



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

APROVECHAMIENTO Y ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA PIÑITA DE MONTE (*Bromelia karatas* L.) EN LA SELVA ZOQUE, CHIAPAS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN DE RIESGOS

PRESENTA

LUIS ENRIQUE LÓPEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR

DRA. CAROLINA ORANTES GARCÍA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Noviembre de 2024



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

APROVECHAMIENTO Y ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA PIÑITA DE MONTE (*Bromelia karatas* L.) EN LA SELVA ZOQUE, CHIAPAS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO SUSTENTABLE Y GESTIÓN DE RIESGOS

PRESENTA

LUIS ENRIQUE LÓPEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR

DRA. CAROLINA ORANTES GARCÍA

CODIRECTOR

DR. RUBEN ANTONIO MORENO MORENO

ASESORES

DR. ARTURO CARRILLO REYES

DRA. DULCE MARIA POZO GÓMEZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Noviembre de 2024



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS AUTÓNOMA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 30 de octubre de 2024

Oficio No. SA/DIP/0761/2024

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Luis Enrique López Hernández
CVU: 1203379
Candidato al Grado de Maestro 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 **Aprovechamiento y Aspectos Fisiológicos de la Piñita de monte (*Bromelia karatas* L.) En la Selva Zoque, Chiapas** 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 Maestro 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. Carolina Orantes García
Directora



C.c.p. Ing. Mónica Catalina Cisneros Ramos, Directora 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.

RJAG/COG/hyb/igp/gtr

2024 Año de Felipe Carrillo Puerto
BENEMÉRITO DEL PROLETARIADO,
REVOLUCIONARIO Y DEFENSOR DEL MAYAB.



Secretaría Académica
Dirección de Investigación y Posgrado
Libramiento Norte Poniente No. 1150
Colonia Lajas Maciel C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Tel:(961)6170440 EXT.4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

DEDICATORIAS

A DIOS

Por protegerme durante todo el camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda la vida, por llenarme de sabiduría para terminar lo que con esfuerzo he logrado. Porque reconozco que sin Dios nada soy.

A MIS PADRES Y HERMANO

Por siempre estar a mi lado, por darme su apoyo durante toda mi vida, por estar presentes en todo momento, en especial en aquellos momentos que fueron difíciles y por tenerme mucha paciencia, GRACIAS. son la base fundamental de que hoy me encuentro en esta etapa de la vida, donde me siento orgulloso y pleno de mí. **Los amo con todo mi corazón.**

AGRADECIMIENTOS

Estoy infinitamente agradecido con mi directora de tesis la **Dra. Carolina Orantes García**, quien me dio su apoyo desde la licenciatura, le agradezco por su paciencia, los consejos, el tiempo que me dedico para poder concluir con este trabajo, y por darme las facilidades para llevar a cabo este trabajo dentro de las instalaciones del Banco de Germoplasma Vegetal-UNICACH.

A la **Dra. Dulce María Pozo Gómez** por ser una gran persona y formar parte de esta investigación como asesora, por su apoyo y los consejos en el proceso de realización, por brindarme su amistad.

Al **Dr. Ruben Antonio Moreno Moreno**, por ser una pieza clave para la asesoría de la tesis, excelente investigador, por la paciencia y todo el aprendizaje, por acompañarme en las salidas de campo y así culminar en tiempo y forma con la Tesis. Muchas Gracias por todo.

Al **Dr. Arturo Carrillo Reyes** por el apoyo en los análisis estadísticos y la revisión de toda la tesis y siempre estar ahí dispuesto a apoyarme, le agradezco mucho por todo el aprendizaje. Muchas Gracia

A la **Dra. Alma Gabriela Verdugo Valdez** y la **Dra. Tamara M. Rioja Paradela** por formar parte de esta investigación como asesoras, por su apoyo en el proceso de realización y revisión de la misma.

Al **Biol. Francisco Hernández Najarro**, por apoyarme en esta investigación, le estoy profundamente agradecido, por ayudarme en contactarme con las personas correctas y confiar en mí, sin dudarlo me extendió su mano y hoy se pudo terminar esta investigación, **muchas gracias.**

A la **Biol. Irma de Jesús Serrano** y al **Biol. Jonatan**, por facilitarme el poder realizar las salidas campo en el Parque nacional Cañón del Sumidero, por su paciencia y amabilidad en todo momento, por ser muy accesibles y estar pendientes en todo momento. Les estoy muy agradecido.

A **Doña Martita**, muchas gracias por su apoyo y su amistad, excelente persona, quien es de mucha ayuda en el laboratorio y en los viveros, muchas gracias y bendiciones para usted y su familia.

Agradecimiento muy especial al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), por el apoyo otorgado a través de la Beca en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), para realizar la Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable y Gestión en Riesgos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE CUADROS	iii
RESUMEN.....	I
I. INTRODUCCIÓN.....	1
IV. MARCO TEÓRICO	4
4. 1 Desarrollo Sustentable	4
4.2 Fisiología Vegetal.....	4
4.3 Ecología	5
4.4 Factores	5
a) Autótrofos o productores	6
b) Heterótrofos o consumidores	6
c) Saprófagos o descomponedores:.....	6
4.5 Factores abióticos.....	6
1. Agua	7
2. Temperatura.....	7
3. Potencial de hidrógeno (pH).....	7
4. Minerales.....	7
5. Energía solar.....	8

4.6 Fenología	8
4.7 Floración y Fructificación.....	9
4.8 Identificación fenológica	10
4.8.1 Semilla	10
4.8.2 Morfometría	11
4.8.3 Producción	11
4.8.4 Sanidad de semillas.....	12
4.8.5 Humedad de semillas	12
4.8.6 Viabilidad de semillas.....	13
4.8.7 Germinación	15
4.9 Descripción de la familia <i>Bromeliaceae</i>	17
4.10 Descripción del género <i>Bromelia</i>	18
4.11 Descripción de <i>Bromelia karatas</i> L.....	19
4.12 Taxonomía	23
4.13 Usos e importancia	23
4.14 Estado de conservación	24
V. ANTECEDENTES	25
5. 1 Aprovechamiento	25
5.2 Morfología	25
5.3 Fisiología	26

5.4 Medicinal	28
VI. OBJETIVOS.....	31
6.1 GENERAL.....	31
6.2 PARTICULARES	31
VII. HIPÓTESIS	32
VIII. MÉTODO	33
7.1 Área de Estudio	33
7.1.2 Características físicas y biológicas del área de estudio	34
7.1.3 Flora	34
7.1.4 Fauna	35
7.1.5 Clima	36
7.2 Trabajo de campo y gabinete	36
7.2.1 Visitas prospectivas a las zonas de estudio	36
7.2.2 Aprovechamiento de la piñita de monte (<i>Bromelia karatas</i>) en las comunidades de la Selva Zoque.....	36
7.2.3 Monitoreo.....	37
7.2.4 Recolección del ejemplar, identificación y selección fenotípica de <i>Bromelia karatas</i>	37
7.2.5 Recolecta de frutos y semillas de <i>Bromelia karatas</i>	38
7.2.6 Determinación de factores abióticos	39

7.3 Trabajo en Laboratorio e Invernadero	41
7.3.1 Pruebas básicas de calidad de frutos y semillas	41
7.3.2 Morfometría de frutos y semillas de <i>Bromelia karatas</i>	41
7.3.3 Porcentaje de producción	42
7.3.4 Prueba de sanidad en semillas	42
7.3.5 Determinación de contenido de humedad	43
7.3.6 Determinación de viabilidad	43
7.3.7 Germinación	44
7.4 Análisis estadístico	46
a) Aprovechamiento de <i>B. karatas</i>	46
b) Floración y fructificación y su relación con factores abióticos	46
c) Calidad de semillas.....	46
d) Germinación y su relación con factores abióticos	47
IX. RESULTADOS	48
8.1 Aprovechamiento de <i>Bromelia karatas</i>	48
8.2 Factores abióticos.....	49
8.3 Floración, fructificación y su relación con factores abióticos	49
8.4 Calidad de semillas	52
8.4.1 Morfometría y Alometría (tamaño y peso) de los frutos de <i>Bromelia karatas</i>	52

8.4.2 Morfometría y alometría (tamaño y peso) de las semillas de <i>Bromelia karatas</i>	54
8.4.3 Producción	56
8.4.4 Sanidad	56
8.4.5 Contenido de humedad y viabilidad	57
8.4.6 Porcentaje de germinación y germinación acumulada	58
8.4.7 Relación de la germinación con factores abióticos	60
X DISCUSIONES	61
XI. CONCLUSIÓN	66
XII LITERATURA CITADA	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo del patrón topológico en semillas de <i>Bromelia karatas</i> L; (A) semillas libres de coloración, (B) embrión parcialmente teñidas o levemente teñidas de rosa y (C) embrión totalmente teñidas de rojo intenso (López-Hernández, 2022).	15
Figura 2. Estados sucesivos de la germinación epigea de <i>Phaseolus</i> Rost et al. (1979).	17
Figura 3. Estados sucesivos de la germinación hipógea de <i>Pisum sativum</i> , Rost et al. (1979).	17
Figura 4. <i>Bromelia karatas</i> L.: a) parte de fructificación de la planta, b) vista completa de la planta <i>in situ</i> (López-Hernández, 2022).	20
Figura 5. Hojas de <i>Bromelia karatas</i> L. 1): (A) envés y (B) haz de la hoja; 2) espinas de la planta (Espejo-Serna et al., 2005).	21
Figura 6. Flores de <i>Bromelia karatas</i> L. (Espejo-Serna et al., 2005).	22
Figura 7. Aspectos morfológicos de la fruta de <i>Bromelia karatas</i> L.: A. fruto con tomento (Lidueña y Martelo, 2018) B. fruto limpio de color rosa con blanco.	22
Figura 8. Mapa de localización de las áreas de estudio, en la Selva Zoque-Chiapas, México.	33
Figura 9. Muestreo efectuado en la toma de suelo de acuerdo al esquema (Fournier et al., 1997).	39
Figura 10. Ejes de medición para la determinación morfológica de los frutos y semillas: (L) largo y (A) ancho. (Jaramillo, 2004).	42

Figura 11. Fenología de <i>Bromelia karatas</i> , en la zona de la REBISO.....	51
Figura 12. Fenología de <i>Bromelia karatas</i> , en la zona del PNCS.....	51
Figura 13. Frutos de <i>Bromelia karatas</i> , a) fruto de la zona PNCS, b) fruto de la zona la REBISO.....	52
Figura 14: semillas de <i>Bromelia karatas</i> : a) semillas de la zona de PNCS; b) semillas de la zona REBISO; c) parte interna de semilla de <i>Bromelia karatas</i>	54
Figura 15. Porcentaje de sanidad final, en semillas de <i>Bromelia karatas</i> , de las dos zonas de estudio (PNCS y REBISO).	57
Figura 16. Patrones topológicos en semillas de <i>Bromelia Karatas</i> , a) semilla totalmente teñida de rojo (semillas viables); b) semilla parcialmente teñida de color rojo; c) semillas libres de tinción (semillas no viables).	58
Figura 17. Porcentaje de germinación final de ambas zonas de estudio (REBISO y PNCS).	59
Figura 18. Germinación acumulada de ambas zonas de estudio (REBISO y PNCS) ...	59

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Bromelia karatas</i> (IPNI, 2019).	23
Cuadro 2. <i>Bromelia karatas</i> , especie multipropósito en la Selva Zoque, Chiapas.....	48
Cuadro 3. Características abióticas de las zonas de estudio. Los datos fueron obtenidos por la Red de Estaciones Climatológicas de la Comisión Nacional de Agua e Instituto Nacional de Investigación, Agrícolas y Pecuarias de Chiapas, más cercanas a las zonas recolectadas.	49
Cuadro 4. Análisis de correlación entre fructificación-temperatura, fructificación-precipitación, floración-temperatura y floración-precipitación, en las dos zonas de estudio.	50
Cuadro 5. Morfometría de los frutos de <i>Bromelia karatas</i> de la zona PNCS.....	53
Cuadro 6. Morfometría de los frutos de <i>Bromelia karatas</i> , zona REBISO.....	53
Cuadro 7. Alometría de las semillas de <i>Bromelia karatas</i> de la zona el PNCS.	55
Cuadro 8. Alometría de las semillas de <i>Bromelia karatas</i> de la zona la REBISO.....	55
Cuadro 9. Análisis de Modelo Lineal Generalizado, para las variables evaluadas en el proceso de germinación final.....	60

RESUMEN

La importancia ecológica y etnobotánica de la piñita de monte (*Bromelia karatas* L.) radica en que es especie vegetal que presenta adaptaciones anatómicas y morfológicas que le permite tolerar periodos de sequía, y es una planta multipropósito (de importancia medicinal, ornamental y ecológica). En este estudio se determinó el aprovechamiento y el efecto de los factores abióticos sobre las características fisiológicas reproductivas de la piñita de monte en la Selva Zoque, Chiapas, con la finalidad de generar información básica para posteriores alternativas de conservación y aprovechamiento sustentable de la especie. En las dos áreas de estudio, el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS) y la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO). En cada área se monitoreó la floración y fructificación de la especie, se registraron las variables ambientales y se colectaron frutos, mediante un diseño al azar, se determinó en laboratorio el tamaño (longitud y grosor), peso, porcentaje de viabilidad, sanidad, producción de las semillas y evaluar la germinación de éstas en condiciones de vivero. La comparación y determinación de las diferencias estadísticas entre zonas se realizó mediante el análisis estadístico U de Mann-Whitney, y se utilizó un modelo lineal generalizado (glm) para determinar la relación entre las variables ambientales y la germinación de la especie. De acuerdo a los resultados de las entrevistas, en las distintas zonas de la Selva Zoque no presentan un manejo de la especie, además se observó falta de conocimiento e información, para la especie *Bromelia karatas*, sin embargo, se registró un aprovechamiento medicinal, y como bebidas refrescantes. Se registró que los eventos fenológicos de floración y fructificación se presentan una vez al año, cuya floración inicia

desde mayo, extendiéndose hasta julio, para ambas zonas, mientras que la fructificación, comienza de agosto y finaliza en octubre en la zona REBISO y en PNCS comienza en agosto y finaliza en diciembre, al realizar las pruebas de correlación entre las floración y fructificación y la temperatura y precipitación, estas presentaron poca relación. En cuanto a la morfometría de los frutos y semillas se registraron diferencias significativas entre las zonas de estudio. Para las pruebas realizadas en las semillas se encontró que en la zona el PNCS presento un alto porcentaje de sanidad (92%), bajo porcentaje de viabilidad (62%) y humedad (9.46%), así como también se observó un alto porcentaje de germinación final (76.67%), y para la zona la REBISO, obtuvo alto porcentaje de sanidad (88%), con bajos porcentajes en viabilidad (51%) y humedad (7.49%), y presento menor porcentaje en germinación final (64.44%), encontrando diferencias significativas en la mayoría de las pruebas. Finalmente, de acuerdo al Modelo Lineal Generalizado, ningunas de las variables evaluadas para el proceso del porcentaje de germinación final, presentaron diferencias significativas, es decir no se encontró ninguna relación entre estas y el valor de germinación en el caso del pH se obtuvo $t= 1.108$ y $P= 0.349$, sanidad obtuvo $t= -0.622$ y $P= 0.578$. Debido a la poca información sobre la biología reproductiva y aprovechamiento de *Bromelia karatas* en México, la importancia de este trabajo cobra relevancia al aportar información fundamental para la generación de estrategias de conservación, aprovechamiento y manejo de la especie.

Palabras clave: Entrevistas, Etnobotánica, Factores abióticos, Conservación, Semillas.

I. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países del mundo con mayor diversidad biológica y cultural, se ubica entre los cinco primeros países llamados “megadiversos”, los cuales albergan entre 60 y 70% de la diversidad biológica conocida del planeta. Ocupando el cuarto lugar a nivel mundial en riqueza de plantas endémicas y nativas (Orantes-García *et al.*, 2015).

