



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**Efecto del manejo agroecológico sobre el
rendimiento y defensa contra plagas entomológicas
en árboles de dos variedades de tamarindo
(*Tamarindus indica*) en la comunidad de Chila, San
Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

ZAIRA MICHELLE LÓPEZ SORIANO



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. JOHNATTAN HERNÁNDEZ CUMPLIDO
CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, 2022**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

1. Datos del alumno

Apellido paterno: López

Apellido materno: Soriano

Nombre(s): Zaira Michelle

Teléfono: 5633383648

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Carrera: Biología

Número de cuenta: 314310734

2. Datos del tutor

Grado: Dr.

Nombre(s): Johnattan

Apellido paterno: Hernández

Apellido materno: Cumplido

3. Datos del sinodal 1

Grado: Dra.

Nombre(s): Irene

Apellido paterno: Sánchez

Apellido materno: Gallen

4. Datos del sinodal 2

Grado: Dr. en Q.B.

Nombre(s): Francisco

Apellido paterno: Armendáriz

Apellido materno: Toledano

5. Datos del sinodal 3

Grado: Dr.

Nombre(s): Arturo

Apellido paterno: García

Apellido materno: Gómez

6. Datos del sinodal 4

Grado: M. en C.

Nombre(s): Alicia

Apellido paterno: Rojas

Apellido materno: Ascencio

7. Datos del trabajo escrito.

Título: Efecto del manejo agroecológico sobre el rendimiento y defensa contra plagas entomológicas en árboles de dos variedades de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la comunidad de Chila, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México

Subtítulo: N/A

Número de páginas: 71

Año: 2022

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi mamá Silvia Soriano por ser mi ejemplo a seguir, por ser la mujer más inteligente y fuerte que conozco y también la más amorosa. Gracias mamá por todo el esfuerzo, sacrificio y amor con el que me educaste, siempre velando por mi integridad, estudios y bienestar a cada paso que daba. Este logro es de las dos, todo el camino recorrido que, aunque difícil y con muchos retos, los superamos y hoy nos encontramos plenas. Gracias por creer en mí, por enseñarme el camino desde pequeña y hacer de mí la gran mujer que soy hoy.

Gracias a mi hermano Alonso David por crecer conmigo y estar presente tanto en mis fracasos como en mis logros, siempre he tenido presente que sigues mis pasos y hago lo mejor posible para ser un buen ejemplo. Gracias por ser parte esencial en mi vida y toda la vida que hemos compartido, te quiero mucho.

A Erick Cruz por acompañarme a Oaxaca y ayudarme a recolectar todos mis datos en campo y realizar mi primer base de datos. Gracias por siempre estar, por apoyarme en todos los aspectos y recordarme a cada paso que puedo con todo, pero no todo a la vez, por escucharme y creer en mí desde el principio con todo el amor y admiración, por recordarme quien soy y de lo que soy capaz. Gracias por las risas, las tristezas, el amor y todo el camino recorrido.

A mi asesor y profesor el Dr. Johnattan Hernández por adoptarme, por ver en mí una estudiante capaz y guiarme en cada momento de este proyecto. Gracias a mis sinodales la Dra. Irene Sánchez, Dr. en Q.B. Francisco Armendáriz, Dr. Arturo García y la M. en C. Alicia Rojas por revisar mi tesis y proponer las debidas correcciones.

A Chira, su esposo Juan, su mamá, su hermana Lupita, sus hijos, sobrinos, a Domitila e hijos por ayudarme y abrirme las puertas de su casa, por las pláticas, su comida y por enseñarme su arduo y respetable labor en el campo; definitivamente la experiencia fue única y enriquecedora para mi vida en general, la llevo siempre conmigo en cada lugar en el que estoy. Estaré siempre a la expectativa de poder verlos nuevamente y aprender más de ustedes. Mi eterna gratitud y reconocimiento

A mis amigxs del CCH por todas las anécdotas y las cosas aprendidas juntxs, a mis amigxs de la carrera que admiro profundamente y mis compañeras de laboratorio Ara, Mich y todos en general por ayudarme en este proceso y con mi tesis.

A AstraZeneca y mi jefe Daniel Maldonado por darme mi primera oportunidad de trabajo, eternamente agradecida. Gracias a todos mis compañeros por ayudarme y enseñarme con toda la paciencia, por los buenos y divertidos momentos y la bonita amistad que estamos forjando.

A todos mis maestros y compañeros de toda mi vida estudiantil, no estaría aquí de no haber sido por ustedes.

Al proyecto IN206422 de: Relación de la domesticación de la guayaba (*Psidium guajava* L.) con niveles tróficos superiores a cargo del Dr. Johnattan Hernández Cumplido.

DEDICATORIA

A mi mamá, a mi hermano, a Erick, a la comunidad de Chila, San Pedro Mixtepec Oaxaca.

A mis ratitas del laboratorio, que no estaría aquí de no haber sido por ellas.

A mi tía Angélica que siempre soñó con verme en este momento.

A todas las mujeres que lucharon para que yo tuviera la oportunidad de estudiar y trabajar en lo que me
apasiona.

A la UNAM de haberme dado la oportunidad de estudiar.

A Maggie, Lady, Isha, Nima y Maple.

ÍNDICE

RESUMEN	9
I.- INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Agricultura y agroecología: desarrollo y relación con el ser humano en México.....	11
1.1.1 Árboles frutales y problemática a la que se enfrentan.....	12
1.2 El particular caso del tamarindo	14
1.2.1. Variedades de tamarindo.....	16
1.3. Artrópodos asociados a árboles de tamarindo.....	17
II.- OBJETIVOS E HIPOTESIS	19
2.1 Objetivos generales	19
2.2 Objetivos particulares.....	19
2.3 Hipótesis	20
III.- MÉTODOS Y MATERIALES	21
3.1. Sitio de estudio.....	21
3.2 Sujeto de estudio.....	22
3.2.1 Área de árboles	23
3.2.2 Tipo de árbol por grados Brix.....	23
3.3 Entomofauna asociada.....	25
3.4 Germinación	27
3.5 Análisis estadístico	28
VI.- RESULTADOS	30
4.1 Manejo agronómico.....	30
4.2 Grados Brix.....	30
4.3 Características vegetales.....	34
4.4 Entomofauna	35
4.5 Germinación, producción y caracterización de semillas	38
V.- DISCUSIÓN	41
5.1 Dos variedades de <i>Tamarindus indica</i> y su manejo en Chila, Oaxaca.	41
5.1.1 Composición de la pulpa de tamarindo y su relación con °Brix	42
5.2 Características morfológicas vegetales y su relación con la variedad en <i>T. indica</i>.....	45
5.3 Aspectos generales entomofauna y su relación con <i>T. indica</i>	46
5.3.1 Preferencia de artrópodos por variedad dulce	49
5.4 Baja germinación de la variedad dulce en <i>T. indica</i>.....	50

VI.- CONCLUSIONES.....	53
6.1 Consideraciones generales	54
LITERATURA CITADA.....	55
ANEXO 1.....	62
ANEXO 2.....	69
ANEXO 3.....	71

RESUMEN: Conocer el manejo agronómico de cultivos en zonas rurales no intensivas es vital para establecer un manejo integrado de plagas (MIP) eficiente afectando lo menos posible al ambiente. *Tamarindus indica* a pesar de ser una planta cultivada intensivamente en Guerrero y Michoacán, en Oaxaca se presenta como un cultivo secundario y/o de traspatio. Dentro de las problemáticas que enfrentan los productores, existen las plagas de artrópodos potencializando pérdidas totales. El estudio se realizó en la comunidad de Chila, Oaxaca, México con clima cálido subhúmedo donde se presenta cultivo de tamarindo de manera insipiente por lo que es importante dilucidar el manejo agronómico y problemática en torno a él ya que es el principal sustento económico temporal de varias familias. Los objetivos de este estudio fueron: 1) determinar si los agricultores de la comunidad realizan prácticas agronómicas, 2) evaluar la existencia de las dos variedades registradas globalmente de tamarindo en la región y 3) establecer la relación entre características vegetales, incluyendo germinación, con la presencia y/o preferencia de entomofauna en vainas. Se consideraron 50 árboles de los cuales se describió el tipo de pulpa. Además, se evaluaron parámetros de la planta como: la altura y cobertura de cada árbol y se colectaron vainas para cuantificar el peso de su pulpa, semillas y cáscara. De manera paralela, se registró la emergencia de insectos entre variedades. Se documenta que los pobladores no realizan ninguna estrategia de manejo, (ej. uso de pesticidas o fertilizantes). Se detectaron diferencias significativas en la cuantificación de azúcares describiendo 13 árboles con pulpa ácida y 37 con pulpa dulce. No existen diferencias entre la altura y cobertura de las dos variedades de tamarindo por lo que el tipo de pulpa no afecta o se ve afectado por estos parámetros. Sin embargo, las vainas de la variedad dulce presentaron mayor abundancia de artrópodos que la variedad ácida distribuidos ambos resultados en cuatro órdenes diferentes: Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera y Diptera. Los órdenes con mayor abundancia fueron Coleoptera (57.55%) e Hymenoptera (37.05%). Finalmente, la tasa de germinación fue menor en la variedad dulce. Se concluye que: 1) en Chila, Oaxaca no existen manejos ni aplicación de compuestos químicos en *Tamarindus indica* además de no realizar estrategia alguna de manejo agroecológico 2) en la localidad existen dos variedades de tamarindo

siendo predominante es la variedad dulce y 3) La variedad más susceptible a enemigos naturales es la variedad dulce, además de qué existen diferencias en estructura y composición de comunidades de artrópodos asociados.

Palabras claves: *Tamarindus indica*, agroecología, manejo agronómico, Oaxaca, plagas, germinación, grados brix.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1. Agricultura y agroecología: desarrollo y relación con el ser humano en México

El inicio de la agricultura actual surge a partir del conocimiento empírico del ambiente donde se desarrollan los cultivos de interés y del cuidado de estas plantas con herramientas y técnicas provenientes de la misma naturaleza, siendo esto uno de los principales motivos que orillaron al humano al establecimiento de las civilizaciones (Manzanilla & Lujan, 2000) fungiendo así como parte fundamental para el sostenimiento de las familias que se ven involucradas en su cuidado, cosecha, autoconsumo y/o posterior comercialización.

Los sistemas agrícolas presentes en Mesoamérica se vieron afectados por el contexto social y ambiental en el que se desarrollaron, siendo un parteaguas la conquista española en el siglo XVI-XVII conservado ciertas bases prehispánicas dando como resultado la “agricultura mexicana” (Pérez *et al.* 2014) lo cual permitió tener una amplia variedad de plantas, así como técnicas para su implementación y aprovechamiento involucrando factores abióticos (suelo, agua, factores climáticos y geográficos) y conocimiento prehispánico, todo ello transmitido de generación en generación. El avance de la economía agrícola en México ha dado a dos paisajes contrastantes: la gran cantidad de campesinos que aún subsisten de la agricultura tradicional apoyados principalmente por trabajos complementarios y remesas y por otro lado en menor cantidad, agricultores dedicados al mercado nacional e internacional con el suficiente poder adquisitivo para la inversión en nuevas tecnologías que aceleren procesos y obtención de elevados rendimientos (Coll-Hurtado *et al.*, 2003)

Estos avances tecnológicos brindados por la biotecnología, aunque útiles, se ha demostrado que pueden dañar de forma directa o indirecta a los ecosistemas naturales por la creciente y acelerada demanda por satisfacer las necesidades alimenticias de la población tanto a nivel local como global. Derivado de ello emerge la Agroecología, la cual se refiere al estudio de las técnicas que los agricultores emplean integrando el conocimiento empírico de factores tanto bióticos como abióticos a su favor aprovechándolos al máximo, impactando benéficamente a las cosechas, para lograr una mayor producción (Restrepo *et al.*, 2000; Delagaard *et al.*, 2003). Siguiendo el mismo orden de ideas, se encarga de unificar conocimientos y metodologías para la resolución de problemas agrícolas comunes como las plagas insectiles y/o enfermedades, crecimiento, deficiencia de nutrientes en el suelo por lo que integra conocimientos de otras disciplinas como de la Agronomía, Ecología, Sociología y Economía (Lovell, *et al.* 2010).

Como puntualización al tema, Martínez Castillo (2008) precisa que la Agroecología tiene una fuerte influencia a partir de la experiencia campesina desde su propia percepción de la Ecología dependiendo de los sistemas agronómicos que maneje, involucrando el manejo implementado en ellos desde un sentido práctico heredado del sistema familiar (Martínez, 2008).

1.1.1 Árboles frutales y problemática a la que se enfrentan

Referente a la conquista española y la influencia que esta tuvo en la cultura mesoamericana, se conoce la introducción de animales y plantas. Además de esta introducción con los españoles llegaron técnicas y herramientas nuevas tales como palas

y barretas para trabajar la tierra y asegurar huertos cultivando hortalizas rábano, cilantro, perejil y lechuga y por otro lado los árboles frutales, tales como duraznos, ciruelos, manzanos, entre otros (Mercado, 1984). Con el paso del tiempo, estas técnicas se fueron combinando con las locales y se fueron adecuando a nuestra geografía dando como resultado la unificación de conocimientos hispanos y mesoamericanos.

