, lo encontrado en el presente estudio, es que hay una tendencia a que las plantas de vainilla se orienten hacia las caras este (noreste y sureste) de los árboles tutores, en la cara Noreste y sureste la radiación que reciben las plantas es el sol de las primeras horas del día, es decir cuando es menos intenso.

8.2.4 pH

El pH de la zona de estudio tuvo máximos de 7, promedios de 6, y mínimos de hasta 3 con presencia de suelos de tipo redzina y litosol, Matías *et al.* (2023) reportan que suelos litosoles suelen ser alcalinos de 7 hasta 7.8, esto coincidiendo con los resultados de pH máximo, mientras que. Alcalá-Jáuregui *et al.* (2023) consideran que los, suelos de tipo rendzina, este puede tener un pH de 6 hasta 7, mencionan que la acidez puede deberse a metales pesados que se encuentran en aguas cercanas que indirectamente afectan a las plantas. El pH tiene una correlación directa con el suelo y la planta. Rosa-Patiño *et al.* (2017) refieren que, de las tierras cultivables del mundo, alrededor del 40% son suelos con una acidez de 5.5.

8.3. FOROFITOS DE *Vanilla planifolia*

Para el desarrollo exitoso de la vainilla es parte fundamental la función del forofito, éste atribuye estructura, sombra y materia orgánica, requerimientos esenciales para *V. planifolia*. Cruz-Jiménez y Martínez-Meléndez (2018) remarcan la importancia de ellos. Mencionan que en México algunas de las familias que destacan como forófitos son Anacardiaceae. Euphorbiaceae, Myrtaceae Fabaceae. Rosaceae. Burseraceae Apocynaceae Pandanaceae. Rutaceae y Rubiaceae, al igual, señalan que, en las selvas de Chiapas, *V. planifolia* tiende a desarrollarse sobre plantas del género *Croton*, *Phyllanthus*, *Sapium* y *Ficus*. En este sentido, los individuos de *V. planifolia* tuvieron afinidades similares con las familias Anacardiaceae. Euphorbiaceae, Rutaceae. Rubiaceae y Myrtaceae, e incluso hubo similitudes a nivel de género de *Croton* y *Anacardium*, así también, una cantidad considerable de individuos de *V. planifolia* que se encontraron sobre el suelo (7) y sobre troncos muertos (12). En este sentido, Gantiva *et al.* (2020) mencionan que la vainilla tiene hábitos hemiepífitos que le permite desarrollarse en el suelo de los sotobosques para posteriormente ascender a los forófitos, de la misma manera Almeda *et al.* (2021) mencionan que las raíces aéreas juegan un papel importante para desarrollarse en el suelo y las plantas presentan una

habilidad para enraizar en el suelo después de ser estas cortadas. Lo anterior, puede explicar la presencia de una gran cantidad de individuos creciendo en el suelo y en troncos muertos, considerándolo como una estrategia de crecimiento adaptable.

IX. CONCLUSIÓN

Se caracterizaron 73 individuos de *V. planifolia*, con una alta heterogeneidad en tamaños, plantas adultas grandes, rotas enraizadas entre hojarasca y troncos podridos (*observaciones personales*) Presentan buenas características morfológicas, la mayoría de los tallos son color verde intenso, lisos y suaves, sin variegación al igual que las hojas, coloración verde oscuro, simétricas, con ápice agudo, algunas más anchas y moderadamente cóncavas, con frutos medianos a largos.

En cuanto a las condiciones microclimáticas de *V. planifolia* de la población de estudio en una localidad de la Depresión Central, se tienen condiciones idóneas para su crecimiento, como son temperatura (24.2 °C), humedad (72.32%) e intensidad lumínica (1500 lux).

Vanilla planifolia tiende a crecer sobre forófitos orientados al noreste evitando altas cantidades de intensidad lumínica, prefiriendo sombra y humedad. Tiene algunas preferencias hacia los forófitos del género *Quercus* y *Terminalia*, así también se encontraron varios individuos sobre el suelo del sotobosque como en árboles muertos, debido a su adaptación hemiepífita.