Chiapas es uno de los estados mexicanos que proporciona parte de esta biodiversidad, y gran parte de ésta se encuentra dentro de la Selva Zoque. La Selva Zoque se caracteriza principalmente por la presencia de especies endémicas, raras y en peligro de extinción: es una continua masa forestal compartida con las selvas de los Chimalapas (Oaxaca) y de Uxpanapa (Veracruz), internacionalmente considerada por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Como centro de diversidad de plantas (Pozo-Gómez *et al.*, 2020). La Selva Zoque es caracterizada en gran parte por bosque tropical perennifolio en donde se encuentra diversas áreas naturales protegidas tres de carácter federal (Cañon del Sumidero, El Ocote, Villa de Allende) y tres de carácter estatal (La Pera, Meyapac y Laguna Belgica), presenta una flora estimada en 3,000 especies y es un área estratégica de conservación ya que representa un corredor biológico importante que conecta los bosques tropicales de los Uxpanapas, Veracruz y Chimalapas, Oaxaca, presentando un alto endemismo y especies que se encuentran bajo alguna categoría de conservación por las leyes mexicanas e internacionales (Pérez-Farrera *et al.*, 2016).

El papel que desempeña una aérea protegida en la conservación de la biodiversidad, toma mayor relevancia cuando se tiene conocimiento de las especies que

se encuentran en ella; principalmente de las endémicas, amenazadas, en peligro de extinción u otra categoría de riesgo (Gómez-Espinoza *et al.*, 2011).

Bromelia karatas es una especie que de acuerdo con *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2019), se encuentra con un status de conservación dentro de la IUCN, como “no evaluada”. En México aún no se encuentra reportada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Dicha especie, se encuentra mayormente en Latinoamérica, en zonas del neotrópico, desde Brasil, Ecuador, Venezuela, Panamá, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala y México (Espejo-serna *et al.*, 2010), pueden crecer en selvas altas perennifolio; selva mediana subperennifolia y bosques de encino tropical (Espejo-serna *et al.*, 2005). Esta especie presenta adaptaciones anatómicas y morfológicas que le permite tolerar periodos de sequía (Gonzales-Salvatierra *et al.*, 2013). Además, esta especie, considera multipropósito, en donde se le atribuye importancia ecológica, puesto que evita la erosión del suelo y actúa como hábitat único de muchas especies de animales, además de tener importancia etnobotánica, ya que son usados como cercas vivas (Albarrán-Mondragón, 2016), sus frutos son comestibles y elaborados en bebidas refrescantes y en salsas (Hornung-Leoni, 2011). Además de que son usados en la medicina tradicional, por diversas comunidades del sureste de México, está comprobado que presentan actividad hipoglucémica, antiparasitaria y antioxidante, sin embargo, las poblaciones de esta especie se han reducido por la actividad humana, debido a la habilitación de tierras para las labores agrícolas y ganaderas, siendo un problema dado a que el consumo de esta especie es totalmente de forma silvestre (Albarrán-Mondragón, 2016).

Aunado a ello, de *B. karatas* existe muy poca información de su aprovechamiento y su fisiología reproductiva, por lo que es imposible establecer planes sustentables de reproducción de la misma. Es por ello, que la presente investigación se enfoca en generar información sobre el aprovechamiento que las comunidades campesinas de la Selva Zoque tienen de la piñita de monte, así como evaluar aspectos fisiológicos que permitan generar alternativas para desarrollar en un futuro programas o proyectos de conservación, reproducción, restauración y manejo sustentable de *B. karatas*. esta investigación es apremiante, ya que es la primera en estudiar el efecto de diferentes factores abióticos (altura, temperatura, suelo, precipitación) sobre la fisiología (defoliación, floración, fructificación, morfometría, producción, sanidad, humedad, viabilidad y germinación) de *B. karatas*, proporcionando por primera vez conocimientos básicos sobre la biología reproductiva de la especie, información indispensable para el desarrollo de futuros planes sustentables de manejo de esta especie en listada en estatus de conservación dentro de la IUCN.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Desarrollo Sustentable

El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades. Encierra en sí, dos conceptos fundamentales: El concepto de “necesidades”, en particular las necesidades esenciales de los pobres a los que se debería otorgar prioridad preponderante; la idea de limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social entre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras (Pozo-Gómez *et al.*, 2018).

Dentro de la Selva Zoque se busca un enfoque para el manejo sustentable de los recursos naturales, en este caso de la especie *Bromelia karatas*, especie enlistada en la UICN en estatus de conservación, y que actualmente es utilizada con fines de construcción y medicinal por distintas comunidades a lo largo de la Selva.

4.2 Fisiología Vegetal

la fisiología vegetal es la ciencia que estudia cómo funciona las plantas, es decir, qué 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 sustancias inorgánicas, moléculas orgánicas con las que construyen las complejas estructuras que forman su cuerpo (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Explica también como son capaces de reproducirse siguiendo un programa de desarrollo endógeno y como adaptan dicho 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 cómo se integran dichos procesos en el espacio y en el tiempo y cómo los modula el medio para llevar a buen término el desarrollo de la planta (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

4.3 Ecología

Es el estudio científico de las interacciones de los organismos entre si (factores bióticos) y con el entorno físico y químico (factores abióticos). Aunque incluye el estudio de los problemas ambientales como la contaminación, la ciencia de la ecología implica principalmente la investigación sobre el mundo natural desde muchos puntos de vista, utilizando diversas técnicas. La ecología moderna depende en gran medida de los experimentos, tanto en laboratorio como en el campo. Estas técnicas han demostrado ser útiles para probar las teorías ecológicas y para llegar a decisiones prácticas relativas a la gestión de los recursos naturales (Limón, 1993).

4.4 Factores

A los seres vivos presentes en un ecosistema se les denomina factores bióticos. Los procesos biológicos que realizan de manera individual repercutirán en el ámbito biótico y en el ambiente (Lauría-Baca *et al.*,2020).

Todos los organismos vivos interactúan entre sí. Cuando la relación se da entre individuos de la misma especie hablamos de relaciones intraespecíficas y cuando se habla de la interacción entre especies diferentes, nos referimos a relaciones interespecíficas, pudiendo ser que ambas especies resulten beneficiadas y que permanezcan, igual o que solo una obtenga beneficio, entre otras relaciones (Lauría-Baca *et al.*,2020).

La forma más notoria de coadaptación es cómo los seres vivos adquieren la materia y la energía para subsistir; es decir, la manera en que los organismos se nutren y conforman una red alimenticia. De acuerdo con su nutrición podemos organizar los factores bióticos en tres grupos, de acuerdo con, Lauría-Baca *et al.* (2020) son:

- a) **Autótrofos o productores:** presentan adaptaciones para transformar sustancias simples y agua en materiales orgánicos complejos, utilizando la energía de la luz solar. Ejemplos claros son todo el Reino de las plantas y algunas bacterias. Los organismos autótrofos son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas porque son los productores primarios que conectan a todos los seres vivos, alimentándolos directa o indirectamente.
- b) **Heterótrofos o consumidores:** consumen a otros organismos para nutrirse. Son incapaces de obtener autónomamente su energía de los factores abióticos.
- c) **Saprófagos o descomponedores:** son heterótrofos, pero se clasifican aparte porque su nutrición depende de los residuos procedentes de otros organismos como cadáveres, hojas muertas y excremento. Promueven la transformación de la materia orgánica reinsertando los elementos a otros ciclos bioquímicos y manteniendo fertilidad de los ecosistemas.

4.5 Factores abióticos

Las condiciones físicas y químicas ambientales que determinan las características de un ecosistema son los factores abióticos. Ninguno de estos factores es fijo o inmutable, varían con el tiempo en un proceso de transformación en el que sufren cambios que determinan, entre otras cosas, la distribución de los seres vivos (Lauría-Baca *et al.*,2020).

El medio fisicoquímico está integrado tanto por elementos y sustancias indispensables para la vida como por condiciones físicas de temperatura, humedad, luz, salinidad y pH. Lauría-Baca *et al.* (2020), menciona que los principales factores abióticos son:

1. **Agua:** imprescindible para la vida. En su estado líquido se lleva a cabo la mayoría de las reacciones metabólicas; mientras que en forma vapor, regula la temperatura corporal de los organismos mediante la transpiración y actúa como termorregulador del planeta, contribuyendo al efecto invernadero en la atmósfera. Es el disolvente más abundante, transformando el paisaje y disgregando las rocas superficiales y transportando sustancias. Se encuentra en estado líquido, sólido y gaseoso en los ecosistemas y seres vivos.
2. **Temperatura:** es la cantidad de energía cinética que posee un conjunto de moléculas. Las reacciones químicas, y de manera muy específica la función de las enzimas, solo se realizan en rangos específicos de temperatura. La mayoría de los seres vivos habita en rangos de temperatura que oscilan entre los -18 °C y los 50 °C. En algunas especies animales la temperatura ambiental es determinante para la reproducción, la determinación del género o el número de nuevos individuos.
3. **Potencial de hidrógeno (pH):** es una medida de la concentración de iones de hidrógeno, expresados como acidez o alcalinidad. El pH es la determinante para que se efectúen las reacciones químicas que permiten la dinámica de la vida.
4. **Minerales:** son sustancias inorgánicas de composición química definida. Las rocas están compuestas por diferentes conjuntos de minerales que por acción del

clima son transportados al suelo y a los cuerpos de agua. En los organismos vivos se encuentran como cristales disueltos, precipitados o vinculados a otras moléculas. Algunos minerales en forma de iones participan en funciones biológicas, como la de regular la presión osmótica y el pH, conservar la salinidad y controlar las contracciones de los músculos en animales.

5. **Energía solar:** llega a la tierra en forma de radiación y se comportan como ondas electromagnéticas y como materia, los fotones. Los autótrofos la toman para transformarla en energía química, volviéndola disponible para el resto de los organismos. La intensidad de esta energía es empleada en algunos procesos biológicos, como la floración en vegetales, la síntesis de vitamina D en algunos mamíferos, la reproducción en algunos animales o la regulación de la temperatura corporal de anfibios y reptiles. En el motor que permite el movimiento de las masas de aire y agua en la atmosfera y los océanos, transportando calor del ecuador a los polos.

4.6 Fenología

Una fase fonológica es un evento en el que aparece, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. La temperatura constituye el elemento más importante del clima por su efecto en la regulación del ritmo de desarrollo de las plantas, otros factores que influyen en el cambio de fase fenológica, son la humedad y el suministro de agua. Cuando la planta se establece bajo condiciones óptimas para su desarrollo, se da una alta concentración de fotoasimilación lo cual le permite llevar a cabo procesos de formación de ramas laterales, brotes y hojas nuevas, que luego posibilitan la formación de estructuras reproductivas (Deimar y Cotrino, 2015).

La fenología funge como una disciplina fundamentalmente descriptiva y de observación, que requiere método y precisión en el trabajo de campo: utiliza conocimientos de fisiología, ecología y climatología y tiene aplicaciones en la agricultura, ganadería, silvicultura y conservación de la naturaleza, de esta manera, mide los diferentes estado o fases del desarrollo de la planta, mediante una apreciación visual en la que se determina los distintos eventos de cambio o transformación fenotípica de la planta, relacionada con la variación climática, dando rangos comprendidos entre una y otra etapa (Deimar y Cotrino, 2015).

Las aplicaciones de la fenología, en general, tienen que ver con la conservación, mejoramiento y manejo de especies. En ecosistemas naturales, el conocimiento y la comprensión de los patrones fenológicos de especies arbóreas, son de interés básico en estudios ecológicos sobre las épocas de floración, fructificación, la cantidad de follaje, brotación de hojas y frutos, y su relación con factores climáticos o estímulos ambientales. Además, contribuye a la búsqueda de la optimización del rendimiento de las especies de mayor importancia para el hombre en el aprovechamiento forestal, la fenología contribuye para la toma de decisión de cuánto y como realizar los planes de corta, pues tienen un efecto directo sobre la regeneración de especies vegetales, así como en el comportamiento, migración y dieta de la fauna (Deimar y Cotrino, 2015).

4.7 Floración y Fructificación

Se define como procesos de producción de flores y frutos, procesos que están asociados estrechamente a los polinizadores y dispersores respectivamente, estos procesos están influenciados por varios factores tanto bióticos como abióticos. La floración y fructificación son muy variables en duración (breve, intermedia y extendida), y frecuencia (continua,

subanual, anual y supranual); además pueden presentar un patrón de duración y frecuencia regular o irregular (Zárate *et al.*, 2006).

Por otro lado, la importancia de la comprensión de los patrones de floración y fructificación son esenciales para el conocimiento ecológico y evolutivo del neotrópico, lo cual contribuye a su sustentabilidad (Zárate *et al.*, 2006).

En la floración ciertos ápices meristemáticos se diferencian como estructuras reproductivas. Como estructuras reproductivas. Comprenden desde la iniciación floral hasta su maduración o antesis por desarrollo de verticilios florales, formación de células haploides por meiosis en gametos masculinos y femeninos. Tras la fecundación, la flor se convierte en fruto que se encarga de proteger y facilitar la diseminación de las semillas formadas hasta la germinación y formación de una nueva planta (Zarate *et al.*, 2006).

4.8 Identificación fenológica

4.8.1 Semilla

Es el principal órgano reproductivo de la gran parte de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica. En la naturaleza, la semilla es una fuente de alimento básico para muchos animales. También, mediante la producción agrícola, la semilla es esencial para el ser humano, cuyo alimento principal está constituido por semillas, directa o indirectamente, que sirven también de alimento para varios animales domésticos. Las semillas pueden almacenarse vivas por largos periodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (Deimar y Cotrino, 2015).

La semilla es una unidad reproductiva completa, característica de las plantas vasculares superiores, que se forma a partir del óvulo vegetal, generalmente después de la fertilización. Se encuentra en las plantas con flores (angiospermas) y en las gimnospermas. En las angiospermas los óvulos se desarrollan dentro de un ovario, en tanto que las gimnospermas la estructura que los contiene es muy diferente, pues no constituye una verdadera flor; sin embargo, la estructura de las semillas de estas plantas es básicamente similar a la de las flores. Las reservas energéticas de las semillas son: grasas, carbohidratos y a veces proteínas, que sostendrán a la futura planta durante sus diferentes etapas de vida. Estas reservas, como se ha dicho, pueden encontrarse en diferentes tejidos o en el embrión mismo, lo cual está relacionado con la germinación y el desarrollo de un nuevo individuo (Deimar y Cotrino, 2015).

4.8.2 Morfometría

Es el estudio de la variación de las formas biológicas (Bookstein, 1996). Provee al investigador de un conjunto de técnicas analíticas muy poderosas para cuantificar la variación morfológica y estudiar los componentes genéticos y ambiental que alteran tal variación. La morfometría contribuye a dar respuestas a problemas de ecología, taxonomía, de biología evolutiva, de conservación, etc. (Toro, 2010).

4.8.3 Producción

El potencial de producción de semillas se refiere al número máximo de semillas tanto desarrolladas como subdesarrolladas contenidas en un fruto determinado. El valor de este potencial depende directamente del número de óvulos existentes en el ovario e indica el límite biológico del fruto para producir una determinada cantidad de semillas. Por su naturaleza el potencial de producción de semillas es una característica sujeta a un fuerte

control genético y su valor fue calculado sumando el número de semillas desarrolladas y subdesarrolladas encontradas en cada fruto (Mendizábal *et al.*, 2012).

La eficiencia de producción de semillas se refiere a la producción de semillas desarrolladas que hay en un fruto determinado con respecto a su potencial de producción de semillas. Esta característica está sujeta a un fuerte control ambiental y su valor varia de 0 a 100% indicando con ello el fracaso o éxito del fruto para producir una determinada cantidad de semillas provistas d un embrión potencialmente capacitado para germinar y dar origen a una nueva planta (Mendizábal *et al.*, 2012).

4.8.4 Sanidad de semillas

El análisis permite identificar y cuantificar los microorganismos asociados a las semillas, los hongos representan el mayor grupo, seguido por bacterias y, en menor proporción, por los virus y nematodos. Estos microorganismos pueden ser transportados adheridos a la superficie de las semillas, en su interior o como parte del material inerte (fragmentos vegetales, semillas de plantas invasoras, partículas del suelo), la presencia de microorganismos en la semilla no implica, necesariamente, la transmisión eventual de estos agentes, pues muchos factores pueden actuar para que esto ocurra. No obstante, la semilla desempeña un papel muy importante para la sobre-vivencia de patógenos (Deimar y Cotrino, 2015).