Con la introducción de esta diversidad biológica “benigna”, de la misma manera se establecieron plagas insectiles que no estaban presentes antes de la llegada de los españoles afectando cultivos tanto empíricos como exóticos, donde encontramos para el caso de los cereales en almacenes a gorgojos y polillas donde se utilizaban técnicas para combatirlos involucrando sahumeros con azufre, aeración o graneros subterráneos y ahogamiento al sumergir los granos en cuestión (Luxán, 1994). De la misma forma, existían plagas de gran relevancia para árboles frutales como la mosca de la naranja *Ceratitis capitata* causando importantes estragos en las naranjas al depositar su larva en ellas (*ibídem*).

Por otro lado, existe una importante problemática actual que involucra factores abióticos viéndose alterados con el paso de los años gracias al cambio climático. Los cultivos en general presentes en América Latina se enfrentan a un peligro inminente por el aumento de la temperatura global donde se estima que para el 2050, la temperatura promedio anual haya aumentado 2.5°C lo que conlleva a degradación del suelo, aumento del nivel del mar, cambio en la dinámica poblacional de plagas, entre otras (Lau *et al.* 2011).

1.2 El particular caso del tamarindo

Dentro de los árboles frutales introducidos por los españoles se encuentra el tamarindo (*Tamarindus indica*) donde se plantea la hipótesis de que llegó gracias a las vías de comunicación que surgieron en 1565 con la ruta entre Nueva España y Filipinas, donde se creó que llegó el tamarindo a Mesoamérica (Machuca, 2013) aunque otras corrientes sugieren que su introducción fue años después en 1615 en las costas de Acapulco viniendo desde Asia (país en específico desconocido) a través de las vías del Pacífico (El-Sidding, 2006). Actualmente el tamarindo es uno de los cultivos primordiales para la economía de familias campesinas dedicadas a la agricultura en comunidades rurales, el cual es un árbol dicotiledóneo perteneciente a la familia de las fabáceas siendo *Tamarindus* un género monotípico, lo cual significa que solo tiene una especie: *Tamarindus indica*.

En la actualidad esta planta, se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo, considerándose nativo de países africanos como Burkina Faso, Camerún, República Central Africana, Chad, Etiopía, Madagascar, entre otros mientras que, para países como Afganistán, Australia, Brasil, China, Colombia, República Dominicana, Hawái, Jamaica, México y Tailandia es considerada una especie exótica (Fig. 1). El continente asiático es el mayor exportador de tamarindo con una producción de 300 mil toneladas anuales, seguido de Tailandia con una producción de 140 mil toneladas anuales (Yahia, 2011).



Figura 1. Distribución del tamarindo donde se considera como especie nativa y como especie introducida (Modificado de: El-Sidding, 2006).

En México, el cultivo de tamarindo ocupa 8,000 hectáreas distribuido en llanuras tropicales en costas del Océano pacífico y Golfo de México (Orozco-Santos, *et al.* 2014). En los estados de Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas donde la producción anual alcanza aproximadamente 15 mil toneladas. El fruto del tamarindo es conocido como vaina, las cuales pueden ser alargadas o pequeñas y circulares, de color marrón entre oscuro y claro donde en su interior se encuentra una pulpa color naranja o parda la cual es el principal interés del tamarindo por ser de un sabor dulce o ácido y se utiliza para gran variedad de productos que van desde lo gastronómico hasta propiedades medicinales (SADER, 2019). La pulpa y las semillas son utilizadas como auxiliares en afecciones en la piel, tracto intestinal (constipación y diarrea), dolor en garganta, así como propiedades antibióticas, antifúngicas y molusquicidas (Yahia, 2011), funciones antioxidantes de particularmente las hojas (Reis, 2016) e incluso como antídoto contra veneno de serpientes (Azad, 2018).

1.2.1. Variedades de tamarindo

Basado en el grado de dulzura de la pulpa, se reconocen dos variedades de tamarindo: una variedad ácida, proveniente de África en general y la variedad dulce, donde se habla de su particular origen en Tailandia. La ácida, está ampliamente distribuida en todos los países donde el tamarindo reside, desarrollándose bien en sitios cálidos y soleados (Reis, 2016). La diferencia entre variedades está estrechamente relacionada con la cantidad de azúcar y de ácido tartárico presente en la pulpa. Sin embargo, en términos ecológicos se desconoce la frecuencia de estas plantas en la naturaleza y su efecto sobre sus enemigos naturales.

El ácido tartárico (ácido 2,3-dihydroxybutanedioic, $C_4H_6O_6$) es producido por las hojas como un producto primario de la fotosíntesis, y es reasignado posteriormente a las flores y finalmente al fruto siendo inservible para la planta una vez sintetizado por no tener las enzimas necesarias para su aprovechamiento (El-Sidding, 2006) es por esta razón que, en los frutos, la acidez no se pierde en la maduración, pero sí aumenta el porcentaje de azúcares siendo el tamarindo el árbol con frutos más ácidos y dulces a la vez, en comparación con otros frutos que de igual manera contienen estos dos elementos como las uvas, frambuesas y moras.

Estas variaciones son visibles en cultivos del mismo país e incluso de la misma región teniendo tanto árboles de pulpa dulce como ácida, siendo Tailandia un caso, donde se ha visto variaciones en el porcentaje de ácido tartárico desde 2.5 hasta un 11.3% y la azúcar de 5 a 40% (Azad, 2018; Saideswara, 2012) así como en Pakistán, (Hasan e Ijaz 2015) donde el ácido tartárico varía de 8.4 a 12.4% y los azúcares de 21.4-30.9% (El-Sidding, 2006). Se ha atribuido la variedad dulce como una mutación puntual

ya que se ha observado el efecto de si se corta y cosecha una rama de árbol de variedad ácida, esta puede crecer y producir pulpas dulces (Van den Bilcke, 2014).

Para el caso de América, también se han registrado ambas variedades en Antioquia, Colombia, aunque no se han determinado los porcentajes de ácido tartárico y azúcares (Mercado *et al.*, 2018)

1.3. Artrópodos asociados a árboles de tamarindo

De manera general, el tamarindo se enfrenta a una gran variedad de plagas dependiendo de la región donde se encuentre y la temporada del año. Es el caso de los árboles residentes en Shaheed Gundadhoor College, Jagdalpur y Bastar (India) donde Gupta (2018) identificó dos tipos de gremios de artrópodos: plagas y visitantes encontrando una correlación con los factores abióticos del entorno, así como con el estadio de crecimiento del tamarindo. Para los visitantes, encontramos al barrenador de fruta *Cryptophlebia ombrodelta* (Familia Tortricidae) cuando los huevos eclosionan en julio y las larvas comienzan a alimentarse de él, alcanzando su pico de actividad en la segunda semana de octubre y al insecto harinoso *Nipaecoccus viridis* (Familia Pseudococcidae), el cual tiene un comportamiento muy similar al barrenador de fruta (Gupta, 2018, Kumar *et al.*, 2018).

En Latinoamérica se ha encontrado que existen árboles productores tanto de pulpa dulce como de ácida y sus diferencias radican en los porcentajes de ácido tartárico y monosacáridos principalmente. A su vez, estas diferencias pueden explicar el grado de susceptibilidad a plagas, siendo los árboles dulces los más susceptibles a plagas insectiles tanto de coleópteros como de lepidópteros, (Mercado *et al.*, 2018).

En América, el tamarindo se enfrenta a particulares plagas de Coleoptera y Lepidóptera principalmente: el escarabajo *Caryedon serratus* los cuales ovipositan en las semillas del tamarindo consumiéndola desde el interior, afectando significativamente la vaina al buscar emerger de ella (Orozco-Santos *et al.*, 2008, Mercado *et al.*, 2018) y la palomilla *Amyelois transitella* (*comm. pers. con los productores*) teniendo un hábito similar al de *Caryedon serratus*. Ambos insectos pueden causar pérdidas totales en vainas al afectar directamente la producción por pasar desapercibidos en el momento de la cosecha, siendo primordial para su alimentación al centrarla en las semillas directamente y no en las pulpas siendo el producto de principal interés comercial. También podemos encontrar plagas como: chicharritas (Cercopidae), hormigas (género *Acromyrmex*) y el barrenador de ramas y tronco (*Trachyderes mandibularis* (Coleoptera: Cerambycidae), todas ellas de igual importancia ecológica en México al ser la principal causa de muerte en árboles jóvenes y ramas en árboles adultos. (Orozco-Santos, 2011; Mercado *et al.*, 2014)

La presencia de artrópodos en la comunidad de Chila, Oaxaca, México es un tema de gran preocupación tanto social como económica ya que al momento de la cosecha en el fruto no es evidente la plaga o infestación, pero una vez comercializada, es cuando comienzan a emerger en primera instancia los coleópteros conocidos como “plagas de almacén” con la posibilidad de afectar hasta el 50% del producto, dejándolas inservibles y no agradables a la vista de los consumidores finales (Orozco-Santos *et al.*, 2012).

Es por ello que al no tener un conocimiento certero del manejo agronómico y la incidencia de la variedad dulce y ácida en la región así como la tasa de infestación por insectos en las plantaciones de tamarindo de cosecha no intensiva de la comunidad de

Chila, Oaxaca, este estudio pretende observar las características morfológicas de los árboles de tamarindo de la región costa oaxaqueña, así como identificar las plagas incidentes en ellos para así posteriormente, crear propuestas de manejos útiles, de fácil acceso, económicas, sustentables y mejoradas beneficiosas para tanto los agricultores como a la calidad del fruto sin afectar al medio ambiente de la mano con la agroecología.

II.- OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1 Objetivos generales

Describir si existen diferencias con respecto al tipo de pulpa dependiendo de la cantidad de azúcares presentes (variedad dulce o ácida) en características morfológicas de la planta y la presencia de artrópodos en las vainas de *Tamarindus indica*.

2.2 Objetivos particulares

- Identificar el tipo de manejo empleado por los productores (abono, plaguicida, ambos o ningún tipo de manejo).
- Identificar si existen diferencias morfológicas entre las variedades de árboles; como pueden ser: altura y cobertura vegetal, producción de vainas y tasa de germinación.
- Observar e identificar los artrópodos asociados a las vainas de cada árbol, así como evaluar si existen diferencias significativas con respecto a la abundancia y diversidad de artrópodos por variedad de árbol.

2.3 Hipótesis

A partir de los objetivos, se plantean las siguientes hipótesis:

- Se espera que la comunidad de Chila, Oaxaca, tenga un manejo agronómico para sus árboles de tamarindo acorde a las herramientas al alcance en distribución y costos para los agricultores.
- La variedad ácida presenta menor cantidad de artrópodos, así como determinado efecto en dicha comunidad: La comunidad restante de artrópodos diverge por lo que la variedad dulce presenta mayor abundancia y diversidad que la variedad ácida

III.- MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Sitio de estudio

El estudio se realizó en la comunidad de Chila (15°55'22.45" N, 97°07'15.06" O) perteneciente al municipio de San Pedro Mixtepec, Oaxaca situada a 25 m s.n.m. La región presenta clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperaturas entre los 22 – 28°C y un rango de precipitación entre 800- 2000 mm (INEGI, 2021) (Fig. 2). Al llegar a la comunidad, se habló con una de las principales acopiadoras de la comunidad, Mayte Ríos (alias “Chira”), quien acopia la pulpa de los recolectores y recibe en su domicilio a los intermediarios para poder fijar el precio de la pulpa ya separada de la cascara. Cabe mencionar que al menos 30 personas llegan a este centro de acopio y así es como logran juntar cantidades que van desde 800 kilos a 1.5 toneladas por semana durante la temporada entera (marzo a mayo).

A partir del contacto con Mayte, se pudo charlar con quince familias recolectoras siguiendo el formato de bola de nieve (compartir de saberes), donde se hicieron entrevistas informales con cada uno de los recolectores (N=12) (Anexo 3) preguntando sobre los métodos de recolección y el manejo de los árboles a lo largo del año (pesticidas, abonos, etc.).

Aunque, de entrada, se formuló un cuestionario, al final, este no se empleó, ya que la respuesta primera de este que era: sobre si ellos mantenían algún tipo de manejo en los árboles de tamarindo. En todos los casos fue negativa. Sin embargo, a cada encuestado se siguió platicando con el entrevistado de manera informal con ellas abarcando los temas:

- Uso de pesticidas.
- Uso de abonos.

- Como es un día de cosecha y como la realizan (horarios, temporalidad, métodos y herramientas).
- ¿Tienen conocimiento de si existen variedades de tamarindo en su traspatio y terreno de recolección?