La caracterización adecuada de las plantas genera información para la descripción varietal de los ejemplares, brindando bases para su posible empleo en programas para su conservación y manejo e incluso en futuras investigaciones sobre temas similares.

Esta investigación contribuye con información sobre la caracterización morfológica de las plantas que se encuentran sin manejo agronómico y sujetas a

las condiciones naturales de su hábitat, donde existe mayor propabilidad de entrecruzamiento que garantice la variabilidad genética y les permita responder a otros factores externos como la resistencia a plagas.

X. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Alcalá-Jáuregui, J. A., López-Mendoza, Y., Rodríguez-Ortiz, J. C., Flavia-Filippini, M., Martínez-Carretero, E., Moreno, G., Hernández-Montoya, A., Rojas-Velázquez, A. N. y Beltrán-Morales, F. A. 2023. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Vol.55, No.
- Almeda, F., Arias, S., Hammel, B., and Pansarin, E. 2021 Do secondary hemiepiphytes exist? Journal of Tropical Ecology Vol. 37, Pp. 286–290
- Arango, D. A., & Moreno, F. (2011). Desarrollo inicial de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews, Orchidaceae) bajo diferentes usos de la tierra y condiciones climáticas en Colombia. In Congreso Forestal Latinoamericano (pp. 1-17). Lima, Perú: Cámara Nacional Forestal
- Azarin, K., Usatov, A., Makarenko, M., Makarenko, M., Kozel, N., Kovalevich, A., Dremuk, I., Yemelyanova, A., Logacheva, M., Fedorenko, A & Averina, N. 2020. A point mutation in the photosystem I P700 chlorophyll a apoprotein A1 gene confers variegation in *Helianthus annuus* L. Plant Mol Biol 103, 373–389.
- Balandrán-Valladares, M., Ojeda-Barrios, D., Melgoza-Castillo., A. y Mata-González, R. 2025. Emergencia y sobrevivencia del zacate rosado en diferentes suelos y patrones de humedad-sequía. Terra Latinoamérica Vol. 33. No. 2.
- Bautista, D., Herrera-Cabrera, B., Castillo-González, F., Soto-Hernández, R., Delgado-Alvarado, A. y Zavaleta-Mancera, H. 2018. Caracterización de agroecosistemas con *Vanilla* spp. en el Totonacapan, México. CONACYT. Índice de revistas mexicanas. Vol. 11. No. 3.
- Bello-Bello, J., García-García., G. y Iglesias-Andreu, L. 2015. Conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) bajo condiciones de lento crecimiento in vitro. Fitotec. Vol. 38 no.2.

- Beutelspacher B., C.R., 2011. Guía de orquídeas de Chiapas. UNICACH. Chiapas, México.
- Bhatla, S., Lal, M. 2018. Abiotic Stress. In Bhatla SC, MA Lal eds. Plant Physiology, Development and Metabolism. Singapore, Malaysia. Springer. p. 969-1028.
- Blanco-Valdés, Y. 2019. Importancia de la calidad de la luz entre las plantas arvenses-cultivo. Cultivos Tropicales, Vol. 40, no. 4.
- Breedlove, D. 1981. Introducción a la Flora de Chiapas. Flora de Chiapas, Parte 1. Academia de Ciencias de California, E.U.A. Pp. 1-791. En Recopilación Lecturas Chiapanecas 6. Gobierno del Estado de Chiapas. Miguel Angel Porrua.
- Camacho-Escobar, M, A., Ramos-Ramos, D, A., Ávila-Serrano, N, Y., Sánchez-Bernal, E, I., y López-Garrido, S, J. 2020. Las defensas físico-químicas de las plantas y su efecto en la alimentación de los rumiantes. Terra Latinoamérica. Vol.38. No.2.
- Cameron, K. 2018. Vanilla Phylogeny and Classification. Handbook of *Vanilla* science and technology, 375-390.
- Castiblanco-González, D. 2022. Factores que influyen en la especificidad de *Oncidium ornithorynchum* en árboles hospederos de un hábitat fragmentado. Tesis de posgrado. Universidad el Bosque.
- Castro-Bobadilla, G., Martínez, A., Martínez, M. y García-Franco, J. 2011. Aplicación de riego localizado para aumentar la retención de frutos de *Vanilla planifolia* en el Totonacapan, Veracruz, México. Agrociencia Vol.45
- Ceballos, S. 2019. Dinámica de las comunidades de lianas y epífitas en bosques sucesionales de las yungas australes (Sierra de San Javier, Tucumán, Argentina). Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Tucumán

