

**Universidad de Costa Rica
Sede del Atlántico
Facultad de Ciencias Agroalimentarias
Escuela de Agronomía**

**Evaluación del efecto del extracto de Neem
(*Azadirachta indica*), sobre la incidencia de tecla
(*Strymon megarus*) en el cultivo de piña (*Ananas
comosus*), en el cantón de Guácimo, provincia de Limón**

Tesis para optar por el grado de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica

Leidy Arlette Parra Rodríguez

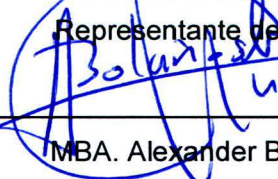
Turrialba, 2021

Este trabajo final de investigación fue aceptado por la Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Agronomía de la de la Universidad de Costa Rica, Sede del Atlántico, como requisito parcial para optar por el grado y título de Licenciada en Ingeniería Agronómica.

Firmantes:



Dra. Rosibel Orozco Vargas
Representante del Tribunal



MBA. Alexander Bolaños N.
Director de Tesis



MSc. Salvador Monge Fallas
Miembro del Tribunal



Msc. Gerardo Pérez León
Miembro del Tribunal



Ing. Agr. Kenneth Largaespada Zelaya
Miembro del Tribunal



Bach. Leidy Arlette Parra Rodríguez
Postulante

Dedicatoria

A mi madre y mi padre:

Candy Rodríguez Santos y Luis Parra Sánchez, en ofrenda al gran esfuerzo y apoyo que me han mostrado en cada etapa de aprendizaje de mi vida, lo cual me ha motivado para alcanzar mis anhelos.

Agradecimientos

A mi hermana Aileen Parra Rodríguez, mi tía Flori Santos Rodríguez, mi padre y mi madre por su apoyo incondicional.

A la Universidad de Costa Rica, por la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa academia de educación superior y brindarme herramientas necesarias para poder alcanzar este objetivo académico.

Al Sr. Héctor Corrales por la oportunidad brindada para realizar la tesis, con todas las facilidades en la Finca Caribe, durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Alexander Bolaños, por su apoyo y conocimiento brindado en la ejecución de la investigación

Al personal de la Piñera Caribe involucrado para hacer posible la investigación.

A los profesores que me proveyeron su gran aporte de conocimientos y asistencia para la realización de este trabajo.

Y a mis compañeros y compañeras que estuvieron a la vera del camino.

Tabla de contenidos

<u>Dedicatoria</u>	i
<u>Agradecimientos</u>	ii
<u>Índice de cuadros</u>	iii
<u>Índice de figuras</u>	iv
<u>Resumen</u>	v
<u>I. Introducción</u>	12
<u>II. Objetivos</u>	14
<u>Objetivo general</u>	14
<u>Objetivos específicos</u>	14
<u>III. Hipótesis</u>	14
<u>IV. Marco teórico</u>	15
<u>Cultivo de la piña (<i>Ananas comosus</i>)</u>	15
<u>Origen y distribución geográfica</u>	15
<u>Taxonomía</u>	16
<u>Morfología y botánica</u>	16
<u>Etapas fenológicas</u>	19
<u>Variedad MD-2</u>	20
<u>Calidad de la fruta</u>	20

<u>Requerimientos edafoclimáticos</u>	21
<u>Temperatura</u>	21
<u>Luminosidad</u>	22
<u>Precipitación</u>	22
<u>Viento</u>	22
<u>Suelo</u>	22
<u>Principales plagas</u>	23
<u>Tecla (<i>Strymon megarus</i>)</u>	25
<u>El árbol de Neem (<i>Azadirachta indica</i>)</u>	31
<u>Origen y distribución</u>	31
<u>Taxonomía</u>	31
<u>Morfología y botánica</u>	32
<u>Requerimientos edafoclimáticos</u>	33
<u>Ingrediente activo y mecanismo de acción</u>	33
<u>Uso de Neem como insecticida</u>	35
<u>V. Metodología</u>	38
<u>VI. Resultados y discusión</u>	47
<u>VIII. Conclusiones</u>	58

<u>IX. Recomendaciones</u>	59
<u>X. Anexos</u>	59
<u>XI. Referencias bibliográficas</u>	64

Índice de cuadros

<u>Cuadro I. Tratamientos implementados en la Finca Caribe para el manejo de <i>Strymon megarus</i>, en el periodo del 20/03/21 al 12/06/21.</u>	43
<u>Cuadro II. Cantidad de individuos de <i>S megarus</i> en diferentes estadios e incidencia de la plaga en las parcelas de estudio en Villa Franca, Guácimo, Limón, 2021.</u>	47
<u>Cuadro III. Cantidad promedio de huevos eclosionados y desviación estándar de cada tratamiento</u>	47
<u>Cuadro IV. Costos que varían (cv) por hectárea en cada tratamiento del ensayo, número total de insectos presentes en las unidades experimentales y porcentaje de incidencia por tratamiento</u>	58
<u>Cuadro. V. Costos tomados en cuenta para el análisis financiero de los tratamientos implementados en Finca Caribe, 2021.</u>	60

Índice de figuras

<u>Fig. 1. Etapas fenológicas del cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) con su respectiva duración en meses</u>	19
Fig. 2. Principales plagas en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) y su relación etapa fenológica-aparición de la plaga.....	24
<u>Fig. 3. Presencia de tecla (<i>Strymon megarus</i>) en estado adulto (A) y larva (B) en el cultivo de piña.</u>	26
<u>Fig. 4. Ciclo de vida de tecla (<i>Strymon megarus</i>) con sus diferentes instares y su duración en días. A) Ciclo propuesto por Banacol (2016) y B) sugerido por Vargas (2011).</u>	27
Fig. 5. A) Gomosis y B) deformación de fruto de la piña provocada por el ataque de tecla (<i>Strymon megarus</i>).....	28
<u>Fig. 6. Vista ventral y dorsal de Tecla (<i>Strymon megarus</i>) encontrada en fincas piñeras de Costa Rica. A) espécimen encontrado en San Carlos en 1998 y B) espécimen capturado en Guácimo en el 2012</u>	30
<u>Fig. 7. Ubicación de Agroindustrial Bananera del Caribe, empresa a la que corresponde Finca Caribe</u>	39
<u>Fig. 8. Esquema de campo del diseño de la investigación en Finca Caribe, Duacaré, Guácimo, Limón.</u>	41
<u>Fig. 9. A) Larva viva de <i>Strymon megarus</i>, B) huevo eclosionado, C) fruto con deformación, D) huevo no eclosionado y E) Gomosis en fruto debido a daño por tecla. Villa Franca, Guácimo, Limón. 2021.</u>	45

Fig. 10. Promedio de lluvias de los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio desde el año 2015 hasta 2020 y precipitaciones promedio de los mismos meses del 2021, en Guácimo, Limón.....51

Fig. 11. Temperatura promedio en grados Celsius, de marzo, abril, mayo, junio y julio de los años 2015-2020 y del año 2021 en Guácimo, Limón,53