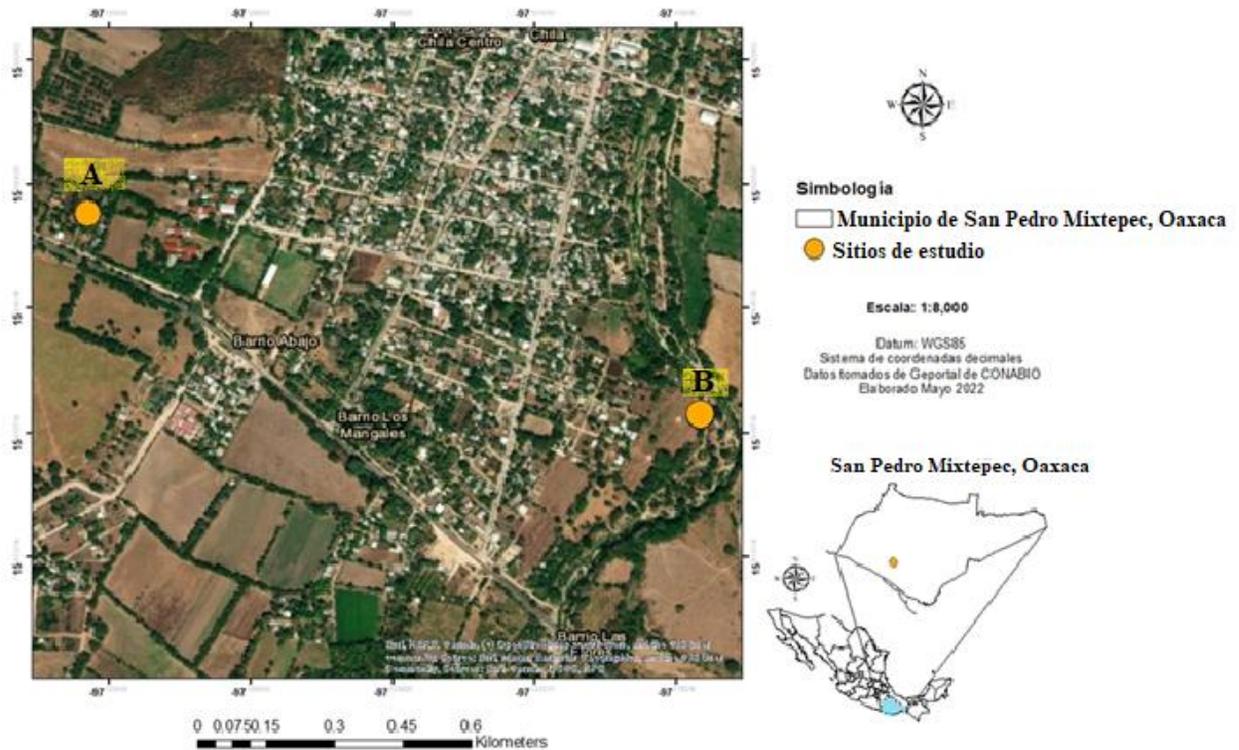


Figura 2. Comunidad de Chila, Oaxaca. Se muestran los dos sitios de colecta (A y B) donde se obtuvieron los datos de *T. indica* para este estudio. Autoría propia.

3.2 Sujeto de estudio

El nombre del tamarindo proviene del vocablo árabe “tamar-u’l-Hind” donde tamer-Hind significa dátíl seco, esto por la similitud de su pulpa con dichos frutos (Azad, 2018). Es una especie perennifolia o semi-perennifolia con hojas de color verde brillante y flores hermafroditas, alcanzando una altura de entre 18 a 25 m. Se le considera sexualmente maduro cuando llega a la edad de siete años, sin embargo, para poder

comenzar a producir frutos, debe tener entre 10 y 12 años (Yahia, 2011).

Su origen a partir de diversos estudios, pudo haber sucedido en distintas zonas geográficas del continente africano como: India, el lejano Oriente y Etiopía siendo el más aceptado por la comunidad científica (El-Sidding, 2006).

3.2.1 Área de árboles

Las plantas muestreadas para este estudio forman parte de la producción local de las cuales se permitió el acceso a un total 50 árboles de *Tamarindus indica*, seis pertenecen a cultivos de traspatio y los 44 restantes, se registraron en un mismo terreno de recolección; en cada caso como se mencionó anteriormente se investigó sobre el tratamiento agronómico utilizado por los productores. El acceso a estas áreas de recolección fue con la ayuda de las mismas personas entrevistadas, los cuales ayudaron a tomar diversos parámetros como altura y cobertura de cada árbol incluso, las fechas de colecta fueron acordadas de acuerdo con su calendario para que la colecta fuera acorde a la rutina que ellos siguen en su trabajo.

Las vainas se analizaron de forma individual, esto basado en el conocimiento de los recolectores y se pesaron los distintos componentes de cada una (pulpa, semillas y cáscara); cabe mencionar que, durante el experimento, se realizaron réplicas por cada árbol seleccionado.

3.2.2 Tipo de árbol por grados Brix

Para determinar poder clasificar cada árbol como variedad dulce o ácida, se utilizó un refractómetro de bolsillo (ATAGO) el cual, fue empleado como principal herramienta para la determinación de azúcares disueltos en las pulpas. El refractómetro determina la cantidad total de azúcares disueltos (TSS por sus siglas en inglés) en una solución

acuosa, ampliamente utilizado en frutas y vegetales (Magwaza, *et al.*, 2015). Particularmente, este refractómetro por el índice de refracción que utiliza, es posible conocer los grados Brix de la solución deseada sin importar la coloración o demás solutos en la muestra.

Para ello, se pelaron 5 vainas de cada árbol, se apartaron 0.1 g de pulpa y debido a que la pulpa es de consistencia más sólida que líquida, se diluyó en 1 mL de agua destilada colocando la solución en el refractómetro para así finalmente obtener el grado brix de cada muestra donde posteriormente a partir del valor resultante de la media de estas 5 repeticiones considerando el valor 6.5 como punto de inflexión, se consideró como un árbol de pulpa dulce (Fig. 3).

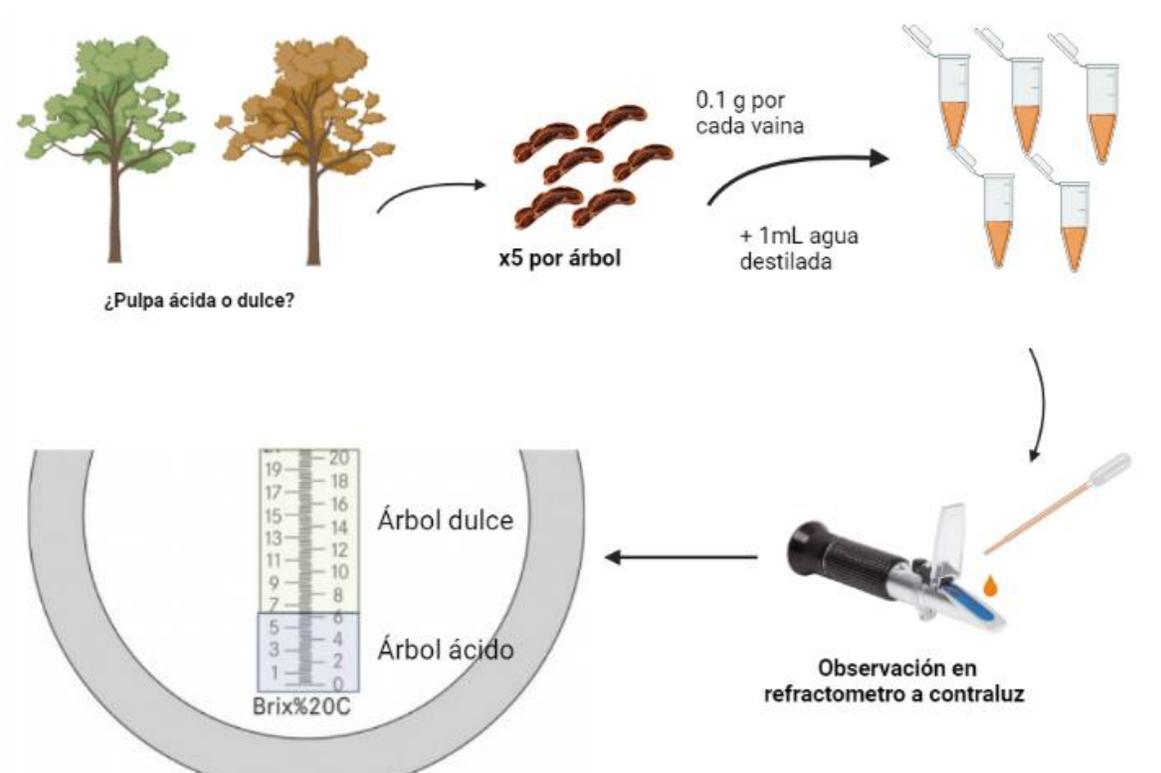


Figura 3. Representación gráfica del diseño experimental para toma de muestra e identificación de dos posibles variedades de *T. indica* en la comunidad de Chila, Oaxaca. Autoría propia con Biorender.

Una vez catalogados los árboles, se midió la altura y su cobertura de la copa de cada uno de ellos un clisímetro y una cinta métrica (50 m); posteriormente, se colectó 1 kilogramo de vainas por árbol entre las 10:00 y 15:00 hrs., siguiendo los procesos de colecta propio de los agrícolas locales (Fig. 4).



Figura 4. Medición de altura y cobertura de la copa de árboles de tamarindo auxiliada por Mayte.

3.3 Entomofauna asociada

Para poder monitorear la emergencia de artrópodos provenientes de las vainas, se

colocaron tres vainas de cada árbol en botes de plástico transparentes de 500 ml de capacidad (Figura 6b) con una tapa de tela que permitiera el paso del aire, pero no la salida de los insectos. Se realizaron ocho replicas por cada uno de los 50 árboles muestreados, dando un total de 1,200 vainas muestreadas en 400 botes. Los botes fueron revisados dos veces a la semana durante nueve semanas para poder registrar la emergencia de artrópodos adultos, de los frutos; los cuales se almacenaron en tubos Eppendorf con alcohol al 70% para su posterior identificación en el laboratorio (Fig. 5 y 6a).

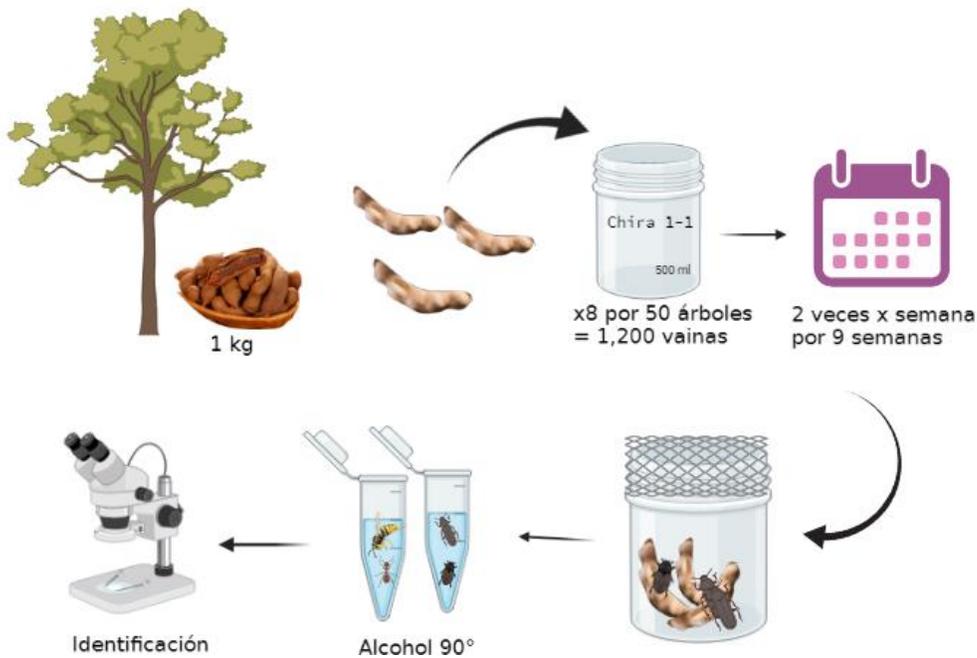


Figura 5. Representación del proceso realizado para la obtención de artrópodos endoparásitos de *T. indica*. Autoría propia con Biorender.