4.8.5 Humedad de semillas

La semilla se puede considerar como la estructura compuesta por sustancias complejas tales como carbohidratos, proteínas y aceites, como algo de agua. La cantidad de agua puede ser aumentada o extraída. Las moléculas de agua en el aire se encuentran vibrando, algunas de ellas entran en contacto con la semilla y entran en ella; esto es,

absorción. Estos dos procesos evaporación y absorción, funcionan continuamente. Cuando la evaporación supera la absorción, la semilla se seca, cuando la absorción excede la evaporación y absorción son iguales y el contenido de humedad de la semilla se dice que está en equilibrio con la humedad en el aire (Deimar y Cotrino, 2015).

4.8.6 Viabilidad de semillas

La mayoría de las plantas, y en concreto las utilizadas por el hombre como plantas cultivadas, utilizan semillas para reproducirse. No obstante, en muchas ocasiones, las semillas tras su maduración y dispersión no son capaces de germinar, porque son durmientes o bien porque las condiciones ambientales no les son favorables. En esta situación las semillas comienzan a deteriorarse lo que se manifiesta por la progresiva pérdida de su capacidad de germinar (viabilidad) y de dar lugar a plántulas sanas y vigorosas (vigor). El tiempo que tardan las semillas en perder su viabilidad (longevidad) es variable según las especies y dependiente de factores tanto externos (temperatura ambiental), como internos (contenido en humedad, genotipo, etc.) a las propias semillas. Dada la importancia de todos estos aspectos en el ámbito de la fisiología y tecnología de semillas, se han desarrollado diferentes protocolos para evaluar la viabilidad y vigor de las semillas, así como para lograr condiciones de almacenamiento que aseguren una mayor longevidad (Deimar y Cotrino, 2015).

La viabilidad de un lote de semillas, no durmientes, hace referencia a su capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables. Las semillas que permanecen vivas y son capaces de germinar (crecimiento del embrión y aparición de la radícula) cuando las condiciones ambientales son adecuadas, se dice que son viables. Por tanto, el que una semilla germine y el que pueda germinar son dos

hechos completamente distintos. Una semilla puede germinar si está viva; que germine o no dependerá principalmente de factores externos (humedad, temperatura, luz) o internos (letargo) (Deimar y Cotrino, 2015).

a) 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 vivientes cambian el TTC a un compuesto insoluble rojo (químicamente conocido como formazán). En los tejidos no vivientes 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, 2001, Figura 1).

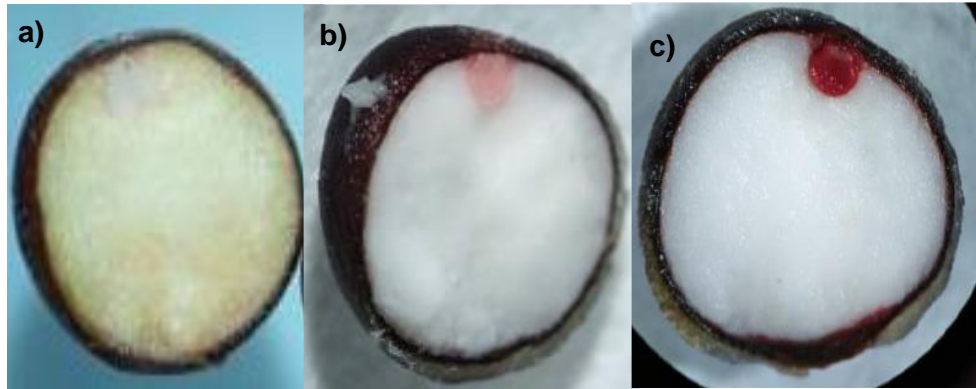


Figura 1. Ejemplo del patrón topológico en semillas de *Bromelia karatas* L; (A) semillas libres de coloración, (B) embrión parcialmente teñidas o levemente teñidas de rosa y (C) embrión totalmente teñidas de rojo intenso (López-Hernández, 2022).

4.8.7 Germinación

Es el proceso mediante el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en una planta. Es un proceso que se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables: agua, temperatura, oxígeno y luz (Deimar y Cotrino, 2015).

a) Hidratación: la absorción de agua es el primer paso para la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria (Deimar y Cotrino, 2015).

b) Germinación: representa el verdadero proceso en el que se producen las transformaciones metabólicas necesarias para el completo desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse (Deimar y Cotrino, 2015).

c) Crecimiento: es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria (Deimar y Cotrino, 2015).

Las semillas atendiendo a la posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato pueden diferenciarse en la forma de germinar, Deimar y Cotrino (2015), distingue dos tipos de germinación:

- Germinación epígea: los cotiledones emergen del suelo debido a un considerable crecimiento del hipocótilo. En sus cotiledones se diferencian cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y actúan como hojas. Finalmente se desarrolla el epicótilo (porción del eje comprendida entre el punto de inserción de cotiledones y las primeras hojas) (Figura 2).
- Germinación hipogea: 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 (Figura 3).

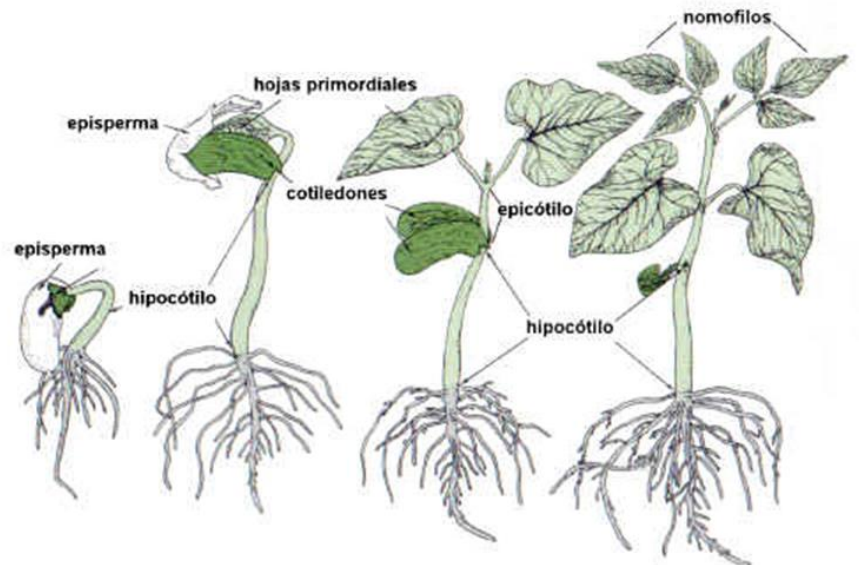


Figura 2. Estados sucesivos de la germinación epigea de *Phaseolus* Rost et al. (1979).

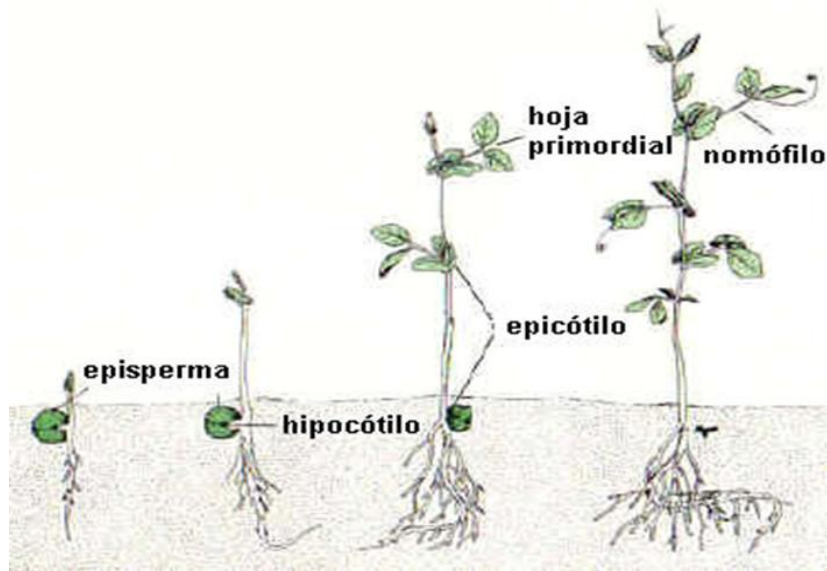


Figura 3. Estados sucesivos de la germinación hipógea de *Pisum sativum*, Rost et al. (1979).

4.9 Descripción de la familia *Bromeliaceae*

Fue nombrada así en honor del botánico sueco Olaf Bromelius y fue Carl Linneo quien hizo oficial este nombre en 1763 (Mondragón et al., 2011). Los miembros de este grupo

son plantas herbáceas de hábito epífita, terrestre o rupícola, las principales sinapomorfías de esta familia son la presencia de escamas peltadas y el perianto diferenciado en cáliz y corola, además de tener las hojas dispuestas en formas de roseta basal, asimismo estas plantas han desarrollado varias adaptaciones para hacer frente a las condiciones ambientales adversas, como la vía de fotosíntesis CAM (metabolismos ácidos de crasuláceas, por su sigla en inglés) y la presencia de escamas peltadas, favoreciendo la obtención y conservación de los nutrientes obtenidos de las rocas y de sustratos pobres (González-Rocha et al., 2016).

Las bromeliáceas pueden crecer solas o formar densas matas con varios vástagos agrupados y ser muy pequeñas (hasta 3 cm de altura) o muy grandes (de hasta 12 m de altura) las raíces y les ayuda a agarrarse en los sustratos, ocasionalmente pueden presentar estolones, los cuales sirven para la reproducción vegetativa de la planta y en algunos casos funciona para que alcancen paulatinamente los estratos superiores del bosque, lo que capacita a algunas especies para alcanzar y competir en ambientes donde otras plantas no llegarían, y los tallos son generalmente muy reducidos (Betancur y García, 2006).

4.10 Descripción del género *Bromelia*

Es representado por especies terrestres y epífitas, cuyo margen foliar es serrado, con ovarios inferiores (se halla debajo de otros verticilos sobre un receptáculo cóncavo, donde sépalos, pétalos y estambres están insertos en la parte de arriba del ovario), frutos tipos bayas y semillas desnudas (Espejo-Serna et al., 2005). Las especies de *Bromelia* son plantas arbustivas con hojas en forma de roseta, erguidas, que pueden medir de 1 a 3 m de largo y de 2 a 4 cm de ancho, presentan espinas curvas de 5 a 10 mm en el borde y

cambian el color de verde brillante a rojo (Espejo-Serna et al.,2004). Se les describe como plantas estoloníferas (es decir, que producen estolones o brotes laterales decumbentes o rastrero que, enraizando, dan lugar a individuos independientes de la planta madre) con filodios envainados de 1.5 cm de largo y 4 cm de ancho, con bordes muy espinosos, punta prolongada (González-Salvatierra et al., 2013). Los frutos son de color amarillo o rosados con estomas marcados en la epidermis, haces vasculares de diámetro pequeño, más alto que ancho, además son carnosos y con semillas aplanadas, las especies del género *Bromelia* comparten muchas características morfológicas, sin embargo, mantienen distancias importantes entre las que destacan el color, forma y tamaño de los frutos (Espejo-Serna et al., 2005).

4.11 Descripción de *Bromelia karatas* L.

Es una planta terrestre, acaule (termino botánico que se les aplica a plantas que poseen un tallo corto que no supera el nivel de la tierra), de hojas arrosetadas bastante aplanadas, la cual florece, fructifica y muere dejando un hijuelo en un remplazo, se caracteriza por la presencia de tomento (conjunto de pelos que cubren la superficie de los órganos de algunas plantas) de color café en cada una de sus partes, sus raíces se caracterizan por ser delgadas y fibrosas, son pocas, y no crecen mucho, encontrándose de manera superficial, son consideradas como raíces homorricias, debido a que no tienen un centro de origen, sino que se originan de cualquier lugar de la cabezuela (Figura 4; Montes et al., 2014).



Figura 4. *Bromelia karatas* L.: a) parte de fructificación de la planta, b) vista completa de la planta *in situ* (López-Hernández, 2022).

Sus hojas son lanceoladas y alargadas de 1.2 a 1.5 m, con un grosor de 2.8 mm, de color verde brillante en el haz y verde grisáceo por el envés, son poco cóncavas hacia el haz, los márgenes presentan numerosas espinas de color café oscuro, agudas, rectas y curvas en el ápice, de 7.9 mm de largo, separadas por 3 a 6.4 cm (Montes *et al.*, 2014). Sin embargo, otros autores afirman que las hojas de *Bromelia karatas* presentan vainas amarillas o amarillas-pajizas a pardas anchamente triangular, de 10 a 15 cm de largo, 7 a 10 cm de ancho, enteras en la porción basal, espinosas solo hacia la parte, densamente ferrugíneo lepidotas, particularmente en el haz, láminas verdes, cintiformes largamente triangulares, de 50 cm a 3 m de largo, 1.5 a 5.5 cm de ancho, blanco-lepidotas en el envés (Figura 5; Espejo-Serna *et al.*, 2005).



Figura 5. Hojas de *Bromelia karatas* L. 1): (A) envés y (B) haz de la hoja; 2) espinas de la planta (Espejo-Serna *et al.*, 2005).

Las flores de esta especie son rectas actinomorfas y tubiformes, sésiles o cortamente pediceladas, el pedicelo puede llegar a medir hasta 1 cm de largo, con sépalos verdes, largamente triangulares, de entre 1.5 cm hasta 3 cm de largo y entre 5 y 7 mm de ancho, connados en la base, densamente ferrugineo-lepidotos externamente, específicamente hacia la parte apical, redondeados en el ápice, presenta un pétalo rosado con blanco midiendo entre 4.8 y 5 cm de largo y 4 mm de ancho, los estambres son más cortos que los pelos, los filamentos connados a los pétalos en la base, las anteras blancas a amarillas lineales de 8 a 10 mm de largo y los ovarios, verdes, oblongos de 5 a 6 cm de largo, lineales de 10 mm de ancho, el estilo blanco, linear de 3-5 a 7 cm de largo (Figura 6) (Espejo-Serna *et al.*, 2005).



Figura 6. Flores de *Bromelia karatas* L. (Espejo-Serna *et al.*, 2005).

Su fruto es una baya agridulce y jugosa de cáscara color café completamente tomentoso, fusiforme, estrecho en la parte basal y apical, pero un poco más ancho en la parte central, tiene un tamaño de aproximadamente 10.3 cm de largo y 1.59 cm de ancho, presentan un pulpa de color blanco y se divide en tres lóculos, con dos series de semilla, cada fruto tiene en promedio 69 semillas, ubicadas alternamente hacia el centro (Lidueña y Martelo, 2018), pero Espejo-Serna *et al.* (2005), menciona que los frutos son de color rodados externamente y blancos internamente, elipsoide de entre 5 a 5.6 cm de largo y 1.2 a 2 cm de diámetro (Figura 7).

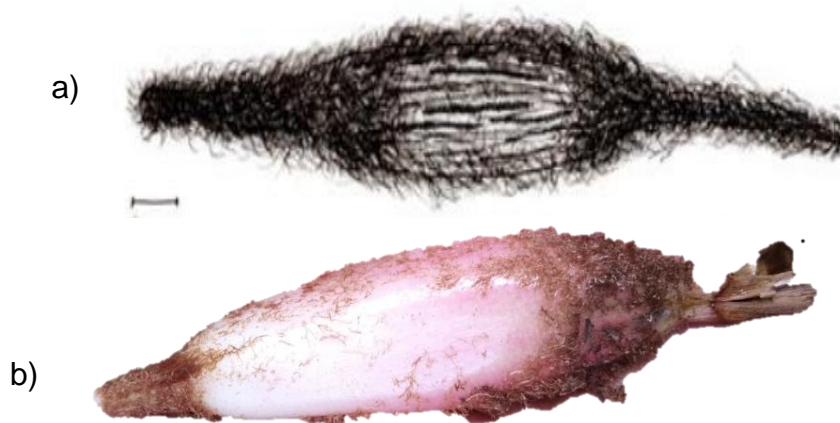


Figura 7. Aspectos morfológicos de la fruta de *Bromelia karatas* L.: A. fruto con tomento (Lidueña y Martelo, 2018) B. fruto limpio de color rosa con blanco.

