



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

FISIOLOGÍA DE *Ormosia macrocalyx*
Ducke, ESPECIE NATIVA EN PELIGRO
DE EXTINCIÓN

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS

PRESENTA

Brenda Karina Pozo Gómez

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Julio 2025



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**FISIOLOGÍA DE *Ormosia macrocalyx*
Ducke, ESPECIE NATIVA EN PELIGRO
DE EXTINCIÓN**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS EN
DESARROLLO SUSTENTABLE Y
GESTIÓN DE RIESGOS**

PRESENTA

Brenda Karina Pozo Gómez

Directora

Dra. Carolina Orantes García

Codirectora

Dra. Dulce María Pozo Gómez

Asesoras

Dra. Alma Gabriela Verdugo Valdez

Dra. María Silvia Sánchez Cortés

Revisores Externos

Dr. Arturo Carrillo Reyes

Dr. Rubén Antonio Moreno Moreno



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 20 de junio de 2025

Oficio No. SA/DIP/0708/2025

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Brenda Karina Pozo Gómez

CVU: 1190377

**Candidata al Grado de Maestra en Ciencias en
Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos**

Facultad de Ingeniería

UNICACH

Presente

Con fundamento en la opinión favorable emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado FISIOLÓGIA DE *Ormosia macrocalyx* Ducke, ESPECIE NATIVA EN PELIGRO DE EXTINCIÓN cuya Directora de tesis es la Dra. Carolina Orantes García (CVU: 370909) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo autoriza la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el Grado de Maestra en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente
"Por la Cultura de mi Raza"

Dra. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



C.c.p. Dr. Segundo Jordán Orantes Alborez, Director de la Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Dr. Ángel Estrada Martínez, Coordinador del Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.

EPL/DKRL/hwb/igp/gtr



Ilustración: Noé Zenteno

2025, Año de la mujer indígena
Año de Rosario Castellanos



Ciudad Universitaria, libramiento norte
poniente 1150, col. Lajas Maciel C.P. 29039.
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
investigacionposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi directora de tesis la Dra. Carolina Orantes García, por todo el apoyo y paciencia para la realización de esta tesis, sobre todo gracias por su valiosa amistad.

A mi codirectora de tesis la Dra. Dulce María Pozo Gómez, por demostrarme su apoyo en todo momento,

A mis asesoras Dra. Silvia Sánchez Cortes y la Dra. Alma Gabriela Verdugo Valdez, por apoyarme con sus observaciones para la culminación de esta tesis.

A mis revisores externos el Dr. Rubén Antonio Moreno Moreno y el Dr. Arturo Carrillo Reyes, gracias por su tiempo dedicado a la revisión de la tesis.

A mi compañero Luis Enrique López Hernández, por brindarme de su ayuda cuando lo necesite, Gracias.

A la Ing. Vianey Ozuna por su acompañamiento en cada trámite, desde el comienzo hasta la culminación de la maestría. Gracias..

A doña Martita, por darme ánimos para seguir preparándome, sobre todo gracias por su bonita amistad.

Al Biol. Marco Antonio Gómez Echeverría por facilitar las herramientas en la realización del mapa de la zona de estudio, gracias por su apoyo.

DEDICATORIA

A Dios por caminar siempre a mi lado, por permitir llegar nuevamente a esta etapa de mi vida. Estoy agradecida por todas sus bendiciones, por todo lo que hasta hoy me ha dado.

A mis padres Efren Pozo Escobar y Fidelina Gómez Hernández, los cuales admiro y respeto, han sabido guiarme por la vida. Gracias por su apoyo incondicional.

A mi hermanita Elizabeth Pozo Gómez por estar siempre a mi lado. A mi sobrina Natalie Ashlyn Vázquez Pozo y a mi futura sobrina, gracias por alegrar mis días.

A mis abuelos Luis Gómez Hernández, Julia Escobar Tevera, Efren Pozo Tevera en especial a mi abuelita Rosario Hernández Pozo † que por siempre vivirá en mis recuerdos y mi corazón.

Agradecimiento especial a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo otorgado a través de la Beca en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) ciclo escolar 2022-2024, para realizar la Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Desarrollo sustentable	6
2.2 Fisiología vegetal	7
2.3 Ecología	7
2.4 Semilla	8
2.5 Calidad de semillas	10
2.5.1 Morfometría	10
2.5.2 Alometría	11
2.5.3 Viabilidad de semillas	11
2.5.4 Prueba topográfica con Tetrazolium	12
2.5.5 Humedad de semillas	12
2.5.6 Proceso germinativo	13
2.6 Descripción de la división <i>Magnoliophyta</i> Cronquist, Takht. & W. Zimm. ex Reveal.....	14
2.7 Descripción del orden Fabales Bromhead	15
2.8 Descripción de la familia Fabaceae Lindley.	16
2.9 Descripción del Género <i>Ormosia</i> Jacks	17
2.10 <i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke	17
2.10.1 Taxonomía de <i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke.	19

2.10.2 Sinónimos de acuerdo a Trópicos 2024.....	19
2.10.3 Usos e importancia	20
2.10.4 Ecología de la especie.....	20
2.10.5 Origen y Distribución.....	20
2.10.6 Hábitat	21
2.10.7 Estado de conservación.....	21
III. ANTECEDENTES	23
IV. OBJETIVOS	30
4.1 General	30
4.1. 2 Específicos.....	30
V. HIPÓTESIS.....	31
VI. MÉTODOS	32
6.1 Zona de estudio	32
6.1.1 Características físicas y biológicas del área de estudio.....	33
6.1.2 Flora.....	33
6.1.3 Fauna.....	33
a. Trabajo en Campo y Gabinete.....	34
6.2.1 Recolecta del ejemplar e identificación.....	34
6.2.2 Recolecta de frutos y semillas	35
6.3 Trabajo de Laboratorio.....	35
6.3.1 Pruebas básicas de calidad de semillas	35
6.3.2 Morfometría y Alometría de semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke.....	35

6.3.3 Determinación de contenido de humedad	36
6.3.4 Prueba de viabilidad	36
6.3.5 Germinación	37
6.3.6 Cultivo en vivero	40
6.4 Crecimiento y desarrollo	40
6.5 Análisis de datos	41
VII. RESULTADOS	42
7.1 Calidad de Semillas	42
a) Morfología externa de las semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke	42
b) Morfología interna de las semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke	42
c) Alometría de las semillas	43
d) Viabilidad y humedad de las semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke.....	44
e) Germinación.....	44
f) Germinación acumulada	45
a. Crecimiento y desarrollo de plántulas de <i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke ...	46
VIII. DISCUSIÓN.....	48
IX. CONCLUSIONES.....	52
X. LITERATURA CITADA	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Germinación epigea, donde se observa que los cotiledones emergen del suelo (modificada de Rost y Rost, 1997).....	13
Figura 2. Germinación hipogea, los cotiledones permanecen enterrados (modificada de Rost y Rost, 1997).....	14
Figura 3. Árbol de <i>O. macrocalyx</i> Ducke, localizado en el área de estudio.....	18
Figura 4. Frutos secos de <i>O. macrocalyx</i> Ducke, recolectados en el área de estudio.....	18
Figura 5. Distribución en Centroamérica de <i>O. macrocalyx</i> Ducke, los círculos rojos indican el número de individuos en estado silvestre (CONABIO, 2014).....	21
Figura 6. Mapa de localización del área de estudio, Rancho San Martín, Reserva de La Biosfera La Sepultura, Chiapas, México.....	32
Figura 7. Ejemplo de los ejes de medición para la determinación alométrica de semillas, largo de semillas (LS) y ancho de semillas (A).....	36
Figura 8. Morfología externa de la semilla de <i>O. macrocalyx</i> Ducke.....	42
Figura 9. Descripción de la morfología interna de la semilla de <i>O. macrocalyx</i> Ducke.....	43
Figura 10. Patrón topológico en semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke. a) semilla libre de coloración, b) embrión parcialmente teñido, c) embrión totalmente teñido de una coloración rojo intenso.....	44

Figura 11. Germinación acumulada en semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke de acuerdo a los tratamientos aplicados durante 90 días.....	45
Figura 12. Etapas principales de crecimiento de <i>O. macrocalyx</i> Ducke.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de <i>O. macrocalyx</i> Ducke (Trópicos, 2024).....	19
Cuadro 2. Descripción de las características morfológicas de las semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke.....	43
Cuadro 3. Comparación de medias y desviación estándar entre los tratamientos escarificación, remojo en agua y testigo de germinación en semillas de <i>O. macrocalyx</i> Ducke.....	45

RESUMEN

O. macrocalyx Ducke, es una especie que se distribuye desde el sur de México hasta Brasil. Tiene varios usos por lo que es considerada una especie multipropósito; las semillas sirven para elaborar collares, pulseras, entre otros productos. Además, producen algunos alcaloides que se utilizan para la elaboración de fármacos, y las hojas se hacen en infusión como sedativo; por otro lado la madera por su dureza es utilizada para la elaboración de casas, canoas, muebles, leña y cercos vivos. Actualmente se encuentra en peligro de extinción por lo que estudios relacionados a su fisiología son necesarios para la conservación de dicha especie. Los objetivos de esta investigación fueron analizar el proceso germinativo de *Ormosia macrocalyx*, para obtener información que permita generar alternativas de conservación y manejo sustentable de la especie, así como describir las características morfométricas y alométricas (tamaño y peso) de las semillas de dicha especie, para finalmente evaluar su proceso de germinación mediante la aplicación de tratamientos pregerminativos. Estas pruebas se realizaron con el fin de obtener información que permita obtener alternativas de conservación y manejo sustentable para la especie. Debido a que las semillas presentan una testa dura que dificulta su germinación, es necesario emplear tratamientos pregerminativos para llevar a cabo este proceso. Las semillas fueron colectadas en el rancho San Martín (las cascadas), ubicado en el tramo carretero, Arriaga-Tierra y Libertad. Se eligieron cuatro árboles de manera dirigida por accesibilidad de muestreo. Se determinó en laboratorio el tamaño (longitud x grosor), peso, porcentaje de viabilidad, y se evaluó la germinación de éstas en condiciones de vivero; además de describir el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Como resultado las semillas presentaron una testa de color rojo lustroso con una consistencia dura y superficie lisa.

Presentan un micrópilo conspicuo en posición basal; con hilo conspicuo basal lateral oval. La parte interna de las semillas presenta un endospermo amarillento, tienen una consistencia dura alrededor de los cotiledones; el embrión basal es de tipo lateral. Poseen dos cotiledones de forma circular separados entre sí, su tamaño es similar, superficie lisa, margen entero, grueso sin nerviación. La radícula se encuentra dirigida hacia el micrópilo. La germinación de las semillas inicia a partir de los 12 días, con un PG de 31.33% para testigo, 30.67% para remojo en agua y 83% para escarificación, siendo este tratamiento el más efectivo. Las semillas de *O. macrocalyx* presentan en promedio 10.85 ± 0.54 mm de largo y 9.95 ± 0.54 mm de ancho y pesan 0.61 ± 0.08 g en promedio. En cuanto a la prueba de humedad se obtuvo un 86% en las semillas analizadas; para la viabilidad de las semillas se observó que las semillas recién colectadas presentaron $97.5\% \pm 2.44$ de tinción. La germinación de *O. macrocalyx* es de tipo epigea, en el día 24 se observa un incremento en el número de semillas germinadas manteniéndose hasta los 90 días. Los estudios sobre la fisiología de las plantas son de vital importancia ya que, gracias a estos, se pueden diseñar planes de manejo para la conservación de especies nativas que se encuentran o no en alguna categoría de riesgo y poder salvaguardar su existencia.

Palabras clave: Semilla, Germinación, Tratamientos pregerminativos, Sustentabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

La flora de México es considerada como una de las más ricas del mundo; tiene un alto endemismo, donde aproximadamente el 10% de los géneros y el 62% de las especies se restringen a México (Rzedowski, 2006). Aunado a ello, en la actualidad esta diversidad enfrenta una pérdida irreparable, por lo que ha ido disminuyendo debido a las diferentes actividades antropogénicas, como la producción ganadera, cambio de uso de uso de suelo, la deforestación, fragmentación de ecosistemas, poniendo en riesgo la continuidad de las especies y sus poblaciones (Alegría-González, 2014), con una pérdida anual de 500 mil hectáreas de bosques y selvas a nivel nacional (González-Rodríguez, 2017).

Por su parte, el Estado de Chiapas cuenta con una inmensa diversidad de tipos de vegetación, ocupa el segundo lugar a nivel nacional, tiene la tercera parte de la flora y el 80% de especies de árboles tropicales de todo México (Castro-Soto, 2010). Sin embargo, las zonas más perturbadas son las situadas en el sureste del país, específicamente el trópico húmedo, el cual ha sido deforestado en mayor escala y es la región donde esta actividad tiene más implicaciones debido a que los ecosistemas tropicales son los más frágiles (González- Rodríguez, 2017).