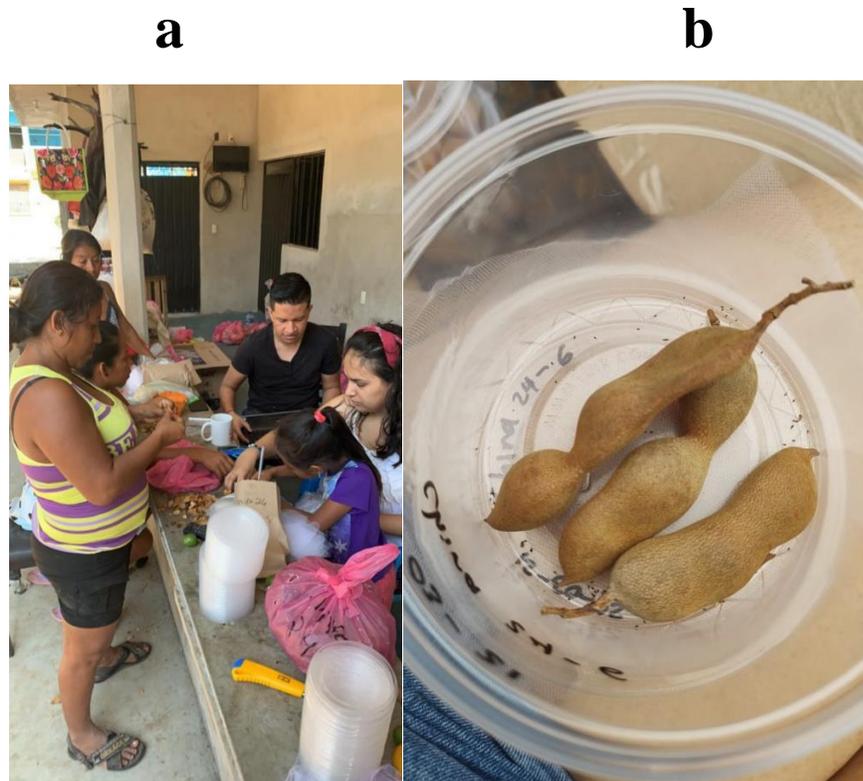


Figura 6. a) Procesamiento, etiquetado y almacenamiento de vainas recolectadas. Familia de Mayte ayudando. b) Selección de vainas para estudio de artrópodos asociados.

3.4 Germinación

De las vainas colectadas, se eligieron 3 vainas con peso y morfología coincidente entre ellas, de las cuales se pesó cada elemento; esto se realizó con la estandarización propicia para la venta de acuerdo a los productores de la zona para la venta (escoger las mejores vaina en cuanto apariencia y tamaño); posteriormente, se pesó la vaina sin cáscara y las semillas sin pulpa; las últimas se apartaron en bolsas de tela transpirable y etiquetándolas con respecto al número de réplica y de árbol obtenidas.

En el momento de la siembra, las semillas se apartaron de las bolsas de tela para sembrarse en almácigos con semilleros de 5x5 cm haciendo distinción en el número de árbol y la sub-replica de cada vaina de las que fueron extraídas con una etiqueta al

costado; cuidando de colocando solo tres semillas por almacigo, dando un total de 10 réplicas por árbol. La tierra utilizada fue comprada en bulto de 20 kg para asegurar que se encontrara lo más limpia posible libre de otros artrópodos o microorganismos (bacterias u hongos) que pudieran afectar los resultados (Fig. 7).



Figura 7. Cuantificación del peso de cada vaina y de sus componentes para la obtención de semillas por árbol y su posterior germinación. Autoría propia con Biorender.

3.5 Análisis estadístico

Para analizar si existen diferencias significativas entre las pulpas de los 50 árboles y así identificar los árboles de pulpa dulce y pulpa ácida, primero se determinó la media de las cinco réplicas utilizadas en cada árbol y así clasificarlos como árbol ácido o dulce con respecto al valor 6.5, por lo que menor a este valor es un árbol ácido y por el contrario si es mayor, se consideró como un árbol dulce (Mercado *et al.*, 2018). Una vez clasificados

todos los árboles, se obtuvo una media global ácida y otra dulce. Finalmente, conocidos estos dos parámetros, se realizó una t de Student con ambas medias globales.

Una vez clasificados los árboles en ácidos y dulces, se utilizó nuevamente el análisis estadístico t de Student para saber si existen diferencias significativas entre los dos tipos de pulpa con respecto a las características vegetales altura del árbol y cobertura del árbol para determinar si alguna variedad tiende a crecer o tener mayor cobertura con respecto a la otra, así como con la entomofauna asociada para determinar en qué variedad existe mayor prevalencia de artrópodos y finalmente con la tasa de germinación para evaluar si la dulzura/acidez de la vaina afectan el proceso de germinación y posibles diferencias en cuanto a gramaje entre cada una.

Al realizar el análisis de normalidad Shapiro-Wilcoxon con los datos obtenidos de germinación, los datos no se ajustaron a una distribución normal. Se procedió a transformarlos utilizando $\text{Log}(x+0.5)$ y al ver que aun así no se ajustaban, se realizó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney.

Finalmente, para conocer la posible relación entre los parasitoides himenópteros sobre el granívoro más abundante *Caryedon serratus*, se realizó una regresión lineal simple para evaluar si existe una correlación entre ambas especies.

VI.- RESULTADOS

4.1 Manejo agronómico

Al llegar a la comunidad de Chila, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, después de hablar con las dos encargadas de las zonas de traspatio y de recolección, pudimos constatar, en todos los casos, que no existe ningún tipo de cuidado precautorio hacía los árboles ni manejo agronómico que pueda involucrar plaguicidas, fertilizantes o de algún tipo de poda particular.

4.2 Grados Brix

A partir de la evaluación de la frecuencia de árboles de estas variedades (Fig. 8, 9 y 10) se encontró que existen diferencias significativas entre la concentración de azúcares en las pulpas, pudiendo diferenciarse 13 árboles de pulpa ácida y 37 árboles de pulpa dulce ($t= 1.48$, $df=9$ $P<0.0001$) (Fig. 11).



Figura 8. Terrenos de traspatio (marcados con una estrella amarilla) donde se encontraban los árboles de *T. indica* del 1 al 4 Chila, Oaxaca. Imagen satelital de Google Earth tomada el 01/Sep/2022.



Figura 9. Terreno perteneciente a zona de recolección con árboles de *T. indica* 5 y 6 (marcados con una estrella amarilla) en Chila, Oaxaca. Imagen satelital de Google Earth tomada el 01/Sep/2022.

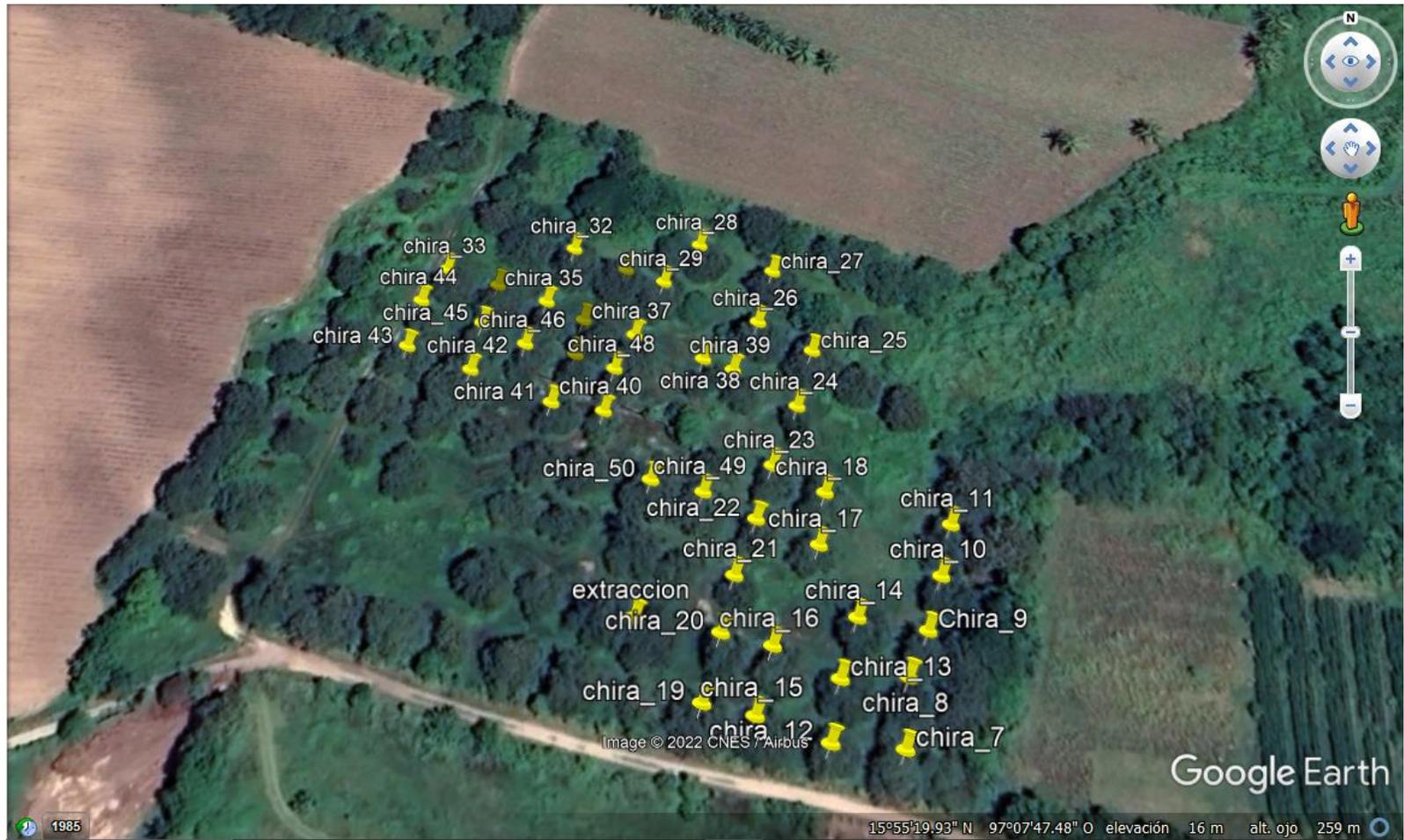


Figura 10. Terreno perteneciente a zona de recolección con árboles de *T. indica* del 7 al 50 (marcados con un pin amarillo) en la comunidad de Chila, Oaxaca. Imagen satelital de Google Earth tomada el 01/Sep/2022.

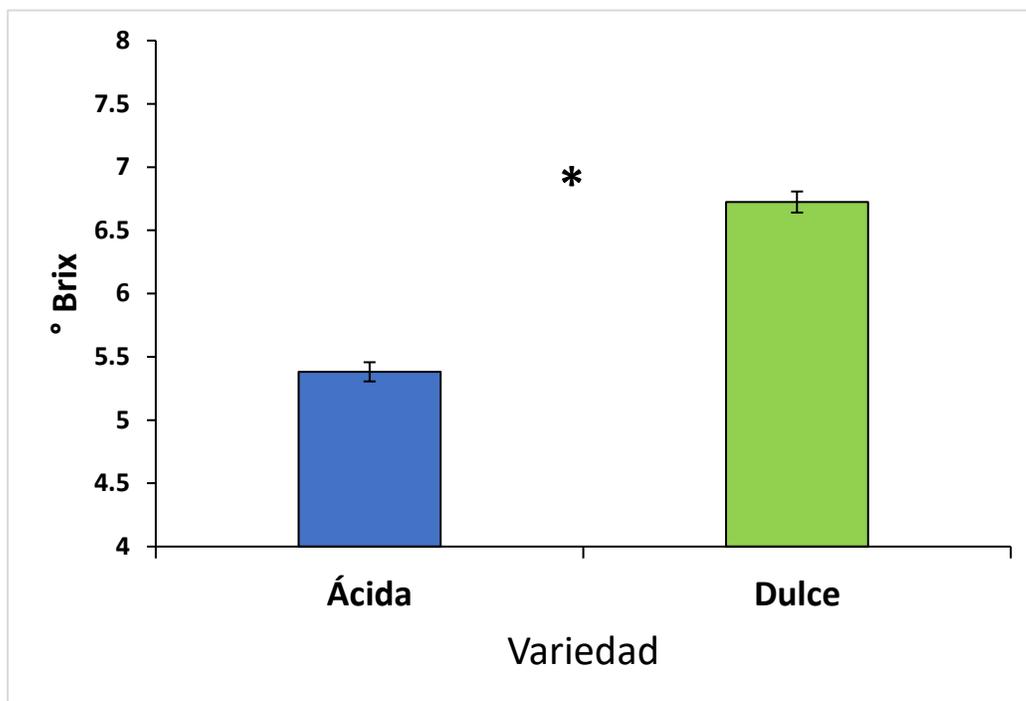


Figura 11. Promedio de grados Brix en árboles para determinar tratamiento dulce y ácido encontrados en *T. indica* en la comunidad de Chila, Oaxaca.