4.12 Taxonomía

La taxonomía de *Bromelia karatas* L. fue publicada y descrita por primera vez en 1753, por el científico Carl Linnaeus, *International Plant Names Index* (Cuadro 1; IPNI, 2019).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Bromelia karatas* (IPNI, 2019).

Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Tracheophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Bromeliaceae</i>
Género	<i>Bromelia</i>
Especie	<i>Bromelia karatas</i> L.

4.13 Usos e importancia

Esta especie se le ha atribuido importancia ecológica ya que evita la erosión del suelo y actúa como hábitat único para muchos animales pequeños (Albarrán-Mondragón, 2016). Además, se ha reportado que *Bromelia karatas* L. tiene importancia medicinal ya que sus hojas se emplean para preparar té para la inflamación, así como también, Albarrán-Mondragón (2016), menciona que presentan actividad antiparasitaria y antioxidante; también son implementadas como cercas vivas, ya que son puestas alrededor de las casa y terrenos para protección contra los intrusos; y comestible en donde frutos son consumidos en bebidas o comidos directamente de la planta, o como en el caso Guadalajara, Jalisco, México suelen usar los frutos para preparar salsas (Hornung-Leoni, 2011).

4.14 Estado de conservación

De acuerdo con Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2019) *Bromelia karatas* L. se encuentra con un estatus de conservación dentro de la IUCN, como “no evaluada”. En México aún no se encuentra reportada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

V. ANTECEDENTES

5.1 Aprovechamiento

Zúñiga y Caldón (2008), llevaron a cabo un estudio en la vereda El Puro del municipio Patía, departamento Cauca, Colombia. Pretendieron dar una nueva alternativa de cultivo y aprovechamiento de *Bromelia karatas* además se realizó una selección de plantas madres de piñuela para mejorar la producción, calidad y valor agregado del fruto, por lo cual este estudio fue dividido en cuatro componentes: Descripción morfológica, sistematización del conocimiento tradicional, descripción de criterios de selección participativa de plantas madres de piñuela y sensibilización a la comunidad con la finalidad de concientizarlos sobre potencialidades de la piñuela para la región. Para el primer componente encontraron que *Bromelia karatas* se caracteriza por ser acaule, raíces homorrizias, tallo inconspicuo, hoja lanceolada y arrosetadas, inflorescencia y fruto fusiforme, 2). No existen áreas de cultivo de piñuela y solo es utilizada como cercos vivos, sus frutos solo se utilizan en consumo fresco y en bebidas refrescantes, 3). La definición de selección permitió dar indicios de adaptación de la especie bajo condiciones de cultivo, obteniendo plantas homogéneas con buen vigor y porte. 4). Brindaron alternativas de aprovechamiento y conservación del fruto, generando así un valor agregado que le permite a la comunidad mejorar sus condiciones de vida al tener fuentes de ingreso.

5.2 Morfología

González-Salvatierra *et al.* (2013), realizaron estudios en el Parque Nacional Dzibilchaltún, Yucatán, México, observaron las respuestas anatómicas, morfológicas y fisiológicas *Bromelia karatas* L. evaluadas en dos microambientes de luz y en dos temporadas del año. Encontraron que las características morfológicas y fisiológicas de

las hojas reflejaron la influencia del ambiente, lo que les permitió conservar potenciales hídricos diurnos elevados y minimizar la pérdida de agua para mantener la fotosíntesis. Estas características, en conjunto con las espinas foliares y el crecimiento asexual de esta especie, puede ayudar a explicar la importancia ecológica en esta selva baja caducifolia.

Montes *et al.* (2014), llevaron a cabo su estudio en el municipio Patía, del departamento Cauca. Colombia, realizaron una descripción morfológica de la planta *Bromelia karatas* L. para contribuir al conocimiento de la especie y ayudar a definir caracteres de selección para la recuperación y aprovechamiento de la misma, dicha descripción morfológica la realizaron mediante observaciones en campo de plantas usadas como cercas vivas, para posteriormente analizarla en laboratorio. Los resultados mostraron que la planta, se caracteriza por ser acaule, poseer raíz horripida, tallo inconspicuo, hoja lanceolada y arrosetadas, inflorescencia sésil y fruto fusiforme, agrídulce y jugoso.

5.3 Fisiología

Albarrán-Mondragón *et al.* (2015), establecieron condiciones de cultivo *in vitro*, donde incluyeron métodos de escarificación para lograr su germinación y obtener cultivos celulares de *Bromelia karatas* colectaron infrutescencias maduras de esta especie. Las semillas fueron desinfectadas con diferentes agentes asépticos a diferentes concentraciones y tiempos, y se sembraron en medio *Murashige* y *Skoog*, a la mitad de su concentración. Todos los experimentos y las determinaciones se realizaron en lotes de 5 tubos y/o frascos conteniendo 5 semillas en cada caso y se realizaron por triplicado. Se evaluó el porcentaje de contaminación, oxidación y germinación. Como resultados

obtuvieron que, el establecimiento de cultivo aséptico y la germinación (100 %) de semillas de *Bromelia karatas* L., se logró con 0% de contaminación para las semillas cuando se trataron con detergente (1%-15 min), H₂SO₄ (98%-5 min) e hipoclorito de sodio (0.6%- 10 min). La germinación se inició a los 5 d. y hasta 120d, representando 36 veces menos el tiempo necesario, al compararse con datos reportados de campo.

López-Hernández (2022), llevo a cabo un estudio en Chiapas, México, quien trabajo con semillas de *Bromelia karatas*, describiendo la morfometría de los frutos y semillas de esta especie, así como también evaluó el porcentaje de viabilidad, humedad y el efecto de tratamientos pregerminativos (escarificación química e hidratación en agua) en procesos de germinación de las semillas de *Bromelia karatas* L. en dos periodos de 0 y 12 meses de almacenamiento. 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. y cada fruto contiene 29 semillas en promedio. Las semillas, presentan 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. Para las pruebas de germinación en semillas recién recolectadas, inició el proceso germinativo a partir de 84 días después de la siembra con un 16% de germinación final con peróxido de hidrógeno, en testigo iniciaron el proceso germinativo a los 72 días y logro 15% de germinación final, para los tratamientos pregerminativos de inmersión en ácido giberélico y agua no se logró germinación (0% respectivamente), mientras que las semillas con 12 meses de almacenamiento inician el proceso germinativo a los 39 días en los tratamientos con peróxido de hidrogeno e inmersión con agua y el testigo inicio a los 51 días. La germinación de las semillas de *Bromelia karatas* L., es de tipo hipogea, sus raíces son consideradas de tipo homorricias, presentan bajo índice de viabilidad y bajo contenido de

humedad; y el peróxido de hidrogeno, es el mejor tratamiento pregerminativo, en ambos periodos de almacenamiento

5.4 Medicinal

Villaseñor (2016), determino el posible efecto hipoglucemiante del extracto acuoso de hojas de *B. karatas* a largo plazo. Dicha planta es empleada de forma tradicional para tratar la diabetes mellitus 2 (DM2) por habitantes de municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. Para ello se llevó a cabo un estudio crónico, en el cual se administró dicho extracto a una dosis de 218 mg/Kg de peso, durante un periodo de 42 días, en ratas con hiperglucemia moderada por inducción química (modelo experimental STZ-NA). Como fármaco control se utilizó glibenclamida (GLI). El análisis del efecto hipoglucemiante se realizó con base en la determinación cuantitativa de los niveles séricos de glucosa, u en el porcentaje de hemoglobina glicada (HbA_{1c}) en sangre, además se efectuó la medición de los niveles séricos de triglicéridos, colesterol total y colesterol HDL, cada dos semanas. El análisis de los resultados mostró que la administración diaria del extracto de *B, karatas* ejerce un efecto hipoglucemiante significativo sobre los niveles séricos de glucosa en ratas STZ.NA, durante el periodo de administración. El extracto administrado también presento un efecto sobre el porcentaje sérico de HbA_{1c} en ratas hiperglucémicas. Los resultados obtenidos corresponden con el uso tradicional de la planta como coadyuvante en el tratamiento de la enfermedad, lo que le permitió contribuir al entendimiento de los aspectos etnofarmacológicos de la especie.

Osorio, *et al.* (2017), determinaron las características y la actividad del polifenol oxidasa de los jugos de piñuela (*Bromelia karatas*) en dos etapas de maduración. La capacidad antioxidante se evaluó mediante el remedio del anión superóxido. La etapa de

maduración mostro mayor capacidad para inhibir (OH_2 , 35.3%). La inhibición del superóxido dismutasa fue mayor tanto en el estado maduro (88.29%) como en el inmaduro (95.94%) el comportamiento reológico del jugo se describió satisfactoriamente mediante el modelo de Herschel-Bulkley ($R^2 > 0.99$). El efecto de la concentración sobre los parámetros reológicos se describió mediante el modelo de ley potencial y el efecto de la temperatura sobre la viscosidad se describió con base en la ecuación de Arrhenius, encontrando valores de energía de activación entre 11.94 y 17.80 KJ/mol. Estos resultados convierten a *Bromelia Karatas* L. en un fruto promisorio por su contenido de metabolitos secundarios y su actividad antioxidante, que podría estar asociada a la presencia de compuestos fenólicos, específicamente flavonoides. Las variaciones en estos metabolitos también podrían explicar cambios estructurales, propiedades fisicoquímicas, la protección de la integridad de la fruta contra afectos adversos y una alternativa a los productos alimenticios.

Murillo-Pérez (2020), realizó una evaluación anti-giardiasis (giardiasis, es una parasitosis que afecta al humano) de los extractos acuosos y etanólicos del fruto de *Bromelia karatas* en dos dosis aisladas: HGINV y WB. Los ensayos *in vitro* se realizaron en placas de 96 pozos y la viabilidad se obtuvo con el kit XTT. Las concentraciones evaluadas fueron: 0.075, 0.15, 0.3, 0.6 y 1.2 $\mu\text{g/ml}$ para el extracto acuoso y 0.08, 0.16, 0.328, 0.66 y 1.31 $\mu\text{g/ml}$ para el extracto etanólico. Los porcentajes de muerte de los trofozoítos fueron los siguientes para el aislado WB: 12.06, 30.03, 27.92, 32.16 y 55.38 % con el extracto acuoso. Para el etanólico fueron 10.71, 11.25, 40.65, 55.01 y 95.32%. en HGINV se obtuvo: 8.87, 17.93, 18.89, 38.21 y 51.22% con el extracto acuoso. Para el extracto etanólico se obtuvieron: 5.69, 5.14, 17.04, 55.57 y 72.46%. El IC₅₀ se obtuvo

con el programa JMP, y se utilizó el extracto etanólico. Se expusieron los trofozoítos del asilado WB con el IC50 de dicho extracto, para observar posibles daños morfológicos con la tinción de Giemsa. Los trofozoítos se midieron con el programa *Imagene pro Insight* usando microscopio óptico.

Romero-Garay *et al.*, (2022) evaluaron los posibles efectos sobre la salud de los péptidos obtenidos a partir de subproductos hidrolizados de pollo (CH) por la acción de proteasas Vegetales de *Bromelia pinguin* (BP), *B. karatas* (BK) y bromelina (BRO) en un modelo de EM (Síndrome metabólico, asociado con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y diabetes tipo 2) inducida. Se asignaron al azar treinta ratas wistar macho a los siguientes grupos: (1) dieta estándar (ETS); (2) inducción de EM con dieta hipercalórica (MS+ CH); (3) CH-BP 200 mg CH/Kg; (4) CH-BK 200 mg CH/Kg; (5) CH-BRO 200mg CH/Kg; y (6) carnosina (CAR) 50 mg de carnosina/Kg de peso corporal. El HC disminuyó los niveles de glucosa ($p < 0.05$) y mejoró el perfil lipídico ($p < 0.05$) en el suero de los grupos con EM inducida. Las lesiones hepáticas se atenuaron con una disminución de las actividades enzimáticas hepáticas ($p < 0.05$) y disminuyó la acumulación de inclusiones lipídicas en el hígado. Los datos demostraron que la CH y el uso de proteasas para obtener péptidos con efecto sobre la salud podrían ser una buena alternativa terapéutica para las personas con EM.

VI. OBJETIVOS

6.1 GENERAL

- Determinar el aprovechamiento y el efecto de los factores abióticos sobre las características fisiológicas reproductivas de la piñita de monte (*Bromelia karatas* L.) en la Selva Zoque, Chiapas.

6.2 PARTICULARES

- Conocer el aprovechamiento y manejo de *Bromelia karatas* en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, y en el Parque Nacional Cañón del Sumidero.
- Determinar las características morfométricas y alométricas (tamaño y peso) de las semillas de *Bromelia karatas* provenientes de ambas zonas de la Selva Zoque.
- Evaluar en laboratorio y vivero el porcentaje de producción, sanidad, viabilidad, humedad y capacidad germinativa de las semillas de *Bromelia karatas* provenientes de distintas zonas de la Selva Zoque.
- Determinar el efecto de la temperatura (mensual), precipitación (mensual), suelo, altitud y cobertura vegetal, sobre la floración, fructificación y germinación de *Bromelia karatas* en distintas zonas de la Selva Zoque.

VII. HIPÓTESIS

Las características fisiológicas (floración, fructificación, morfometría, producción, sanidad, humedad, viabilidad, germinación) de *Bromelia karatas*, presentan diferencias de acuerdo a los factores abióticos presentes en las distintas zonas de la Selva Zoque.

VIII. MÉTODO

7.1 Área de Estudio

La Selva Zoque se ubica dentro de los municipios de Cintalapa, Ocozocoautla, Tecpatán, Tuxtla Gutiérrez, San Fernando, Berriozábal y Jiquipilas, en el estado de Chiapas, México, entre los paralelos $16^{\circ}45'42''$ y $17^{\circ}09'00''$ de latitud Norte y entre los meridianos $93^{\circ}54'19''$ y $93^{\circ}21'20''$ de longitud Oeste, con una superficie total de 1,133,370 hectáreas (Pozo-Gómez *et al.*, 2020).

El estudio se llevó a cabo en dos zonas de las Selva Zoque, Chiapas, México: a) Reserva de la Biosfera Selva El Ocote (REBISO), con una extensión de 101,288 ha, ubicada a $16^{\circ} 85' 1''$ latitud norte y $93^{\circ}41' 11''$ longitud oeste, b) Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), con una extensión de 10,712,97 ha, localizada a $16^{\circ}44'24''$ latitud norte y $92^{\circ}58'12''$ longitud oeste (Pozo-Gómez *et al.*, 2020; Figura 8).

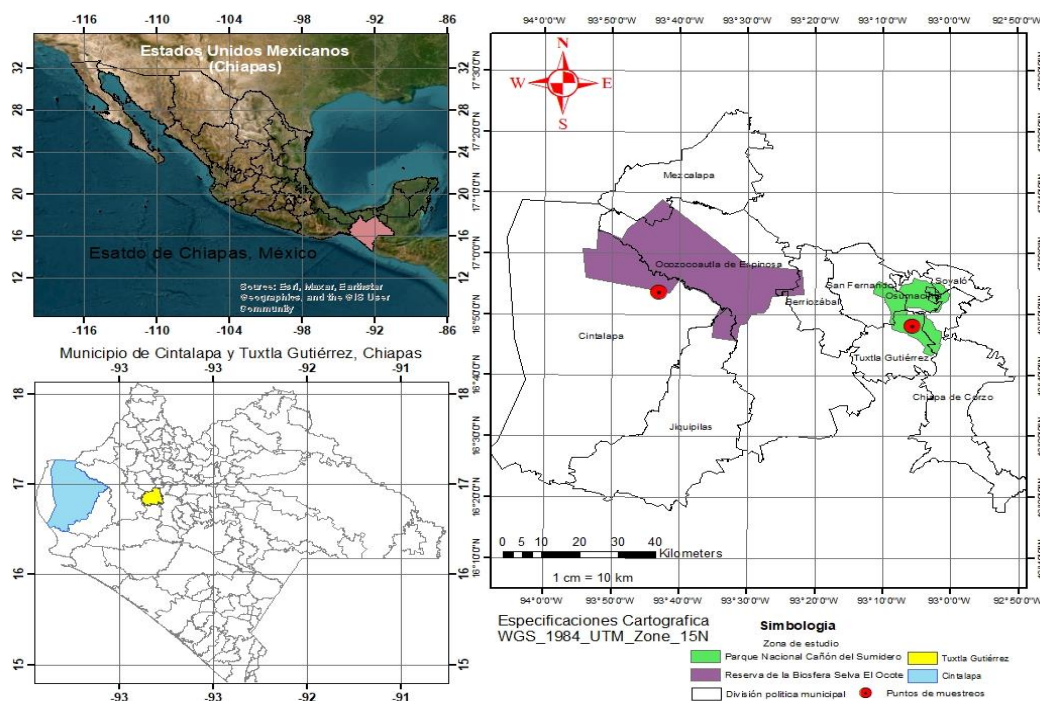


Figura 8. Mapa de localización de las áreas de estudio, en la Selva Zoque-Chiapas, México.