- Chaipanich, V., Roberts, D. y Hasin, S. 2019. Impact of Ecological Factors on the Distribution of *Vanilla siamensis* Rolfe ex Downie (Orchidaceae: Vanilloideae)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2020. México megadiverso. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html> Consultado el día 11 de mayo del 2022.
- Cruces, E., Rautenberger, R., Rojas-Lillo, Y., Cubillos, V., Arancibia-Miranda, N., Ramírez-Kushel, E. and Gomez, I. 2017. Physiological acclimation of *Lessonia spicata* to diurnal changing PAR and UV radiation: Differential regulation among down-regulation of photochemistry, ROS scavenging activity and phlorotannins as major photoprotective mechanisms. *Photosynthesis Research* 131:145-157
- Cruz, W., Samaniego, E., Soria, S., Domínguez, J., Zuñiga, S. y Rojas, L. 2022. Caracterización morfológica del género *Vanilla* en el ecosistema Napo – Pastaza de la Amazonia ecuatoriana. *ECOVIDA* Vol.12 No.1.
- Dhanesh, R. 2008. Occurrence of fungal diseases in vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) in Kerala. *Journal of Spices and Aromatic Crops*.
- Díaz-Bautista, M., Francisco-Ambrosio, G., Espinoza-Pérez, J., Barrales-Cureño, H. J., Reyes, C., Herrera-Cabrera, B. E. and Soto-Hernández, M. 2018. Morphological and phytochemical data of *Vanilla* species in Mexico. Elsevier. Vol. 20.
- Dias, D., Pagotto., Pereira, T. y Ribeiro, A. 2017. Estrutura arbórea e sazonalidade da cobertura do dossel em vegetação florestada e aberta no parque nacional serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Ciência Florestal* 27:719-729.
- Diez, M. C., Moreno, F. y Gantiva, E. 2017. Efectos de la intensidad lumínica sobre la morfología y la fotosíntesis CAM de *Vanilla planifolia* Andrews. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. Vol.70. No.1. pp.8023-8033.

- Djordjević, V. y Tsiftsis, S. 2022. The Role of Ecological Factors in Distribution and Abundance of Terrestrial Orchids. Institute of Botany and Botanical Garden. University of Belgrade. Belgrade, Serbia.
- Dotor-Robayo, M. y Cabezas-Gutiérrez, M. 2015. Determinación de la habilidad competitiva entre *Daucus carota* L. Y *Senecio vulgaris* L. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. Vol.18, No.1
- Endañú-Huerta, E., López-Contreras, J., Amador-Angel, L., Carnevali, G., Stefano, R. y Cetzal-Ix, W. 2017. Diversidad de orquídeas del sistema fluvio lagunar deltaico palizada-del este, en el área de protección de flora y fauna laguna de términos, Campeche, México. Acta biológica Colomb. Vol.22, No.3
- Escobar-Ocampo, M. 2003. Caracterización de las Asociaciones Vegetales del Parque Educativo Laguna Bélgica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 108 pp
- Escobar-Ocampo, M. y Ochoa-Gaona, S. 2007. Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol. 78. No. 2.
- Etchevers-Barra, M.T, J. D., Hidalgo-Moreno, C., Delgadillo-Martínez, J. y Fuentes-Ponce, M., Matías, M. 2023. Características químicas de un leptosol bajo cultivo tradicional en Maya Balam, Quintana Roo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 14. No. 4. Pp. 531-541.
- Félix-Francisco, J. (2015). El Cultivo de la Vainilla y sus principales plagas. Para obtener el título de Ingeniero Agrícola y Ambiental. División de Ingeniería. Universidad Autónoma Agraria. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Ferro-Díaz, J. 2015. Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. Ecovida Vol. 5. No. 1.