4.3 Características vegetales

Con respecto a las características morfológicas de *T. indica*, no se encontraron diferencias significativas entre variedades, por consiguiente, los árboles crecen y tienen la misma cobertura foliar no importando si producen pulpa dulce o ácida (altura: $t=0.18$, $df=48$, $P>0.05$) (cobertura: $t= 1.71$, $df=48$, $P>0.05$) (Figs. 12a y 12b)

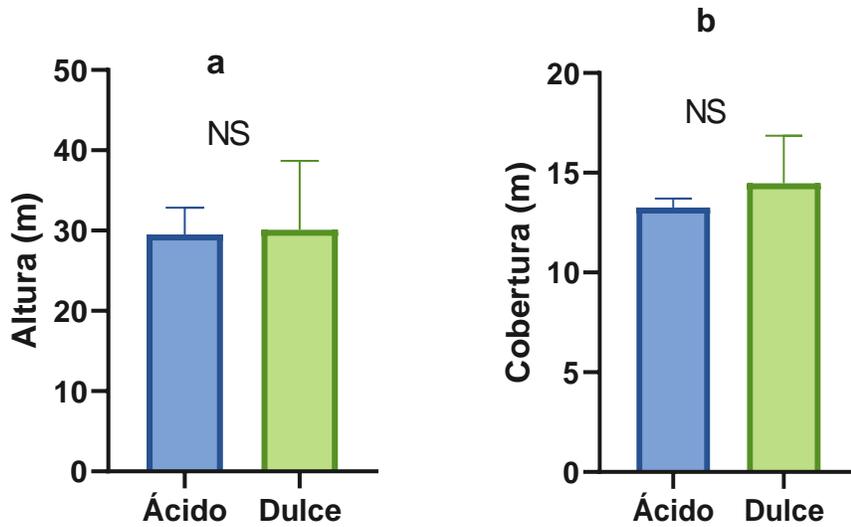


Figura 12. Datos obtenidos en metros (m) de a) altura y b) cobertura de árboles de *T. indica* haciendo distinción en variedad dulce y ácida. Las barras corresponden a la media ± 1 EE.

4.4 Entomofauna

De las vainas colectadas, se registraron 288 artrópodos adultos, divididos en cuatro órdenes (Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera y Diptera) divididos en 12 morfoespecies. Los órdenes más ricos fueron Coleoptera con siete familias; seguido por la orden Hymenoptera con dos (Fig. 13). Sin embargo, el taxón más abundante en el estudio fue el parasitoide Encyrtidae (Orden: Hymenoptera, con 102 individuos; seguido por el brúquido *Caryedon serratus* (Coleoptera: Bruchidae) con 72 organismos (tabla 1).

A diferencia de estos dos órdenes, en Lepidoptera y Diptera se registró solo una morfoespecie respectivamente (aunque en mayor abundancia para Lepidoptera con 14 individuos) la cual fue identificada como la polilla *Amyelois transitella* y el comúnmente conocido como “mosquito del hongo” de la superfamilia Sciaroidea.

Al separar los resultados por variedad, se observó una notable diferencia entre

ellas al dilucidar para la variedad dulce, se encontraron en total 237 organismos mientras que para en la ácida, 51 organismos (Fig. 14).

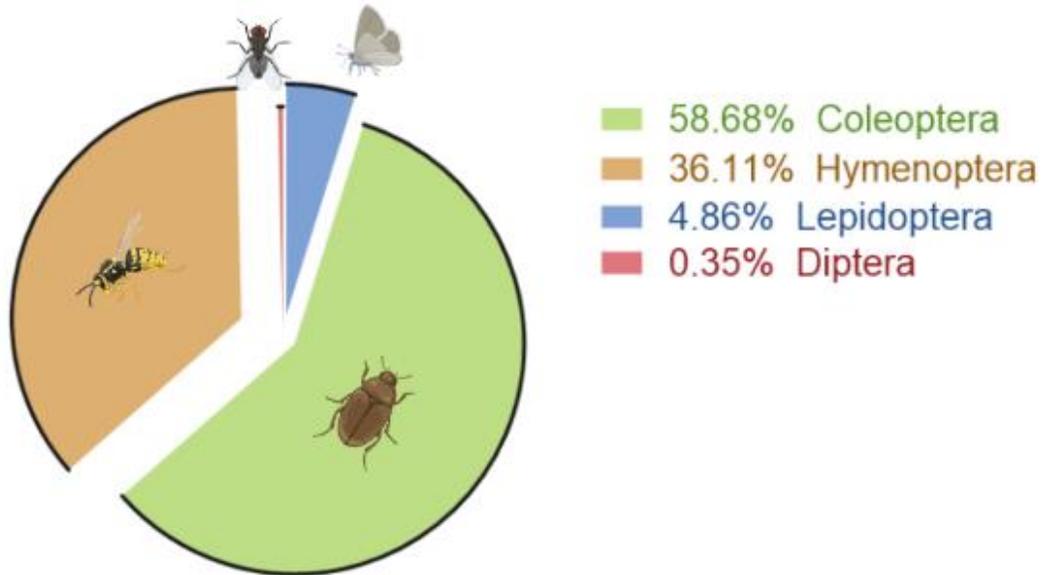


Figura 13. Los cuatro distintos órdenes obtenidos con respecto al total en las dos variedades de *T. indica*

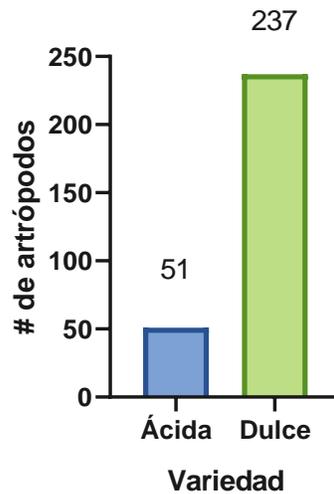


Figura 14. Cantidad total acumulada de artrópodos totales por variedad (ácida y dulce)

Tabla 1. Cantidad de morfoespecies identificadas

Taxón	Familia	Tipo de Fruto	Abundancia	Abundancia Relativa
Coleoptera				
Sp 1	Anthribidae	Dulce	1	0.003
Sp 2	Bruchidae	Ambos	72	0.251
Sp 3	Curculionidae	Ambos	23	0.080
Sp 4	Dermestidae	Ácido	1	0.003
Sp 5	Mycetophagidae	Ambos	2	0.007
Sp 6	Scolytidae	Ambos	64	0.223
Sp 7	Tenebrionidae	Dulce	5	0.17
Sp 8	Tenebrionidae	Dulce	1	0.003
Diptera				
Sp 1	Sciaroidea	Dulce	1	0.003
Hymenoptera				
Sp 1	Chalcididae	Dulce	1	0.003
Sp 2	Encyrtidae	Dulce	102	0.355
Lepidoptera				
Sp 1	Pyralidae	Ambos	14	0.49
Abundancia total			288	

En los árboles pertenecientes a la variedad dulce, es donde encontramos los cuatro órdenes de artrópodos con una mayor riqueza con 11 familias de las 12 en total (exceptuando Dermestidae), siendo Coleoptera predominante sobre los demás, pero con la particularidad que Hymenoptera solo se encontró en esta variedad (Fig. 15b). Por otro lado, para la variedad ácida encontramos seis familias y solo dos órdenes: Coleóptera y Lepidóptera con menor riqueza y abundancia (Fig. 15a). Particularmente, para ambas

variedades, el orden Coleoptera es la que tiene mayor prevalencia.

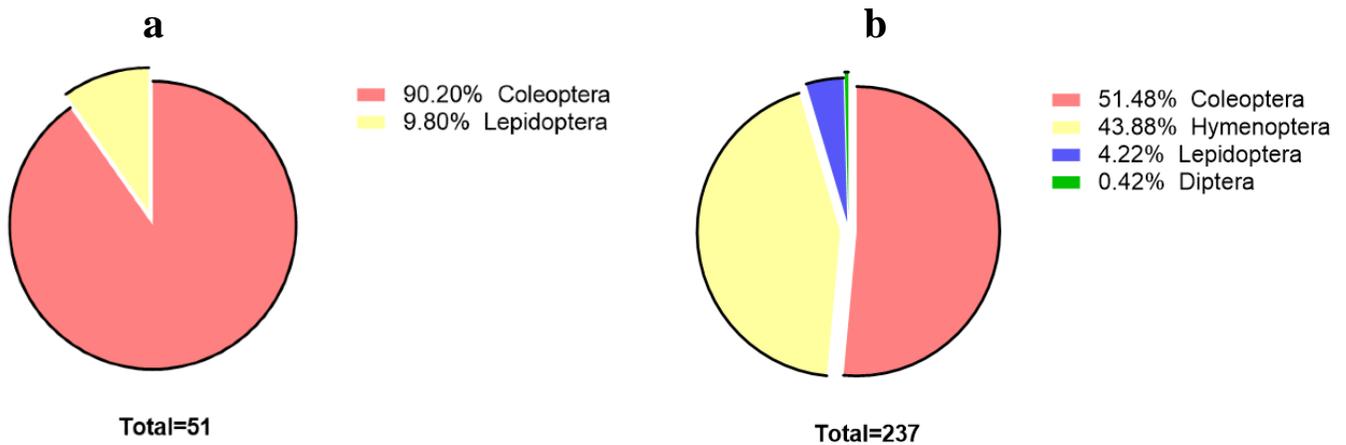


Figura 15. Porcentaje y cantidad total de artrópodos encontrados en variedad a) ácida y b) dulce de los órdenes Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Diptera en árboles de *T. indica*.

4.5 Germinación, producción y caracterización de semillas

Los resultados demostraron que no existen diferencias significativas entre las variedades demostrando similitud entre el peso de pulpas y semillas ($t= 0.535$, $df=48$, $P>0.05$) (Fig. 15).

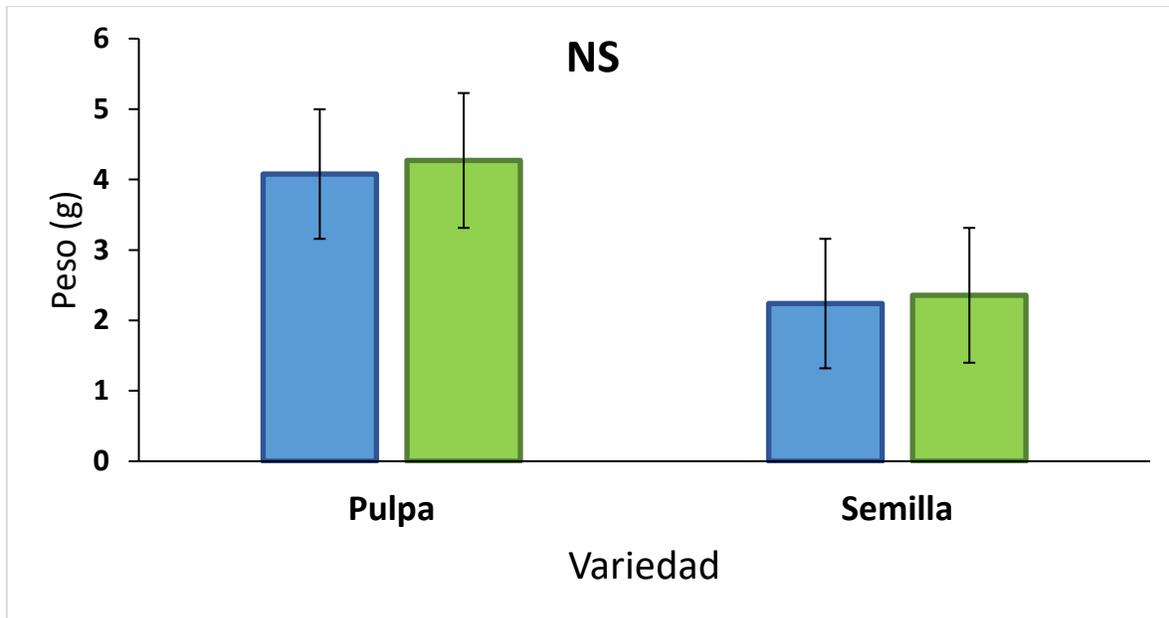


Figura 15. Pesos de las pulpas y semillas en variedades ácidas y dulces. Las barras corresponden a la media poblaciones \pm EE.

La curva de germinación resultante a partir de las 5 semanas que se observaron las semillas, muestra una particular tendencia a disminuir con el paso de las semanas tanto para la variedad ácida como dulce, pero en la última semana ambas tienen un aumento en la germinación, aunque en menor cantidad para la variedad ácida a diferencia de la dulce, atribuible a la diferencia de cantidades de semillas. (Fig. 16)

En el caso particular de la germinación total de las semillas, la variedad dulce produjo más semillas a comparación de la variedad ácida, sin embargo, el análisis estadístico mostró la superior germinación de la variedad ácida contra la variedad dulce ($U= 133.5, P<0.001$) (Fig. 17).

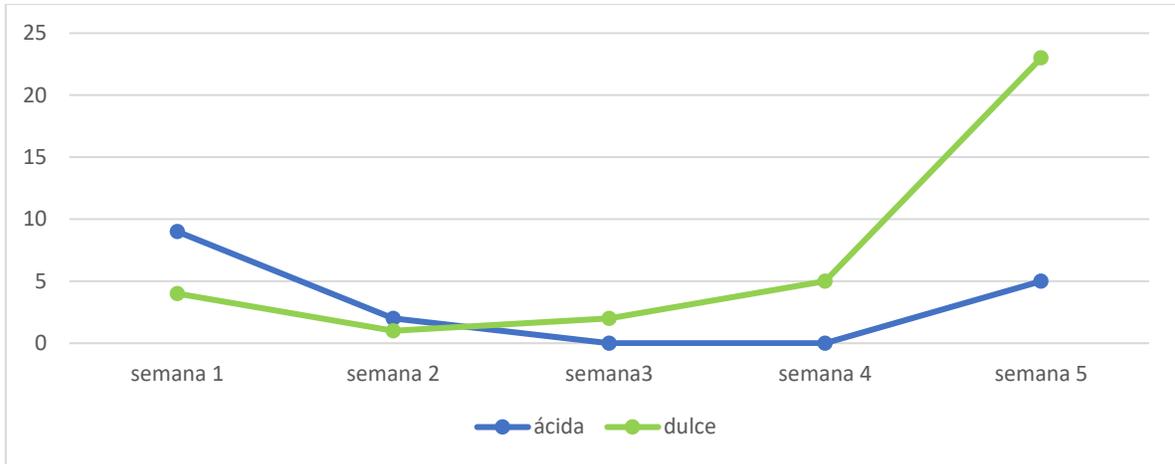


Figura 16. Germinación en árboles de pulpa ácida y dulce a partir de las semanas muestreadas.