Resumen

Se evaluó el efecto de la implementación del extracto de Neem (*Azadirachta indica*), el cual es un insecticida natural, en el manejo de *Strymon megarus* en el cultivo de piña (*Ananas comosus*). El experimento se realizó en una plantación comercial de piña en la Finca Caribe ubicada en Guácimo, Limón, Costa Rica. Los tratamientos evaluados fueron: 1) el manejo convencional de la finca: *carbaryl* (3,50 L/ha), *novalurom* (0,40 L/ha), *lambda cialotrina* (1,25 L/ha), *methoxifenozone* (0,40 L/ha), *spinetoram* (0,40 L/ha) y *Bacillus Turingensis* (0,50 kg/ha); 2) aplicación de Neem (2L/ha); 3) aspersiones intercaladas de *Neem* (2L/ha) con los insecticidas mencionados anteriormente y 4- manejo convencional en las primeras semanas: *carbaryl* (3,5 L/ha), *novalurom* (0,40 L/ha), *lambda cialotrina* (1,25 L/ha), *methoxifenozone* (0,40 L/ha) y *Neem* (2L/ha) en las últimas. No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de incidencia (T1=0, T2=0, T3= 0.7, T4= 0.5), ni en el número de insectos (huevos eclosionados, huevos no eclosionados, larvas) por tratamiento (T1=1, T2=2, T3=6, T4=2), esto pone a la implementación de *Neem* como una opción con potencial de uso y los factores ambientales como elementos importantes en el comportamiento de la plaga. El tratamiento 1 presentó menor costo (\$849,28/ha) y el tratamiento 4 representó el mayor gasto económico (\$973,64/ha).

Palabras clave: larvas, fruto, insecticidas, plaga, *Lepidoptera*, floración, barrenador, Lycaenidae, ambiente, natural, metabolitos secundarios.

I. Introducción

La piña (*Ananas comosus*) es un cultivo importante en Costa Rica y solo en el año 2020 se reportaron 40000 ha, en la Zona Norte del país se cultivaron 19600 ha, es decir, el 49% del área, mientras que en la Zona Atlántica se sembraron 11600 ha, las cuales representan el 29% y la zona del Pacífico contó con 8800 ha, el 22%. La actividad genera 28000 empleos directos y 105000 indirectos, en el año 2000, el volumen de frutas de *Ananas comosus* producidas fue de 903125 t (toneladas métricas), mientras que en 2019 se incrementó a 3328100 t, la cantidad de fruta fresca exportada representa aproximadamente entre el 85 y 95% de la producción total de piña del país (CANAPEP 2020, SEPSA 2020).

Anteriormente, la piña fue sembrada para el consumo nacional y para la industrialización de productos basados en ella, sin embargo, a partir del año 1986 iniciaron las exportaciones del fruto, por lo que desde inicios de la década 2000 se incrementó considerablemente la actividad, de manera que se dio una expansión de las áreas de cultivo. Con este aumento, las prácticas de manejo cambiaron al introducir nuevas tecnologías enfocadas en el uso de agroquímicos como plaguicidas y fertilizantes, con el objetivo de ampliar y apresurar la producción (Acuña 2006, CANAPEP 2020).

El uso de plaguicidas es importante al ser estas herramientas que coadyuvan a producción eficiente, no obstante, también ocasionan consecuencias negativas. Entre los factores negativos relacionados con los plaguicidas se encuentran: la aparición de nuevas plagas, la resistencia a productos fitosanitarios, la contaminación ambiental y de productos alimenticios, así como, la eliminación de la fauna benéfica, etc. (Carrero 1996; Niemeyer 1996; Villalobos 1996 citados por Lizana 2005)

Por lo tanto, en la actualidad diversas enfermedades y plagas insectiles atacan las plantaciones de piña, a pesar del uso de plaguicidas, el lepidóptero conocido como tecla (*Strymon megarus*) es una de las plagas insectiles más importantes, debido a que las larvas provocan daños al fruto, de manera que disminuye su calidad e impide su exportación*. Las poblaciones de la tecla son tratadas con insecticidas sintéticos; sin embargo, en los últimos años ha retomado particular interés el uso de insecticidas vegetales extraídos directamente de plantas, controlan los insectos de forma natural y disminuyen el efecto negativo del uso de plaguicidas, esto los convierte en una alternativa idónea para su implementación en el cultivo de la piña (Lizana 2005).

El extracto de *Neem* (*Azadirachta indica*) es un insecticida natural con potencial para el control de la tecla en el cultivo de piña. En este sentido, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto del extracto orgánico de *Neem* (*Azadirachta indica*) sobre el control de tecla (*Strymon megarus*), mediante distintos programas de aplicaciones que incluyen diferentes formas de implementación del producto (solo y en mezcla con insecticidas) en áreas cultivadas con piña (*Ananas comosus*) de la Finca Caribe en el cantón de Guácimo, Limón.

La investigación consiste en probar la efectividad de un producto de tecnología natural y con bajo impacto ambiental, para la ampliación de los conocimientos sobre el control de la plaga con el uso de productos naturales, los cuales pueden ser una alternativa o método de acompañamiento junto a otras prácticas para disminuir la carga química en el cultivo de piña. Mediante un ensayo de campo se busca evaluar la presencia de la plaga y la cantidad de frutos dañados por la misma después de la aplicación del producto en el manejo de la plaga en la Finca Caribe, con el propósito de constatar la hipótesis planteada en la presente investigación

*Bolaños, A. 30 ene. 2020. El cultivo de la piña. (mesa redonda). Guácimo, Costa Rica, Agroindustrial Bananera del Caribe, S.A Finca Caribe

II. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto del extracto de *Neem* (*Azadirachta indica*) sobre el control de tecla (*Strymon megarus*), mediante distintos programas de aplicaciones que incluyan diferentes formas de implementación del producto (solo y en mezcla con insecticidas), en áreas cultivadas con piña (*Ananas comosus*) en la Finca Caribe en el cantón de Guácimo de Limón.

Objetivos específicos

1. Cuantificar los daños provocados por *Strymon megarus* en áreas sometidas a diferentes programas que implementan el extracto de *Neem* (solo y en mezcla con insecticidas), mediante el conteo de frutos afectados, con el objetivo de definir la estimación de la incidencia de la plaga.
2. Evaluar la presencia de *Strymon megarus* en los distintos tratamientos, mediante la definición del número de insectos en los estadios de huevo y larvas, para el reconocimiento del efecto de los diferentes métodos sobre la plaga.
3. Comparar la eficacia de los distintos tratamientos en el control de *Strymon megarus* contra la opción convencional utilizada en la finca, con el fin de permitir la estimación de la viabilidad de los tratamientos.
4. Determinar, mediante un análisis financiero, la rentabilidad de los tratamientos, para el reconocimiento del tratamiento con el mayor potencial económico.

III. Hipótesis

H0: Implementar extracto de *Neem* en el manejo de *Strymon megarus*, no ocasionará ningún cambio en la presencia y los daños ocasionados por la plaga.