7.1.2 Características físicas y biológicas del área de estudio

El paisaje predominante en la zona correspondiente, esta constituida por sierras y serranías de altitud variable entre los 750 y 1500 m.s.n.m. Morfológicamente, el relieve predominante en la Selva es típicamente cárstico, producto de la disolución de la rica caliza; además, presenta un fuerte grado de tectonismo, originando depresiones de diversas magnitudes en el variado relieve de resumideros, hendiduras, simas, dolinas y cavernas (Corzo, 2009).

Contiene muestras representativas de selva alta perennifolio y mediana subperennifolio, así como numerosas especies de importancia económica (maderable, medicinales, comestibles y ornamentales) como la caoba (*swietenia macrophylla*), cedro rojo (*Cedrela odorata*) chicozapote (*Manilkara sapota*), mojú (*Brosimum alicastrum*), canshán (*Terminalia obovata*), varias especies de palma shate (*Chamaedorea* sp.). barbasco (*Dioscorea composita*) y la cicada (*Ceratozamia mexicana*). Para el caso de vertebrados, en este refugio se han reportado un total de 646 especies de vertebrados terrestres, distribuidos de la siguiente manera: 24 anfibios, 58 reptiles, 460 de aves y 104 mamíferos, representando el 45% de los vertebrados de Chiapas y el 23% del país (Corzo, 2009).

7.1.3 Flora

La vegetación predominante en la zona corresponde a cuatro asociaciones vegetales: a) selva alta perennifolio, en la que sobresalen las especies de caoba (*Swietenia macrophylla* G. King), cedro (*Cedrela odorata* M. Roem King), palo amarillo (*Terminalia amazonia* (Gmel) Excell) y mojú (*Brosimum alicastrum* Sw.); b) selva alta o mediana subperennifolia, donde se encuentran especies como el molinillo (*Quararibea gentlei*

Lundell), el copalillo (*Bursera bipinnata* (Sessé & Mociño) Engl) y bojón (*Cordia alliodora* (R&P) Oken); c) selva mediana o baja perennifolia, cuyas especies representativas son el palo colete (*Oreopanax peltatus* Linden ex Regel) y memelita (*Clusia flava* Jacq.) y d) vegetación secundaria, en donde las especies representativas son el corcho colorado (*Belotia mexicana* (DC.) Schum), guarumbo (*Cecropia peltata* L.) y el muacús (*Calathea allouia* Aubl.) (Rzedowski, 1994).

7.1.4 Fauna

Para la Selva Zoque se han reportado un total de 646 especies de vertebrados terrestres, a pesar de que los estudios para invertebrados son menos detallados y extensivos se tienen una proyección de 3, 000 especies de coleópteros, 500 especies de lepidópteros y junto con otros invertebrados podría llegar el número a 20, 000 especies. Por su nivel de biodiversidad, la Selva Zoque es considerada tanto por el Programa de Áreas Naturales Protegidas de México 1995-2000, como por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Como una región prioritaria terrestre, no solo por el número de vertebrados, sino por el estatus que ocupan sus especies, ya que en el lugar habitan especies endémicas, en peligro, amenazadas y raras (CONABIO, 2000).

La Selva Zoque podría estar compuesta por 138 especies de mamíferos terrestres silvestres, considerándose una cifra incompleta ya que se trata principalmente de roedores y quirópteros. Los últimos listados de aves incluyen 460 especies de 52 familias. Por la ubicación del área y los diversos tipos de hábitat los patrones de estacionalidad son diversos: 223 son residentes, 14 migratorios locales, 118 intra-migratorias neotropicales, 27 son poblaciones residentes migratorias y 8 migratorias infra tropicales.

De las especies reportadas, una es endémica de la Selva, el cuevero de navi (*Hylorchilus navaí*) (CONABIO, 2000).

7.1.5 Clima

Se encuentran tres diferentes tipos de climas: clima Am (f), cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y una precipitación total anual que fluctúa entre los 2000 y 2500 mm, con una temperatura media mensual superior a los 18°C; clima Am, cálido subhúmedo con lluvia abundante en verano (Aw) y con una precipitación total anual que varía entre los 1500 y 2500 mm con una temperatura media anual de 22°C, y semicálido subhúmedo con lluvias en verano, presenta una precipitación total anual entre los 1200 y 1500 mm y una temperatura media anual 19°C (Corzo, 2009).

7.2 Trabajo de campo y gabinete

7.2.1 Visitas prospectivas a las zonas de estudio

Se realizó una reunión con los habitantes y autoridades de las distintas localidades para explicar los objetivos de la investigación, solicitar permiso y su apoyo para la obtención de la información necesaria, así como para mantener una buena comunicación y relación con los habitantes (Pozo-Gómez, 2018). Para la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote se trabajó en la localidad General Lázaro Cárdenas situada en el municipio de Cintalapa, mientras que en el Parque Nacional Cañón del Sumidero se trabajó en la localidad Tierra Colorada en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

7.2.2 Aprovechamiento de la piñita de monte (*Bromelia karatas*) en las comunidades de la Selva Zoque.

Para la obtención de información relativa al aprovechamiento que los habitantes de cada zona llevan a cabo de *Bromelia karatas*, se aplicaron entrevistas semiestructuradas (con

preguntas fijas, tipo encuesta) a los pobladores de las comunidades. Para la selección de las entrevistas se llevó a cabo la técnica “bola de nieve”, la cual se trata de un muestreo no probabilístico, el cual supone que la/el investigador (a) identifique a un pequeño grupo de individuos que tienen las características que se requieren (Sandoval, 2002).

7.2.3 Monitoreo

Se llevó a cabo un total de 12 salidas de campo durante 12 meses, a lo largo de las dos zonas de la Selva Zoque, abarcando la época de seca (noviembre-abril) y época húmeda (mayo-octubre), para determinar las características fenológicas (fase de floración y fructificación) y la recolecta de semillas de *B. karatas*, así como para registrar la presencia de factores abióticos (altitud, suelo, temperatura, precipitación y vegetación predominante) en cada zona: cada salida tuvo una duración de 2 días. Se seleccionaron de forma dirigida, por la accesibilidad de muestreo, a cinco individuos de *Bromelia karatas* en un área de una hectárea para cada zona de estudio, donde se llevó a cabo observaciones fenológicas y la recolecta de semillas (Orantes-García *et al.*, 2015), siempre bajo la guía de los habitantes de cada zona de la Selva Zoque; cada individuo se georreferencio con ayuda de un receptor manual del sistema de geoposicionamiento global (Garmin Legend Etrex), aunado a ellos se tomaran fotografías de *B. karatas* para el archivo.

7.2.4 Recolección del ejemplar, identificación y selección fenotípica de *Bromelia karatas*

Se recolectaron tres muestras de hojas y frutos de *Bromelia karatas*, con ayuda de instrumentos adecuados como libreta de campo, una prensa, papel periódico, cartón, tijeras, navajas y bolsas de plástico en las que se guardaron los ejemplares hasta su

preparación para el secado (Lot y Chiang, 1990). Se comparó con ejemplares de la colección de Herbario (CHIP) de la Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHN), Herbario Eizi Matuda (HEM-UNICACH), para la identificación taxonómica de los individuos recolectados en campo.

Los individuos de *Bromelia karatas* fueron seleccionados con base 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 seleccionó hacia un extremo de la población, buscando incrementar la media de las poblaciones futuras es decir, de acuerdo a siguientes criterios de inclusión como: raíz saludable, tallo saludable, hojas lanceoladas saludables, frutos sanos, libres de plagas y enfermedades (CATIE, 1995, Pola, Musálem y Alcalá, 2003).

Se registro la fecha y duración de cada fase fenotípica (germinación, desarrollo, floración y fructificación) y se evaluó el porcentaje de presencia de cada carácter fenológico de los cinco individuos seleccionados en cada zona REBISO y PNCS de la Selva Zoque.

7.2.5 Recolecta de frutos y semillas de *Bromelia karatas*

De cada una de las cinco plantas por cada área de estudio se seleccionaron cinco plantas, de las cuales se recolectaron 50 frutos, y se guardaron en bolsas de papel etiquetadas para ser trasladadas al Laboratorio del Banco de Germoplasma Vegetal del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), para la extracción de las semillas (Pozo-Gómez, 2018).

7.2.6 Determinación de factores abióticos

En cada área se monitorearon diferentes variables tales como: altura, temperatura mensual (máxima y mínima), precipitación mensual, suelo (porosidad, textura, materia orgánica, pH) (Pozo-Gómez *et al.*, 2020).

Los datos de temperatura y precipitación mensual fueron proporcionados por la red de Estaciones Climatológicas Comisión Nacional del Agua e Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas y Pecuarias de Chiapas, cercanas a las zonas de recolecta de la Selva Zoque de los años 2022-2023. La altitud fue obtenida por un receptor manual del sistema de geoposicionamiento global (Garmin Leyend Etrex), y confirmada con la ayuda del programa Google Earth (Pozo-Gómez *et al.*, 2020).

Finalmente, se llevó a cabo un muestreo simple, obteniendo una muestra de suelo por cada zona de estudio, para toma de la muestra se utilizó una pala, una barreta y se colocó en una bolsa de plástico resistente y etiquetada. El muestreo fue al azar y asistemática (Figura 9).

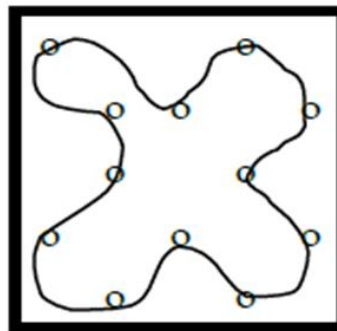


Figura 9. Muestreo efectuado en la toma de suelo de acuerdo al esquema (Fournier *at al.*, 1997)

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio del Banco de Germoplasma Vegetal del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) para determinar su pH, porosidad y textura:

a) Determinación del pH del suelo

Se determinó el pH en una suspensión suelo: agua, en porción de 1:1 en peso, aunque por la facilidad se realizó una relación volumétrica 1:1 (Jaramillo 2002).

b) Determinación de porosidad del suelo

Con ayuda de una pala se extrajo un bloque de 20 x 20 cm y 30 cm de profundidad. El sustrato fue colocado en bolsas etiquetadas con las que se trasladó al Laboratorio del Banco de Germoplasma Vegetal del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) para su posterior análisis. El proceso de la determinación del porcentaje de porosidad se realizó mediante el procedimiento de Jaramillo (2002).

c) Determinación de textura de suelo

Con la ayuda de una pala se extrajo un bloque de 20 x 20 cm y 30 cm de profundidad. El sustrato se colocado en bolsas etiquetadas y se trasladó al Laboratorio del Banco de Germoplasma Vegetal del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) para su posterior análisis. El proceso de la determinación del porcentaje de textura se realizó mediante el procedimiento de Jaramillo (2002).

d) Determinación de materia orgánica del suelo

Con la ayuda de una pala se extrajo un bloque de 20 x 20 cm y 30 cm de profundidad. El sustrato se colocado en una bolsa etiquetadas y ser trasladó al Laboratorio del Banco de

Germoplasma Vegetal del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) para su posterior análisis. El proceso de la determinación del porcentaje de materia orgánica se realizó mediante del procedimiento de Jaramillo (2002).

7.3 Trabajo en Laboratorio e Invernadero

7.3.1 Pruebas básicas de calidad de frutos y semillas

En las semillas se realizó las pruebas de básicas de calidad que establecen las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2016): morfometría y alometría de semillas, producción, sanidad, humedad (CH), viabilidad.

7.3.2 Morfometría de frutos y semillas de *Bromelia karatas*.

Para la caracterización morfométrica se utilizaron seis muestras aleatorias de 100 frutos y semillas tomadas de un lote de 1000, donde se determinó de manera individual el ancho (mm) (se consideró como ancho al diámetro perpendicular) y largo (mm) de la semilla (considerado como el diámetro paralelo con respecto al eje del micropilo) (Figura 10), mediante el uso de un vernier digital Caliper® con una precisión de 0.1 mm; de igual forma con las características morfológicas (largo y ancho, en cm), de los frutos, por otro lado el peso, en gramos (gr), tanto de las semillas, como de los frutos, se tomaron con ayuda de una balanza analítica de la marca Ohaus® con un grado de precisión de 0.001 gr. Se realizó un análisis de datos, obteniendo media, mínimos, máximos, varianza, rango y desviación estándar (Jaramillo, 2004).

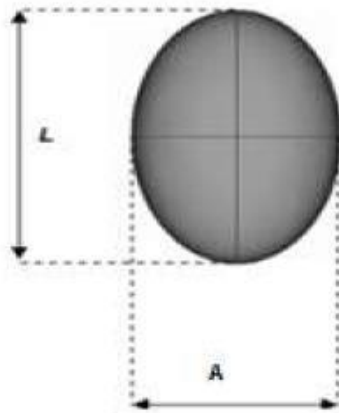


Figura 10. Ejes de medición para la determinación morfológica de los frutos y semillas: (L) largo y (A) ancho. (Jaramillo, 2004).

7.3.3 Porcentaje de producción

se tomó cinco muestras de 100 semillas puras por casa área de muestreo, se pesaron individualmente en una balanza analítica y se calculó el promedio de peso para cada muestra, se determinó el número de semillas por kilo utilizando la siguiente formula:

$$\text{N}^\circ \text{ semillas/kg} = (\text{N}^\circ \text{ de semillas de cada muestra} * 1\ 000\text{g/Kg} / \text{peso promedio de muestra}).$$

7.3.4 Prueba de sanidad en semillas

Esta prueba puede ayudar a aclarar aspectos de la evaluación de plantas, causas de baja de germinación y establecimientos de plántulas en el campo, complementando así a la prueba de germinación. Los resultados de la prueba de sanidad de semillas indican la necesidad de conducir prácticas de curado de lotes de semillas con el objetivo de erradicar patógenos portados por las semillas o reducir el riesgo de transmisión de enfermedades, se consideró como semilla sana a las que no presentan daño físico

aparente o visiblemente contaminada con microorganismos (ISTA, 2003). Para esta prueba se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ sanidad} = \text{número de semillas sanas} * 100 / \text{total de la muestra del experimento}$$

7.3.5 Determinación de contenido de humedad

Se evaluó en porcentaje (%), utilizando 10 gr de semillas puras con cinco repeticiones, las cuales se colocaron en un determinador de porcentaje de humedad marca Ohaus®, con una temperatura de $101 \pm 2^\circ\text{C}$ por 10 minutos (ISTA, 2010).

7.3.6 Determinación de viabilidad

se tomaron al azar cuatro muestras de 25 semillas, las cuales fueron colocadas en agua destilada por 12 h para facilitar la eliminación de la testa. Con ayuda de un bisturí se dividieron a la mitad con la finalidad de dejar el embrión expuesto y se le agregaron 10 gotas de 2,3,5 trifenil cloruro de tetrazolio diluido (1% p/v), posteriormente fueron cubiertas con papel aluminio, dejándolo reposar a temperatura ambiente por 12 h (Hartmann y Kester, 2001; Orantes-García *et al.*, 2007), una vez que terminó el reposo, se evaluó el patrón de tinción de las semillas bajo un microscopio estereoscopio Leica Zoom®; considerando el número de semillas basado en el color adquirido por los embriones, principalmente aquellos que presentaron un color rojo (vigoroso), excluyendo a los que tenían un color ligeramente pálido o no tenían color, que se consideraron no viables o muertos (Kameswara *et al.*, 2007):. La fórmula que se utilizó fue la siguiente:

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

Las semillas se colocaron en tres categorías y se realizaron los patrones topológicos, según el patrón de tinción de acuerdo a Kameswara *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

7.3.7 Germinación

a) Diseño experimental

Bajo un diseño experimental aleatorio, se realizó la prueba de germinación, en la cual utilizó 90 semillas de medidas homogéneas por cada zona de la Selva Zoque, con un total de 180 semillas, se realizaron tres repeticiones de 30 semillas en cada uno de los ensayos de germinación. cada una se consideró como una unidad, teniendo como variable independiente el tiempo y como variable de respuesta el porcentaje de germinación final, germinación acumulada (Gonzales-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996).