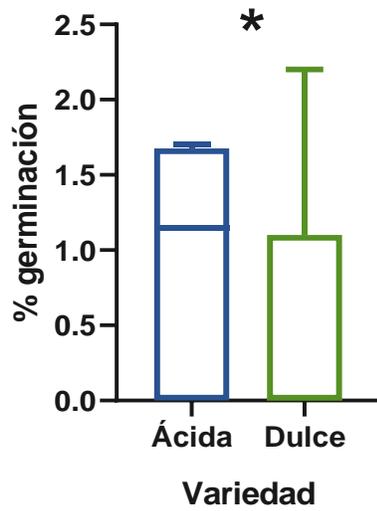


Figura 17. Porcentaje promedio de germinación plantas dulces y ácidos. Raya señala mediana

V.- DISCUSIÓN

5.1 Dos variedades de *Tamarindus indica* y su manejo en Chila, Oaxaca.

Derivado de investigaciones sobre tamarindo en diferentes latitudes (Colombia, Mercado *et al.*, 2018; Brasil, Reis, 2016), se ha demostrado la presencia de al menos dos variantes para los árboles de *T. indica* en América; una variedad dulce y otra ácida. Sin embargo, no ha sido demostrado de manera contundente para México, particularmente para Oaxaca, por lo que es importante para conocer la prevalencia de las variedades del tamarindo en el país, así como poder indagar las posibles diferencias tanto en características vegetales entre ellas, como en las plagas asociadas a las vainas específicamente.

Las investigaciones elaboradas en Antioquia, Colombia por Mercado y colaboradores (2018) muestran de igual manera, la existencia de dos variantes de *T. indica* notando como principal diferencia con nuestro estudio, los campesinos ya tenían bien definidas las diferencias entre las dos variantes de tamarindo a partir de características morfológicas y sabor del fruto donde se consideraron 30 árboles de cada variedad repartidos en 5 regiones equitativamente siendo el 50% árboles de variedad ácida y 50% árboles de variedad dulce mientras que en el presente estudio, la proporción no fue equitativa ya que no se tenían definidas las variedades por los campesinos de la comunidad por lo que se encontró que existe mayor prevalencia de la variedad dulce con 37 árboles (74%) contra 13 árboles de pulpa ácida (26%) (proporción 2:1).

El hecho de que los campesinos de Colombia tengan bien identificada la frecuencia de sus variantes de tamarindo nos habla de la existencia de un conocimiento sustentado desde la elaboración del terreno de recolección, separando y definiendo diferencias entre

variedades para poder aprovecharlas y sacar el mayor provecho posible en el comercio y el turismo, haciendo hincapié en el tipo de pulpa y todo el manejo que conlleva. Esto es muy contrastante con nuestro estudio en la comunidad de Chila al tener un muy pobre conocimiento de las variedades, además del conocimiento de los campesinos al asegurar poder identificarlas con solo probar la pulpa, sin embargo, esto no es del todo certero al no coincidir con los valores asociados a los grados brix (ANEXO 2).

Esta diferencia en la distribución y planeamiento de los terrenos de recolección es debido a la nula elaboración de cosechas intensivas por los productores de Oaxaca, siendo así un cultivo incipiente. Es por ello la falta de investigación en la posibilidad de utilizar un determinado manejo agronómico, principalmente enfocado en el control de la gran cantidad de artrópodos afectando la cosecha buscando la posibilidad de mejorar la calidad de la vaina y pulpa, siendo el principal interés comercial, desde la recolección hasta su comercialización siempre teniendo en cuenta evitar la pérdida de biodiversidad del terreno de recolección involucrada en procesos naturales del ecosistema (polinización, descomposición, depredación, etcétera.) cuidando la calidad sanitaria en medida de lo posible al eliminar la posibilidad de existencia de residuos bioacumulables para los consumidores finales.

5.1.1 Composición de la pulpa de tamarindo y su relación con °Brix

La composición química de la pulpa de tamarindo está dada principalmente por proteínas, minerales y carbohidratos de los cuales, se desglosan tres principales monosacáridos: glucosa, fructosa y arabinosa (Sulieman *et al.*, 2015) siendo distintas variaciones lo que genera la intensidad del dulzor de la pulpa. Al determinar variaciones en los azúcares a partir de la cuantificación de grados Brix, encontramos ambas

variedades de tamarindo coincidente con lo demostrado por Azad (2018) en su estudio realizado en Tailandia, donde menciona que la razón de encontrar estas dos variedades en cultivares, se debe principalmente a diferencias en la composición química del fruto. Es importante mencionar que el material de estudio utilizado por Azada, 2008 es fresco a diferencia de la comúnmente comercializada en los mercados donde ya ha sido sujeta a un proceso de secado, dando como resultado diferencias en el porcentaje de ácido tartárico, glucosa y fructuosa.

De manera general, el azúcar es un importante componente para dos funciones vitales en plantas: metabolismo y señalización, al fungir como transductores de señales al propiciar cascadas dando como resultado respuestas celulares a partir de expresión génica y actividad enzimática (Xiao, et al., 2000) es por ello esencial la cantidad de azúcares presentes en nuestras vainas al utilizarlas como un parámetro de comparación y clasificación. Siendo de esta manera el contexto, la cuantificación de sacarosa a partir de grados Brix es la herramienta ideal al ser una técnica ampliamente utilizada con frutas de mesocarpio húmedo fácilmente maleable, dando un valor a partir de la media de la cantidad de azúcar disuelta en ello y la pulpa recolectada en la comunidad de Chila, Oaxaca al estar todavía fresca, aunque no suficientemente jugosa, es apta para su implementación en refractómetro.

Las plantas utilizadas para consumo humano en general, entre ellas el tamarindo, existen preferencias principalmente en los agricultores que las trabajan, buscando que tengan las características más buscadas por los consumidores en cuanto a sabor, tamaño, olor e incluso apariencia desde las semillas (selección artificial). Es por ello por lo que surge la domesticación, la cual, ha sido la manera en que las mejores características han

podido ser seleccionadas y pasadas de generación en generación. Sin embargo, también se ha comprobado que influye en cambios morfológicos en la planta, así como contenido nutrimental y metabolitos secundarios (Hernández-Cumplido *et al.*, 2021) lo cual, nos puede sugerir que el tamarindo al ser una planta domesticada, se han ido seleccionando los frutos y semillas de los árboles menos ácidos hasta obtener árboles de dos variedades solo identificables con la ayuda de un refractómetro en las distintas pulpas. Sin embargo, esto es difícil de evaluar ya que sus parientes silvestres se encuentran en África, mientras que las plantas americanas se cree que se diversificaron a partir de unas pocas semillas que se trajeron de estas latitudes.

La diferencia en concentraciones de azúcares ha sido estudiada de igual manera en diversos frutos de interés comercial y gastronómico, como lo es en la uva tanto silvestre y domesticada (*Vitis vinífera*) donde a diferencia del cultivo encontrado en la comunidad de Chila, Oaxaca, el dulzor es muy importante al buscar que la uva sea lo menos ácida posible, por lo que la selección y domesticación de la planta influye en esta característica (Xin *et al.*, 2013). Por el contrario, con la pulpa de tamarindo, el efecto que se observa es indistinto porque el porcentaje de dulzor o acidez en ella no afecta que sea comercializada o no, esto observable en localidad de Chila, Oaxaca, así como en localidades con sistemas y manejos agronómicos similares de Veracruz como Soledad de Doblado y Manlio Fabio Altamirano, donde lo que puede influir en la venta y cantidad ofertada, es si la pulpa se encuentra descascarada o no (Viveros *et al.*, 2012)

El tamarindo es ampliamente utilizado en la gastronomía mexicana precisamente por la combinación de sabor dulce y ácido a la vez, incorporado a recetas para la elaboración de dulces, bebidas, salsas e incluso repostería por lo que es fácilmente

maleable la intensidad del dulzor, así como su sabor.

5.2 Características morfológicas vegetales y su relación con la variedad en *T. indica*

A pesar de la notable prevalencia de la variedad dulce sobre la ácida de *T. indica* en la comunidad, en este estudio no observó diferencia morfológica alguna con respecto a la altura y cobertura entre las dos variedades de árboles siendo así imposible diferenciarlos a simple vista. Para lo anterior, es necesario realizar análisis cuantitativos específicos como de grados Brix o acidez en la pulpa e incluso de morfometría y así poder catalogar a los árboles de manera certera.

Se tienen registros mencionado el origen de variedad dulce, donde se plantea la posibilidad de ser producto de la reproducción por esquejes de árboles de variedad ácida (clones), siendo la varianza en los azúcares de la planta nueva una mutación puntual (Van den Bilcke, 2014). Conociendo esto, se sugiere la hipótesis de que la propagación de la variedad dulce en Chila, Oaxaca pudo haber sucedido por este tipo de reproducción, siendo la manera más rápida y fácil de producir nuevos árboles con cuidados mínimos a comparación de crecer uno desde semilla. De igual manera, se sugiere como hipótesis el que los árboles no se puedan diferenciar por altura y cobertura al venir de uno o varios organismos, se crean individuos con poca o nula variedad la cual propiciada por la recombinación genética de la reproducción sexual.

Para el caso de México, se tiene conocimiento de la revisión realizada por González, 1984 en el Valle de Tecomán, Colima donde sugirió la propagación vegetal por medio de acodo (desarrollo de raíces de un tallo que todavía está unido a la planta

madre) de árboles adultos al tener el conocimiento de la reproducción de *Tamarindus indica* siendo solo por propagación de semillas resultando en mayor tiempo de espera para alcanzar la madurez sexual y así comenzar a producir frutos. Una de las ventajas de la propagación por acodo es que se pueden perpetuar característica de la planta y vainas que sean de especial interés (resistencia a plagas, adaptación a climas, etcétera). También, la reducción de costos es un importante factor a considerar al implicar el cuidado de las semillas por las posibles plagas y enfermedades que pueden afectar su germinación y posterior crecimiento.

De igual manera, González (1984) sugiere que la mejor reproducción asexual del tamarindo es a través de un acodo aéreo en ramas de 1 o 2 años utilizando heno con musgo como sustrato de enraizado ya que el tamarindo tiene problemas particularmente con enraizar cuando se desea reproducir por esquejes aún con el uso de fitohormonas.

5.3 Aspectos generales entomofauna y su relación con *T. indica*

Orozco y coautores (2011) consideran a los artrópodos como importantes y principales plagas para el tamarindo no solamente en los frutos, pudiendo llegar a afectar a todo el árbol, sin embargo, en este estudio nos centramos en las vainas al ser un producto de gran importancia económica, cultural y social para la comunidad de Chila, Oaxaca por ser una importante fuente recurso económico de muchas familias. A raíz de ello, pudimos constatar que las plagas de Coleópteros son las más abundantes y perjudiciales para las semillas y posteriormente para las vainas del tamarindo, en especial la plaga de *Caryedon serratus* conocido como “gorgojo” o “barrenador de la semilla” al emerger días después de la cosecha cuando ya se encuentra almacenada la vaina y

comienza a consumir a la semilla de adentro hacía afuera, produciendo finalmente daños a todo el fruto.

Se encontraron siete familias de artrópodos no descritas en la literatura para las vainas de *T. indica*, en la comunidad de Chila, Oaxaca, México en los siguientes órdenes y superfamilia:

- Coleoptera: Tenebrionidae (2 morfoespecies distintas), Mycetophagidae, Dermestidae y Anthribidae
- Hymenoptera: *Conura* sp. (Familia: Chalcididae) y Encyrtidae
- Diptera: Sciaroidea (superfamilia)

Los organismos pertenecientes al orden coleóptera de las familias Mycetophagidae y Dermestidae, encontrados en las vainas del tamarindo en ambas variedades, tienen la particularidad de encontrarse en la naturaleza tanto en los árboles en asociación con la madera y posibles hongos en ella así como en el sustrato, plantas herbáceas y materia en descomposición (Lawrence *et al.*, 2014, Cifuentes-Ruiz *et al.*, 2014) que aunque no son apreciables a simple vista, su presencia indica posible presencia fúngica en ellos. Por otro lado, se conoce que la superfamilia Sciaroidea (Orden: Diptera) utilizan a los hongos como medio para que sus larvas se desarrollen y fuente de alimento (Jakovlev, 2012). Se sugiere realizar estudios posteriores en épocas del año con mayor humedad para poder dilucidar la presencia de Mycetophagidae (Orden: Coleoptera) y Sciaroidea (Orden: Diptera) y su relación con el tamarindo y sus vainas

De acuerdo a la evidencia empírica, existen registros de Tenebrionidae encontrada tanto en vainas que aún se encuentran en árboles en Florida, Estados Unidos (1963) tanto

en comercios locales en Nigeria. En el caso de India, esta familia se ha visto en vainas destinadas a la importación hacia Estados Unidos y de igual manera en cereales y semillas en el año de 1990 (Triplehorn *et al.*, 1964; Ojo *et al.*, 2021 Zimmerman *et al.*, 1990).