H1: Implementar extracto de *Neem* en el manejo de *Strymon megarus*, permitirá disminuir la presencia y los daños ocasionados por esta plaga, en el cultivo de piña, en el cantón de Guácimo de Limón.

IV. Marco teórico

Cultivo de la piña (*Ananas comosus*)

Origen y distribución geográfica

La piña (*Ananas comosus*) es originaria del sur de América, específicamente de la zona de nacimiento de la cuenca de la Plata entre Brasil, en el noreste de Argentina y Paraguay en los bordes meridionales amazónicos se planta desde periodos precolombinos, de manera que cuando los europeos llegaron a América, ya era un cultivo ampliamente sembrado y domesticado por los aborígenes. La piña fascinó a los europeos por lo que ya en el siglo XVII se cultivaba en invernadero, durante los siglos XVIII y XIX la siembra se expandió a otras partes del mundo y actualmente se cultiva en todas las zonas tropicales (Páez 1998 citado por Gracidueñas 2013, Bartholomew *et al.* 2003 y Garita 2014 citados por Loría 2016).

Borjas *et al.* (2020) citan a varios autores para mencionar que, la piña fue domesticada antes de la llegada de los europeos, sin embargo, fue reconocida a nivel mundial gracias a ellos, además, plantea que la distribución de la misma se dio mediante dos rutas. La primera entre los nativos (pueblos y aldeas) del continente americano y la segunda, hacia el viejo continente por medio de los colonizadores europeos, de donde se difundió a otros países.

Los españoles empezaron a llamarla “piña” debido a la similitud que presenta con el fruto de pino, sin embargo, su nombre original es de origen guaraní el cual es Ananá que significa fruta sabrosa y es de donde proviene su nombre científico. También se dice que se deriva del vocablo *naná naná*, que significa “perfume de los perfumes”. Actualmente se denomina de las siguientes maneras: piña tropical, piña americana, piña de américa, piña

de azúcar, piña de indias, (español); *pineapple* (inglés); *ananas* (francés) y *abacaxí* (portugués). En otras culturas también se llama ananás, *ananáz*, *ananá*, *nanas*, *abacachí*, *abacacaxí*, *aberas*, *achupalla* (Gracidueñas 2013; Bartholomew et al. 2002, Collins 1951; Py 1987 citados por Loría 2016).

Taxonomía

Butcher y Gouda (2014) mencionan que la clasificación taxonómica de la piña es la siguiente:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida* (monocotiledoneas)

Orden: *Bromeliales*

Familia: *Bromeliaceae*

Subfamilia: *Bromelioideae*

Género: *Ananas*

Especie: *comosus*

Variante: *comosus*

Morfología y botánica

Ananas comosus es una planta herbácea perenne con una altura aproximada de un metro y un ancho entre uno y dos metros. A pesar de ser una planta alógama es propagada asexualmente por medio de hijos (brotes basales y axilares). La inflorescencia terminal da origen a una fruta múltiple, luego de la maduración crecen nuevos brotes a partir de las yemas axilares y basales para dar origen a otros frutos, por lo que de una semilla pueden sucederse varias generaciones vegetativas; sin embargo, en la práctica para la mayoría de

los cultivares no es rentable ir más allá de las dos o tres cosechas. Su mecanismo de fotosíntesis es por medio del metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM) por lo que las estomas permanecen cerradas durante el día y abiertas en la noche con el propósito de evitar la deshidratación y poseer una mayor eficiencia fotosintética (Malézieux *et al.* 2003, Coppens y Leal 2003 citados por Loría 2016; Bartholomew *et al.* 2002; González *et al.* 2007; Samson 1991 citados por Garcidueñas 2013; Pac 2005 citado por Montenegro 2010).

Raíz

El sistema radical es poco profundo y frágil, está compuesto por raíces secundarias y la mayor parte por adventicias, debido a que las primarias sólo se encuentran en las plántulas. En condiciones adecuadas pueden alcanzar entre 1 o 2 m laterales y 0,85 m de profundidad, encontrándose más concentración en los primeros 30 cm (Pac 2005, Bartholomew *et al.* 2002, Jiménez 2000 citados por Garcidueñas 2013; Coppens y Leal 2003, Garita 2014 citados por Loría 2016).

Tallo

Posee un tallo carnoso capaz de almacenar carbono en forma de almidón durante el crecimiento vegetativo, el cual funciona como reserva cuando se inicia la formación del fruto, por lo tanto, la planta puede dar abasto a la creciente demanda de carbono (Malézieux *et al.* 2003 citado por Loría 2016). Mide alrededor de 25 a 50 cm y tiene forma de cilindro con entrenudos muy cercanos que no sobrepasan los 10 cm de distancia (Montenegro 2010).

Hojas

Representan el 85% de la biomasa total de la planta. Forman una roseta de manera distribuidas de forma superpuesta, son suculentas e inmóviles. La cutícula es gruesa y la densidad estomática es muy baja, cerca de 80 estomas/mm², debido a que las hojas están configuradas para proteger a la planta de la luz solar intensa, para evitar la excesiva

transpiración (Garita 2014 citado por Loría 2016; Bartholomew *et al.* 2002 citado por Guarcidueñas 2013).

Inflorescencia

La inflorescencia sobresale del meristemo apical de la planta, es una espiga en forma de espiral que está compuesta con alrededor de 200 flores individuales dispuestas en torno a un eje central. Además, está coronada y compuesta por hasta 150 hojas cortas en un tallo de reducida longitud, el conjunto de las flores da origen al fruto (Basantes y Chasipanta 2012; Bartholomew *et al.* 2002 citado por Guarcidueñas 2013). Antes de la floración, la planta realiza todas las divisiones celulares posibles por lo que en esta etapa se predice el tamaño de la fruta, los cambios en aumento y volumen se deberán a la acumulación de fluidos, es decir, a las modificaciones de peso y tamaño de las células (Basantes y Chasipanta 2012).

Para la comercialización, la planta es inducida a la floración (comúnmente a este proceso se le conoce como fuerza). Según Salvador (2007) citado por Méndez (2010), generalmente la fuerza se realiza entre los seis y nueve meses después de la siembra o cuando las plantas tienen una masa promedio de 2,5 a 2,7 kg (5,5 a 6 lb), dependiendo de la época y el mercado. Los dos métodos existentes para inducir la floración son la inducción con gas etileno y la inducción con aplicaciones de Etefón. El primero requiere de equipo especial al ser un gas altamente inflamable, por lo que su uso se torna tedioso, pero el estímulo con Etefón es menos riesgoso.

Al centrarse en otros temas, Basantes y Chasipanta (2012) aluden que, en la variedad MD-2 la bellota aparece a las 8 semanas post-inducción. A su vez, Garita (2014) citado por Loría (2016) menciona que a los doce días post inducción, al realizar un corte longitudinal en la planta se puede observar la diferenciación floral, la cual se distingue por la elongación del meristemo apical caulinar y a los 45 días después de la inducción se observa la emergencia del brote floral en el cono central de la planta.