A pesar del alto potencial y existencia de numerosas especies forestales nativas, estas se han ido explotando de manera irracional, de manera que sus poblaciones han disminuido drásticamente a tal punto de colocarse dentro de algún grado de amenaza. Aunado a ello, el conocimiento sobre estas especies acerca de su manejo y propagación es deficiente, ya que muchas tienen un valor económico, cultural, ecológico (Aguirre y León, 2011).

Tal es el caso de *O. macrocalyx* Ducke, un árbol que pertenece a la familia Fabaceae. Esta especie produce unas semillas de color rojo brillante, que son utilizadas para la elaboración de pulseras, collares, y amuletos; las flores son de color violeta y la madera es utilizada para fines de carpintería, construcción de puentes, canoas (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

Los arboles de colorín, coralillo o frijolillo como comúnmente es llamada esta especie, pueden alcanzar hasta 40 m de altura y entre 2.5 a 3.5 cm de diámetro normal (Vargas-Simón *et al.*, 2017). En México se distribuye en los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, siguiendo su distribución hacia América tropical, Brasil, además de las islas de Cuba y Puerto Rico. Ecológicamente, es importante porque alcanza una tasa de nodulación por bacterias nitrificantes y como plántula responde favorablemente a concentraciones elevadas de CO₂ (Vargas-Simón *et al.*, 2017).

Es importante mencionar que el aprovechamiento de *O. macrocalyx* se realiza sobre poblaciones silvestres, a pesar de que en los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca y Veracruz, se encuentran muy pocos individuos. Debido a la reducción drástica de su hábitat y aprovechamiento no sustentable, la especie se encuentra dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, dentro de la categoría “en peligro de extinción” (Alegría-González, 2014). Aunado a ello, las semillas de dicha especie presentan latencia física debido a una cubierta seminal dura e impermeable al agua, limitando que pueda germinar y propagarse (Vargas-Simón *et al.*, 2017).

Actualmente se desconoce gran parte de la fisiología reproductiva de la especie en la Selva Zoque, por lo que es imposible establecer planes sustentables de reproducción de la misma. Es por ello que la presente propuesta está enfocada a

generar información básica sobre aspectos fisiológicos de *O. macrocalyx* Ducke mediante el uso de tratamientos pregerminativos, proporcionando así información clave para desarrollar en un futuro programas o proyectos de reproducción, restauración y manejo sustentable de la especie en Chiapas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Desarrollo sustentable

El concepto de desarrollo sustentable fue utilizado por primera vez en el reporte denominado Ambiente y Desarrollo, también conocida como Comisión Brundtland, y se define como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades (Ramírez *et al.*, 2004).

El desarrollo sustentable incluye dos conceptos claves:

- a) Necesidades: En particular de los más pobres del mundo, a las que se les debe dar prioridad.
- b) Limitaciones: Impuestas por el Estado de las tecnologías y de la organización social a la habilidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras (Ramírez *et al.*, 2004).

El desarrollo sustentable requiere manejar los recursos naturales, humanos, sociales, económicos y tecnológicos, con el fin de alcanzar una mejor calidad de vida para la población y velar porque los patrones de consumo actual no afecten el bienestar de las generaciones futuras. Dependiendo de las prioridades asignadas por los gobiernos, las empresas y la población en su conjunto, cada país aplicara sus propias estrategias para alcanzar el desarrollo sustentable (Larrouyet, 2015).

2.2 Fisiología vegetal

Es la ciencia que estudia cómo funcionan las plantas, es decir, que es lo que las mantiene vivas. Explica mediante leyes físicas y químicas, el modo en que las plantas utilizan la energía de la luz para sintetizar, a partir de las sustancias inorgánicas, moléculas orgánicas con las que construyen las complejas estructuras que forman su cuerpo. Explica también como son capaces de reproducirse siguiendo un programa al ambiente del momento. Pero el aspecto más importante no es el cúmulo de procesos físicos y químicos que tienen lugar en cada punto de la planta y en cada momento de su programa de desarrollo, sino como se integran dichos procesos en el espacio y en el tiempo y como los modula el medio para llevar a buen término el desarrollo de la planta (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

2.3 Ecología

La ecología (derivado de las palabras griegas “oikos”: casa y “logos”: tratado) es la ciencia que estudia los seres vivos en su ambiente y las relaciones que mantienen entre ellos y con el medio donde viven (Sánchez y Pontes, 2010).

El ambiente de un ser vivo es el conjunto de todas aquellas circunstancias que lo rodean y con las cuales se halla en continua relación. Los elementos que lo componen son:

- Elementos no vivos (abióticos). Son el medio, el sustrato y la energía, con sus correspondientes características físicas (luz, temperatura, presión, etc).
- Elementos vivos (bióticos): animales y vegetales (Sánchez y Pontes, 2010).

2.4 Semilla

Es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques, además de ser una fuente de alimento básico para muchos animales. Las semillas pueden almacenarse vivas por largos periodos, asegurando la preservación de especies (Niño y Cotrino, 2015).

Las semillas estarán formadas por tres estructuras: un embrión, el tejido de reserva (fuente de alimento) y el tegumento o testa (cubierta protectora) (Courtis, 2013).

- Testa

Es la cubierta exterior de la semilla que protege al embrión de daños y desecación, puede tener muy distintas texturas y apariencias. Generalmente es dura y está formada por una capa interna y una externa de cutícula y, una o más capas de tejido grueso que sirve de protección. Estas características le confieren a la testa cierto grado de impermeabilidad al agua y a los gases. Frecuentemente en la testa se puede observar el micrópilo, en muchas ocasiones está asociado con una cicatriz llamada hilo que marca el punto donde la semilla se separó del talluelo (funículo) por medio del cual estaba adherido al fruto (Doria, 2010).

- Micrópilo

Es una perforación que comunica a la semilla con el exterior, es lo que queda del conducto por el que el tubo polínico entra en el saco embrionario en el momento de

la fecundación. Una vez fecundado el ovulo, el micrópilo se va cerrando hasta quedar como un poro observable en algunas semillas (Soblechero *et al.*, 2005).

- Funículo

Se trata de un cordoncillo formado por tejido vascular que conecta el ovulo a la placenta, preparado para el paso de agua y nutrientes desde la planta a la semilla. Cuando la semilla madura, el funículo generalmente se desprende, aunque en algunas semillas se mantiene (Soblechero *et al.*, 2005).

- Hilo

Se denomina así a la pequeña cicatriz que queda cuando el funículo se desprende de la semilla. La ubicación, la forma y el tamaño de estas estructuras varían en función de las diversas posiciones del ovulo dentro del ovario (Soblechero *et al.*, 2005).

- Endospermo

Sirve como fuente de reserva para ser utilizado por el embrión durante la germinación y en los primeros estados de desarrollo, hasta que la plántula este capacitada para elaborar su propio alimento mediante la fotosíntesis. La cantidad de endospermo varía en función de las especies, pudiendo incluso estar ausente en algunas de ellas, químicamente está constituido por carbohidratos (almidón y hemicelulosa), lípidos y proteínas. La consistencia del endospermo viene dada por su composición, en un endospermo carnosos predominan los lípidos y las proteínas; un endospermo corneo está constituido principalmente por hemicelulosa; el endospermo farináceo por almidón y el endospermo vidrioso o mucilaginoso, por determinados polisacáridos que le dan dicha consistencia (Soblechero *et al.*, 2005).

En cuanto a su clasificación en función a su tolerancia a la desecación:

- a) Semillas ortodoxas: son tolerantes a la desecación, se dispersan y conservan luego de alcanzar un bajo porcentaje de humedad (Doria, 2010).
- b) Semillas recalcitrantes: son sensibles a la desecación, se dispersan junto con los tejidos del fruto (carnoso) con altos contenidos de humedad (Doria, 2010).

2.5 Calidad de semillas

El análisis de semillas son una serie de pruebas que se hacen a un lote para determinar su calidad. Mediante este análisis se establece la medida en que el lote germinara (prueba de germinación), que tan limpio viene (pureza), cuanta humedad contiene la semilla (contenido de humedad), cuantas semillas por unidad de peso caracterizan al lote (peso) y que proporción de la semilla está viva (prueba de viabilidad). Conforme a las normas internacionales de ISTA (*International Seed Testing Association*, Asociación Internacional de Análisis de Semillas), las pruebas de análisis de semillas forestales incluyen: pureza, peso, contenido de humedad, germinación potencial, vigor y viabilidad (Rodríguez-Trejo y Mendoza-Ángeles, 2021).

2.5.1 Morfometría

Se define como el estudio cuantitativo de la variación de las formas biológicas. Otorgan al investigador un conjunto de técnicas analíticas muy poderosas para cuantificar la variación morfológica y poder estudiar los componentes genético y ambiental que alteran cierta variación. La morfometría contribuye a dar respuesta a problemas de ecología, taxonomía, de biología evolutiva, de conservación (Toro *et al.*, 2010).

2.5.2 Alometría

El tamaño y el peso de las semillas es un atributo ecofisiológico que puede afectar la distancia de dispersión, la penetración en el piso forestal y los requerimientos internos para romper el estado latente o para el crecimiento temprano. El tamaño y forma de la semilla juega un papel importante en los procesos de germinación, es un índice relativo de la inversión de materia y energía que hace la planta progenitora en cada descendiente, el tamaño probablemente representa un compromiso entre los requerimientos de dispersión (que favorecerían tamaños menores) y las necesidades de reservas que utiliza la plántula para establecerse (que favorecerían tamaños mayores) (Valdez-Gutiérrez *et al.*, 2011).

La calidad física involucra características tales como: contenido de humedad, peso por volumen y pureza, se encuentra relacionada con los mecanismos intrínsecos de la semilla que determina su capacidad de germinación, algunos autores señalan que la calidad fisiológica de las semillas para distintas especies, se relaciona con el tamaño de las misma, mientras que otros reportan que la calidad fisiológica no depende del tamaño de las semillas (Pérez-Mendoza *et al.*, 2006).

2.5.3 Viabilidad de semillas

Hace referencia a su capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables (Pérez-García y Pita-Villamil, 2001). Aunque la causa de la pérdida de la viabilidad no se ha puesto en claro, a medida que las plantas envejecen, las proteínas del protoplasma se coagulan lentamente, las sustancias reguladoras que intervienen en la respiración pierden a menudo su actividad y las células pierden su capacidad de dividirse. El agotamiento de la reserva alimenticia no es la causa de la pérdida de viabilidad en la mayoría de las

semillas, porque, aun después de haber perdido la capacidad de germinar, las semillas pueden contener cantidades apreciables de almidón, grasas y otros alimentos (Hartmann y Kester, 1998).

2.5.4 Prueba topográfica con Tetrazolium

Esta es una prueba utilizada ampliamente para determinar la viabilidad de semillas forestales, los resultados pueden obtenerse dentro de un plazo de 24 h, a veces en dos o tres horas. Es un método bioquímico con el cual la viabilidad de las semillas se determina por el color rojo que aparece cuando las semillas se remojan en una solución de cloruro 2, 3, 5-trifenil tetrazolio (TTC). Los tejidos vivos cambian el TTC a un compuesto insoluble rojo (químicamente conocido como formazán). En los tejidos no vivos el TTC permanece incoloro. La prueba es positiva en presencia de enzimas deshidrogenasas. Es básicamente una prueba enzimática debido a que el color rojo es producido por varias enzimas de deshidrogenasas en las células. Este método es particularmente una prueba rápida para semillas latentes, en casos en que la prueba de germinación podría tomar varios meses. Sin embargo, la prueba podría sobreestimar la viabilidad y podría no ser aplicable, por ejemplo, para semillas que han sido sujetas a la maduración acelerada. La reacción se efectúa igualmente bien en semillas que estén en letargo que en las que no lo estén (Hartmann y Kester, 1998).

2.5.5 Humedad de semillas

Es la cantidad de agua que esta posee en su interior, la determinación técnica de la humedad se realiza mediante los métodos llamados directos (método del horno) y los métodos indirectos (medidor de humedad electrónico). Esta prueba es importante porque el agua y otras sustancias son los elementos principales para la

determinación de la viabilidad, germinación, así como la conservación de las semillas (Poulsen, 2000).

2.5.6 Proceso germinativo

Las semillas, atendiendo a la posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato, pueden diferenciarse en la forma de germinar. Así, podemos distinguir dos tipos diferentes de germinación: epigea e hipogea (Mauseth, 2003).

En las plántulas denominadas epigeas, sus cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo, posteriormente, en los cotiledones se diferencian los cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y, actuando como si fueran hojas, finalmente, comienza el desarrollo del epicótilo (Mauseth, 2003; Figura 1).



Figura 1. Germinación epigea, donde se observa que los cotiledones emergen del suelo (modificada de Rost y Rost, 1997).

La germinación hipógea se da cuando los cotiledones permanecen enterrados, únicamente la plúmula atraviesa el suelo, el hipocótilo es muy corto, casi

nulo, el epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, que son los primeros órganos fotosintéticos de plántula (Mauseth, 2003: Figura 2).