Germinación de semillas expresándose de la forma siguiente (Gonzales-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996):

Porcentaje de germinación final (GF): para determinar el efecto en la calidad germinativa (es decir, la porción de semillas capaces de germinar en condiciones óptimas o en una condición determinada) (ISTA, 2003), se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de GF} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

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

$$GA = \frac{\%n1 + \%n2 + \%n3 + \%nx}{nx}$$

Donde

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

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

%nx= 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.

$$PG = \left(\frac{ni}{N} \right) \times 100$$

b) cultivo en vivero

El experimento se desarrolló en el vivero del Instituto de Ciencias Biológicas-UNICACH, el cual cuenta con malla-sombra de 70% de cobertura, con temperatura de 26° C y humedad 78% (Pozo-Gómez, 2018).

Las semillas fueron sembradas a una profundidad de 2 cm con el micropilo hacia abajo, en charolas de unicel para especies forestales tipo Koper Block® (60cm x 35cm x 12cm), con sustrato recolectado de cada zona de estudio. Esta prueba tuvo una duración de 90 días, con una aplicación de riego y observación cada tres días. Se considero germinadas las semillas cuando presentaron emergencia de la planta sobre el sustrato (>5mm) (Hartmann y Kester, 1994).

7.4 Análisis estadístico

a) Aprovechamiento de *B. karatas*

El trabajo se acompañó de la observación directa, así como de conversaciones y recorridos por las zonas de aprovechamiento junto con los informantes, los datos se registraron en una hoja de cálculo Microsoft Excel para facilitar su análisis y caracterización del conjunto de datos obtenidos, para sintetizar los datos y estimar el aprovechamiento y uso mediante una estadística descriptiva (Acoltzin-Vidal, 2014).

b) Floración y fructificación y su relación con factores abióticos

Se obtuvo las fechas de inicio y término de la floración y fructificación de *B. karatas* para cada una de las dos zonas de estudio. También se obtuvo el promedio de frutos por individuo para cada zona. Para determinar la posible relación entre los factores abióticos presentes en cada zona y floración y fructificación, se realizó un análisis de correlación entre la floración y la fructificación con la temperatura y la precipitación mensual registrada en cada zona (Ríos, 2015)

c) Calidad de semillas

para determinar las diferencias en las morfometrías y alometría de las semillas provenientes de cada zona de estudio, se llevaron a cabo los siguientes análisis estadísticos:

para conocer si las semillas se ven influenciadas por las características alométricas (longitud, grosor, peso de las semillas), se obtuvieron las medidas y desviaciones estándar. Se verificó que los datos tuvieron una distribución normal de acuerdo a la prueba de normalidad (Shapiro Wilk). Al no tener una distribución normal, se llevó a cabo la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

d) Germinación y su relación con factores abióticos

finalmente, para establecer una posible relación entre las variables ambientales (factores abióticos) y la germinación, se realizó un modelo lineal generalizado (MLG), el cual es una regresión flexible de la regresión lineal, que permite en este caso determinar que variables (materia orgánica, morfometría, pH, porosidad, humedad, sanidad) influyen el resultado de germinación final. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R.3.2.4® y los gráficos se realizaron en Microsoft Excel®.

IX. RESULTADOS

8.1 Aprovechamiento de *Bromelia karatas*

De acuerdo a los resultados de las entrevistas, no existe manejo de la especie en ambas zonas de la Selva Zoque. En la REBISO existe falta de conocimiento e información sobre la especie ya que el 90% de los entrevistados dijeron no tener conocimiento, e incluso no reconocer la especie; sólo el 10% la ubica y reconoce con facilidad, señalando que únicamente utilizan los frutos para hacer en bebida refrescante y siendo consumida desde la planta, o bien para problemas en los riñones y para desinflamar la próstata (cuadro 2). Cabe mencionar que la mayoría de los hombres son lo que conocen y ubican la planta, mientras que las mujeres y los jóvenes el conocimiento es poco, y existe una gran falta de interés por parte de los jóvenes.

Para la zona del PNCS, *B. karatas* es una especie poca utilizada, especialmente por lo jóvenes; se encontró que el 100% de los encuestados la conocen, mencionando que se le llega a usar para bebidas refrescantes.

Cuadro 2. *Bromelia karatas*, especie multipropósito en la Selva Zoque, Chiapas.

Zona	Nombre común	Usos
REBISO	Piñita de cochi, piñuela, piñita de monte	Medicinal, comestible
PNCS	Piñuela, Pajch´ (Tzeltal, Tenejapa)	Comestible

8.2 Factores abióticos

Con lo obtenido en las dos zonas estudiadas, se observaron ligeras diferencias en las temperaturas (TM), sin embargo, la zona la REBISO presentó mayor precipitación mensual (PM) de 149.4 mm en promedio, con un pH poco ácido (5,2), una porosidad (P) moderada (58%), materia orgánica (MO) de 4.20 % y la textura (T) fue de tipo franco arcilloso (FA), a diferencia del PNCS con una precipitación de 91.4 mm promedio mensual, la textura es tipo arcilla (A), un pH ligeramente neutro (6.4) una porosidad de 49%, y la materia orgánica fue de 3.90% (cuadro 3).

Cuadro 3. Características abióticas de las zonas de estudio. Los datos fueron obtenidos por la Red de Estaciones Climatológicas de la Comisión Nacional de Agua e Instituto Nacional de Investigación, Agrícolas y Pecuarias de Chiapas, más cercanas a las zonas recolectadas.

Zonas	TM (°C)		PM (mm)	pH	suelo		
	Max.	Min.			MO (%)	P (%)	T
REBISO	31.8	21	149.4	5.2	4.20%	58%	franco arcilloso
PNCS	33	20.5	91.4	6.4	3.90%	49%	arcilla

8.3 Floración, fructificación y su relación con factores abióticos

Se registró que los eventos fenológicos de floración y fructificación se presentan una vez al año, es decir, *B. karatas* es una especie anual cuya floración inicia desde mayo (20%), extendiéndose hasta julio (100%), para la zona el PNCS (Figura 11), siendo agosto el mes en el cual comienza la etapa de la fructificación con un 22 % de sus frutos,

presentando algunos frutos inmaduros, y encontrando que en noviembre es el mes que alcanzo el mayor número de frutos siendo estos 168 frutos maduros, mientras que para la zona la REBISO (Figura 12), la etapa de floración comenzó de igual forma en abril con un 20 %, y finaliza en julio (100%), mientras que su etapa de fructificación comenzó en el mes de agosto (45%), donde presento frutos inmaduros, alcanzado la etapa de frutos maduros en el mes de octubre teniendo 138 frutos.

Al realizar las pruebas de correlación entre fructificación-temperatura, fructificación-precipitación, floración-temperatura y floración-precipitación, para el caso de la zona la REBISO, presentaron poca correlación en cada una de las variables, mientras que para la zona PNCS la relación fructificación-temperatura, presentó una alta correlación negativa (Cuadro 4.)

Cuadro 4. Análisis de correlación entre fructificación-temperatura, fructificación-precipitación, floración-temperatura y floración-precipitación, en las dos zonas de estudio.

Zonas	Floración-Temperatura
REBISO	0.589
PNCS	0.510
Zonas	Floración-Precipitación
REBISO	0.236
PNCS	0.598
Zonas	Fructificación-Temperatura
REBISO	-0.333
PNCS	-0.708
Zonas	Fructificación-Precipitación
REBISO	0.422
PNCS	-0.147

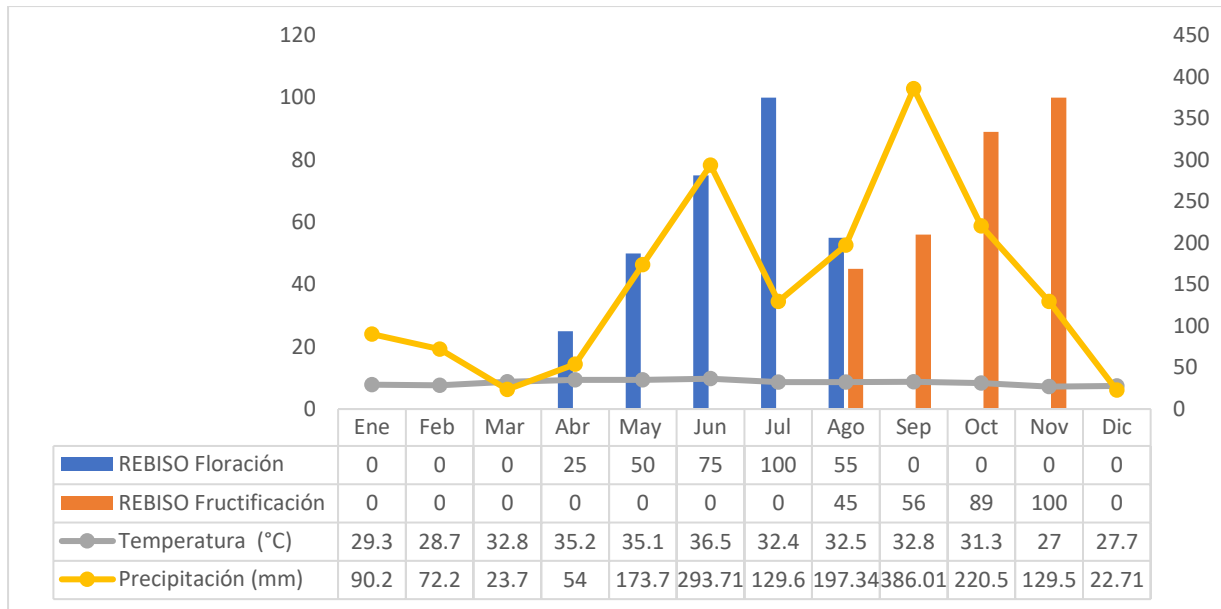


Figura 11. Fenología de *Bromelia karatas*, en la zona de la REBISO.

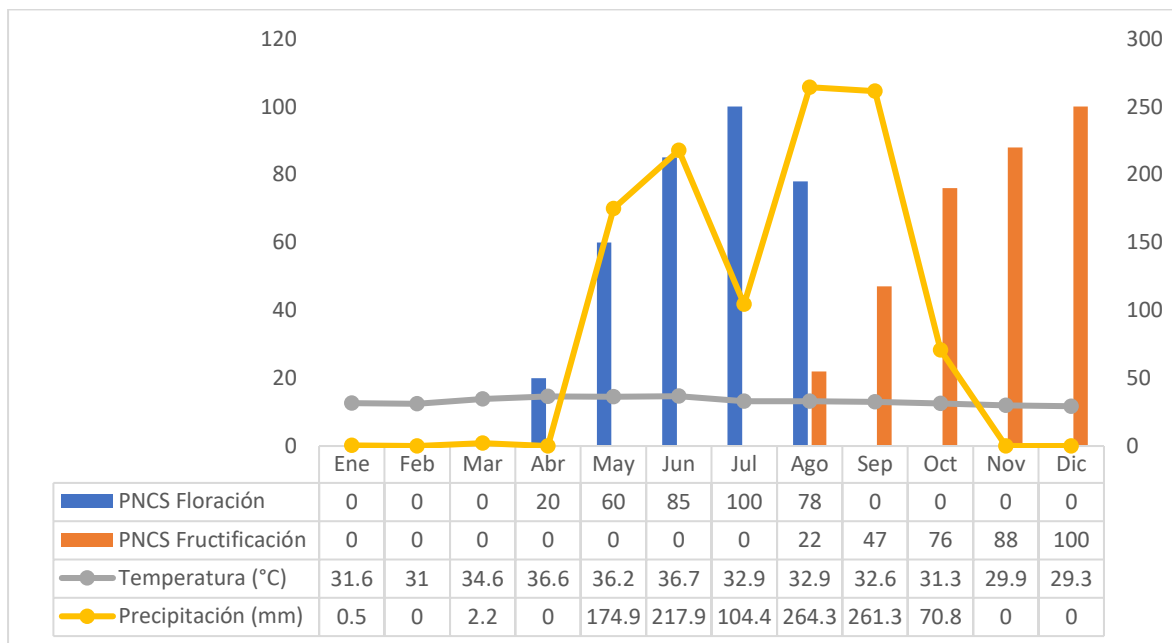


Figura 12. Fenología de *Bromelia karatas*, en la zona del PNCS.

8.4 Calidad de semillas

8.4.1 Morfometría y Alometría (tamaño y peso) de los frutos de *Bromelia karatas*

Se registraron diferencias morfológicas entre las zonas de estudio, en la zona PCNS los frutos de *Bromelia karatas* tienen una coloración rosa con blanco, esto en cada uno de las plantas muestreadas, estos son delgados en los extremos teniendo mayor grosor en el centro de los frutos (Figura 13a) mientras que los frutos de la zona REBISO presentaron color amarillento esto en cuatro de las cinco plantas muestreadas (Figura 13b), así como también se encontró frutos rosa con blanco (1/5), cabe mencionar que los frutos de la zona REBISO presentaron manchas negras, síntomas de plagas (no se hicieron estudios acerca de la plaga que afectó a los frutos).



Figura 13. Frutos de *Bromelia karatas*, a) fruto de la zona PCNS, b) fruto de la zona la REBISO.

De acuerdo a la prueba de U Mann Whitney, se presentan diferencias estadísticamente significativas en el peso ($W = 8949$, $P = < 2.2e-16$), largo ($W = 9790$, $P = < 2.2e-16$), ancho ($W = 7465.5$, $P = < 1.7e-09$) y número de semillas por fruto ($W = 3256.5$, $P = < 2.035e-05$), entre las dos zonas de estudio. Se observó que los frutos de la zona PCNS presentan mayor tamaño y peso ya que se tuvo un promedio de 8.95 ± 0.78 cm de largo, 2.56 ± 0.18 cm de ancho con peso de 25.76 ± 5.0 gr (cuadro 5), mientras que en los frutos de la zona REBISO, presentaron un promedio de 6.57 ± 0.84 cm de largo, 2.37 ± 0.22 cm de

ancho, con un peso de 17.92 ± 3.39 gr (cuadro 6), sin embargo, el mayor número de semillas por fruto de encontré en los frutos de la zona REBISO que presento de 41 semillas a diferencia de la zona PNCS que se encontró un promedio de 33.

Cuadro 5. Morfometría de los frutos de *Bromelia karatas* de la zona PNCS.

	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (gr)	Número de semillas por fruto
Media	8.95	2.56	25.76	32.94
Desviación estándar	0.786	0.188	5.08	9.48
Varianza	0.624	0.036	26.06	90.68
Máximo	10.34	3.01	36.06	51
Mínimo	6.13	2.03	12.07	6

Cuadro 6. Morfometría de los frutos de *Bromelia karatas*, zona REBISO

	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (gr)	Número de semillas por fruto
Media	6.57	2.37	17.92	41.22
Desviación estándar	0.840	0.227	3.39	15.11
Varianza	0.712	0.052	11.59	230.68
Máximo	8.737	2.917	28.68	66
Mínimo	2.453	1.647	10	8

8.4.2 Morfometría y alometría (tamaño y peso) de las semillas de *Bromelia karatas*

Para ambas zonas se encontraron semillas con la testa color café oscuras (Figura 14), con forma ovoide y superficie rugosa, presentan un endospermo abundante color blanco, con una textura arenosa, el embrión es amarillento ubicado en la parte basal.