Anthribidae de la misma forma, ha sido encontrado como plaga de almacén en tamarindo proveniente de Tailandia exportada a Estados Unidos. La anterior evidencia nos habla de que son principalmente plagas de almacén asociados a cultivos que se mantienen en contenedores o costales en espera de su posterior transportación y que no son exclusivas de vainas de tamarindo, afectan de igual manera a cereales, granos y semillas a diferencia de *Caryedon serratus* que es exclusivo del tamarindo.

El género *Conura* sp. de la (Familia: Chalcididae) se ha encontrado bien representado en países de América Latina como México, Costa Rica, Brasil, Panamá y Trinidad (De Santis, 1979) y de manera similar a la familia Encyrtidae, se tienen registros de parasitismo por la familia Chalcididae, particularmente hacia larvas pertenecientes a Coleópteros como el gorgojo de las vainas, *Ceutorhynchus obstrictus* (Familia: Curculionidae) siendo plagas de la canola y mostaza café (Dosal) pero también parasitan moscas igualmente parasíticas de pinzones del género *Philornis* sp. (Familia: Muscidae) afectando gravemente su población en las Islas Galápagos (Bulgarella *et al.*, 2017). Sin embargo, hablando particularmente del tamarindo perteneciente a Oaxaca, nuestro registro representa la primera evidencia de estos artrópodos presentes en las vainas los cuales pueden funcionar como potenciales hospederos.

5.3.1 Preferencia de artrópodos por variedad dulce

Nuestro estudio demostró a los principales artrópodos encontrados en las vainas de tamarindo de la comunidad de Chila, Oaxaca siendo el principal hallazgo el conocer la abundancia de morfoespecies presentes en los árboles donde se identificó un mayor número en la variedad dulce comparada con la variedad ácida.

En este mismo enfoque de abundancia de artrópodos, Mercado y colaboradores (2011) mencionan que los artrópodos encontrados en su estudio tienen distinto porcentaje de infestación dependiendo de la variedad, ellos describieron 28% de infestación para la variedad dulce, a diferencia de la ácida, concluyendo un 21%. Estos valores para la variedad ácida son similares, sin embargo, en Chila, Oaxaca se encontró mayor diversidad y abundancia de artrópodos, pero con la particularidad de marcadas diferencias entre porcentajes de infestación al ser muy altas siendo que, para la variedad dulce, tenemos 82% contra 18% de la variedad ácida.

Enfocándonos en los órdenes encontrados en ambos estudios, los artrópodos pertenecientes al orden Coleoptera, en ambas variedades tienen un porcentaje de infestación de 17-22% y para Lepidoptera, de 6-10%. Tratando particularmente cada una, en nuestro estudio, coleóptera se encontró en mayor cantidad y variedad al representar el 57% de los organismos en total encontrados, prestando especial atención a las vainas dulces, representando el 51% de los artrópodos. En el caso de Lepidoptera, solo representa el 5% del total y para la variedad dulce 0.042%, además de encontrar gran cantidad himenópteros con la particularidad de ser exclusivos residentes de los árboles dulces y Mercado *et al.*, (2011) no los encuentra en su estudio, así como al orden Díptera.

En el estudio fue notable la gran cantidad de himenópteros encontrados en la

variedad dulce, a parte de la cantidad de 102 organismos de la familia Encyrtidae y uno de la familia Chalcididae (ver Anexo 1), lo que nos lleva a sugerir que los himenópteros cuentan con la capacidad de identificar esta diferencia de azúcares en las pulpas de *T. indica* por cuestiones biológicas vitales, ya que la cantidad de azúcar disponible es una importante característica para su reproducción al ser una de las principales fuentes de carbohidratos para su posterior alimentación en la adultez, propiciando la longevidad y óptimo estado físico (Sheng *et al.*, 2019). Al ser particularmente parasitoides, la familia Encyrtidae son ampliamente utilizados como biocontrol de plagas en cultivos de tomate donde se encuentran barrenadores de frutas Orden: (Lepidoptera,, Familia: Pyralidae), barrenadores de eucalipto (Orden: Coleoptera, Familia: Cerambycidae, Burpestidae) que tienen la particularidad de introducirse en los frutos, semillas o cortezas haciendo difícil su erradicación con agroquímicos. (Hanks, 1995; Duan, 2011; Lawrence, 1995).

Hacen falta más estudios para conocer la biología reproductiva de los himenópteros en *T. indica* para poder entender la ovoposición de cada familia, en qué momento ocurre y como y de que estructura aprovechan los azúcares en la etapa adulta, así como los posibles hábitos de ovoposición distinguiendo entre las dos variedades.

5.4 Baja germinación de la variedad dulce en *T. indica*.

La selección de plantas domesticadas en general, existe desde el momento en que se escogen las mejores semillas por su color o brillo lo cual, es uno de los principales factores evolutivos (Vargas-Vázquez *et al.*, 2008; Chen *et al.* 2017). En este estudio pudimos observar mayor cantidad de semillas para la variedad dulce con un total de 998 mientras que la variedad ácida acumuló 318. En cuanto a la tasa de germinación, el

porcentaje promedio para la variedad dulce es menor a comparación con la variedad ácida, siendo que solo el 3.51% de las semillas germinaron contra un 5.35% de la variedad ácida respectivamente considerando la cantidad de semillas que cada una produjo. Debido a que las semillas del tamarindo necesitan factores específicos para su germinación como total oscuridad y temperatura que oscile entre los 28°C en el día y 16°C en la noche, se intentó asemejar lo mayor posible estas condiciones en el interior de una casa, sin embargo, no fue del todo precisa esta aproximación por lo que pudo haber sido uno de los motivos por el que se observó tan baja germinación en ambas variedades

Otros de los factores probables a los que se pueden atribuir el comportamiento de germinación del tamarindo en la comunidad de Chila, es a la gran cantidad de infestación de coleópteros, en especial los que residen y alimentan principalmente de la semilla del tamarindo como lo son *Caryedon serratus* y *Sitophilus linearis* ya que al ser plagas de almacén, es difícil visualizarlos una vez hecha la colecta de las vainas y es notable su presencia hasta que ya emergió de la vaina apreciable como un hoyo de 2 mm de diámetro y dependiendo de la cantidad de artrópodos que emerjan de ella así como la cantidad de desechos y residuos además de las larvas que depositen las hembras, pueden dejar la vaina en mal estado y prácticamente incomerciable. Estas dos plagas de almacén han sido registradas de igual manera en Colombia, India y Tailandia, en especial áreas tropicales y sub-tropicales por lo que la infestación está presente en la mayoría de los lugares donde *T. indica* se cultiva y no se implementan medidas para controlar o erradicar su presencia y posterior emergencia ya que se cree que la introducción de *Caryedon serratus* llegó junto con el tamarindo originarios del viejo mundo por lo que es una plaga específica del tamarindo (De La Cruz, *et al.*, 2013).

Con respecto al posible papel que pueda jugar la variedad de tamarindo con la producción y germinación de semillas, se ha observado con diversas plantas la importancia del metabolismo de los azúcares en la embriogénesis, así como en su posterior crecimiento y desarrollo, ya que funcionan como un regulador de señales para genes involucrados en los distintos estadios del ciclo de vida (Xiao *et al.*, 2000). Lo anterior puede sustentar la hipótesis de que la variedad ácida, al presentar menor cantidad de azúcares, no desencadena el adecuado crecimiento en las plántulas esto es similar a lo observado por Reyes-Díaz y colaboradores (2018) en estudios realizados con *Agave* sp. al comprobar que, en mayor concentración de sacarosa, habrá mayor y mejor maduración de embriones, propiciando posteriormente la germinación al establecerse embriones viables.

Se ha observado que las semillas de tamarindo *in vitro* llegan a plántulas con especial éxito debido a que deben llevar un determinado proceso para que puedan germinar y producir hojas verdaderas a partir de cuidados específicos que incluyen lavados con cloruro de mercurio (HgCl_2), dejarlas en oscuridad total en una temperatura aproximada de entre 2 y 25°C y cultivadas en medio Murashige and Skoog (Mehta, *et al.*, 2000) por lo que para estudios posteriores donde se quiera asemejar la germinación de las plántulas en la naturaleza, es importante considerar todos estos parámetros para obtener resultados sin variables externas que puedan reducir la posibilidad de germinación.

VI.- CONCLUSIONES

A partir de este estudio y los objetivos planteadados, se concluye que:

1. No existe manejo agronómico que implique pesticidas o abono para las cosechas de traspatio y terreno de recolección de *Tamarindus indica* en la comunidad de Chila, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.
2. Se lograron caracterizar dos variedades de *T. indica* en la localidad, siendo la variedad dulce la de mayor prevalencia con 37 árboles mientras que la variedad ácida cuenta con 13 árboles en el terreno de recolección y zonas de traspatio recolectada (proporción 2:1).
3. No se encontraron diferencias significativas en cuanto a las características vegetales altura y cobertura de cada variedad de árbol por los árboles de ambas variedades crecen y tienen cobertura similar por lo que estas características morfológicas no son útiles para poder diferenciar un árbol de otro a simple vista de la comunidad de Chila, Oaxaca, México.
4. La entomofauna asociada a ambas variedades concentró varias familias, en especial individuos del orden Coleoptera.
5. El porcentaje de germinación de la variedad ácida fue mayor que el de la variedad dulce.

6.1 Consideraciones generales

El presente estudio a partir del análisis de grados Brix, encontró que existen dos variedades de tamarindo en Chila, Oaxaca y que, además, el que un árbol de variedad dulce o ácida tiene repercusiones en la abundancia y diversidad de entomofauna asociada a ellos, así como en la tasa de germinación siendo los árboles de variedad dulce los mayormente afectados por dicha categorización, aunque para las características vegetales es indistinto el tipo de árbol que estemos hablando.

El estudio es un parteaguas para la investigación de las variedades de *T. indica* en México, así como las distintas plagas entomológicas que lo afectan para la sugerencia a los trabajadores agrícolas de un plaguicida eficaz y orgánico que no dañe al ecosistema ni deje residuos bioacumulables en las vainas que afecten a los consumidores finales y optimice su producción y cosecha.

LITERATURA CITADA

- Astier, C. M., Argueta, Q., Orozco-Ramírez, Q., González, S. M. V., Morales, H. J., Gerritsen, P. R., & Ambrosio, M. (2015). Historia de la agroecología en México. *Agroecología*, 10(2): 9-17.
- Azad, S. (2018). Tamarindo— *Tamarindus indica*. *Exotic Fruits*: 403–412.
doi:10.1016/b978-0-12-803138-4.00055-1
- Cifuentes-Ruiz, P., & Zaragoza-Caballero, S. (2014). Biodiversidad de Tenebrionidae (Insecta: Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 325–331. doi:10.7550/rmb.31690
- Coll-Hurtado, A., & Calderón, M. D. L. G. (2003). La agricultura en México: un atlas en blanco y negro. Libro, pp 16-17.
- Dalgaard, T., Hutchings, N. J., & Porter, J. R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(1), 39–51.
doi:10.1016/s0167-8809(03)00152-x
- De la Cruz Pérez A., Romero Nápoles J., Carillo Sánchez, J. L. Garcia-López E., Grether-Gonzalez R. Sánchez-Soto S. & Pérez de la Cruz M. (2013). Brúquidos (Coleoptera: Bruchidae) del estado de Tabasco, México. *Acta zoológica mexicana*, 29(1), 01-95.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S006517372013000100001&lng=es&tlng=.
- De Santis L. 1979. Catálogo de los Himénopteros Calcidoideos de América al sur de los Estados Unidos. Publicación Especial de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

- Duan, J. J., Bauer, L. S., Ulyshen, M. D., Gould, J. R., & Van Driesche, R. (2011). Development of methods for the field evaluation of *Oobius agrili* (Hymenoptera: Encyrtidae) in North America, a newly introduced egg parasitoid of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *Biological Control*, 56(2), 170-174.
- Dosdall, L. M., Gibson, G. A. P., Olfert, O. O., & Mason, P. G. (2008). Responses of Chalcidoidea (Hymenoptera) parasitoids to invasion of the cabbage seedpod weevil (Coleoptera: Curculionidae) in western Canada. *Biological Invasions*, 11(1), 109–125. doi:10.1007/s10530-008-9323-1
- El-Siddig, K., et. al. (2006). Tamarind: *Tamarindus Indica* L (Vol. 1). Crops for the Future
- E.M.Yahia, N.K.E. Salih (2011). Tamarind (*Tamarindus india* L.). Universidad Autonoma de Queretaro, México. 442-457
- González. G. J. M. (1984). Propagación del tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en el Valle de Tecomán Colima. Tesis.
- Gupta, A. K. (2018). Effect of abiotic factors on population dynamics of insect pests in tamarind tree. *Journal of Agrometeorology*, 20(2), 153-154.
- Hance, T. (2007). Potential of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) as biocontrol agent of *Callosobruchus maniculatus* F.) (Coleoptera: Bruchidae). *African Journal of Agricultural Research*, 2(4), 168-172.
- Hanks, L. M., Gould, J. R., Paine, T. D., Millar, J. G., & Wang, Q. (1995). Biology and host relations of *Avetianella longoi* (Hymenoptera: Encyrtidae), an egg parasitoid of the eucalyptus longhorned borer (Coleoptera: Cerambycidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 88(5), 666-671.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). San Pedro Mixtepec Distr. 22 .Recuperado en 30 enero de 2021, de:

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20318a.html>

Jakovlev, J. (2012). Fungal hosts of mycetophilids (Diptera: Sciaroidea excluding Sciaridae): a review. *Mycology*, 3(1), 11-23.