Fruto

Las flores dan origen a frutos en forma de baya sin necesidad de la fecundación, conjuntamente con el eje de la inflorescencia y las brácteas, dan lugar a una infrutescencia carnosa denominado fruto sincárpico. Internamente es de color blanco o amarilla y la parte externa generalmente es morada o tonalidades de rojo e incluso en blanco (Sánchez 2012).

Basagantes y Chasipanta (2012) mencionan que, la maduración completa del fruto se da aproximadamente entre las 22 y 25 semanas después de la inducción floral. Además, el peso de la fruta depende directamente del peso alcanzado por la planta al momento de la inducción, porque después de esta etapa la formación de hojas se detiene.

Etapas fenológicas

El ciclo de vida de la piña se puede ver alterado por diferentes condiciones ambientales y comerciales, sin embargo, existen aproximaciones. A continuación, se muestra la Figura 1 con las etapas fenológicas del cultivo:

Etapas	Meses													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Crecimiento Vegetativo	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Floración									■	■	■			
Desarrollo del Fruto									■	■	■	■	■	■

ETAPAS FENOLÓGICAS DE LA PIÑA



Fig. 1. Etapas fenológicas del cultivo de piña (*Ananas comosus*) con su respectiva duración en meses.

Fuente: Tomado de Sánchez 2012

Según Arderi *et al.* (1996) citados por López (2016), el ciclo vegetativo de la piña se divide en tres etapas las cuales consisten en el crecimiento vegetativo, es decir, de raíces, tallos y hojas a partir del renuevo separado de la planta madre. Seguidamente, la fase de floración con la iniciación de la flor con su anterior inducción floral y el desarrollo del fruto y la corona, además del crecimiento de los retoños basales (fase de fructificación). Como última etapa, inicia el crecimiento de los hijos, esta fase conduce a un nuevo fruto si los hijos no son separados (segunda y tercera cosecha). Por otra parte, cabe destacar que como se mencionó antes, la floración es forzada, esto mediante la aplicación de productos químicos con hormonas reguladoras de crecimiento, como principal el etileno¹. Este proceso se da generalmente a los 8 meses y se cosecha aproximadamente 150 días después de la inducción².

Variedad MD-2

Es una variedad utilizada en muchos países gracias a su contenido de sólidos solubles, aroma y color, tales características lo convierten en el producto número uno en los mercados mundiales. También se le llama *Gold Extra Sweet*, amarilla o dorada. Fue originada del cruce de dos híbridos (PRI 581184 x PRI 59443) de los cuales uno proviene de Cayena Lisa. Es una fruta jugosa y muy dulce, pero muy susceptible a *Phytophthora* sp. (Rodríguez *et al.* 2016).

Calidad de la fruta

La fruta de calidad tiene como principales atributos: “forma y tamaño uniforme, aspecto fresco, fruta firme sin deformaciones con una sola corona recta, verde y longitud media; frutas sanas libres de magulladuras, heridas, grietas, quemaduras por el sol, daños por insectos y microorganismos; limpias, sin sabores extraños, sin humedad externa.” (Montero y Cerdas 2005 citados por López 2016). Sin embargo, López (2016) hace

1 Bolaños, A. 30 ene. 2020. El cultivo de la piña. (mesa redonda). Guácimo, Costa Rica, Agroindustrial Bananera del Caribe, S.A.Finca Caribe.

2 *Ibid.*

referencia a diversos factores que pueden intervenir en la calidad del fruto de la piña, entre ellos: la fertilización, plagas y requerimientos edafoclimáticos.

Ante tal situación, cuando la fruta ingresa a la planta empacadora se toma una muestra con el objetivo de conocer la calidad de la misma, este procedimiento brinda información acerca de la condición de la piña, como por ejemplo, grado de maduración, tamaño, defectos, presencia de plagas insectiles y enfermedades, entre otros. Dicha intervención sirve de base para obtener criterios sobre como intervenir para mitigar los daños (Castañeda 2003; Jiménez 1999 citados por Gadea 2010). Las características mencionadas antes se pueden evaluar utilizando las manos, el olfato y la vista por lo que no se necesita cortar el fruto. Para evaluar propiedades internas como grados brix, acidez, pH y vitamina C, sí es necesario hacerlo. Además, el equipo especial de laboratorio es indispensable para esto (López 2016).

Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura

La temperatura es un factor muy importante en los sembradíos de esta fruta dado a que determina la composición de ácidos y azúcares. Temperaturas bajas favorecen el sabor ácido, mientras que, en ambientes húmedos con grados elevados, se reduce la acidez. Además, influye directamente en la calidad de esta al condicionar los daños por frío o por quema (Montenegro 2010, Sánchez 2012). Sánchez (2012) establece un parámetro entre los 15 y 35 °C para evitar reducciones en el desarrollo de las hojas, la floración, maduración y en la calidad del fruto. INFOCOMM (2000) considera que aproximadamente 25°C son los ideales para el crecimiento y la fructificación normal de la planta.

Grados nocturnos menores a los 16°C favorecen la inducción floral, en cambio en temperaturas más de 35°C en el día y mayores de 25 °C por la noche, dificultan la inducción. El crecimiento del sistema radical es ideal de los 28°C a los 30°C (Montenegro 2010).

Luminosidad

El brillo solar está relacionado con la coloración de la cáscara y la calidad del fruto. Se requiere un brillo alto, con al menos más de 1200h/año, siendo lo ideal 1500h/año. Una luminosidad muy intensa podría provocar quemaduras en la fruta (PAC 2005, Sánchez 2012).

Precipitación

Las necesidades de agua son moderadas por la capacidad de la planta para resistir épocas secas. Por un lado, Sancho (1991) y Uriza (1998) citados por Montenegro (2010) concuerdan que son necesarios entre 1000 – 1500 mm anuales y una elevada humedad relativa, por otro lado, Sánchez (2012) considera un rango más amplio, desde los 500 mm hasta los 2500 mm, los dos primeros autores establecen como mínimo 50 mm/mes. INFOCOMM (2000) explica que las plantaciones se adaptan mejor y están repartidas en las zonas intertropicales, preferible que el cultivo tenga un aporte regular de agua para su crecimiento.

Viento

Altos periodos de viento causan heridas y diseminación de enfermedades. Por lo que, si se expone a esto, acompañada de altas precipitaciones y drenajes deficientes podrían presentarse grandes pérdidas por ataques de hongos (Sánchez 2012).

Suelo

Como se mencionó anteriormente, la piña posee un sistema radical frágil, los suelos en los cuales se desarrolla de forma ideal deben ser bien drenados, aireados y con materia orgánica abundante, es decir, con buena porosidad como los arcillo-arenosos y franco-limosos. Se debe evitar sembrar en suelos muy arcillosos de mala estructura, estos acumulan agua que favorece el crecimiento de patógenos y dificulta el desarrollo de la raíz (Montenegro 2010, Sánchez 2012).