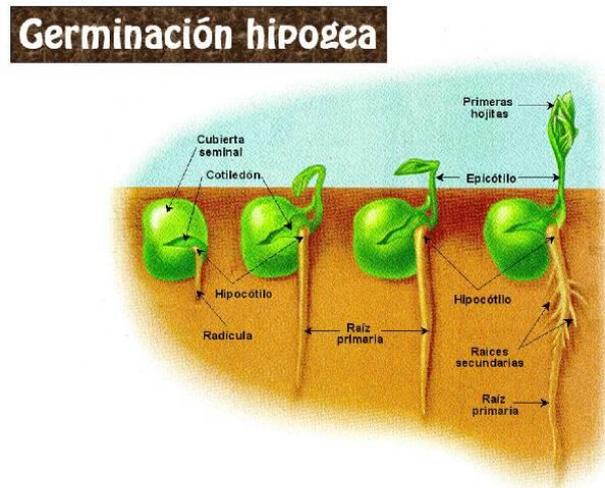


Figura 2. Germinación hipogea, los cotiledones permanecen enterrados (modificada de Rost y Rost, 1997).

2.6 Descripción de la división *Magnoliophyta* Cronquist, Takht. & W. Zimm. ex Reveal

“Las plantas con flores (angiospermas o Magnoliophyta) registran hasta la fecha en México 53 ordenes, 247 familias, 2 685 géneros y 21 841 especies. Están presentes en el planeta desde principios del periodo Cretácico, hace unos 140 millones de años, aunque estudios recientes sugieren que ya existían desde mucho antes, al menos desde el Jurásico, unos 20 o 30 millones de años atrás” (Cronquist *et al.*, 1966).

“En cuanto a la descripción morfológica del grupo, las Magnoliophyta son plantas vasculares, con el cilindro central del tallo con lagunas foliares o con haces vasculares esparcidos; el xilema, usualmente pero no siempre, formado de vasos, al menos en la raíz y el floema con tubos cribosos y células acompañantes.

Ordinariamente con raíces, tallos y hojas; las estructuras sexuales reproductivas están característicamente agregadas y asociadas con hojas especializadas para formar flores, que en las formas más típicas contienen un perianto externo constituido por los sépalos (cáliz) y los pétalos (corola); un androceo compuesto por 1 o más estambres (microesporofilas) y en el centro un gineceo consistente de 1 o más carpelos (megaesporofilas). Estambres laminares en algunos grupos arcaicos, en otros generalmente formado por un filamento y una antera, la antera comúnmente con 2 sacos polínicos (tecas) biesporangiados, unidos por tejido conectivo” (Cronquist *et al.*, 1966).

“Carpelos libres e individualmente cerrados para formar pistilos separados o todos más o menos connatos para formar un pistilo compuesto, con un ovario terminado apicalmente en 1 o varios estigmas que usualmente se elevan sobre el ovario formando un estilo. Uno o más óvulos envueltos en el ovario contenido un gametofito femenino consistente de un saco embrionario, típicamente de 8 núcleos, sin arquegonio. El ovario y algunas veces otras estructuras asociadas maduran hasta formar un fruto, carnoso o seco, dehiscente o indehiscente, que contiene 1 o más semillas” (Cronquist *et al.*, 1966).

2.7 Descripción del orden Fabales Bromhead

Son un orden de plantas de distribución mundial aunque más frecuente en las zonas tropicales. Posee entre 16.000 y 18.000 especies siendo uno de los mayores ordenes de plantas, con gran importancia económica, en alimentación: (frutos, semillas o la planta entera forraje), medicinal e industrial (gomas, aceites y perfumes), ornamental, etc. (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

Comparado con otros ordenes de plantas, son un grupo muy homogéneo. Las flores no presentan una excesiva variabilidad, tendiendo a la zigomorfia y a la reducción de estambres siendo polinizadas por insectos. El fruto suele ser una legumbre que se abre por dos suturas, siendo generalmente frutos secos dehiscentes con varias semillas. Son frecuentes las formaciones de nódulos en sus raíces donde se albergan bacterias fijadoras de nitrógeno, que le proporcionan nitrógeno extra favoreciendo la formación de proteínas. Las morfologías de las plantas varían desde hierbas rastreras hasta grandes árboles pasando por gran cantidad de trepadoras (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

2.8 Descripción de la familia Fabaceae Lindley.

La familia Fabaceae es considerada una de las familias más diversas debido a su gran variabilidad morfológica, fisiológica y ecológica que presentan cada una de las especies que la integran, una de las principales características es la presencia de un fruto conocido como legumbre (Pérez-Hernández *et al.*, 2011). En cuanto a la composición floral, las características generales de la familia comprenden la presencia de un único carpelo superior con un lóculo, placentación marginal y generalmente dos a varios óvulos dispuestos en dos filas alternas en una sola placenta. La familia reúne formas de vida como árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, son fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y hojas compuestas (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

Entre las Fabaceae, los géneros con mayor cantidad de especies son *Astragalus* con más de 2 000, seguido de *Acacia* (más de 900), *Indigofera* (más de 700), *Crotalaria* (más de 600) y *Mimosa* (más de 500). Entre las Fabaceas se encuentran plantas muy importantes para la alimentación humana y animal, como el frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.), la arveja (*Pisum sativum* L.), el mani (*Arachis*

hipogea L.), la soya (*Glycine max* L.), y la alfalfa (*Medicago sativa* L.), entre otras. La familia Fabaceae es también una de las más abundantes en cuanto a plantas tóxicas se refiere (Díaz, 2010).

2.9 Descripción del Género *Ormosia* Jacks

El género *Ormosia* Jacks pertenece a la familia Fabaceae incluye alrededor de 130 especies con distribución desde el sur de México hasta Bolivia y Venezuela, Trinidad y Tobago, Brasil, Antillas, así como en las porciones tropicales de Asia, Indonesia, Australia y Oceanía (Cruz-Durán y Jiménez-Ramírez, 2015). Son árboles de diferentes tamaños o arbustos de hojas pinnadas, legumbres dehiscentes y semillas de testa dura de coloración roja. Se caracteriza por presentar inflorescencias en racimos o panículas, cáliz con lóbulos valvados o imbricados en botón, estambres libres, frutos no articulados y semillas en ocasiones con arilo (Vargas, 2002).

Ormosia se reconoce por sus hojas imparipinnadas, con folíolos opuestos a subopuestos, cáliz con lóbulos imbricados, estilo curvado y semillas bicoloras (rojo con negro) o a menudo rojas o negras, sin arilo. Muchas etnias no ingieren las semillas porque las consideran muy tóxicas. Sin embargo, hay especies que consideran con efectos curativos. Es importante resaltar que para el sureste de México se tienen reportadas a *Ormosia carinata* N. Zamora, *O. isthmensis* Standl, *O. macrocalyx* Ducke, *O. oaxacana* Rudd y *O. schippii* Pierce ex Standl. & Steyerl (Vargas, 2002).

2.10 *Ormosia macrocalyx* Ducke

Los árboles de *O. macrocalyx* Ducke, llegan a alcanzar una altura de hasta 40 metros (Figura 3); florece a mediados de la estación húmeda y los frutos maduran a finales de la época lluviosa o a principios de la temporada de seca del año siguiente (Vergara-Saldaña, 2016). Se han encontrado asociados a selva mediana perennifolia, en vegetación secundaria, coexistiendo con diferentes especies

arbóreas. La corteza externa es de color café amarillenta, moderadamente lisa, el corte de la madera huele a chícharo, las hojas con dos estipulas, compuestas imparipinnadas, alternas, con 7 folíolos largos, ápice obtuso, base redondeada o muy obtusa, nervaduras más o menos prominentes en ambas superficies. Las flores panículas terminales con racimos laxos, las ramas densamente grises, los frutos son de color castaño o negruzco de 2,5 cm de ancho (Figura 4), se pueden encontrar de una a cinco semillas por fruto, de color escarlata y lustrosas (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).



Figura 3. Árbol de *O. macrocalyx* Ducke, localizado en el área de estudio.



Figura 4. Frutos secos de *O. macrocalyx* Ducke colectados en el área de estudio.

2.10.1 Taxonomía de *Ormosia macrocalyx* Ducke.

El género *Ormosia* fue descrito por primera vez por G. Jackson en 1810. El nombre proviene de la palabra griega “Hormos” (collar), que se refiere a los collares hechos por los pueblos indígenas de las semillas rojas y/o negras duras (Doria, 2010).

Cuadro 1. Taxonomía de *O. macrocalyx* Ducke (Trópicos, 2024).

Reino	Plantae
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	<u>Magnoliidae Novák ex Takht.</u>
Superorden	<u>Rosanae Takht.</u>
Orden	<u>Fabales Bromhead</u>
Familia	<u>Fabaceae Lindl.</u>
Género	<u><i>Ormosia</i> Jacks.</u>
Especie	<i>Ormosia macrocalyx</i> Ducke

2.10.2 Sinónimos de acuerdo a Trópicos 2024.

Los sinónimos para esta especie se presentan a continuación

- *Ormosia apulensis* Cortés
- *Ormosia chlorocalyx* Ducke
- *Ormosia clorocalyx* Ducke
- *Ormosia toledoana* Standl.

2.10.3 Usos e importancia

Las semillas se utilizan para hacer collares, pulseras, aretes, cortinas y adornos (Toribio y Correa, 2009). Producen alcaloides quinolizidinicos que se utilizan para la elaboración de fármacos, son utilizadas en la medicina local por algunas tribus indígenas que toman las hojas en infusión como sedativo, la madera, por su dureza, es utilizada en la construcción de casas, cabos de mangos de hachas, canoas, muebles, pisos, leña, como cercos vivos y como postes (Toribio y Correa, 2009).

2.10.4 Ecología de la especie

La especie crece a bajas y medianas elevaciones en bosques húmedos o muy húmedos, desde el sur de México hasta Bolivia y Brasil. Las semillas son dispersadas por diversos mamíferos y aves, las flores son visitadas por abejas, mariposas y otros insectos. Es una especie común como planta ornamental en parques y avenidas de Panamá, por otro lado, los árboles de esta especie son perennes es decir, mantienen su follaje de forma permanente (Román *et al.*, 2012).

2.10.5 Origen y Distribución

Es una especie que se distribuye desde el sur de México hasta Brasil (Figura 5). En Panamá se encuentra en las provincias de Bocas del Toro, Chiriquí, Colón, Panamá, (Toribio y Correa, 2009).



Figura 5. Distribución en Centroamérica de *O. macrocalyx* Ducke, los círculos rojos indican el número de individuos en estado silvestre (CONABIO, 2014).

2.10.6 Hábitat

La especie se encuentra asociada a selva alta y mediana perennifolia, selva baja inundable y vegetación secundaria. El clima en el que prevalece es cálido húmedo, con precipitaciones mayores de 1500 mm, bosques pantanosos en elevaciones de hasta 100 metros, bosques de tierras bajas a lo largo de los lados de los ríos y en la tierra inundada periódicamente; en elevaciones de hasta 700 metros, los suelos en donde se desarrolla son: Litosol, Regosol, Acrisol, Gleysol, Cambisol y Solonchak (Toribio y Correa, 2009).

2.10.7 Estado de conservación

De acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 *O. macrocalyx* Ducke se encuentra catalogada como especie en peligro de extinción, debido a la reducción drástica de sus poblaciones consecuencia de la modificación drástica de su hábitat y el aprovechamiento no sustentable, actualmente no se encuentra en la lista roja de la IUNC, pero si en el catálogo de vida en la lista de verificación de especies y en el

Servicio Internacional de Base de Datos de Información de Leguminosas (ILDIS) en donde se pretende crear una base de datos de biodiversidad para la familia de las leguminosas, con ayuda de especialistas de todo el mundo (IUCN, 2018).

III. ANTECEDENTES

García *et al.* (2010), realizaron un estudio donde utilizaron un diseño de bloques completamente al azar, así como también se determinaron tres variables: porcentaje de germinación (PG), índice de velocidad de germinación (ING) y porcentaje acumulado de semillas germinadas (PGA), se aplicaron tratamientos pregerminativos de AG3 (ácido giberélico) al 1%, peróxido de hidrogeno al 3%, agua caliente al 85% °C y el testigo sin ningún tratamiento. La germinación inicio a los 12 días después de la siembra, obteniendo como resultado un 72.5% de germinación con AG3, 62.5% tanto en el peróxido de hidrogeno como en el testigo y 50% con agua. Concluyeron que las semillas no deben ser almacenadas por más de un año, ya que, pierden un 50% de viabilidad y comprobaron que 24 h después de ser remojadas en ácido giberélico al 1% previo a la siembra es el tratamiento óptimo para obtener una buena germinación.