- Ferrusquia-Villafranca, I. 1998. Geología de México: Una sinopsis en: Diversidad Biológica de México: Orígenes y distribución. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F.
- Flores, A., Reyes, D., Jiménez, D., Romero, O., Rivera, J., Huerta, M. y Pérez, A. 2017. Diversidad de *Vanilla spp.* (Orchidaceae) y sus perfiles bioclimáticos en México. Revista de Biología Tropical, Vol. 65, No. 3. Costa Rica.
- Flores-Castro, K. 2012. Vainilla (*Vanilla planifolia*). Naturalista. <https://www.naturalista.mx/photos/22903934> Consultado el día 21 de mayo del 2023.
- Flores-Jiménez, A. 2023. Diversidad morfológica y genética de *Vanilla spp.* del centro y sureste de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos. México.
- Food and Agriculture Organization. 1995. International Technical Conference on Plant Genetic Resources. Report of the Sub-Regional: Preparatory Meeting for Central America, Mexico and the Caribbean. San José, Costa Rica. pp:21-24.
- Gantiva, E. A., Diez, M. G. y Moreno, F. H. 2020. Efecto de la interacción luz-agua sobre la fotosíntesis de la *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). Revista de Biología Tropical. Vol. 68. No.4. Pp.1250-1261.
- Global Administration Areas. 2018. Ocozocoautla de Espinosa. <https://gadm.org/maps/MEX/chiapas/ocozocoautladeespinosa.html> Consultado el día 24 de mayo del 2023.
- Gómez López, N. M. (2012). Respuestas de *Vanilla planifolia* Jacks: ante variaciones microambientales bajo arreglos agroforestales en un bosque seco tropical. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

- González, M. y Ceballos, S. 2021. Las epífitas vasculares en un ambiente urbano están influidas por características del arbolado, el clima y las fuentes de propágulos. Asociación Argentina de Ecología. Vol. 1. pp. 357-371
- González-Reyes, H., Rodríguez-Guzmán, P., Yáñez-Morales, M. y Escalante-Estrada, J. 2020. Dinámica temporal de la marchitez de la vainilla (*Vanilla planifolia*) asociada a *Fusarium* spp., en tres sistemas de producción en Papantla, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems Vol. 23, No. 19.
- Gutiérrez-Aguilar, P.R., Gil-Vega, K.C. and Simpson, J. 2014. Development of an Agrobacterium tumefaciens mediated transformation protocol for two Agave species by organogenesis. In: A. Gutiérrez-Mora (Ed.), B. Rodríguez-Garay, S. M. Contreras-Ramos, M. R. Kirchmayr, M. González-Ávila (Comps.), Sustainable and Integral Exploitation of Agave. Retrieved from: <http://www.ciatej.net.mx/agave/1.7agave.pdf>
- Hernández-Álvarez, G. 2021. Efecto del forofito sobre la germinación de *Alamania punicea* y *Oncidium brachyandrum*. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional.
- Hernández-Pérez, E., García-Franco, J., Vázquez, G. y Cantellano, E. 2022. Cambio de uso de suelo y fragmentación del paisaje en el centro de Veracruz, México (1989 - 2015). Maderas y bosques Vol. 28. No. 1.
- Higgins, S. 2017. Vainillas (*Género Vanilla*). Naturalista. <https://www.naturalista.mx/photos/9820727> Consultado el día 21 de mayo del 2023.
- Instituto Nacional de Estadística y Ecología. 2010. Compendio de información geográfica municipal Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. INEGI, Chiapas, México.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2014. Ocozocoautla de Espinoza. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07061a.html> Consultado el día 11 de mayo del 2022.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. 2014. Ocozocoautla de Espinosa. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/municipios/07061a.html> Consultado el día 17 de marzo del 2022.