El pH debe oscilar entre los 5.5 y 6.5, aunque soporta mayor acidez. Si se sobrepasa de 6.5 potencialmente se verá afectada por la clorosis de la piña. La fertilidad media del suelo es necesaria para el desarrollo de un fruto de calidad, sin embargo, es una planta poco exigente, puede crecer correctamente en suelos pobres si se acompaña de un buen plan de fertilización (INFOCOMM 2000, Montenegro 2010, Sánchez 2012).

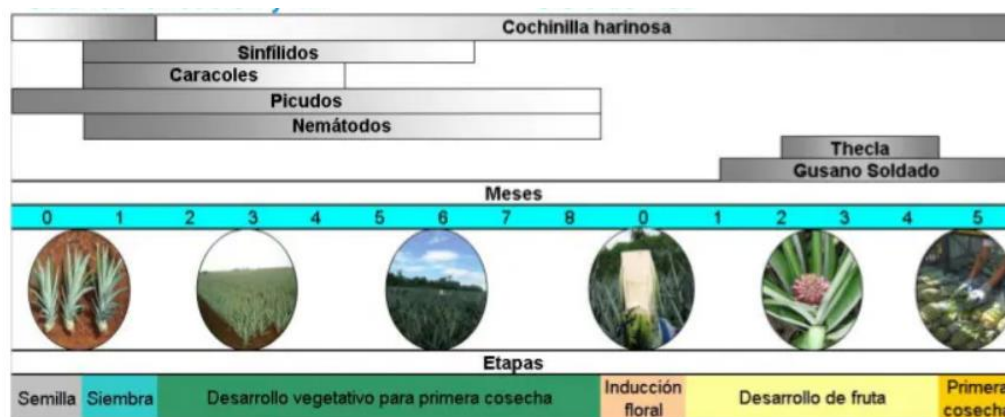
Principales plagas

Al igual que todos los cultivos, la piña enfrenta diversas plagas tanto fitopatógenas como insectiles. Según Monge (2018), las principales enfermedades peligrosas para el cultivo son las siguientes: pudre fungoso de tallo y raíz (*Phytophthora parasitica*), pudre fungoso de fruto (*Phytophthora cinnamomi*), pudre bacterial de las hojas y el fruto (*Erwinia* sp.), pudrición acuosa (*Thielaviopsis paradoxa*) y fusariosis (*Fusarium oxysporum*). Mientras que, los insectos que provocan afectaciones son: cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*), caracoles y babosas (*Vaginulus plebeius*, *Opeas pumilum* y *Ceciliodes aperta*), larvas como tecla (*Strymon basilides* actualmente *Strymon megarus*), gusano soldado (*Elaphria nucicolora*), picudo (*Metamasius dimidiatipennis*) y sinfilidos (*Hanseniella* spp, *Scutigerella* spp, *Symphylella* spp).

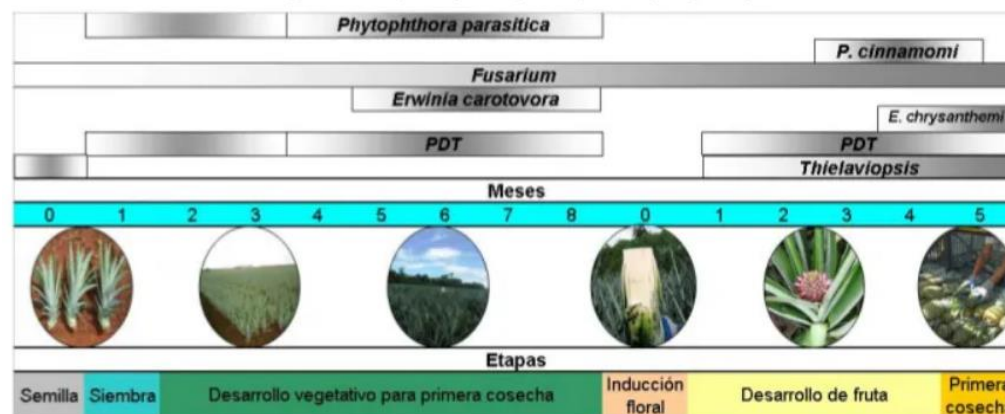
Seguidamente se presenta la Figura 2, la cual establece la relación entre las distintas plagas y la fenología de la piña. Las barras de color gris representan el periodo en que la plaga está presente y su intensidad dependiendo de la coloración. El ciclo se presenta en meses. De los 0 a 8 meses se establece el desarrollo vegetativo, a partir del mes 8 se reinicia la cuenta de 0 a 5 meses para referirse a la inducción floral hasta la primera cosecha, en estos últimos meses ocurre la aparición de los insectos: tecla, gusano soldado y cochinilla. Las demás plagas insectiles se presentan antes de la inducción floral a excepción de la cochinilla, la cual se mantiene en todo el ciclo, pero en mayor intensidad al final de este.

En cuanto a las enfermedades se observa que *Fusarium* y PTD (a excepción del primer mes después de la fuerza) está presente durante todo el ciclo, siendo más común al

final de este. *P. cinnamomi*, *Erwinia chrysanthemi*, *Thielaviopsis paradoxa* y PDT son comunes después de la inducción floral (Figura 2).



Relación entre la fenología de la piña y las principales plagas que afectan el cultivo.



Relación entre la fenología de la piña y las principales enfermedades que afectan el cultivo.

Fig. 2. Principales plagas en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) y su relación etapa fenológica-aparición de la plaga.

Fuente: Tomada de BANACOL 2016.

Banacol. 2016. Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en : <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/guia%20identificacion5.pdf>

Tecla (*Strymon megarus*)

Una de las principales plagas presentes en el cultivo es el denominado barrenador del fruto, polilla del fruto o tecla (*Strymon megarus*). Julca y Bello (1994) citados por Arellano *et al.* (2015) mencionan que, a nivel latinoamericano, es una de las plagas más importantes y en la Finca Caribe en el cantón de Guácimo de Limón no es la excepción, representa la plaga que requiere mayor inversión económica para su manejo*. Es un artrópodo perteneciente al orden Lepidoptera, se alimenta de las flores y frutos de bromeliáceas. El adulto deposita los huevos en la flor de la piña, estos eclosionan durante la formación del fruto. Las larvas se alimentan de este, de manera que realizan perforaciones internas (galerías) sin detener el desarrollo del mismo. Cuando la larva termina su etapa en el fruto hace un orificio para salir, de manera se facilita la entrada de patógenos (MAG 2010).

EARTH (sf) también menciona a la hembra larva, esta oviposita en la flor de la piña, la cual aparece aproximadamente de los 45 a 50 días después de la inducción floral. El adulto es una mariposa gris azulada con dos pequeñas manchas en las alas (Figura 3 y 4), son activos durante el día en búsqueda de flores para depositar los huevos prefiriendo inflorescencias recién formadas. Las larvas son de coloración rosada (Figura 3 y 4) penetran la flor y se alimentan de esta, produciendo un daño en forma de galerías o cavidades. El fruto continúa su desarrollo, pero este es deforme y pierde su valor comercial.