Acosta-López *et al.* (2011), evaluaron cuatro tratamientos pregerminativos (ácido giberélico, agua caliente, peróxido de hidrógeno y testigo) en un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, usando 10 semillas por repetición como unidad experimental. Se evaluó la velocidad de germinación e índice de germinación acumulada, los resultados muestran que con el ácido giberélico se obtiene un 92% de germinación y de acuerdo al índice de velocidad, el ácido giberélico y el peróxido de hidrógeno acelera el proceso germinativo en un 21.02 y 22.28 días en promedio y el testigo en 26.07 días. Concluyen que el ácido giberélico estimula y acelera la germinación de *Swietenia macrophylla* y el tratamiento con agua caliente daña la semilla evitando su germinación.

Pérez-Hernández *et al.* (2011), evaluaron la germinación y supervivencia *in situ* y *ex situ* *Aspidosperma megalocarpon*, *Eugenia* sp., *Lonchocarpus castilloi*, *Manilkara zapota*, *Ormosia macrocalyx* y *Rollinia mucosa*. En campo se sembraron 2160 semillas en nueve bloques de 5 m x 20 m distribuidos en bosque tropical, acahual maduro y acahual joven. El experimento se replicó en condiciones de vivero bajo sombra de 40, 60 y 80%. Los tipos de cobertura vegetal no mostraron diferencias significativas en las tasas de germinación y de crecimiento; sin embargo, estos sí influyeron en la capacidad de germinación de *A. megalocarpon* y *O. macrocalyx* Ducke, y en las tasas de depredación de *M. zapota* y *L. castilloi*. En el acahual joven se presentó la mayor depredación de semillas, sin embargo, las plántulas remanentes presentaron mayor supervivencia que en las otras coberturas vegetales. En el vivero no se encontró diferencia en la proporción de semillas germinadas, ni en las tasas de germinación y de crecimiento. *R. mucosa*, fue la única especie que presentó menor supervivencia (42%). Las condiciones ambientales de las diferentes clases de cobertura vegetal en el área de estudio mantienen condiciones adecuadas para el proceso de germinación, crecimiento y establecimiento de plántulas de las especies estudiadas.

Orantes-García y Moreno-Moreno (2013), determinaron el porcentaje de semillas viables y la pérdida de viabilidad de debido al periodo de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12 meses) en semillas de *Tabebuia rosea* y *Tabebuia donnell-smithii*. Se encontró que las semillas recién colectadas presentan 100% de viabilidad, la cual va descendiendo hasta mostrar menor de 20% en ambas especies después de 12 meses de almacenamiento. En conclusión, el envejecimiento de las semillas provoca una declinación en la capacidad de germinación.

Coutiño-Megchún (2016), en su investigación presentó información relacionada con la diversidad de bacterias asociadas a la leguminosa arbustiva *O. macrocalyx* Ducke. Las cepas fueron aisladas de nódulos de las raíces de las plántulas que crecen en su ambiente natural y posteriormente cultivadas en medios PY-calcio y YEMA. Las cepas fueron caracterizadas fenotípicamente mediante análisis microscópico, pruebas fisiológicas y bioquímicas. Obteniendo como resultado que el análisis filogenético permitió agrupar las cepas en 7 diferentes géneros: *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Novosphingobium*, *Pantoea* y *Paenibacillus*. La mayor parte de los aislados mostraron capacidad de crecer a diferentes concentraciones de salinidad, temperatura y pH. Las cepas del género *Pantoea* y *Sinorhizobium* tuvieron capacidad para fijar nitrógeno. Por lo que esta investigación permitió determinar que la leguminosa arbustiva *O. macrocalyx* se asocia con una amplia variedad de especies bacterianas con gran potencial biotecnológico, considerando sus cualidades biológicas, bioquímicas y moleculares, así como su capacidad antagónica contra hongos fitopatógenos.

Vargas-Simón *et al.* (2017), realizaron una investigación, donde se establecieron dos experimentos completamente aleatorios para analizar el proceso de la germinación de *O. macrocalyx* Ducke: 1) Evaluación de la germinación en semillas de frutos en tres estados de madurez (cerrados, semi-abiertos y abiertos), y 2) Aplicación de cuatro tratamientos, tres pregerminativos (remojo en agua por 24 h, escarificación mecánica y escarificación mecánica + ácido giberélico al 1 %) más un testigo, en semillas almacenadas bajo refrigeración por 17 meses. Se identificaron diferencias estadísticas entre los tratamientos del experimento 1), en la tasa de germinación (TG), tasa de germinación corregida (TGC) y días para alcanzar el 50 % de germinación (T50), con semillas de frutos abiertos los cuales presentaron una

baja respuesta (3.31 % día-1 para TG y TGC y 15.8 días para T50), aunque todos los tratamientos mostraron tiempos similares en el inicio de la germinación (IG) y en el porcentaje de germinación final (PG). En el experimento 2), el efecto de la escarificación fue mayor sobre los demás tratamientos. Sus valores fueron 68.0 % (PG), 12.0 días (IG), 4.53 % día -1 (TG), 6.65 (TGC) y 14.5 días (T50).

Pozo-Gómez (2018), llevó a cabo una investigación de *Croton guatemalensis* una especie multipropósito que se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes factores abióticos, determinar el porcentaje de producción, sanidad, humedad, viabilidad, capacidad germinativa y conductividad eléctrica de las semillas. La comparación y determinación de las diferencias estadísticas entre zonas se realizó mediante los análisis de Kruskal Wallis y Mann Whitney. Los análisis indicaron que existen diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro zonas de recolecta: Los resultados más contrastantes se presentaron en las zonas ZSCELP y ZPFVVA en la primera las semillas presentaron mayor tamaño ($5.13 \pm 0.06 \times 3.26 \pm 0.06$ mm), alto porcentaje de sanidad, viabilidad y germinación final (98 ± 2.16 , 98 ± 2.30 , $98 \pm 3.84\%$, respectivamente), mientras que en la segunda, las semillas fueron más pequeñas ($4.63 \pm 0.09 \times 2.69 \pm 0.08$ mm), obtuvieron $68 \pm 6.65\%$ de sanidad, $19 \pm 5.03\%$ de viabilidad y $6 \pm 3.84\%$ de germinación final. Debido a que es el primer estudio sobre la ecofisiología y percepción con *C. guatemalensis* en el sur de México, la importancia del mismo cobra relevancia al aportar información reproductiva fundamental para la generación de estrategias de conservación.

Ríos-García (2018), realizó una investigación que tuvo como objetivo evaluar características morfológicas de las semillas de totoposte (*Licania arborea*). Se colectaron 7,500 frutos de árboles ubicados en la cabecera municipal de Jiquipilas, Chiapas. Bajo un diseño completamente al azar, en periodos de almacenamiento (0, 3, 6, 9 y 12 meses), pruebas básicas de calidad (morfología y alometría de las semillas, análisis de viabilidad, humedad, conductividad eléctrica e imbibición), métodos de germinación (in vitro y vivero), crecimiento y desarrollo fenológico de las plántulas. Los datos se analizaron en ANOVA. Como resultado obtuvo que las semillas en promedio tienen 23.79 ± 2.1 mm de largo, 13.11 ± 1.5 mm de ancho y 2.28 ± 1 g de peso, humedad (78.7% hasta 11.94%), viabilidad (90% hasta 1%) y germinación de las semillas desciende conforme el periodo de almacenamiento aumenta (in situ de 15% a 0%, in vitro de 70% a 5% y vivero de 55% hasta 0%). Esta especie presenta germinación hipogea, la emergencia sobre el sustrato en promedio inicia a los 30 días después de la siembra; las plántulas incrementan sus altura (de 5.9 mm a 17.2 mm) y grosor (0.1 mm a 3.5 mm) durante los primeros 60 días y a partir de ahí el crecimiento se da en grosor.

Gómez-Hernández (2019), realizó una investigación para analizar la viabilidad y germinación de *Calophyllum brasiliense*, una especie forestal amenazada. El objetivo fue llevar a cabo pruebas de viabilidad, humedad, morfometría y el proceso germinativo de *C. brasiliense* mediante un diseño al azar. A las semillas se le midieron el tamaño de largo por el ancho y peso, se evaluó el porcentaje de humedad y viabilidad, para evaluar la capacidad germinativa utilizó tratamientos como: ácido giberelico (AG_3), peróxido de hidrogeno (H_2O_2), remojo en agua y testigo. Como resultado obtuvo que las semillas presentan color amarillento con medidas que oscilan $2.00 - 2.60 \pm 0.14$ de largo x $1.30 - 2.00 \pm 0.13$ cm de

ancho, presentando diferencias significativas para cada una de las medidas. En la prueba de germinación los análisis indicaron que no existen diferencias estadísticamente significativas, el tratamiento más efectivo fue remojo en agua durante 24h.

Hernández-Sánchez (2021), realizó una investigación acerca del crecimiento y desarrollo de caracolillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) con fertilización de liberación controlada en vivero y campo, donde el objetivo de estudio fue estimar el efecto de dos fertilizantes de liberación controlada Basacote y Multicote en tres concentraciones; baja, media y alta (10, 20 y 30 kg m³) en el crecimiento y desarrollo de plantas de coralillo, en etapa de vivero y campo, además de evaluar la sobrevivencia, la composición de la flora asociada a la plantación y de las condiciones climatológicas. El análisis de las variables morfológicas, altura, diámetro, número de hojas en vivero y campo mostraron diferencias estadísticas respecto al fertilizante y dosis. El análisis climático muestra que el crecimiento del caracolillo fue favorecido tanto por la temperatura (29.3°C) como por la precipitación (180mm), lo cual se reflejó en una alta sobrevivencia (95.8%).

López-Hernández (2022), en su investigación germinación de semillas de piñita de monte (*Bromelia karatas* L.), especie de importancia medicinal, determinó la morfología y fisiología de dicha especie. Bajo un diseño experimental aleatorio, obtuvo individualmente el nacho, largo y peso de 100 frutos y semillas. La viabilidad fue determinada mediante la técnica de Tetrazolio, la humedad mediante un determinador de humedad y la prueba de germinación se realizó utilizando tres tratamientos pregerminativos (escarificación química, tratamiento hormonal, remojo en agua) y testigo. Se obtuvo que los frutos miden en promedio 6.06 ± 0.20 cm de largo y 3.87 ± 0.04 cm de ancho, el peso promedio fue 12.67 ± 1.33 g. Cada fruto

contiene 29 semillas en promedio. Las semillas presentaron en promedio 4.54 ± 0.45 mm de largo y 2.84 ± 0.43 mm de ancho y un peso promedio de 0.035 ± 0.003 g. Inicio el proceso germinativo a partir de 84 días después de la siembra con un 16% de germinación final con peróxido de hidrogeno, en testigo inicio a los 72 días, para los tratamientos pregerminativos ácido giberelico y agua no se logró germinación 0%. Concluyendo que la germinación de *B. karatas*, es de tipo hipogea, sus raíces son consideradas de tipo homorricias, presentan bajo índice de viabilidad y bajo contenido de humedad. El peróxido de hidrogeno, es el mejor tratamiento pregerminativo, en ambos periodos de almacenamiento.

Álvarez-Camacho (2023), realizó una investigación sobre la germinación de *Chamaedorea arenbergiana* H. Wendl (Arecaceae). Para el registro morfométrico se midió y pesó cerca de 225 frutos y semillas tomados al azar; se documentó que las infrutescencias femeninas miden en promedio 50.74 cm, pesan 311.44 g y cuentan en promedio con 220 frutos, los cuales en promedio miden 14.55 mm de largo, pesan 0.75 g y tienen una sola semilla. El experimento de germinación se llevó a cabo con un arreglo completamente al azar con cuatro diferentes tratamientos pregerminativos (hidratación, ácido muriático, agua oxigenada, lijado) y el testigo. Tomado como unidad experimental un lote de 30 semillas, empleando un total de 3 150 semillas. El porcentaje de germinación final más alto fue de 82.22% y sucedió en el primer periodo de siembra con el tratamiento de ácido muriático, siendo este el más efectivo en la mayoría de los periodos puestos a prueba, mientras que en las semillas no tratadas (testigo) el porcentaje de germinación se presentó en el primer periodo de siembra con 71.11%.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

Analizar el proceso germinativo de *Ormosia macrocalyx* Ducke, para obtener información que permitirá la conservación y manejo sustentable de la especie.

4.1. 2 Específicos

- Describir las características morfométricas y alométricas (tamaño y peso) de las semillas de *O. macrocalyx* Ducke.
- Evaluar el proceso de germinación de *O. macrocalyx* Ducke mediante la aplicación de tratamientos pregerminativos.
- Describir el proceso germinativo, crecimiento y desarrollo de *O. macrocalyx* Ducke.

V. HIPÓTESIS

O. macrocalyx Ducke, es una especie de árbol que se encuentra en peligro de extinción, siendo una de las causas, la dificultad de sus semillas para germinar debido a que presenta una testa dura, por lo que los tratamientos pregerminativos son una alternativa para lograr que estas semillas germinen en porcentajes altos y en poco tiempo. Así mismo los estudios de viabilidad y humedad, pueden permitir generar alternativas de conservación y manejo sustentable de la especie.