Instituto de Ecología. 2017. Desarrollo rural, recursos naturales y biodiversidad. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/100/cap3_1.html Consultado el día 28 de marzo del 2022.

Iglesias-Andreu¹, L., Andrade-Torres, A., Flores-Estévez, N., Figueroa, G., Luna-Rodríguez, M., NahuatDhib, S., Noa-Carrazana, J., Ortiz-Ceballo, A., Reyes-Sosa, C., Rodríguez-Gil, L. y Saenz-Carbonell, L. 2014. Establecimiento de las bases biotecnológicas y ecológicas en la mejora genética de *Vanilla planifolia* Jacqs.(Orchidaceae). Cuadernos de Biodiversidad. 46: 1-6.

Karremans, A. y Lehmann, P. 2018. A Highly Threatened New Species of *Vanilla* From Costa Rica. *Lindleyana*.

Kumar-Sahu, R. and Chaudhary, A. 2021. Ethology and Phenology of Orchids of Jharkhand with special reference to *Vanda*. *Biospectra*. Vol. 16(1), pp. 43-46..

Lamaoui, M., Jemo, M., Datta, R. and Bekkaoui, F. 2018. Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation. *Frontiers in Chemistry*. Vol. 6.

Lambers, H. and Oliveira, R. 2019. Plant water relations. *Plant Physiological Ecology*. New York, USA. Springer. p. 28-48.

León-Cortés, J, L., Naranjo, E, J., Ramírez-Marcial, N., Rangel-Salazar, J, L., Horvath, A., Muñoz-Alonso, A. y Ishiki-Ishihara, M. 2010. Manual para el

- reconocimiento, evaluación y monitoreo de la diversidad biológica. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. México.
- López, L. 2011. Caracterización Físicoquímica y Evaluación de Vainillina en *Vanilla planifolia*, Andrews (Orchidaceae) en dos localidades de las Regiones Centro Y Selva de Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México.
- López-Acosta, J. y Dirzo, R. 2015. Aspectos relevantes sobre la historia natural de las plantas hemiepipítas estranguladoras. *Interciencia*, vol. 40, núm. 3. pp. 190-197.
- López-Gómez, V., Arriola-Padilla, V. y Ramiro-Perez, M. 2015. Daños por factores abióticos y bióticos en bosques de oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schldl. et Cham.) de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol.6 No.29.
- López-Gómez, V., Zedillo-Avelleyra, P., Anaya-Hong, S., González-Lozada, E. y Cano-Santana, Z. Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae) *Botanical Sciences*. Vol. 90. No. 4.
- Lot, A. y Chiang, F. 1986. Manual de Herbario; Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM. México.
- Luna-Guevara, J., Delgado-Alvarado, A., Ruiz-Espinosa, H., Herrera-Cabrera, R., Navarro-Ocaña, A. Luna-Guevara, M. 2016. Variedad de microflora presente en Vainilla (*Vanilla planifolia* jacks. ex andrews) relacionados con procesos de beneficiado. *Agroproductividad*: Vol. 9, Núm. 1 pp: 3-9.
- Maren, I., Karki, S., Prajapati, C., Kalish-Yadav, R. and Babu-Shrestha, B. Facing north or south: Does slope aspect impact forest stand characteristics and

soil properties in a semiarid trans-Himalayan valley? Journal of Arid Environments. Vol. 121. Pp: 112-123.

Martínez-Meléndez, N., Martínez-Meléndez, M., Hernández-Rodríguez, J., y Jiménez, D. 2020. Orquídeas silvestres: amenazas y acciones locales para su conservación en el Parque Nacional Lagos de Montebello y su zona de influencia, Chiapas, México. CICY. 12: 238-245.

Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. y Álvarez, F. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol. 85.

Martella, M., Trumper, E., Bellis, L., Renison, D., Giordano, P., Bazzano, G. y Gleiser, R. 2012. Manual de Ecología Poblaciones: Introducción a las técnicas para el estudio de las poblaciones silvestres. Reduca serie ecológica. Vol. 5. No. 1.