Por su parte, Monge (2018) asegura que la medida del adulto es de 2cm y lo describe como mariposas con puntos anaranjados con negro en los extremos inferiores de las alas, mientras tanto, en el estado larval son de coloración rosada y de textura robusta (Figura 3), la pupa es de color café brillante (Figura 4). BANACOL (2016), caracteriza el huevo como elíptico de color claro y con una medida de menos de 1mm (Figura 4). Monge (2018) destaca que, las heliconias o platanillas son plantas hospederas de la plaga.

*Bolaños, A. 30 ene. 2020. El cultivo de la piña. (mesa redonda). Guácimo, Costa Rica, Agroindustrial Bananera del Caribe, S.A Finca Caribe.

Seguidamente se muestra la Figura 3, la cual ilustra apariciones de *Strymon megarus* en el cultivo de *Ananas comosus*:

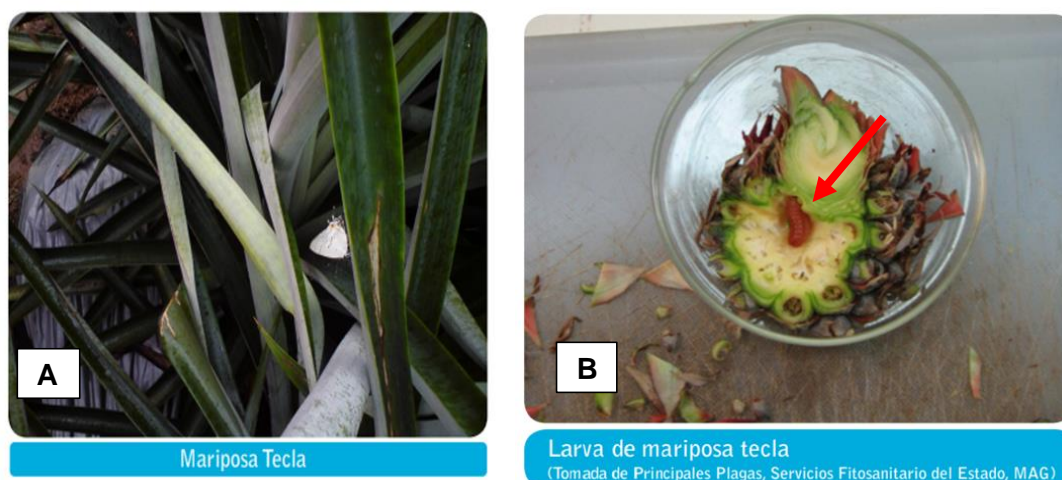


Fig. 3. Presencia de tecla (*Strymon megarus*) en estado adulto (A) y larva (B) en el cultivo de piña.

Fuente: Tomado de EARTH sf

Además, EARTH (sf) añade que, las perforaciones de entrada y salida de la larva, pueden ser un medio para otro tipo de patógenos como bacterias y hongos. Los daños provocados por la plaga pueden ser superiores al 20%, esto obliga calendarizar las aplicaciones a partir del día 45 post forzamiento, hasta que las flores se secan por completo.

Por su parte BANACOL (2016) hace menciones sobre el ciclo de vida de la tecla, este es de metamorfosis completa, al igual que el resto de los lepidópteros. Alude que, la larva pasa por 4 o 5 estadios larvales. Este autor, además, estima el tiempo de cada etapa del ciclo de vida del insecto, sin embargo, difiere relativamente con Vargas (2011), quién del mismo modo hace la aproximación sobre los estadios de *Strymon megarus* (Figura 4).

A continuación, en la Figura 4 se muestra los ciclos de vida de *Strymon megarus* propuestos por Vargas (2011) y BANACOL (2016):

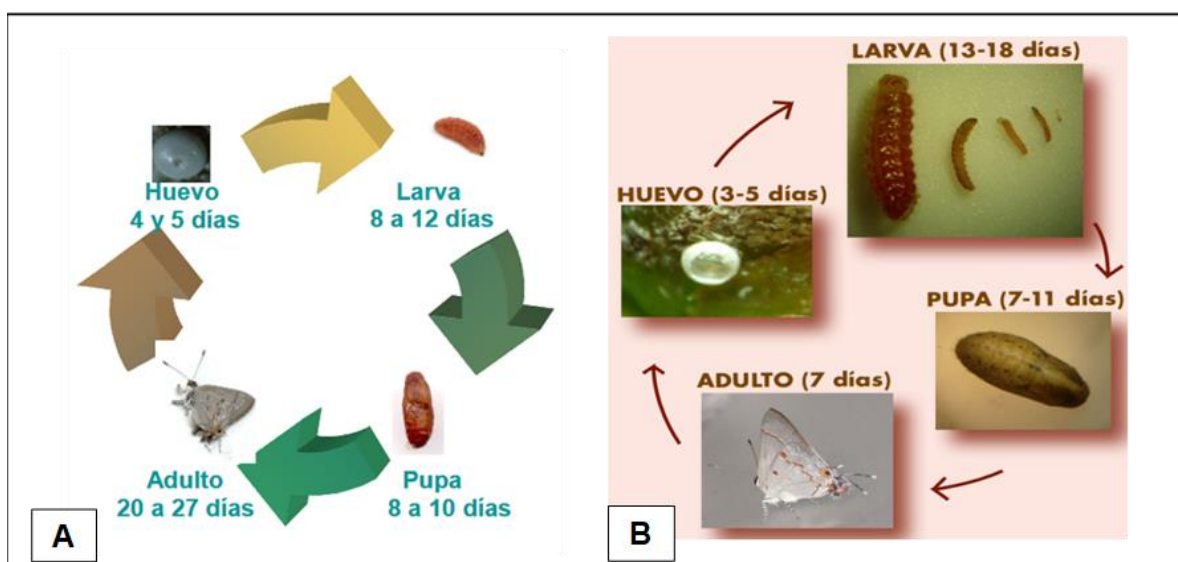


Fig. 4. Ciclo de vida de tecla (*Strymon megarus*) con sus diferentes instares y su duración en días. A) Ciclo propuesto por Banacol (2016) y B) sugerido por Vargas (2011).

Fuente: Adaptado de Vargas 2011 y BANACOL 2016.

Estos insectos realizan las galerías en la parte más cercana a la cáscara, cuando se llenan los folículos causan deformaciones en la fruta (Figura 5). El interior también es perforado para la formación de galerías internas que provoca una necrosis conocida como clavo de la piña. En la parte externa de la fruta se produce un exudado blanquecino o ámbar conocido como gomosis (Figura 5), las piñas afectadas se rechazan debido a la pérdida de calidad interna y apariencia externa (Rebolledo 1998 citado por Morga 2003, Vargas 2008, Vargas 2011, Monge 2018).