VI. MÉTODOS

6.1 Zona de estudio

Las semillas fueron colectadas en el Rancho San Martín (Las Cascadas), ubicado en el tramo carretero, Arriaga-Tierra y Libertad. La zona de estudio se localiza en la porción noroeste de la Sierra Madre de Chiapas con coordenadas $16^{\circ} 17' 27''$ N y $93^{\circ} 52' 47''$ O (INEGI, 2018). Limita al norte y noreste con la Depresión Central, al este con cumbres de la Sierra Madre en su continuación hacia el Soconusco, al sur con la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas y al oeste con las estribaciones de la misma Sierra Madre en su continuación hacia el estado de Oaxaca. Comprende parte de los municipios de Arriaga, Cintalapa, Jiquipilas, Tonalá, Villacorzo y Villaflores, Chiapas (Figura 6); tiene una superficie total de 167,309-86-25 hectáreas (Diario de la Federación, 2000).

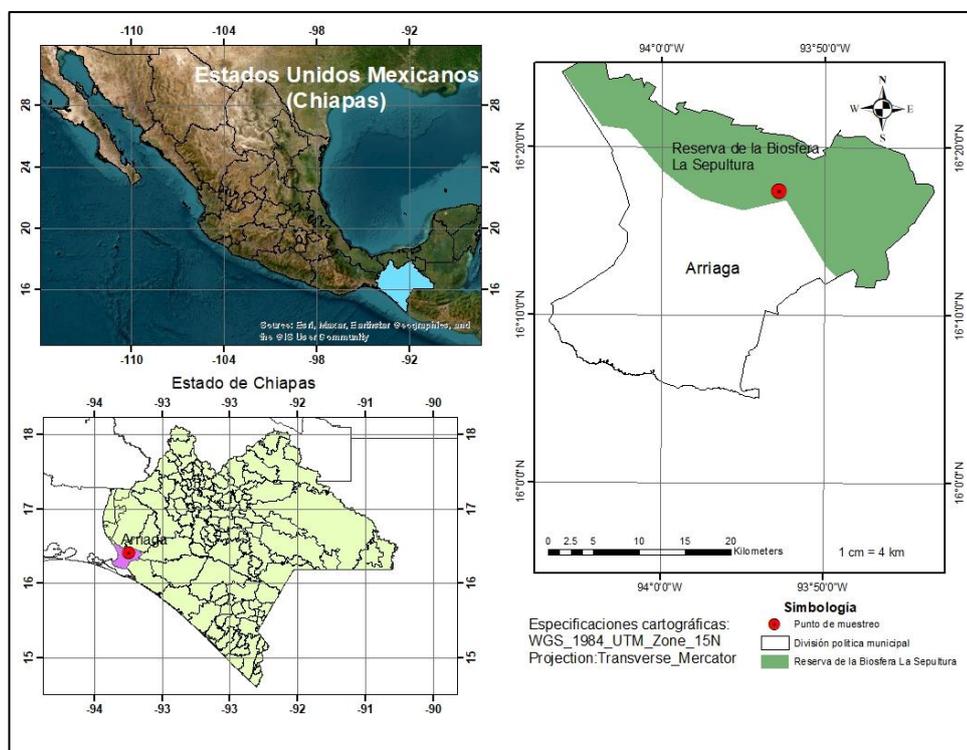


Figura 6. Mapa de localización del área de estudio, Rancho San Martín, Reserva de La Biosfera La Sepultura, Chiapas, México.

6.1.1 Características físicas y biológicas del área de estudio

Las condiciones particulares que le proporciona un gradiente altitudinal entre los 60 a los 2550 m, su exposición hacia dos vertientes y su ubicación en el Istmo de Tehuantepec con una alta influencia de vientos, han permitido el desarrollo de por lo menos 10 de los 18 tipos de vegetación primaria reportados para la entidad y contener una gran diversidad de especies endémicas, raras y amenazadas y en peligro de extinción, tanto de flora como de fauna (Carabias *et al.*, 1999).

6.1.2 Flora

Los estudios de flora en la Reserva de La Biosfera La Sepultura son muy incipientes y no existen de manera específica. Sin embargo, por la presencia de importantes ecosistemas naturales como la selva mediana y baja perennifolia (bosque mesófilo de montaña) y las selvas caducifolias, sitios de enorme biodiversidad, el número de especies son aún mayores. Entre las especies de flora más sobresalientes en la zona se encuentra la espadaña *Dioon merolae*, *Ceratozamia alvarezii*, *Ceratozamia* sp, *Ceratozamia norstogii*, *Zamia herrerae*, *Cussapoa purpusii*, *Cosmibuena matudae* (epífita), *Calathea pinetorum* (herbacea), *Pinus strobus* var, *chiapensis* (pinabeto) por mencionar a algunas (Carabias *et al.*, 1999).

6.1.3 Fauna

Dentro de la riqueza faunística presente en la Reserva de La Biosfera La Sepultura, se encuentran especies como el jaguar (*Pantera onca*), el puma (*Felis concolor*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), tapir (*Tapirus bairdii*), ardilla voladora (*Glaucomys volans*), cacomixtle tropical (*Bassariscus sumichrasti*), hocofaisan (*Crax rubra*), águila solitaria (*Harpyaliaetus solitarius*), pajuil (*Penelopina nigra*), quetzal

(*Pharomachrus mocinno*), gorrión azulito (*Passerina rositae*), chatilla (*Porthidium durni*), culebra listada (*Symphimus leucostomus*), entre otros (Carabias *et al.*, 1999).

a. Trabajo en Campo y Gabinete

6.2.1 Recolecta del ejemplar e identificación

Se recolectaron tres muestras de hojas, flores y frutos por cada árbol seleccionado para la identificación de la especie, con la ayuda de instrumentos adecuados como libreta de campo, una prensa, papel periódico, cartón, tijeras, navajas, picoleta, y bolsas de plástico en las que se guardaron los ejemplares hasta su preparación para el secado (Lot y Chiang, 1990). En laboratorio, se revisaron los ejemplares de *O. macrocalyx* Ducke de la zona de muestreo. Además, se hicieron comparaciones con ejemplares de la colección de herbarios de la Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural (CHIP), Herbario Eizi Matuda (HEM), Herbario Nacional de México (MEXU) para la identificación taxonómica de los individuos recolectados en campo. Aunado a ello se llevó a cabo la búsqueda de información de medios impresos y electrónicos incluyendo The Plant List (www.theplantlist.org) y Flora Mesoamericana (www.tropicos.org), listados florísticos, y revistas especializadas (Lacandonia, Botanical Sciences, Polibotánica, Revista Mexicana de Biodiversidad y Acta Botánica Mexicana) para la comparación de los ejemplares colectados en campo. Las hojas, flores y frutos recolectados en campo se utilizaron para la identificación de *O. macrocalyx* Ducke en laboratorio.

Los individuos de *O. macrocalyx* Ducke fueron seleccionados basándose en el factor probabilístico de que un fenotipo tenga suficiente base genética para mostrar una reacción favorable ante distintos ambientes y será de tipo direccional,

en cuanto a que se seleccionaron hacia un extremo de la población, buscando incrementar la media de las poblaciones futuras es decir, de acuerdo a siguientes criterios de inclusión como: la rectitud del fuste, la poda natural, la conformación de la copa y ramas, libres de plagas y enfermedades (CATIE, 1995; Pola *et al.*, 2003).

6.2.2 Recolecta de frutos y semillas

Se eligieron cuatro arboles de manera dirigida por accesibilidad de muestreo (Ramírez-González, 2006). Los frutos fueron guardados en bolsas de papel estraza para su traslado al laboratorio del Banco de Germoplasma Vegetal de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Las semillas fueron extraídas de los frutos tipo vaina, limpiadas y guardadas en frascos de vidrio con su respectiva etiqueta y almacenadas en una alacena de madera libre de humedad, a temperatura ambiente (25 °C) para su posterior análisis (Navarro *et al.*, 2003).

6.3 Trabajo de Laboratorio

6.3.1 Pruebas básicas de calidad de semillas

Se realizaron pruebas básicas de calidad (iniciales) (ISTA, 2016): alometría, contenido de humedad (CH), viabilidad y germinación.

6.3.2 Morfometría y Alometría de semillas de *O. macrocalyx* Ducke

Para describir la morfometría externa e interna, se realizaron observaciones al estereoscopio, la descripción se realizó de acuerdo a la guía de Niembro (1989), para observar la forma en que se encontraban distribuidas las estructuras.

Para la caracterización alométrica se utilizaron 4 muestras aleatorias de 100 semillas, las cuales se les determinó el ancho (AS) (se considera como ancho al

diámetro perpendicular) y, largo de las semillas (LS) (largo al diámetro paralelo con respecto al eje del micrópilo) en mm (Figura 7), mediante un calibrador digital Caliper® con precisión de 0.1 mm; el peso se determinó con una balanza analítica digital Ohaus Adventurer® con precisión de 0.0001 g (Valdés-Rodríguez *et al.*, 2013).

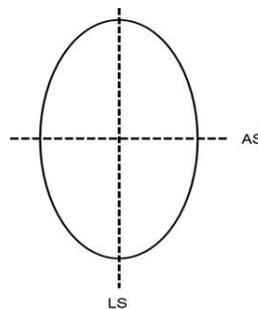


Figura 7. Ejemplo de los ejes de medición para la determinación alométrica de semillas, largo de semillas (LS) y ancho de semillas (A).

6.3.3 Determinación de contenido de humedad

Dicha determinación es importante en virtud de que el agua es un elemento principal para la determinación de la viabilidad, germinación, así como de la conservación de las semillas (Poulsen, 2000). Para evaluar el porcentaje de humedad (%), se utilizaron 500 mg de semillas con tres repeticiones (ISTA, 2016), las cuales se colocaron en un determinador de porcentaje de humedad marca Ohaus®, con una temperatura de 101 ± 2 °C por 10 minutos.

6.3.4 Prueba de viabilidad

Se tomaron al azar tres muestras de 20 semillas, las cuales fueron colocadas en agua destilada por 24 h para reducir la dureza de la testa. Con la ayuda de un bisturí

se realizó un corte longitudinal para dividir los cotiledones, se colocó en cajas de Petri y se le agregaron 10 gotas de 2, 3, 5-trifenil-cloruro de tetrazolio diluido (1% p/v) (Hartmann & Kester, 1998, Orantes-García *et al.*, 2007), posteriormente se evaluó el patrón de tinción de las semillas bajo un microscopio estereoscópico, se consideró el número de semillas viables basado en el color adquirido por los embriones, principalmente aquellos que presentaron un color rojo intenso (vigoroso), excluyendo los que no tenían color, considerados no viables o muertos (Maldonado-Peralta *et al.*, 2016). La fórmula que se utilizó para estimar el porcentaje de viabilidad de las semillas (Rao *et al.*, 2007) de esta especie será la siguiente:

$$\% \text{ de viabilidad} = \frac{\text{Número de semillas coloreadas}}{\text{Número total de semillas}} \times 100$$

Enseguida las semillas se clasificaron en tres categorías y se realizaron los patrones topológicos, según el patrón de tinción de acuerdo a Rao *et al.* (2007):

- Semillas totalmente teñidas que son viables
- Semillas totalmente libres de coloración que son no viables
- Semillas parcialmente teñidas que producirán plántulas normales o anormales, dependiendo de la intensidad y patrón de la tinción.

6.3.5 Germinación

Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar, para la prueba de germinación, aplicando tratamientos pregerminativos (escarificación física y escarificación mecánica) y el testigo, para lo cual se utilizaron 90 semillas por tratamiento, con tres repeticiones (3x3x30):

Los tratamientos pregerminativos a los que se sometieron las semillas fueron (Hartmann y Kester, 1998):

- **Escarificación física (remojo en agua):** se colocaron 150 semillas en un vaso de precipitado con 300 ml de agua a temperatura ambiente durante un periodo de 24 horas.
- **Escarificación mecánica:** la escarificación de las semillas se realizó con una lija para madera de grano fino, se raspó cuidadosamente la testa de la semilla, hasta romperla y sin dañar el embrión (Hartmann y Kester, 1998).
- **Testigo (t):** Las semillas se sembraron tal cual se obtuvieron de los frutos (sin tratamiento).

Cada semilla fue considerada como unidad experimental, teniendo como variable independiente el tiempo y como variables de respuesta el porcentaje de germinación final (PG), germinación acumulada (GA), el tiempo promedio de germinación (T), la velocidad de germinación (M) y el coeficiente de velocidad (CV) (González-Zertuche y Orozco-Segovia 1996):

Germinación de semillas expresándose de la forma siguiente (González-Zertuche):

Tiempo promedio de germinación (T), como el tiempo promedio que necesitan las semillas para germinar

$$T = \frac{\sum(niti)}{\sum ni}$$

Dónde:

ni= número de semillas germinadas en el día i

t_i = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

Velocidad de germinación (MG), que relaciona el número de semillas germinadas con el tiempo de germinación.

$$T = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$$

Coefficiente de germinación (CV), basado en el número de semillas germinadas y se relaciona de forma inversa con el tiempo y el número de semillas germinadas por día.

$$CV = \frac{\sum n_i}{\sum (n_i t_i)} \times 100$$

Germinación acumulada (GA): la germinación acumulada muestra la forma en que se incrementa la germinación y el tiempo (días) de inicio de la germinación.

$$GA = \frac{\%n_1 + \%n_2 + \%n_3 + \%n_x}{n_x}$$

Dónde:

% n1 = porcentaje de semillas que germinan el tiempo 1.