May-Lara, C., Pérez-Gutiérrez, A., Ruiz-Sánchez, E., Ic-Caamal, A y García-Ramírez, A. 2011. Efecto de niveles de humedad en el crecimiento y potencial hídrico de *Capsicum chinense* Jacq. Y su relación con el desarrollo de *Bemisia tabaci* Genn. Trop. subtrop. Agroecosyt Vol.14 No.3

Medina, J., Jiménes, H., García, T., Zarrabal, M., Alvarado and V.J.R. Olvera. 2009. Vanilla: Post-harvest Operations. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Miceli-Méndez, C. y Rivera-Vázquez, G. 2015. Historia, problemática y horizontes de la vainilla. Colección Jaguar, UNICACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. Pp. 25

Moliner-Hurtado, F. 2012. Caracterización morfológica y filogenia del género *Vanilla* en el Distrito de Buenaventura-valle del Cauca (Colombia). Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Colombia.

- Morales-Pérez, J., Riechers-Pérez, A. y Hernández-García. 2009. Laguna Bélgica Patrimonio Natural e Interpretación Ambiental. Instituto de Historia Natural. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.
- Morlans, M, C. 2014. Introducción a la ecología de poblaciones. Área ecológica. Editorial Científica Universitaria. San Fernando del Valle Catamarca. Argentina.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T, S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. El país. Santa Cruz, Bolivia.
- Olson, J. and Clark, M. 2021. Characterization of Anatomical and Physiological Effects of Variegation Mutation on Grapevine. American Society for Horticultural Science. Vol. 56: N. 10.
- Otavo. S. 2017. Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. Revista Mexicana de Biodiversidad. Vol. 88 N. 4.
- Pansarin, E. y Ferreira, A. 2022. Evolutionary disruption in the pollination system of Vanilla (Orchidaceae). Plant Biology, Vol. 24, No. 1. 157-167.
- Parada-Molina, P, C., Pérez-Silva, A., Cerdán-Cabrera, C, R. y Soto-Enrique, A. 2022. Condiciones climáticas y microclimáticas en sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en México. Agronomía Mesoamericana. Vol.33. No. 2.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. 2019. La introducción de especies exóticas invasoras afecta la biodiversidad del país. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/profepa/articulos/la-introduccion-de-especies-exoticas-afecta-la-biodiversidad-del-pais?idiom=es> Consultado el día 16 de mayo del 2022.

- Promis, A., Caldentey, J. y Ibarra, M. 2010. Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración. *Bosque (Valdivia)* Vol.31, No.2.
- Ramos-Castellá, A. y Iglesias-Andreu, L. 2022. Avances y tendencias en mejoramiento genético de vainilla. *Ciencias Tecnológicas Agropecuarias* Vol.23, No.2
- Reyes-López, D., Pascual-Ramírez, F., González-Lara, O., Vázquez-Cruz, F., Domínguez-Perales, L, A. y Hernández-Domínguez, C. 2022. Comportamiento del cultivo de vainilla en estrés hídrico. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Pecuarias. Puebla, México.
- Reyes-Palomino, S. y Cano-Ccoa, D. 2022. Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigación Altoandinas*. Vol. 24. No. 1.
- Rivera, E., Sánchez, M. y Domínguez, H. 2018. pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de Iniciación Científica*. Vol. 4, No. 1
- Rodríguez-Deméneghi, M., Aguilar-Rivera, N., Gheno-Heredia, Y. y Armas-Silva. 2023. Cultivo de vainilla en México: Tipología, características, producción, prospectiva agroindustrial e innovaciones biotecnológicas como estrategia de sustentabilidad. *Scientia Agropecuaria* Vol.14, No.1
- Rodríguez-López, T. y Martínez-Castillo, J. 2019. Exploración actual sobre el conocimiento y uso de la vainilla (*vanilla planifolia* Andrews) en las Tierras Bajas Mayas del Norte, Yucatán, México. *Polibotánica* Vol. 1, No.48
- Rosas-Patino, G., Puentes-Páramo, Y, J. Menjivar-Flores, J, C. 2017. Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Corpoica Ciencia Tecnológica Agropecuaria*. Vol. 18. No. 3. Pp. 529-541.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14: 3-21.