A continuación, se muestra la Figura 5 con algunos síntomas ocasionados por tecla:

Vargas Carrillo, E. 2011. Guía para la identificación y manejo integrado de plagas en piña (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-proagroin/Guia%20Manejo%20de%20plagas%20en%20pina.pdf>

Banacol. 2016. Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en : <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/guia%20identificacion5.pdf>

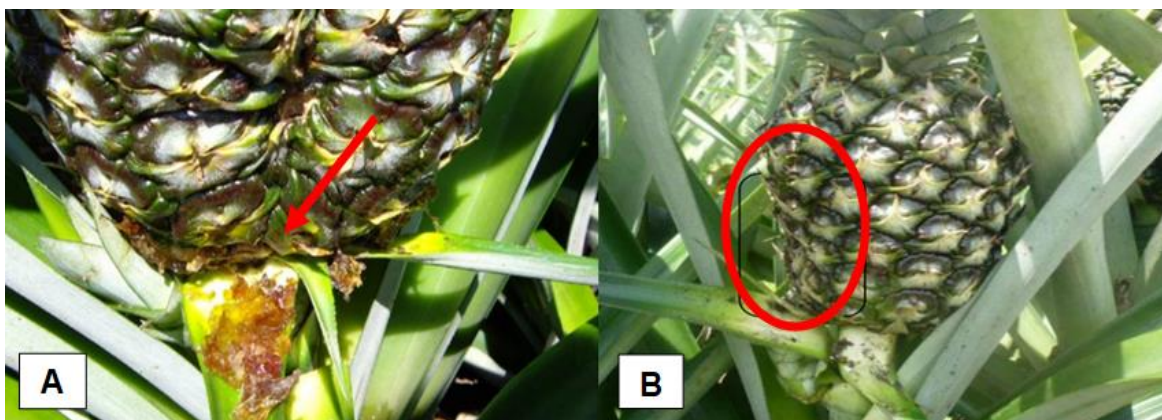


Fig. 5. A) Gomosis y B) deformación de fruto de la piña provocada por el ataque de tecla (*Strymon megarus*).

Fuente: Elaborado con base en Vargas 2008 y Vargas 2011.

Las medidas de control se deben tomar desde la inducción floral hasta 100 días después de la misma, debido a que ataca desde el inicio de la floración. Se debe estar alerta desde antes que las flores abran, es decir, desde que la inflorescencia se encuentra en estado de cono. Las plantaciones cercanas a zonas boscosas son más propensas a presentar afectación (Vargas 2011, Morga 2003, Quesada 2013).

El manejo recomendado consiste en la colocación de trampas adhesivas de color rojo y en aplicaciones de insecticidas como diazinon y carbaril (modo de acción por contacto) desde la apertura de las flores hasta el final de la floración, es de la opinión de Vargas (2011) y Alvarado *et al.* (sf) citado por Quesada (2013), que el mejor tratamiento biológico para controlar este insecto es la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Dicho lo anterior, aun así, el manejo de este insecto ha sido de gran dificultad, nn la Unión Europea (UE) se ha restringido el uso del insecticida carbaril (ampliamente utilizado para

Vargas Carrillo, E. 2011. Guía para la identificación y manejo integrado de plagas en piña (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-proagroin/Guia%20Manejo%20de%20plagas%20en%20pina.pdf>

Vargas Esquivel, K. 2008. Factores a considerar durante el establecimiento y manejo de una plantación comercial de piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. para exportación. San Carlos, Costa Rica, TEC. 72p

su control) debido a la presencia de residuos en la fruta. Además, a su vez, en Estados Unidos se ha detectado la presencia de la plaga en el producto (Barrientos y Porras 2009 citado por Zahner 2012).

Por Inclán *et al.* (2007) resulta común encontrar en la literatura recomendaciones de uso de insecticidas químico-sintéticos, pero no en sugerencias biológicas. Es notable la falta de investigación de otras alternativas para el control de esta plaga, y de continuar en la misma línea, el desgaste ambiental, la inseguridad social y la falta de incursión en nuevos mercados empeorarán. En un estudio realizado por los mismos autores en Guácimo de Limón se probaron cuatro insecticidas naturales: *Metarrhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* subespecie *kurstaki* y *Quassia amara* (extracto). Se encontró que todos reducen la afectación de tecla en comparación con el testigo, entre todos el más efectivo fue *B. thuringiensis*.

Es importante mencionar que existe una confusión a nivel mundial en la identificación de este insecto, por años se han encontrado afectaciones en plantaciones comerciales de piña en Costa Rica, no obstante, al inicio se mencionó la presencia de *Techla basilides*, pero luego se le denominó *Strymon basilides*, y posteriormente *Rekoa zebina*. Es importante resaltar la pertenencia de la bacteria a la familia *Lycaenidae*, de la cual todos los géneros se alimentan de bromeliáceas (Robbins 2010 citado por León y Alpizar 2013, León y Alpizar 2013)

Para determinar las especies presentes en las piñeras del país, León y Alpizar (2013) realizaron una investigación con especímenes de *Lycaenidae* de la colección de artrópodos del INTA-CR, los cuales fueron recolectados desde al año 1998 hasta el año 2013, en San Carlos de Alajuela y Guácimo de Limón. Isidro Chacón, experto en lepidópteros del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), identificó *Reko*

zebina y *Strymon megarus* en la primera zona mencionada y *Strymon megarus* en la segunda, argumenta que la confusión se pudo originar por el dimorfismo sexual propio de la bacteria, y por pertenecer a la subfamilia *Theclinae*.

A continuación, (Figura 6) se muestran las especies encontradas en ambos lugares:



Fig. 6. Vista ventral y dorsal de Tecla (*Strymon megarus*) encontrada en fincas piñeras de Costa Rica. A) espécimen encontrado en San Carlos en 1998 y B) espécimen capturado en Guácimo en el 2012.

Fuente: Tomada de León y Alpizar 2013.

El árbol de Neem (*Azadirachta indica*)

El *Neem* es un árbol al que se le atribuyen diversas propiedades por su capacidad de producir gran cantidad de metabolitos secundarios con actividad biológica de importancia en la medicina y en la agricultura (Sánchez 2016)

Origen y distribución

Azadirachta indica es originario de Asia meridional y sub oriental. Se ha introducido en muchos países propiciando su distribución en áreas tropicales y subtropicales de África, América y Australia (Schmutterer 1990). Se cree que su origen se presentó específicamente en países como Pakistán, India, Sri Lanka, Myanmar, Tailandia, Malasia e Indonesia (Cruz y del Ángel, 2004 citados por Sánchez 2016), según Rojas (2010) citado por Sánchez (2016), en Costa Rica existen plantaciones en Santa Cruz y Bagaces de Guanacaste, Alajuela y Atenas, las cuales se caracterizan por ser zonas secas con poca precipitación al año y altas temperaturas.

Taxonomía

De acuerdo con Galan y Ramírez (2011), el árbol de *Neem* ocupa la siguiente posición taxonómica:

Reino: *Plantae*

Filo: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Melia*

Familia: *Meliaceae*

Género: *Azadiractha*

Nombre científico: *Azadiractha indica* A.Juss.