% n2 = porcentaje de semillas que germinan el tiempo 2.

% n_x = porcentaje de semillas que germinan el último tiempo en que se presentó la germinación.

Porcentaje de germinación final (%G), Para determinar el efecto del almacenamiento sobre la capacidad germinativa de las semillas.

$$PG = \frac{n_i}{N} \times 100$$

6.3.6 Cultivo en vivero

El experimento se desarrolló en el vivero del el Instituto de Ciencias Biológicas-UNICACH, el cual cuenta con malla-sombra de 70% de cobertura, con temperatura de 26 °C y humedad 78%.

Después de aplicar los diferentes tratamientos pregerminativos, las semillas fueron colocadas de unisel para especies forestales tipo Koper block® (60cm x 35 cm x 12cm), con sustrato de fibra de coco a una profundidad de 3cm con el micrópilo hacia abajo. La prueba tuvo una duración de (3 meses) con riego y observación cada tercer día. Se consideraron semillas germinadas cuando presentaron emergencia de la plántula sobre el sustrato (> 5mm) (Hartmann y Kester, 1998).

6.4 Crecimiento y desarrollo

Se realizó la observación y anotaciones correspondientes al crecimiento y desarrollo de las plántulas, tipo de germinación, hojas primarias, largo y grosor del tallo, numero de hojas y longitud de la raíz para la identificación de la especie en su estadio temprano (plántula) (López-Ríos, 2005). El diámetro del tallo y altura de la plántula se determinó con un calibrador digital Caliper de 0-150 mm con precisión de 0,1 mm marca Ohaus. Las hojas solo se contaron de acuerdo al número de brotes. Los datos se tomaron a los 15, 20, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la emergencia del sustrato, los riegos se realizaron cada 3 días, para poder observar las etapas más importantes en el desarrollo de las estructuras de las plántulas (López-Ríos, 2005).

6.5 Análisis de datos

Se comprobó que los datos obtenidos, cumplían con los requerimientos de normalidad, por medio de Tukey, con los niveles de significancia de $p \leq 0.5$.

Una vez que se comprobaron los datos se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA). Los análisis estadísticos se realizaron con el software R.4.3.2 (R Core Team, 2023) y Microsoft Excel 2010 (SAS, 1995).

VII. RESULTADOS

7.1 Calidad de Semillas

a) Morfología externa de las semillas de *O. macrocalyx* Ducke

Las semillas de esta especie se encuentran dentro de una vaina donde el número de semillas puede variar (de 1 a 5 semillas). Aunado a ello, las semillas tienen una testa de color rojo lustroso con una consistencia dura y superficie lisa (Figura 8). Presenta un micrópilo conspicuo en posición basal; hilo conspicuo basal lateral oval.

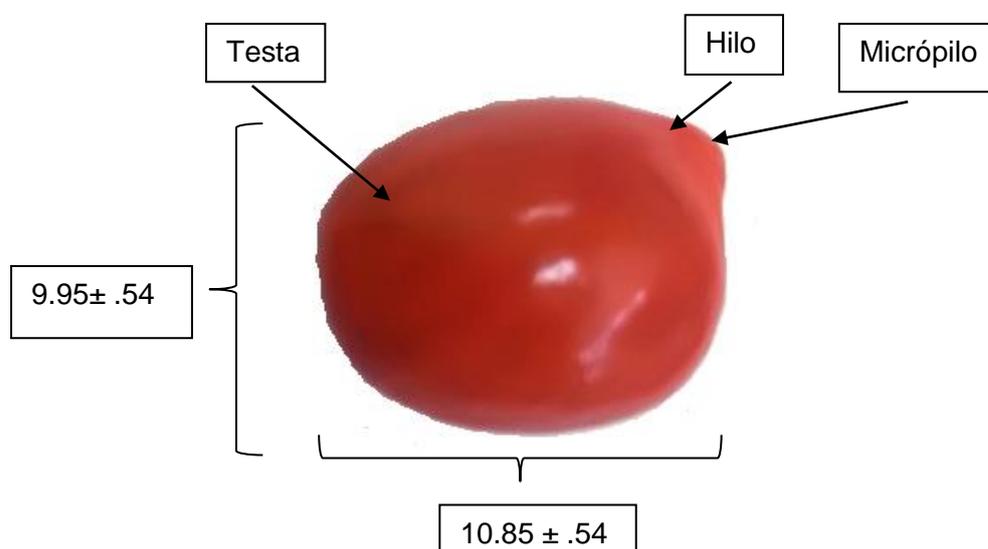


Figura 8. Morfología externa de la semilla de *O. macrocalyx* Ducke

b) Morfología interna de las semillas de *O. macrocalyx* Ducke

La parte interna de las semillas presentan un endospermo amarillento (Figura 9), tienen una consistencia dura alrededor de los cotiledones, el embrión basal es de tipo lateral. Poseen dos cotiledones de forma circular y en algunas semillas es redondo, se encuentran separados entre sí, su tamaño es similar, superficie lisa,

margen entero, grueso sin nerviación. La radícula se encuentra dirigida hacia el micrópilo.

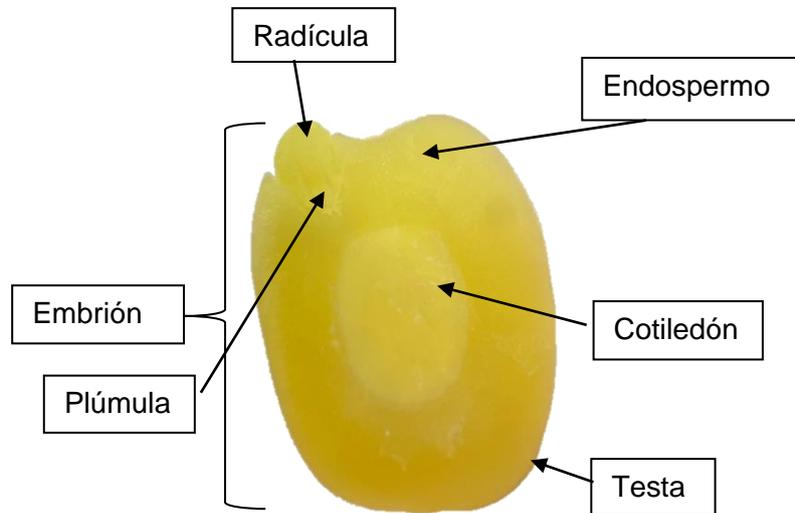


Figura 9. Descripción de la morfología interna de la semilla de *O. macrocalyx* Ducke.

c) Alometría de las semillas

Las semillas de *O. macrocalyx* Ducke presentan en promedio 10.85 ± 0.54 mm de largo y 9.95 ± 0.54 mm de ancho y pueden llegar a pesar 0.61 ± 0.08 g en promedio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción de las características morfológicas de las semillas de *O. macrocalyx* Ducke.

Variables	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Peso (g)
Media	10.85	9.95	8.47	0.61
Desviación estándar	0.54	0.54	0.70	0.08
Varianza	0.30	0.29	0.49	0.006
Mínimo	9.49	8.25	6.59	0.37
Máximo	12.45	11.35	10.26	0.81

d) Viabilidad y humedad de las semillas de *O. macrocalyx* Ducke

En cuanto a la prueba de humedad se obtuvo un 86% en las semillas analizadas, para la viabilidad de las semillas, se observó que las semillas recién colectadas presentaron $97.5\% \pm 2.44$ de tinción (Figura 10), lo que indica que las semillas pueden desarrollar plántulas en buen estado. Aunado a ello se identificaron tres patrones topológicos: a) semillas libres de coloración, lo cual indica que las semillas no son viables, b) semillas con baja coloración, representa una semilla con baja posibilidad de germinar y c) semillas teñidas de rojo intenso, estas semillas son totalmente viables para una germinación satisfactoria.

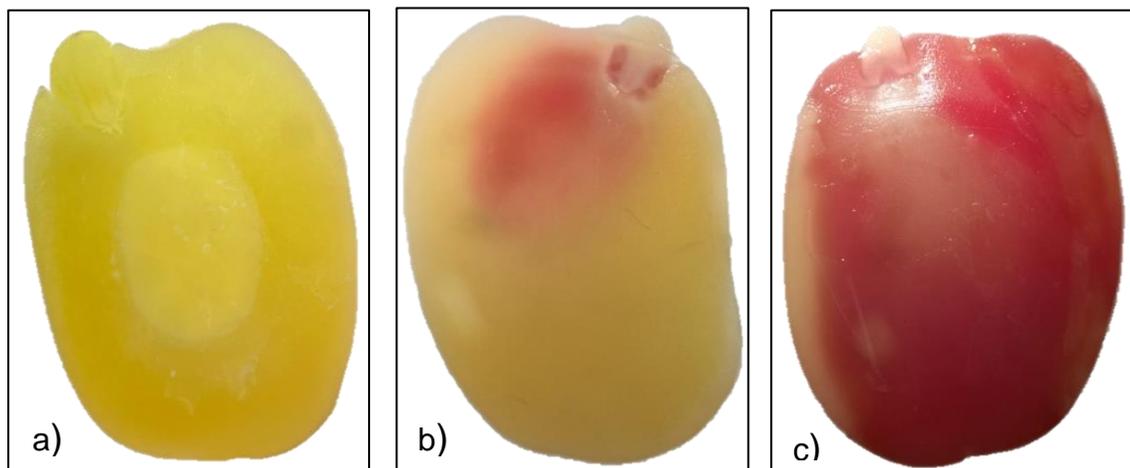


Figura 10. Patrón topológico en semillas de *O. macrocalyx* Ducke. a) semilla libre de coloración, b) embrión parcialmente teñido, c) embrión totalmente teñido de una coloración rojo intenso.

e) Germinación

En el Cuadro 3, se realiza una comparación de medias y desviación estándar entre los tratamientos escarificación, remojo en agua y testigo de germinación en semillas de *O. macrocalyx* Ducke. Porcentaje de germinación final (%G), tiempo promedio de germinación (T), velocidad de germinación (MG), coeficiente de germinación (CV) y

(σ) desviación estándar. En cuanto al análisis de varianza (ANOVA), existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.0001$).

Tratamientos	%G	T	MG	CV	σ
Escarificación	83a	23.73	4.92	4.23	11,53
Remojo agua	30.67b	30.71	0.86	3.34	5,68
Testigo	31.33b	31.16	0.91	3.25	5,13

f) Germinación acumulada

Para germinación acumulada, se señala la relación entre el tiempo de germinación de *O. macrocalyx* Ducke que dio inicio a partir del día 12, en el día 24 se observa un incremento en el número de semillas germinadas manteniéndose hasta los 90 días para el tratamiento de escarificación (Figura 11). Mientras que para los tratamientos restantes la germinación inicio días después y en el resto de los días fue más lenta.