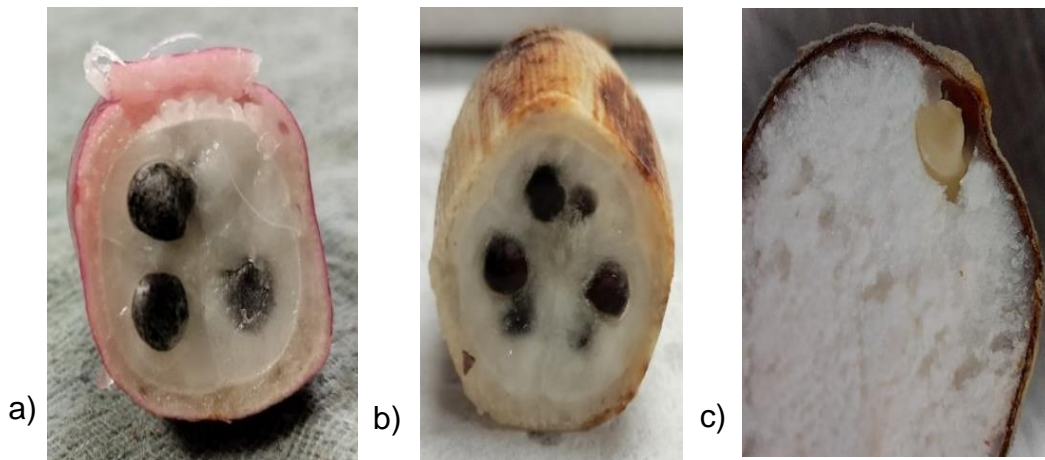


Figura 14: semillas de *Bromelia karatas*: a) semillas de la zona de PNCS; b) semillas de la zona REBISO; c) parte interna de semilla de *Bromelia karatas*.

De acuerdo a la prueba de U Mann Whitney, se presentan diferencias estadísticamente significativas en el peso ($W = 9800$, $P = < 2.2e-16$), largo ($W = 8639.5$, $P = < 2.2e-16$) y ancho ($W = 9149.5$, $P = < 2.2e-16$) entre las dos zonas de estudio; se encontró que las semillas de la zona PNCS presentaron un largo máximo de 10.39 mm y un mínimo de 3.62 mm, obteniendo un promedio de 5.23 ± 0.84 mm con un peso promedio de 0.0609 gr. (cuadro 7), mientras que las semillas de REBISO presentaron un promedio de 4.23 ± 0.51 mm, teniendo como máximo 5.41 mm y un mínimo de 3.09, con un peso promedio de 0.0321 ± 0.039 (cuadro 8).

Cuadro 7. Alometria de las semillas de *Bromelia karatas* de la zona el PNCS.

	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (gr)
Media	5.23	4.95	0.0609
Desviación estándar	0.844	0.799	0.0034
Varianza	0.712	0.639	1.16E-05
Máximo	10.39	10.35	0.0669
Mínimo	3.62	3.36	0.0528

Cuadro 8. Alometria de las semillas de *Bromelia karatas* de la zona la REBISO.

	Largo (mm)	Ancho (mm)	Peso (gr)
Media	4.23	3.94	0.0321
Desviación estándar	0.51	0.42	0.0386
Varianza	0.26	0.17	0.0015
Máximo	5.41	5.56	0.3480
Mínimo	3.09	2.89	0.0181

8.4.3 Producción

De acuerdo al análisis de U de Mann Whitney se presentaron diferencias significativas en la producción de las semillas entre las dos zonas de estudio ($p = < 0.007937$). La REBISO fue la zona que presentó mayor número de semillas por kilo, teniendo un promedio de $2899644.18 \pm 100889.637$, mientras que la zona PNCS presentó 1670131.44 ± 16087.17 .

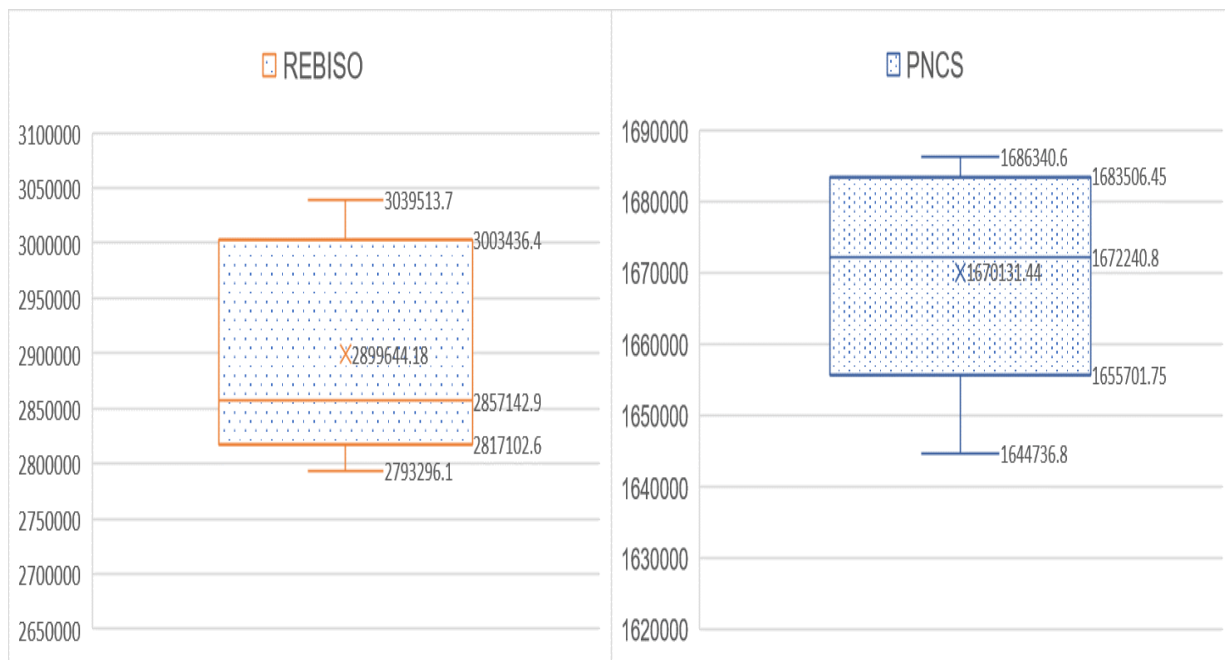


Figura 15. Determinación de producción (número de semillas por kilo) de dos zonas diferentes de la Selva Zoque (PNCS y REBISO).

8.4.4 Sanidad

De acuerdo a las pruebas de sanidad, se observó que las semillas provenientes de PNCS presentaron un porcentaje total de semillas sanas con un $92 \pm 2\%$ mientras que el menor fue la zona REBISO con un $88 \pm 2.6\%$ en el porcentaje de sanidad (Figura 15).

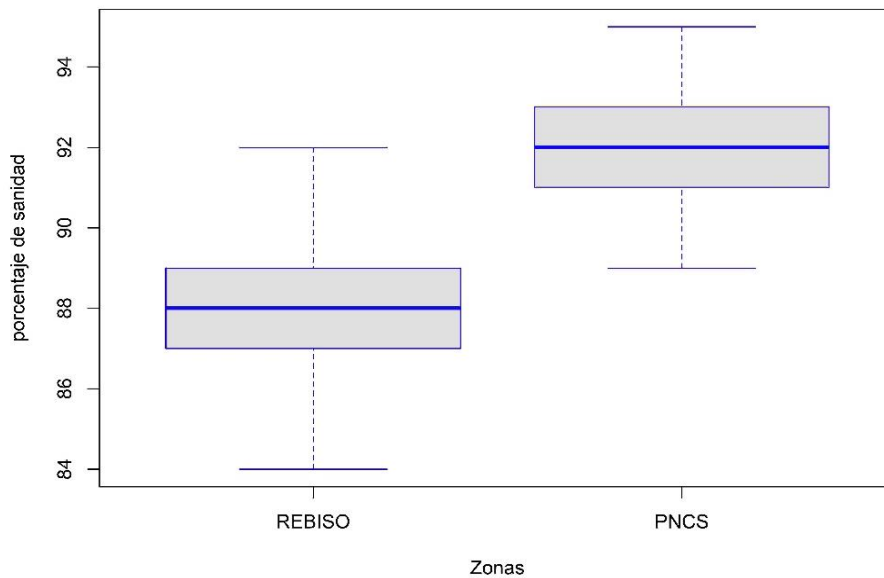


Figura 15. Porcentaje de sanidad final, en semillas de *Bromelia karatas*, de las dos zonas de estudio (PNCS y REBISO).

8.4.5 Contenido de humedad y viabilidad

De acuerdo a los resultados obtenidos por medio de la tinción de semillas por tetrazolio, se encontraron tres patrones topológicos: las semillas que fueron totalmente teñidas presentando una coloración roja en el embrión (semillas viables) (Figura 16a), las semillas parcialmente teñidas en rosa en algunas partes del embrión (Figura 16b) y finalmente las semillas totalmente libres de coloración las cuales son semillas no viables (Figura 16c). Se encontró que las semillas de la zona PNCS tuvieron mayor porcentaje final, con un 62% de viabilidad final, mientras que las semillas de la zona REBISO tuvieron menor porcentaje de viabilidad final con un 51%, de igual forma, el mayor porcentaje de humedad se obtuvo en la zona PNCS con promedio de 9.46 %, mientras que para las semillas de REBISO se encontró un promedio de 7.49%.

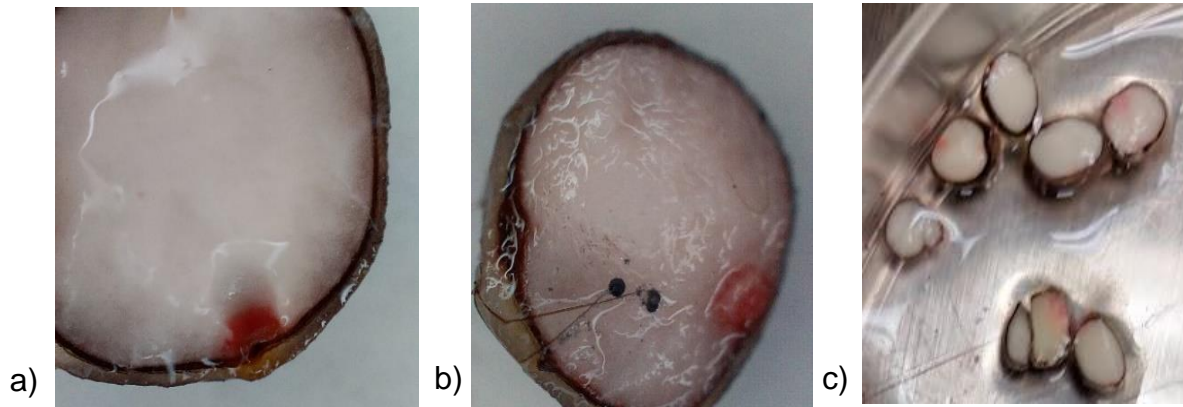


Figura 16. Patrones topológicos en semillas de *Bromelia Karatas*, a) semilla totalmente teñida de rojo (semillas viables); b) semilla parcialmente teñida de color rojo; c) semillas libres de tinción (semillas no viables).

Se realizó una prueba de correlación entre la humedad de las semillas con el porcentaje de germinación final, obtenido una alta correlación negativa para ambas zonas: REBISO obtuvo -0.968 , mientras que para PNCS se observó una correlación de -0.9024 , es decir a menor humedad en las semillas, mayor germinación (Figura 17).

8.4.6 Porcentaje de germinación y germinación acumulada

De acuerdo a lo obtenido, se observa mayor porcentaje de germinación final en las semillas de la zona el PNCS alcanzando un porcentaje de 76.67% , mientras que las pertenecientes a la zona REBISO, alcanzaron un 64.44% (cabe mencionar que las semillas no se sometieron a tratamientos pregerminativos; Figura17). Las semillas del PNCS iniciaron la germinación primero, teniendo dos semillas germinadas a los 51 días después de su siembra (dds), mientras que las semillas de la zona la REBISO comenzaron a los 57 días con tan solo cuatro semillas, siendo esta misma zona la que

obtuvo un total de 58 semillas germinadas a los 90 días, en comparación con la otra zona que alcanzó 69 semillas (Figura 18).

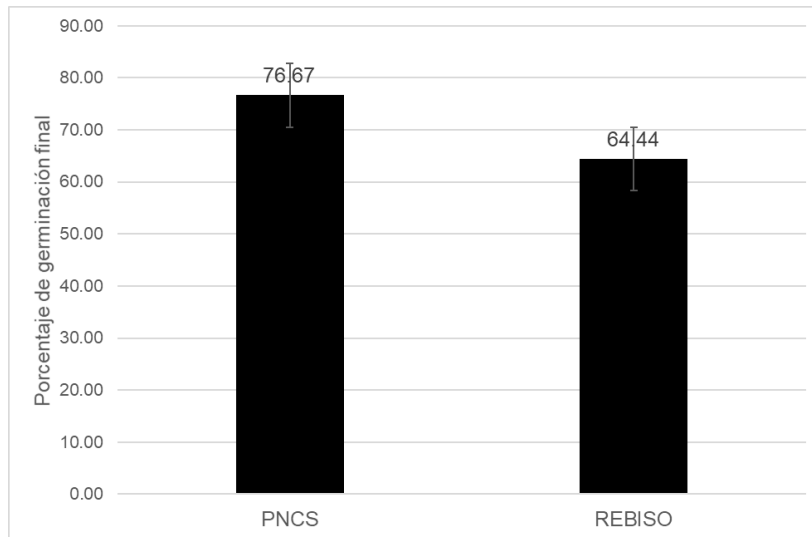


Figura 17. Porcentaje de germinación final de ambas zonas de estudio (REBISO y PNCS).

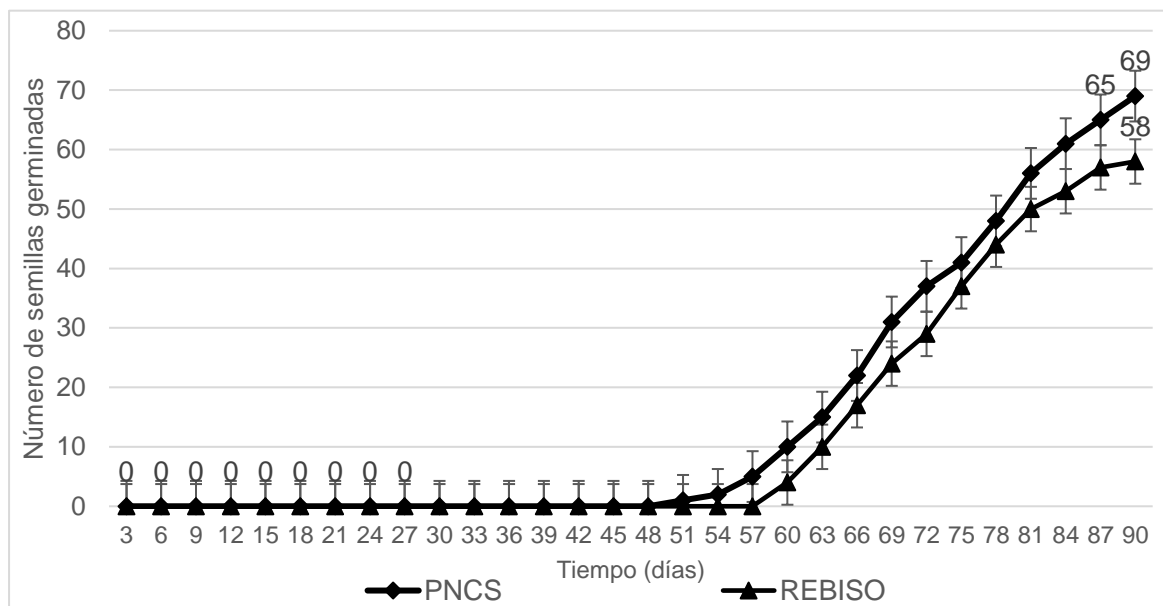


Figura 18. Germinación acumulada de ambas zonas de estudio (REBISO y PNCS)

8.4.7 Relación de la germinación con factores abióticos

Para este análisis se excluyeron las variables de temperatura y precipitación para la germinación ya que estas variables fueron las mismas a lo largo de todo el diseño experimental debido a que se realizó en el mismo invernadero para las dos zonas de estudio. De acuerdo al Modelo Lineal Generalizado, ninguna de las variables evaluadas para el proceso del porcentaje de germinación final, presentaron diferencias significativas, es decir no se encontró ninguna relación (Cuadro 9) entre éstas y el valor de germinación. Cabe mencionar que, para las variables de textura, materia orgánica y porosidad, el análisis arrojó No aplica (NA).