Kumar, A., Gupta, A., & Mukherjee, S. (2018). Studies about the insect pests succession on tamarind (*Tamarindus indica*) at Bastar district of Ar district of Chhattisgarh studies, 13(2), 565-568.

Lau, C.; Jarvis, A.; Ramírez, J. (2011). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. CIAT Políticas en Síntesis no. 1. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 4 p.

Lawrence, J.F., Escalona, H.E., Leschen, R., & Slipinski, A. (2014). Review of the genera of Mycetophagidae (Coleoptera: Tenebrionoidea) with descriptions of new genera and a world generic key. *Zootaxa*, 3826(1), 195. doi:10.11646/zootaxa.3826.1.6

Lawrence M. Hanks, Juli R. Gould, Timothy D. Paine, Jocelyn G. Millar, Qiao Wang, Biology and Host Relations of *Avetianella longoi* (Hymenoptera: Encyrtidae), an Egg Parasitoid of the Eucalyptus Longhorned Borer (Coleoptera: Cerambycidae), *Annals of the Entomological Society of America*, Volume 88, Issue 5, 1 September 1995, Pages 666–671, <https://doi.org/10.1093/aesa/88.5.666>

Lovell, S. T., DeSantis, S., Nathan, C. A., Olson, M. B., Ernesto Méndez, V., Kominami, H. C. Morris, W. B. (2010). Integrating agroecology and landscape multifunctionality in Vermont: An evolving framework to evaluate the design of agroecosystems. *Agricultural Systems*, 103(5), 327–341. doi:10.1016/j.agsy.2010.03.003

- Luxán, I. A. (1994). Plagas agrícolas y forestales en España en los siglos XVIII y XIX (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid).
- Magwaza, L. S., & Opara, U. L. (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—A review. *Scientia Horticulturae*, 184, 179–192. doi:10.1016/j.scienta.2015.01.001
- Mariana Bulgarella, M. A. Quiroga, R. A. Boulton, Ramírez, I. E., Moon, R. D., Causton, C.E., Heimpel, G.E., (2017). Life Cycle and Host Specificity of the Parasitoid *Conura annulifera* (Hymenoptera: Chalcididae), a Potential Biological Control Agent of *Philornis downsi* (Diptera: Muscidae) in the Galápagos Islands, *Annals of the Entomological Society of America*, Volume 110, Issue 3. Pages 317–328, <https://doi.org/10.1093/aesa/saw102>
- Manzanilla, L., & Luján, L. L. (Eds.). (2000). *Historia antigua de México* (Vol. 4). UNAM.
- Martínez Castillo, Róger. (2008). Agricultura tradicional campesina: características ecológicas. *Tecnología en Marcha*, Vol. 21, N.º 3, pp. 3-13.
- Mehta, U. J., Krishnamurthy, K. V., & Hazra, S. (2000). Regeneration of plants via adventitious bud formation from mature zygotic embryo axis of tamarind (*Tamarindus indica* L.). *Current Science*, 1231-1234.
- Mercado, J. R. (1984). Agricultura Colonial Temprana y Transformación Social en Tepepulco y Tulancingo.(1521-1610). *Historia Mexicana*, 33(4), 424–444. <http://www.jstor.org/stable/25732120>
- Mercado Mesa, M., Alvarez-Osorio, V., & Muriel Ruiz, S. B. (2018). Phytophagous insects in tamarind crop (*Tamarindus indica* L.), with emphasis on the greatest damage to the fruit, in five farms from the nearby Western of Antioquia. *Revista*

- Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 71(3), 8553–8562.
<https://doi.org/10.15446/rfnam.v71n3.69705>
- Michael L. Zimmerman. (1990). Coleoptera Found in Imported Stored-Food Products Entering Southern California and Arizona between December 1984 through December 1987. *The Coleopterists Bulletin*, 44(2), 235–240 [0. http://www.jstor.org/stable/4008723](http://www.jstor.org/stable/4008723)
- Muñoz Agudelo, D. C., Gonzalo, D. R., Yepes Rodríguez, F., & Quiroz Gamboa, J. A. (2014). Primer registro de *Amyelois transitella* (walker) en el fruto del tamarindo: el caso de santa fe de Antioquia. *Sabia Revista científica*. Edición No 3. Año 2014, 1(7), 3-9.
- Ojo, J. A., & Omoloye, A. A. (2021). Abundance and diversity of insects associated with stored grains and tamarind in Nigeria. *Polish Journal of Entomology*, 90(3), 119-129.
- Orozco-Santos, M., García Mariscal, K., Hernández Fuentes, L. M., Velázquez Monreal, J. J., Bermúdez Guzmán, M. D. J., Robles González, M. M., & Nieto Ángel, D. (2014). Biología y manejo integrado del barrenador del fruto (*Caryedon serratus* Oliver) en el cultivo de tamarindo.
- Orozco-Santos, M., García, K., Robles, M., Velázquez, J., Manzanilla, M., Hernández, L., Manzo, G., & Nieto, D. (2012). El Barrenador de la Semilla *Caryedon serratus* Oliver (Coleoptera: Bruchidae) en Tamarindo en el Trópico Seco de México, Una Revisión. *BioOne*. Vol. 37 No. 3.
- Pérez Sánchez, J.M., Velasco Orozco, J. J., & Reyes Montes, L. (2014). Estudios sobre agricultura y conocimiento tradicional en México.
- Reis, P. M. C. L., Dariva, C., Vieira, G. Â. B., & Hense, H. (2016). Extraction and

- evaluation of antioxidant potential of the extracts obtained from tamarind seeds (*Tamarindus indica*), sweet variety. *Journal of Food Engineering*, 173, 116-123.
- Restrepo, J., Angel, D., Prager, M. 2000. Agroecología. CEDAF. Sitio web: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Agroecologia.pdf.
- Reyes-Díaz, Jesús Ignacio, Arzate-Fernández, Amaury Martín, & Piña-Escutia, José Luis. (2018). Sucrose and organic nitrogen sources have an influence in *Agave angustifolia* somatic embryogenesis. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7), 1508-1513. Epub 30 de septiembre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1676>
- Ruiz-Rosado, Octavio. (2006). Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia*, 31(2), 140-145. Recuperado en 30 de enero de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000200011&lng=es&tlng=es
- Saideswara Rao, Y., & Mary Mathew, K. (2012). Tamarind. *Handbook of Herbs and Spices*, 512–533. doi:10.1533/9780857095688.512
- Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). El tamarindo en México. [en línea] Sitio web:
- Sheng, S., Zhang, X., Zheng, Y., Wang, J., Zhou, Y., Liao, C., ... Wu, F. (2019). Effect of six sugars on the longevity, oviposition performance and nutrition accumulation in an endoparasitoid, *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*. doi:10.1016/j.aspen.2019.01.010
- Sulieman, A. M. E., Alawad, S. M., Osman, M. A., & Abdelmageed, E. A. (2015). Physicochemical characteristics of local varieties of tamarind (*Tamarindus indica*

- L), Sudan. *International Journal of Plant Research*, 5(1), 13-18.
- Triplehorn, C. A., & Weems, H. V. (1964). Notes on Two Rare Darkling Beetles from Florida (Coleoptera: Tenebrionidae). *The Florida Entomologist*, 47(4), 265–267. <https://doi.org/10.2307/3493745>
- Van den Bilcke, N., Alaerts, K., Ghaffaripour, S., Simbo, D. J., & Samson, R. (2014). Physico-chemical properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) fruits from Mali: selection of elite trees for domestication. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(2), 537–553. doi:10.1007/s10722-014-0080-y
- Vargas-Vázquez, M. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Pérez-Herrera, P., Gill-Langarica, H. R., Esquivel-Esquivel, G., Martínez-Damián, M. Á. & Mayek-Pérez, N. (2008). Caracterización morfoagronómica de la colección núcleo de la forma cultivada de frijol común del INIFAP. *Agrociencia*, 42(7), 787-797.
- Viveros García, Juan Carlos, Figueroa Rodríguez, Katia Angélica, Gallardo López, Felipe, García Pérez, Eliseo, Ruiz Rosado, Octavio, & Hernández Rosas, Francisco. (2012). Sistemas de manejo y comercialización de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) en tres municipios de Veracruz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1217-1230. Recuperado en 06 de agosto de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600012&lng=es&tlng=es.
- Xiao, W., Sheen, J. & Jang, JC. (2000). The role of hexokinase in plant sugar signal transduction and growth and development. *Plant Mol Biol* 44, 451–461. <https://doi.org/10.1023/A:1026501430422>
- Xin, H., Zhang, J., Zhu, W., Wang, N., Fang, P., Han, Y., ... Li, S. (2013). The effects of artificial selection on sugar metabolism and transporter genes in grape. *Tree*

Genetics & Genomes, 9(5), 1343–1349. doi:10.1007/s11295-013-0643-7.

Zimmerman, M. L. (1990). Coleoptera Found in Imported Stored-Food Products Entering Southern California and Arizona between December 1984 through December 1987. The Coleopterists Bulletin, 44(2), 235–240.
<http://www.jstor.org/stable/4008723>

ANEXO 1 – Morfoespecies encontradas

Morfoespecie 1 – Orden: Lepidóptera, Familia: Pyralide, *Amyellois transitella*



Morfoespecie 2 – Orden: Coleoptera, Familia: Bruchidae, *Caryedon serratus*



Morfoespecie 3 – Orden: Coleóptera, Familia: Curculionidae, *Sitophilus linearis*



Morfoespecie 4 – Orden: Coleóptera, Familia: Scolytidae



Morfoespecie 5 – Orden: Coleóptera, Familia: Tenebrionidae



Morfoespecie 6 – Orden: Coleóptera, Familia: Mycetophagidae, *Typhaea* sp



Morfoespecie 7 – Orden: Coleóptera, Familia: Tenebrionidae



Morfoespecie 8 – Orden: Coleóptera, Familia: Dermestidae



Morfoespecie 9 – Orden: Coleóptera, Familia: Anthribidae



Morfoespecie 10 – Orden: Himenóptera, Familia: Chalcididea, *Conura* sp



Morfoespecie 11- Orden: Himenóptera, Familia: Encyrtidae



Morfoespecie 12- Orden: Himenóptera, Superfamilia: Sciaroidea



ANEXO 2 – Variedad y número de árbol correspondiente

Variedad	No. de árbol
Ácida	1
Ácida	6
Ácida	8
Ácida	9
Ácida	10
Ácida	11

Ácida	12
Ácida	16
Ácida	18
Ácida	23
Ácida	25
Ácida	33
Ácida	40
Dulce	2
Dulce	3
Dulce	4
Dulce	5
Dulce	7
Dulce	13
Dulce	14
Dulce	15
Dulce	17
Dulce	19
Dulce	20
Dulce	21
Dulce	22
Dulce	24
Dulce	26
Dulce	27
Dulce	28
Dulce	29
Dulce	30
Dulce	31
Dulce	32
Dulce	34
Dulce	35
Dulce	36
Dulce	37
Dulce	38
Dulce	39
Dulce	41
Dulce	42

Dulce	43
Dulce	44
Dulce	45
Dulce	46
Dulce	47
Dulce	48
Dulce	49
Dulce	50

ANEXO 3 – Personas participantes en censo

Personas entrevistadas	Nombre
1	Mayte Ríos “Chira”
2	Domitila López “Domi”
3	Gerardo Rios “perro”
4	Gemma Ruíz Sanchez
5	Lorenza López Rojas “Lencha”
6	Guadalupe Rios “Lupita”
7	Juan Carlos Jiménez “Juanito”
8	Denny Lopez Ruíz “denny”
9	Tractorista (Sin /Identificación)
10	Víctor Ríos Lopez “Gnocho”
11	Ángel Ríos “chino”
12	“El bua” (Sin identificación)