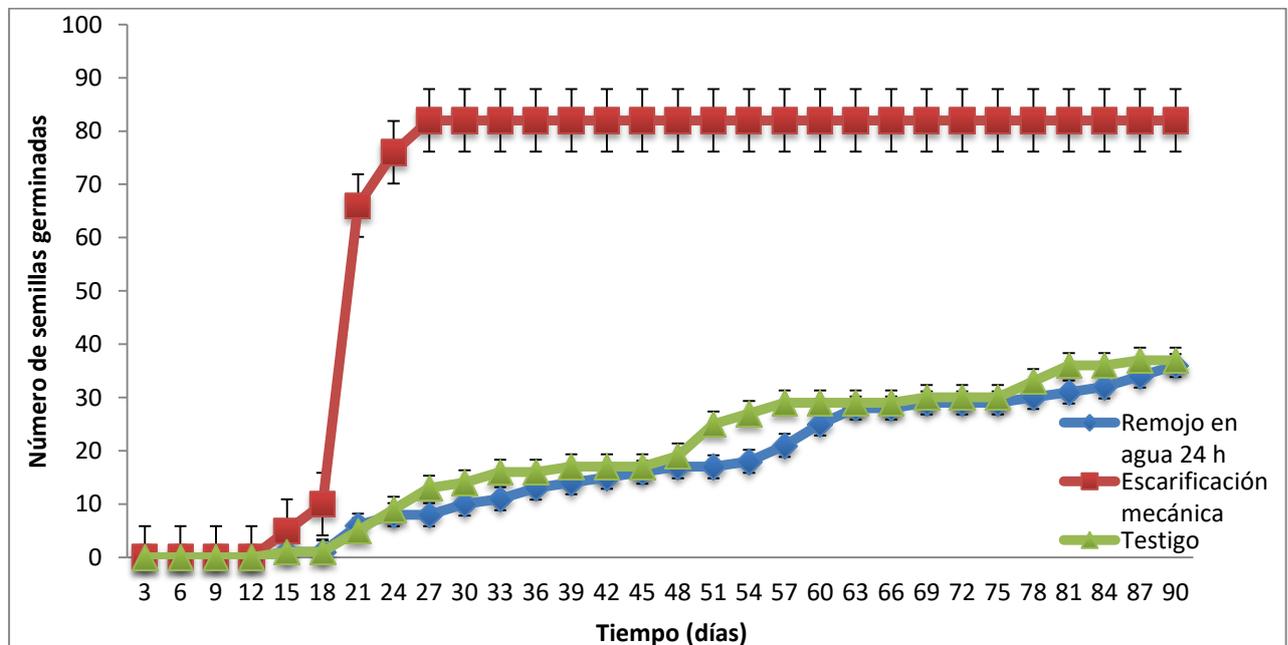


Figura 11. Germinación acumulada en semillas de *O. macrocalyx* Ducke de acuerdo a los tratamientos aplicados durante 90 días.

a. Crecimiento y desarrollo de plántulas de *Ormosia macrocalyx* Ducke

La germinación de las semillas de *O. macrocalyx* Ducke, es de tipo epigea, ya que sus cotiledones emergen del suelo debido al crecimiento del hipocótilo (Figura 12). Presentan una raíz principal que durante sus primeras etapas de crecimiento son largas, para posteriormente desarrollar raíces secundarias. Las semillas de *O. macrocalyx* Ducke germinan a los 12 días, desarrollando una pequeña yema de 3.73 mm, dando origen al hipocótilo (porción comprendida desde la radícula hasta la inserción de los cotiledones), el cual empuja la plúmula y eleva a los cotiledones que a los 25 días adquieren una coloración verdosa, son los encargados de llevar cabo la fotosíntesis y se convierten en fuente de alimentación, hasta que se desarrollen las hojas a partir de la plúmula, dando paso al desarrollo de las primeras hojas a los 29 días con una longitud de 2.33 mm. Posteriormente a los 48 días aparecen las ramificaciones de la raíz principal originadas por el crecimiento de la radícula. El epicótilo se sigue extendiendo desde la inserción de los cotiledones hasta las primeras hojas que a los 58 días alcanzan los 73.11 mm. Los cotiledones después de haber alimentado a la plántula se arrugan y caen, para dar paso a las hojas verdaderas que adquieren un color verde más intenso.

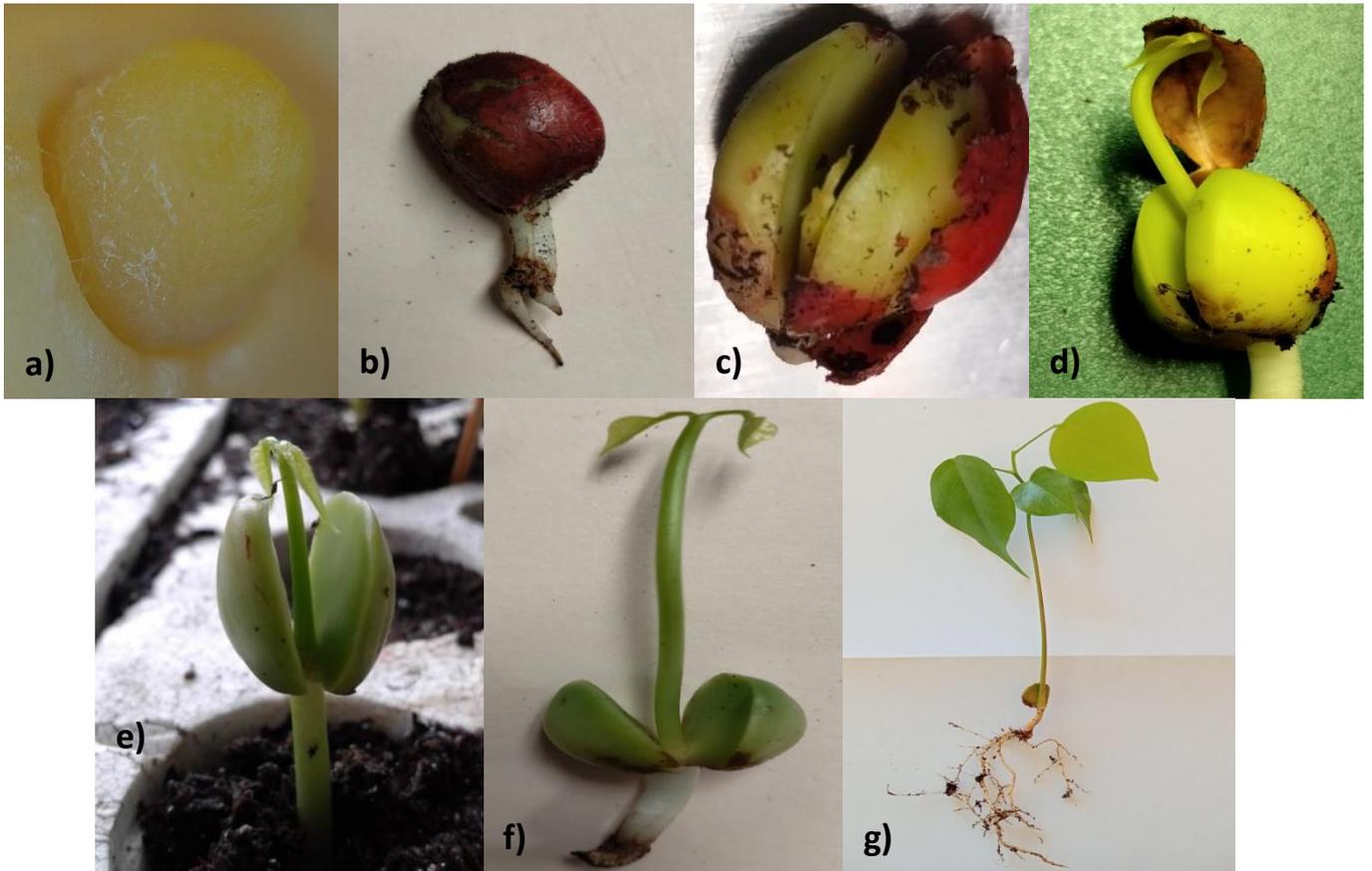


Figura 12. Etapas principales de crecimiento de *O. macrocalyx* Ducke, a) yema de inicio de la germinación, b) origen del hipocótilo, c) aparición de las primeras hojas, d) desarrollo del epicótilo, e) las estructuras siguen extendiéndose se observa una germinación de tipo epigea, f) se observan cotiledones arrugándose para posteriormente caer, g) se observa una plántula con hojas desarrolladas y raíces ramificadas, así como también la pérdida de uno de los cotiledones.

VIII. DISCUSIÓN

De acuerdo a Hernández-Sánchez (2021), *O. macrocalyx* Ducke es una planta arbórea nativa de zonas tropicales de América Latina, producen semillas de color rojo, muy lustrosas, de 10 a 13 mm de largo y 10 mm de ancho (Alegría-Gonzales, 2014). Estos datos se asemejan a los de esta investigación, ya que se obtuvo en promedio 10.85 ± 0.54 de largo y 9.95 ± 0.54 mm de ancho. Un tamaño grande favorece a la semilla por disponer de más reservas para el desarrollo de la futura planta. El tamaño de la semilla no sólo está relacionado con el material de reserva que acumula para su germinación y crecimiento, sino que el medio en el que se desarrollan. La disponibilidad de humedad, la facilidad para captar luz o la cantidad de nutrientes que hay en el suelo también condicionan su tamaño (Soblechero *et al.*, 2005). La variación en el tamaño y estructura de la semilla desempeña un papel importante en los procesos de germinación debido a que las leguminosas especialmente en *O. macrocalyx* poseen estructuras como la hendidura hilar fracturada las cuales (De Paula *et al.*, 2012) son áreas importantes para la imbibición de agua en este tipo de semillas, así como también la masa es un factor que afecta la germinación, el alargamiento y crecimiento de las plántulas (Huerta-Paniagua y Rodríguez-Trejo, 2011).

El contenido de humedad en las semillas es clave para llevar un proceso de germinación exitoso, ya que de ello depende la longevidad de las semillas, efectos de secado, y almacenamiento. De acuerdo a eso las semillas pueden clasificarse en semillas ortodoxas: son de larga vida, pueden secarse hasta un contenido de humedad del 5% sin sufrir daños, se pueden empaquetar y toleran la congelación. La longevidad de las semillas ortodoxas aumenta con la reducción del contenido de

humedad y la temperatura en una variedad de entornos de almacenamiento (Pérez-García y Pita-Villamil, 2001). En cuanto a semillas recalcitrantes: son de corta duración, no se pueden secar a menos del 20% o 30%, y no toleran la congelación, por lo que no son susceptibles de almacenamiento prolongado. Las semillas recalcitrantes generalmente son más grandes que las semillas ortodoxas (Pérez-García y Pita-Villamil, 2001). En relación a lo anterior y de acuerdo a nuestros resultados se puede decir que las semillas de colorín son de tipo ortodoxas, de acuerdo a las estructuras que tiene ya que, la principal característica fisiológica de este tipo de semillas es su gran tolerancia a la deshidratación. Su fase final de maduración está acompañada por deshidratación celular, la cual inicia con la pérdida de agua (Magnitskiy y Plaza, 2007).

La viabilidad es un indicador importante de la calidad de la semilla para que esta pueda germinar, crecer, desarrollar una nueva planta y completar el ciclo de vida. Así también, hace referencia al periodo de tiempo durante el cual las semillas aún están vivas y presentan las condiciones fisiológicas adecuadas para germinar (López-Sánchez, 2010). A simple vista es difícil saber si una semilla está viva o muerta, es por eso que para saber si las semillas de *O. macrocalyx* Ducke estaban viables fue necesario el empleo de Trifeniltetrazolio, metodología que destaca por su velocidad, ya que los resultados pueden obtenerse en aproximadamente 24 h y su fiabilidad se ha probado en la evaluación de la calidad de semillas de especies forestales.

Con este procedimiento las semillas viables se tiñen de rojo y las no viables no cambian de color, tal fue este caso en el que se identificaron tres patrones topológicos, semillas libres de coloración, semillas parcialmente teñidas y semillas

totalmente teñidas, estas últimas indicando 100% de viabilidad (Pérez-García y Pita-Villamil, 2001). Esto se asemeja con lo descrito por Gómez-Hernández (2019), donde identifico tres patrones topológicos en semillas de una especie forestal. Es importante mencionar que el periodo de tiempo de viabilidad es variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento o del ambiente en donde estas se encuentren (López-Sánchez, 2010; Calvo-Cruz, 2012). El tiempo que puede permanecer una semilla en reposo, está determinado genéticamente, posteriormente por envejecimiento natural el embrión muere. La inviabilidad de las semillas puede deberse a que no se llevó a cabo el proceso de fertilización o porque el embrión no se formó, puesto que en la prueba realizada algunas semillas no tuvieron tinción (López-Ríos, 2005).

De acuerdo a los resultados en la prueba de germinación mediante la aplicación de tratamientos pregerminativos, se puede decir que las semillas de esta especie sí necesitan el proceso de escarificación (con una lija o herramienta que nos permita desgastar el área del micrópilo), ya que este procedimiento es el más adecuado para estas semillas de acuerdo a lo reportado por Vargas-Simón (2017), que también hace referencia a que este tratamiento es el más efectivo para las semillas de la especie en estudio, puesto que estas semillas presentan una cubierta seminal lo que dificulta la germinación de la semilla por si sola. Así mismo, posee dos tipos de cotiledones, conocidos como reserva y foliares (paracotiledones), los primeros son la principal fuente de reservas energéticas y los siguientes, los responsables de la fotosíntesis (Vargas-Simón, 2017). Según Doria (2010), los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones). Posteriormente, en los cotiledones se diferencian los cloroplastos, transformándolos

en órganos fotosintéticos y actuando como si fuesen hojas. Finalmente comienza el desarrollo del epicótilo (porción comprendida entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas). Durante estas primeras etapas de desarrollo, la plántula es aun dependiente de las reservas de la semilla. Esta dependencia desaparece según se incrementa la absorción de nutrientes del suelo y se inicia la fotosíntesis en los primeros órganos verdes de la plántula (Álvarez-Camacho, 2023).

Aunado a ello, existen varias etapas de desarrollo de las plántulas cuyas características varían dependiendo del tipo de germinación. Para el caso de *O. macrocalyx* Ducke la germinación inicia entre los 8 y 14 días, y a los 40 días se obtiene el 70 a 90% de la germinación, previo remojo en agua por un periodo de 24 horas días Vargas-Simón (2017). Estos resultados se relacionan con lo obtenido en esta investigación, ya que la germinación inicio a los 12 días y se obtuvo el máximo a los 27 días. Le Bec *et al.*, 2015, menciona que el crecimiento en longitud de las especies forestales, depende del ambiente del lugar de procedencia. Además que es indispensable contar con las descripciones de las plántulas de especies arbóreas es sumamente útil para estudios fisiológicos, taxonómicos o ecológicos. Varios caracteres definen a una especie en su crecimiento preliminar: el tipo de germinación, la forma, entre otras. Aunado a ello la velocidad de crecimiento de las especies forestales varía dependiendo del genotipo y el ambiente en el que se encuentren (Rafdinal *et al.*, 2014).