Cuadro 9. Análisis de Modelo Lineal Generalizado, para las variables evaluadas en el proceso de germinación final.

Variables	Valor-t	Valor-P
<i>pH</i>	1.108	0.349
<i>sanidad</i>	-0.622	0.578

X. DISCUSIÓN

De acuerdo a lo reportado por los habitantes de la comunidad General Lázaro Cárdenas (REBISO) y de Tierra Colorada (PNCS), son pocos los conocimientos que éstos tienen sobre esta especie, señalando únicamente su uso medicinal, específicamente para la zona la REBISO. Autores como Escandón-Rivera *et al.* (2019) y Murillo-Pérez (2020) realizaron estudios sobre esta especie y también confirman su importancia medicinal, encontrando que posee una actividad hipoglucemiante y antiparasitaria; en nuestro estudio, en la comunidad de General Lázaro Cárdenas, los adultos también mencionaron que la utilizan para desinflamar la próstata.

Montes *et al.* (2014) señala que existe pérdida de conocimiento tradicional sobre esta especie, posiblemente por la adopción de nuevas tecnologías: como cercas de alambre, introducción de nuevas especies o la habilitación de tierras para las labores agrícolas y ganaderas; aunado a ello, para ambas comunidades encontramos la falta de interés por las nuevas generaciones sobre esta planta, ya que en General Lázaro Cárdenas, los jóvenes aspiran a migrar a los Estados Unidos o Canadá, mientras que para la comunidad Tierra Colorada, éstos buscan empleos en las ciudad, dejando de lado el trabajo en campo

En cuanto a la fenología reproductiva de *B. karatas*, para ambas zonas de estudio, la floración inició en el mes de abril, teniendo el punto máximo de floración en el mes de julio, mientras que la fructificación se dio en el mes de agosto, aunque el punto máximo de la fructificación se dio en el mes de noviembre para la zona de estudio la REBISO, y en diciembre para la zona el PNCS. Comparando con los datos obtenidos por Espejoserma *et al.* (2005), éstos señalan que la etapa de floración para *B. karatas* ocurre en los

meses de mayo a octubre, mientras que Montes *et al.* (2014) mencionan que la floración se da en los meses de junio a julio; es importante señalar que estos autores no mencionan información con respecto a la fructificación. Ahora bien, comparando con la especie más parecida y cercana a *B. karatas*, como lo es la *B. pinguin*, Castell-Puchades *et al.* (2020) mencionan que la fructificación se da en meses de noviembre-febrero y su floración en mayo-octubre, muy parecido a lo reportado por Espejo-Serna *et al.* (2005).

Los resultados de los análisis arrojaron poca relación entre la floración y/o la fructificación, con la temperatura y la precipitación, lo cual indica que las etapas fenológicas no se ven influenciadas por los factores abióticos, esto en la zona de la REBISO, sin embargo, en la zona del PNCS se observó una relación entre la fructificación y la temperatura, donde a una menor temperatura hubo mayor número de frutos, así como la maduración de ellos. Albert-Puentes *et al.* (1993), citado por Castell-Puchades *et al.* (2020), señalan que la especie de *Bromelia pingüin*, su floración está relacionada con en la época de lluvia. Pozo-Gómez *et al.* (2020) realizan estudios con la especie forestal *Croton guatemalensis*, donde concluyén que la temperatura ambiental y la precipitación pluvial no son factores determinantes en el desarrollo de los frutos.

En cuanto a la morfología y alometría, los frutos de la zona el PNCS presentaron un promedio de 8.95 cm de largo y 2.56 cm de ancho, con un peso de 25.76 gr, mientras que las semillas de esta misma zona presentaron un promedio de 5.23 mm de largo, 4.95 mm de ancho y un peso promedio de 0.0600, a diferencia de los frutos de la REBISO, que se observó un promedio de 6.57 cm de largo y 2.37 cm de ancho, con un peso de 17.92 gr, cuyas semillas fueron de menor tamaño ya que presentaron un promedio de 4.23 mm de largo, 3.94 mm de ancho y un peso de 0.0321 gr. Por su parte López-

Hernández (2022) observó que los frutos de *B. karatas*, del municipio de Villa de Acala, Chiapas, presentaron un promedio de 6.06 cm de largo, un ancho de 3.87 cm y un peso de 12.67gr, y las semillas tuvieron 4.54 mm de largo, 2.84 mm de ancho y un peso de 0.0358 g en promedio, siendo éstos (frutos y semillas) más pequeños y de menor peso que los encontrados en esta investigación. Además, Espejo-serna (2005) encontró que los frutos de esta especie presentaron un promedio de 5.5 cm de largo y 1.2 cm de diámetro, y señala que las semillas presentaron un diámetro entre 3 a 4 mm de diámetro. Por otra parte, Lidueña y Martelo (2018), encontraron que los frutos presentaron un tamaño de 10.31 cm de largo y 1.59 cm de ancho mientras que las semillas tuvieron un promedio de 4 mm de largo y 3 mm de ancho, sin mencionar el peso. Montes *et al.* (2014) mencionan que *B. karatas* es una planta con diversidad de formas y color de los frutos.

Respecto a la calidad de las semillas, se encontró un alto porcentaje de sanidad de las semillas para ambas zonas de estudio (REBISO: 88% y PNCS: 92%), y un bajo porcentaje de viabilidad y humedad en ambas zonas, observando un 62% de viabilidad y un 9.46% de humedad en la zona el PNCS, mientras que la zona la REBISO tuvo 51% de viabilidad y 7.49% de humedad. Según la FAO (2019), la sanidad es la presencia o ausencia de organismos que producen enfermedades (hongos, bacterias y virus) y todas aquellas plagas de animales (nematodos e insectos), de acuerdo a lo encontrado en esta investigación, las semillas estuvieron libres de algún organismo que las afectara, aunque cabe mencionar que los frutos de la zona la REBISO presentaron una viscosidad y se observó algunos insectos solamente en el fruto, mientras que las semillas no presentaron agujeros producidos por insectos, ni hongos, exceptuando, algunas semillas vanas en ambas zonas, posiblemente por un mal desarrollo. Son pocos los trabajos relacionados

con la viabilidad y humedad de *B. karatas*, sin embargo, López-Hernández (2022) en su investigación encontró que las semillas presentaron un 63.3% de viabilidad y un 29.4% de humedad, y observó disminución de ambas variables a los 12 meses de almacenamiento con un 50% de viabilidad y un 15 % de humedad, siendo la viabilidad levemente similar a lo encontrado en esta investigación. Por su parte, López-Hernández (2022) observó que el almacenamiento y la disminución de la humedad favoreció a la germinación, siendo parecido a lo realizado en esta investigación, ya que, al realizar una correlación entre la humedad y el porcentaje de germinación, obtenido una buena correlación negativa para ambas zonas, comprendiendo que a menor humedad mayor germinación.

Finalmente se observó un alto porcentaje de germinación para ambas zonas, siendo el PNCS quien obtuvo mayor número de semillas germinadas con un 76.67% de porcentaje final, mientras que REBISO se observó un 64.44 %. En comparación con lo realizado por López-Hernández (2022) quien observó diferentes porcentajes de germinación final, aunque bajo pruebas pregerminativas en dos tiempos de almacenamiento (0 y 12 meses), encontrando bajo porcentaje de germinación (menor a 50%). Por otro lado, Lidueña y Martelo (2018) obtuvieron solamente 14% de germinación final aun sometiendo las semillas a imbibición en agua y a fotoperiodos de 12 horas, además mencionan que la germinación comenzó a los 28 días después de su siembra (dds). En el estudio de López-Hernández (2022), la germinación empezó a los 72 días de la siembra, para las semillas con 0 meses de almacenamiento y a los 39 días para las semillas de 12 meses, en comparación con lo encontrado en nuestra investigación, donde la germinación empezó a los 57 días en el caso de las semillas del PNCS y para la

REBISO a los 60 días. Finalmente, Albarrán-Mondragón *et al* (2015), realizaron cultivo *in vitro*, obteniendo un 100 % de germinación final, el cual comenzó la germinación a los cinco días.

XI. CONCLUSIÓN

Se observa poco conocimiento para la especie *B. karatas* para ambas zonas de estudio; se reporta mayor conocimiento en las personas de la tercera edad, mientras que, para los jóvenes y adolescentes, se le es desconocida o hay falta de interés por ella.

No se observaron fuertes correlaciones entre la floración y la fructificación con la temperatura y la precipitación, exceptuando los factores de fructificación-temperatura de la zona PNCS la cual presentó alta correlación: de acuerdo al modelo lineal generalizado, ninguna de las variables abióticas evaluadas para el proceso del porcentaje de germinación final tuvieron algún efecto significativo sobre la germinación.

Se observaron diferencias significativas entre morfometría de frutos y semillas de ambas zonas. Aunado a ello, la REBISO presentó mayor número de semillas por kilo que la zona PNCS, mientras que la sanidad fue mayor en la zona PNCS que la zona la REBISO.

La viabilidad de las semillas fue mayor en las semillas de la zona el PNCS; el mayor porcentaje de humedad se obtuvo en la zona PNCS.

El mayor porcentaje de germinación final se presentó en la zona el PNCS; también se registró una germinación más temprana en esta zona.

XII LITERATURA CITADA

- Albarrán-Mondragón, F. (2016). Establecimiento de cultivos in vitro de *Bromelia karatas* L. y su análisis fitoquímico preliminar. Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. México D. F.
- Campos-Bedolla, P., Bazán P., B., Puig, N. S., y Lobejón, E. (2003). Biología. 1:(1). Limusa 20 pp.
- Carevic, F. S. (2016). Hacia una integración de los rasgos ecofisiológicos de las plantas para la conservación de especies en peligro en ecosistemas sometidos a estrés hídrico. *Idesia (Arica)*, 34:(3) 33–38.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2000). La Diversidad Biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F. González-Salvatierra, C., Andrade, J. L., Orellana, R., Peña-Rodríguez, L. M. y Reyes-García, C. 2013. Microambiente lumínico y morfología y fisiología foliar de *Bromelia karatas* L. (Bromeliaceae) en una selva baja caducifolia de Yucatán, México. *Botanical Sciences*, 91(1), 75-84.
- Deimar E. N. P., y Cotrino, E. R. S. (2015). Análisis del Comportamiento Ccofisiológico y la Germinación en Tomate de Árbol *Solanum betaceum*, material naranja común, en el municipio de pasca-cundinamarca (tesis). Universidad de Cundinamarca facultad de ciencias agropecuarias programa de ingeniería agronómica fusagasugá, Dinamarca 91 pp.

Díaz, M. (2001). Ecología experimental y ecofisiología: bases para el uso sostenible de los recursos naturales de las zonas áridas neo-tropicales. Recuperado el 27 de noviembre de 2023, a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33906109>.

Global Biodiversity Information Facility. (2019). *Bromelia karatas*. <https://www.gbif.org>. consultado mayo 2023.

González-Rocha, E., Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. S. y Cerros-Tlatilpa, R. (2016). Las Bromeliaceae del estado de Morelos. Casa abierta al tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Hartmann, H. T., y D. Kester. (1998). Propagación de plantas. Sexta reimpresión. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. México. 760 pp.

Hornung-Leoni. (2011). *Bromeliads: Traditional plant food in Latin America since prehispanic times*. Polibotánica, México, 23: 219-229.

ISTA (International Seed Testing Association). (2010). International Rules for seed testing. Rules and annexes. Seed Sci. and Technol. 4: 3-177.

Limón, M. S. (1993). Estudio Morfoanatómico y algunos aspectos Ecofisiológicos de Especies Silvestres de Frijol (*Phaseolus* sp.) en Nuevo León (Tesis). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León 111 pp.

Lidueña, P. K. I y Martelo, S. A. M. (2018). Morfoanatomía, Histoquímica y Desarrollo post-seminal de semillas de Bromelias (*Bromeliaceae*) presentes en el departamento de Sucre-Colombia. Facultad de Biología. Universidad de Sucre. Colombia.

- 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.
- Lyra, D. H., L. S. Sampaio, D. A. Pereira, A. P. Silva y C. L. F. Amaral. (2011). Pollen Viability and Germination in *Jatropha ribifolia* and *Jatropha mollissima* (*Euphorbiaceae*): Species with potential for biofuel production. *African Journal of Biotechnology*, 10:(3) 368-374.
- Mendizábal-Hernández, L. del C., Ramírez, J. M., Alba-Landa, J., Ramírez-García, E., y Cruz-Jiménez, H. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Cedrela odorata* L. Recuperado el 27 de noviembre de 2023, a partir de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49728290005>.
- Montes R, Terán G, Zúñiga B. y Caldón P. (2014). Descripción morfológica de *bromelia karatas* L., recurso genético promisorio para patía, cauca, colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 1(12);62-70.
- Murillo-Pérez S A. (2020). Actividad anti-giardiasica *in vitro* de los extractos etanólicos y acuoso de *Bromelia karatas* L. (Licenciatura en Biología). Universidad Autónoma de México, Facultad de Ciencias. México, Cd. Mx.
- 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. 45 pp.
- Osorio M N., Moyano D F., Murillo W., Murillo E., Ibarz A. y Solanilla J F. (2017). Functional and rheological properties of piñula (*Bromelia karatas*) in two ripening

stages. International Journal of Food Engineering. 13(1).
<https://doi.org/10.1515/ijfe-2016-0154>.

Pérez-Farrera M. A., Espinosa-Jiménez J. A., López A., Gómez-Domínguez H. y Gordillo-Ruiz M. C. (2016). Flora y Vegetación de la Selva Zoque de Chiapas. En: SEMAHN. Ecoregión Zoque. Retos y oportunidades ante el cambio climático. Secretaria de Medio Ambiente e Historia Natural. México. Pp. 52-76.

Pozo-Gómez, D. M. (2018). *Aspectos ecofisiológicos de Croton guatemalensis Lhotsky en la Selva Zoque* (Tesis de Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión de Riesgos). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de Ingeniería. México, Chiapas. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/673>.

Pozo-Gómez, D. M., Orantes-García, C., Rioja-Paradela, T. M., Moreno-Moreno, R. A., y Farrera-Sarmiento, O. (2020). Diferencias en morfometría y germinación de semillas de *Croton guatemalensis* (*Euphorbiaceae*), procedentes de poblaciones silvestres de la Selva Zoque, Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana*. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1384>.

Ramirez T. A., Sánchez N. J. M., y García C. Al. (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. Universidad La Salle, 1(1), 55 pp.

Romero-Garay M G., Calf-Verdin E M., Soto-Domínguez A., Montalvo-González E. y García-Magaña M L. (2022). Health effects of peptides obtained from hydrolydes chicken by-products by the action of *Bromelia pinguin* and *B. karatas* proteases in Wistar rats induced with metabolic Syndrome. *International Food Research Journal* 29(5): 1078-1008. Doi 10.47836/ifrj.29.5.10.

Sandoval, C. (2002). Investigación cualitativa. Bogotá, Colombia. ARFO.

SEMARNAT. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México.

Solano, X. (1997). Colonización cultura y sociedad. Editorial Perspectiva digital. 1ª. Edición. 37 pp.

Toledo, V. M. (1999). Estudiar lo rural desde una perspectiva interdisciplinaria, el enfoque ecológico-sociológico. Memorias de las sesiones plenarias del V congreso de sociología. SAGAR-UACH-UIA. México.37 pp.

Toro I., M. V., S., G. Manriquez, y G. I. Suazo. (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. SAGAR-UACH-UIA. México.37 pp.

Villaseñor S G. (2016). Estudio del efecto hipoglucemiante de las hojas de *Bromelia karatas* L. en ratas STZ-NA. (Licenciatura en Biología). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, México. Cd. Mx.

Zárate, R., Amasifuen, C., y Flores, M. (2006). Floración y Fructificación de plantas leñosas en bosques de arena blanca y de suelo arcilloso en la Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Biología*, 13(1); 95.102.