Salazar-Mendiguchía, P., Muench-Navarro, P., Valle-Santiago, M., Rivera-Ozuna, R., Franco-López, M., Méndez-Velázquez, R. y Sumoza-Natarén, R. 2022. Estudio Técnico Justificativo para proponer el establecimiento de un Área Natural Protegida con la categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica en el sitio denominado Cerro Meyapac, municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. Instituto de Historia Natural y Ecología.

Salazar, G. 2014. Orquídeas. Departamento de Botánica. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Salinas, A. 2021. Vainilla (*Vanilla planifolia*). Naturalista. <https://www.naturalista.mx/photos/130156340> Consultado el día 21 de mayo del 2023.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre con especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en sus planes de manejo. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2016/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet932e.html Consultado el día 8 de agosto del 2023.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2000. Amenazas a la biodiversidad. PAOT. https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/06_Biodiversidad/6.2_Amenazas/index.htm#:~:text=Las Consultado el día 31 de marzo de 2022.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2001. Programa de manejo de la reserva de la Biosfera selva el Ocote. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016. Biodiversidad. Cap.4. PAOT. <https://paot.org.mx/centro/ine->

semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/06_Biodiversidad/6.2_Amenazas/index.htm#:~:text=Las Consultado el día 31 de marzo de 2022

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2014. Producción de vainilla en tres sistemas de producción en la sierra huasteca potosina. INIFAP. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/994.pdf> Consultado el día 31 de marzo de 2022.

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. 2014. Guía de Vainilla propuesta por expertos mexicanos es publicada internacionalmente. <https://www.gob.mx/snics/prensa/guia-de-vainilla-propuesta-por-expertos-mexicanos-es-publicada-internacionalmente?idiom=es> Consultado el día 11 de septiembre del 2023.

Singh, S., Prasad, S., Yadav, V., Kumar, A., Jaiswal, B., Kumar, A., Khan, N. and Faizabad, K. 2018. Effect of Drought Stress on Yield and Yield Components of Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.

Sistema de Información Agrícola y Pesquera. 2019. Producción Agrícola. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado el día 20 de mayo del 2023.

Soledad-Duval, V. y Campo, A. 2016. Variaciones microclimáticas en el interior y exterior del bosque de caldén (*Prosopis caldenia*), Argentina. Revista Colombiana de Geografía, vol. 26, núm. 1, pp. 37-4

Sosa, V., De-Nova, J. y Vásquez, M. 2018. Evolutionary history of the flora of Mexico: Dry forests cradles and museums of endemism. Journal of Systematics and Evolution. 9999 (9999): 1–14.

Soto, M. A., & Dressler, R. L. 2010. A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla plumier* ex Miller with a characterization of

their ITS region of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana International Journal on Orchidology*, 9, 285-354.

Trinidad-García, K., Reyes-Hernández, H., Martínez-Salazar, R. y Galarza-Rincón, E. 2019. Distribución de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews y acciones para su conservación en la Huasteca Potosina. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. Vol. 10 (55).

Trinidad-Gómez, R. 2019. Árboles en la bioculturalidad zoque en la localidad El Tzu- Tzu, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Para obtener el grado de Maestro en ciencias en biodiversidad y conservación de ecosistemas tropicales. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Ulloa-Ulloa, C., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M, J., Bernal, R., Berry, P, E., Brako, L., Celis, M., Davidse, G., Forzza, R, C., Gradstein, S, R., Hokche, O., León, B., León-Yáñez, S., Magill, R, E., Neill, D, A., Nee, M., Raven, P, H., Stimmel, H., Strong, M, T., Villaseñor, J, L., Zarucchi, J, L., Zuloaga, F, O., and Jørgensen, P, M. 2017. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science* 358, 1614–1617.