IX. CONCLUSIONES

- Las semillas de *O. macrocalyx* Ducke presentan una testa dura e impermeable, con una coloración rojo brillante. Internamente presentan un endospermo abundante, de consistencia carnosa el cual rodea al embrión.
- En promedio las semillas 10.85 ± 0.54 de largo y 9.95 ± 0.54 mm de ancho; con un peso de 0.61 ± 0.08 g en promedio. Se obtuvo un 86% de contenido de humedad, así como el 97.5% en viabilidad.
- El tratamiento pregerminativo más efectivo para las semillas de *O. macrocalyx* Ducke fue el de escarificación (lijado) con un PG de (83%), remojo en agua (30.67%) y testigo (31.33%).
- La germinación empieza a partir de los 12 días y es de tipo epigea.
- Los resultados obtenidos pueden contribuir eventualmente a la recuperación y conservación de *O. macrocalyx*, debido a que las semillas necesitan de un manejo para lograr una germinación exitosa, recalcando que existe una escasez sobre estudios en fisiología y propagación para esta especie, particularmente en el estado de Chiapas.

X. LITERATURA CITADA

- Acosta-López, F. D., Orantes-García, C. y Garrido-Ramírez, E. R. (2011). Germinación y crecimiento de caoba (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) en condiciones de vivero. *LACANDONIA*, 1(5), 13-20.
- Alegría-González, W. R. (2014). Contribución al conocimiento de *Ormosia macrocalyx* Ducke: germinación y distribución en el estado de Tabasco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89 (2018), 1201-1211. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2412>
- Álvarez-Camacho, S. J. (2023). Estudio germinativo de *Chamaedorea arenbergiana* H. Wendl (Arecaceae), especie amenazada, en Chiapas, México. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- CATIE. (1995). Mejoramiento forestal y Conservación de Recursos Genéticos forestales. Serie Técnica. Manual Técnico. Turrialba, Costa Rica. 14: 173 pp.
- Castro-Soto, G. (2010). Los impactos ecológicos en Chiapas. https://www.ecoportal.net/temas-especiales/cambio-climatico/cambio_climatico_los_impactos_ecologicos_en_chiapas/.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2014). *Ormosia macrocalyx*. <http://enciclovida.mx/especies/187151-ormosia-macrocalyx>.
- Courtis, A. C. (2013). *Germinación de semillas*. Departamento de biología. FaCENA. UNNE. 22pp. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>.

- Coutiño-Megchún, J. T. (2016). Diversidad de rizobacterias asociadas a la leguminosa arbustiva *Ormosia macrocalyx* y su potencial biotecnológico. [Tesis de Ingeniería]. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
- Cronquist, A., A. Takhtajan y W. Zimmermann. 1966. On the higher taxa of Embryobonta. *Taxon* 15,129-134
- Cruz-Durán, R. y Jiménez-Ramírez, J. (2015). El género *Ormosia* Jacks. (Leguminosae, papilionoideae) en el estado de Guerrero, México. *Acta Botánica Mexicana*, 1(10), 135-143.
- De Paula, A. S., Delgado C. M. L., Paulilo M. T. S. y Santos M. (2012). Breaking physical dormancy of *Cassia leptophylla* and *Senna macranthera* (Fabaceae: Caesalpinioideae) seeds: water absorption and alternating temperatures. *Seed Science Research*, 22, 259-267.
- Diario Oficial de la Federación. (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=2059981.
- Díaz, G. J. (2010). Plantas tóxicas de importancia en salud y producción animal en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. https://books.google.com.mx/books/about/Plantas_t%C3%B3xicas_de_importancia_en_salud.html?id=qxMLIQHNhxMC&redir_esc=y
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74-85.

- García-Pérez, M. A., Orantes-García, C., Miceli-Méndez, C. L., Garrido-Ramírez, E. R. y Pérez-López, R. (2010). Germinación de semillas de chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P. Royen (Sapotáceas). *LACANDONIA*, 2(6), 17-22.
- González-Rodríguez, J. J. (2017). Deforestación en México. Presentación Power Point. Centro de estudios sociales y de opinión pública, Carpeta informativa No. 77.99pp.
- González-Zertuche, L. y A. Orozco-Segovia. (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda Brachystachya*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 58: 15-30.
- Gómez-Hernández, M. M. (2019). Viabilidad y germinación de *Calophyllum brasiliense* Cambess (*Calophyllaceae*), árbol tropical amenazado. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Hartmann, T. y Kester, E. (1998). Propagación de plantas, principios y prácticas. Sexta reimpresión. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. México. 761 pp.
- Hernández-Sánchez, G. (2021). Crecimiento y desarrollo de coralillo (*Ormosia macrocalyx* Ducke) con fertilización de liberación controlada en vivero y campo. Producción agroalimentaria en el trópico. [Tesis de Maestría]. Institución de enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Huerta-Paniagua, R. y Rodríguez-Trejo, D. A. (2011). Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(2), 179-187.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2016). International Rules for seed testing. Rules and annexes. *Seed Sci. and Technol.* 4: 3-177.

- Larrouyet, M. C. (2015). Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIIDA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/154>.
- Le Bec J., Courbaud, B., Le Moguédec, G. y Péliissier, R. (2015). Characterizing tropical tree species growth strategies: learning from inter-individual variability and scale invariance, *PLoS one*, 10 (3).
- López-Ríos, G. F. (2005). Ecofisiología de árboles. Universidad Autónoma Chapingo. México. 480 pp.
- López-Hernández, L. E. (2022). Germinación de semillas de piñita de monte (*Bromelia karatas* L.), especie de importancia medicinal. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Lot, A. y F. Chiang. (1990). Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, México, D. F. 142 pp.
- Maldonado-Peralta, M., García, G., García-Nava, J. R., Hernández-Livera, A., Valdez-Carrasco, J. M., Corona-Torres, T. & Cetina-Alcalá, V. W. Ramírez-Herrera, C. (2016). Seed viability and vigour of two nanche species (*Malpighia mexicana* and *Byrsonima crassifolia*). *Seed Science & Technology*, 1(44), 168-176.
- Mauseth, J.D. (2003). *Botany: An introduction to Plant Biology*. <https://books.google.com.mx/books?id=UEsBPPIxP7EC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.

- Navarro C., Iglesias S., Montávez R., Lora G., Gálvez R., Sánchez H., Trapero C., Pérez, F., Troncoso A., Cantos M., Liñan J., Garcia M., Troncoso J., Martín M. y Álvarez C. (2003). Material vegetal de reproducción: Manejo, conservación y tratamiento.
- https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80402_material_vegetal_de_reproducción__manejo_conservación_y_tratamiento/80-402/0_material_vegetal_de_reproducción.pdf
- Niño, P. D. E. y Cotrino, S. E. R. (2015). Análisis del Comportamiento Ecofisiológico y la Germinación en tomate de Árbol *Solanum betaceum*, material naranja común, en el municipio de Pasca-Cundinamarca. [Tesis profesional]. Universidad de Cundinamarca.
- Orantes-García, C., Miceli-Méndez, C.L., Garrido-Ramírez, E. R., Velázquez-Méndez, A. M. y Moreno-Moreno, R. A. (2007). Cultivo y propagación de caoba, mujú y chicozapote. Colección Jaguar UNICACH. México.
- Orantes-García, C. y Moreno-Moreno, R. A. (2013). Efectos del almacenamiento sobre la viabilidad de las semillas de *Tabebuia rosea* (bertol) DC. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Bignoniaceae) en Chiapas, México. *LACANDONIA*, 2(7), 67-71.
- Pola, C. N. de P., M. Á. Musálem y J. O. Alcalá. (2003). Estudio de algunas características de conos y semillas de *abies religiosa* (hbk) schl. et cham.
- Poulsen, M. K. (2000). Técnicas para la germinación de semillas forestales. Ed. CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4186>.
- Pérez-García, F. y Pita-Villamil, J. M. (2001). *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. <https://www.coiaclc.es/wpcontent/uploads/2016/05/Viabilidad.pdf>

- Pérez-Mendoza, C., Hernández-Livera, A., González-Cossio, F. V., García de los Santos, G., Carballo-Carballo, A., Vásquez-Rojas, T. R. y Tovar-Gómez, M. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México*, 3(32), 341-352.
- Pérez-Hernández, I., Ochoa-Gaona, S., Vargas-Simón, G., Mendoza-Carranza, M. y González-Valdivia, A. (2011). Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. *Madera y Bosques*, 17(1), 71-91.
- Pozo-Gómez, D. M. (2018). Aspectos ecofisiológicos de *Croton guatemalensis* Lotsy en la Selva Zoque, Chiapas. [Tesis de Maestría]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- R Core Team. (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (Versión 4.3.2) [C; Windows]. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>
- Rafdinal, Mukhtar E, Syamsuardi, Hermansah. (2014). Survival and growth rate of several climax species of tree in tropical rains forest Ulu Gadut West Sumatra Indonesia. *Pakistan Journal of Biological Science*. 17: 1130-1135.
- Ramírez, T. A., Sánchez-Núñez, J. M. y García, C. A. (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. *Revista del Centro de Investigación*, 6 (21), 55-59.
- Rao, K., Hanson, J., Dulloo, M., Ghosh, K., Novell, D. y Larinde, M. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. Ed. Bioersivity International. file:///C:/Users/HP/Downloads/1261.pdf

- Ramírez-González, A. (2006). Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Pontificia Universidad Javeriana. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/URACCAN.25638>.
- Rzedowski, J., (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMxPort.pdf>.
- Román, F., De lionés, R., Sautu, A., Deago, J. y Hall, S. J. (2012). Guía para la propagación de 120 especies de árboles nativos de panamá y el neotrópico. https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/20967/stri_GUIA_PROPAGACION.pdf.
- Rodríguez-Trejo, D. A. y Mendoza-Ángeles, G. (2021). Análisis de semillas forestales. <file:///C:/Users/HP/Downloads/Analisis%20de%20semillas%20forestales.pdf>.
- Ríos-García, C. A. (2018). Estrategias de propagación del árbol tropical *Licania arbórea* Seem (Chrysobalanaceae). [Tesis de maestría]. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Sánchez, S. y Pontes, J. (2010). La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 270: 285.
- SAS. (1995). JMP. *Statistics and graphics guide. Statistical discovery software*. Institute Cary. N.C.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres: Categoría de riesgo y*

- especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México.
- Soblechero, E., Hernanz, A., Antón, N. y Duran, J.M. (2005). La semilla y su morfología. agricultura. revista Agropecuaria, (74), 612-615.
- Toribio, N. y Correa, M. (2009). Semillas y frutos de uso artesanal en Panamá. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad (INB). <https://bdigital.binal.ac.pa/bdp/semillas%20y%20frutos1.pdf>.
- Toro, I. M. V., Manríquez, G. y Suazo, G. I. (2010). Morfometría geométrica y el estudio de las formas biológicas: de la morfología descriptiva a la morfología cuantitativa. *International Journal of Morphology*, 28 (4), 977-990.
- Trópicos. (2024). Tropicos. Org. Missouri Botanical Garden. 02 Apr 2024. <https://tropicos.org/name/13011069>.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUNC). (2018). *Ormosia macrocalyx* Ducke. <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2018/search/all/key/ormosia+macrocalyx/fossil/1/match/1>.
- Valdez-Gutiérrez, J., Mendoza-Onofre, L. E., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L. y Mendoza-Castillo, M. C. (2011). Selección por tamaño de semillas y su efecto en la germinación de semillas y vigor de plántulas de líneas mantenedoras de sorgo. *Agrociencia*, 8(45), 1-23.
- Valdés-Rodríguez, O. A., Sánchez-Sánchez, O., Pérez-Vázquez, A. y Zavala-Del-Ángel, I. (2013). Alometría de semillas de *Jatropha curcas* L. mexicanas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 967-978.
- Vargas, G. W. (2002). Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Universidad de Caldas.

https://books.google.com.mx/books/about/Gu%C3%ADa_illustrada_de_las_plantas_de_las_mo.html?id=Omzm3LW0mZUC&redir_esc=y.

Vargas-Simón, G., Martínez-Zurimend, P., Domínguez-Domínguez, M. and Pire, R. (2017). *Seed germination in Ormosia macrocalyx, an endangered tropical forest tree. Botanical Sciences*, 95 (2), 329-341.

Vergara-Saldaña, G. (2016). *Guía Botánica de árboles de Coronado. Rivera, Bolívar y Castañedas. Universidad Autónoma de Chiriqui. Panamá. 45pp.*