Universidad Veracruzana. 2018. Importancia y uso de la Vainilla en México. Región Xalapa. <https://www.uv.mx/citro/banner/importancia-y-uso-de-la-vainilla-en-mexico/#:~:text=Hist%C3%B3ricamente%20la%20vainilla%20en%20M%C3%A9xico,en%20la%20bebida%20del%20chocolate>. Consultado el día 11 de mayo del 2022.

Vargas-Hernández, J. y Gámez-Vázquez, H, G. 2014. Producción de vainilla en tres sistemas de producción en la Sierra Huasteca Potosina. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Primera edición. México, D.F.

Vázquez-Presedo, V. 2015. Naturaleza, formas y límites de la competencia. <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/146.pdf> Consultado el día 31 de marzo de 2022.

- Velásquez-Romero, C. 2022. Impactos, caracterización socio ambiental para planes y aplicación de medidas de manejo ambiental en el proceso de desarrollo de proyectos de consultaría. Tesis de Licenciatura. Universidad Libre.
- Vélez-Carvajal, N, A., Flóres-Roncancio, V. J. y Flóres-Rivera, A, F. 2014. Comportamiento de Variables Químicas en un Sistema de Cultivo sin Suelo para Clavel en la Sabana de Bogotá. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Vol.67. No. 2.
- Villaseñor, J. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Rev. Mex. Biodiv.* Vol. 87, No.3, pp.559-902.
- Wahyudiningsih, T., Nuraini, N. and Rahmiyah, M. 2023. Photosynthesis and transpiration rate of Phalaenopsis at different altitudes in Magelang Regency for flowering induction. *AIP Conf. Proc.* Vol. 3116, No. 1. Tangerang, Indonesia.
- Watteyn, C., Fremout, T., Arremans, A., Huarcaya, R., Bola-Nos, A., Reubens, B y Muys, B. 2020. Vanilla distribution modeling for conservation and sustainable cultivation in a joint land sparing/sharing concept. *Echosphere.* Vol. 11(3).
- Yepes, A. y Buckeridge, M. 2011. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global. Colombia. Vol.14 no.2

XI. ANEXOS

Anexo 1. Datos pasaporte

Población	Intensidad de color del tallo			Variegación del tallo		Forma en sección transversal del tallo		Diámetro del tallo	Longitud del entrenudo del tallo	Superficie del tallo		Textura del tallo		Visibilidad del nervio principal de la hoja			Forma del ápice de la hoja		Longitud del peciolo de la hoja
	Claro	Medio	Oscuro	Ausente	Presente	Red/Ang	Redondo			Lisa	Rugosa	Suave	Áspero	Débil	Media	Fuerte	Obtuso	Agudo	

Base de la hoja		Variegación de la hoja		Intensidad de color de la hoja			Simetría de la hoja		Grosor de la hoja	Forma en sección transversal de la hoja			Forma de la hoja				Longitud de limbo	Ancho de hoja
Amplexicaule	Atenuada	Ausente	Presente	Claro	Medio	Oscuro	Simétrico	Asimétrico		Plano	Moderamente cóncavo	Cóncavo	Elíptico	Oblongo	Oval estrecho	Oval medio.		

Anexo 2. Pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Parcela		Kolmogorov-Smirnov ^b		
		Estadístico	Gl	Sig.
Altitud	2.0	.260	2	.
	3.0	.307	4	.
	4.0	.189	47	.000
Humedad	1.0	.362	3	.
	2.0	.260	2	.
	3.0	.237	4	.
	4.0	.119	47	.095
Temperatura	1.0	.175	3	.
	2.0	.260	2	.
	3.0	.198	4	.
	4.0	.109	47	.200*
Luxes	5.0	.383	9	.000
	1.0	.282	3	.
	2.0	.260	2	.
	3.0	.242	4	.
	4.0	.122	47	.079
Ph	5.0	.168	9	.200*
	2.0	.260	2	.
	3.0	.307	4	.
	4.0	.334	47	.000
	5.0	.333	9	.005