Nombres comunes: Árbol del nim, *Neem*, margosa, limba, cinamomo, mimba, nimba, kohomba y lila india.

Morfología y botánica

Es un árbol de porte pequeño a mediano, puede alcanzar una altura de 5 a 25 m, pocas veces alcanza los 30 m, siempre está verde, excepto en las áreas susceptibles a sequías o heladas (Galan y Ramírez 2011). El sistema radical se compone de una raíz principal con raíces laterales penetrantes de hasta 18 m de longitud con una cofia relativamente corta, lo cual le permite obtener agua de zonas profundas del suelo (Ruskin *et al.* 1992 citados por Galan y Ramírez 2011, Girish y Shankara 2008 citado por Sánchez 2016).

Reyes *et al.* (2003) citado por Sánchez (2016) afirma que el tronco es cilíndrico, comparativamente corto y recto, con un ancho aproximado de 0,8 a 1,63 m y un largo de 6,5 a 25 m. Ruskin *et al.* (1992) citado por Galan y Ramírez (2011) recalca su corteza dura, con duramen de color marrón rojizo y albura color rojo pálido. Las hojas son compuestas, imparipinnadas y miden de 2 a 4 cm de longitud, con 20 a 31 hojas verde oscuras de 3 a 8 cm de longitud. Por lo general presenta el foliolo terminal y el peciolo es corto, se encuentran agrupadas al extremo de las ramas, las hojas jóvenes son de color rojo o púrpura. La forma de las hojas maduras es menos asimétrica y sus márgenes están dentados (Girish y Shankara, 2008 citados por Sánchez 2016, Ruskin *et al.* 1992 citado por Galan y Ramírez 2011).

La flor individual comprende 5 lóbulos del cáliz, redondeados y de color verde pálido, 5 pétalos blancos, oblongos y redondeados de 0,5 cm de largo y 10 estambres unidos en un tubo y un pistilo con un ovario redondeado y un estilo delgado, es hermafrodita, pequeña, blanca y fragante. Se agrupan en inflorescencias como panículas estrechas y ramificadas que miden generalmente de 5 a 15 cm de largo (Parrotta y Chaturvedi 2011, El-Hawary *et al.* 2013 citados por Sánchez 2016).

El árbol fructifica por primera vez de los 3 a 5 años, los frutos son drupas con forma de aceitunas de 1,0 a 2,0 cm de largo, son lisos y de coloración amarilla verdosa a amarilla cuando alcanzan la madurez. Habitualmente cada fruto contiene una semilla, esporádicamente dos, con forma elíptica, rodeadas de una pulpa dulce y con olor fuerte (Pal 2007 citado por Sánchez 2016). En Costa Rica la fructificación se da en los meses de octubre a diciembre, la pulpa es jugosa y dulce haciéndola consumible para los humanos (Brenes y Pérez 2017).

Requerimientos edafoclimáticos

Requiere de una precipitación de 400 a 800 mm anuales y un periodo de sequía, es capaz de soportar condiciones adversas como sequías severas y entornos con suelos pobres como poca profundidad y salinidad (Schmutterer 1990). Según Brenes y Pérez (2017) se desarrolla mejor en zonas con 1200 mm de precipitación por año, crece en suelos semiáridos, en zonas calientes y muy secas. Se adapta a temperaturas desde los 5°C hasta los 50°C, sin embargo, presenta problemas de desarrollo en los frutos a temperaturas menores a los 10°C, el pH básico o neutro es ideal para que crezca, el rango adecuado está entre los 6.2 y 7, aunque puede crecer en suelos con pH ácidos.

Ingrediente activo y mecanismo de acción

El *Neem* es una planta con metabolitos secundarios de propiedades bioinsecticidas que contiene compuestos triterpenos, que provocan la repelencia, pérdida de apetito y evitan la ovoposición de insectos. El principal ingrediente activo de este árbol es la azadiractina y tiene diversos efectos, pero se han encontrado 25 diferentes sustancias activas, de las cuales 9 son envueltas en la afección a artrópodos. *Salannin* y *Nimbim* también son de las más importantes, la composición y concentración de estos compuestos en el árbol depende de la parte de este, por esta razón el extracto varía según la materia prima utilizada (Schmutterer 1990, Nava-Pérez *et al.* 2012, Adhikari *et al.* 2020).

Holmes *et al.* (2019) menciona que los extractos de *Neem* pueden derivarse de las hojas, semillas, frutas y corteza, aunque la azadiractina se concentra más en las semillas.

Según Galan y Ramírez (2011) la semilla es el órgano más importante en la bioquímica del *Neem*, dada su riqueza en lípidos y a la existencia de moléculas de intensa actividad biológica.

Los terpenoides poseen una enorme variabilidad estructural, pero con un origen biosintético en común, son derivados de la unión de unidades de cinco carbonos de isopentano (isopreno), también son nombrados isoprenoides y terpenos. Se clasifican según el número de unidades de isopreno (5 carbonos), en las plantas, la mayoría no tienen funciones en el crecimiento y el desarrollo, por lo que son considerados metabolitos secundarios. La mayoría son compuestos volátiles o constituyentes de aceites esenciales, resinas, látex y ceras (Ncube y Staden, 2015 citados por Ojito-Ramos y Portal 2017, Ojito-Ramos y Portal 2017).

Por su parte, los limonoides (presentes en el árbol de *Neem*) son triterpenoides, sustancias de 26 carbonos a cuyo esqueleto hidrocarbonado le faltan cuatro carbonos en la última unidad de isopentenilo. Se distinguen por ser las sustancias amargas de los cítricos y actuar como antiherbívoros, la azadiractina es el más conocido por su alta efectividad en el control de insectos plaga (Caballero 2004 citado por Sánchez 2016).

La azadiractina se sintetiza en el *Neem*, con aproximadamente otros 100 limonoides dentro de los que destaca azadiractina B-K con estructuras estrechamente relacionadas, lo cual hace difícil su aislamiento y cuantificación (Thejavathi *et al.* 1995 citado por Sánchez 2016). Por lo general, es posible identificar con facilidad 18 compuestos, la azadiractina representa el de mayor concentración, está conformada por al menos nueve isómeros estrechamente relacionados, de los cuales el tipo A y B son dominantes con concentraciones cercanas al 83% y 16% respectivamente. Este limonoide es eficaz para controlar algunas plagas ya que posee un efecto anti alimentario, afecta la nutrición de insectos y larvas, y de igual forma, entorpece su ciclo de vida e impide el desarrollo normal de los huevos, larvas y pupas, asimismo altera los apareamientos y la comunicación sexual, y bloquea la muda de las larvas o ninfas (Orozco y Rodríguez 2007 citado por Sánchez 2016).

De acuerdo con Galan y Ramírez (2011), las propiedades que se atribuyen al *Neem* se fundamentan en el parecido que presentan sus compuestos con las hormonas, de manera que, al ser absorbidas por los insectos, les ocasionan un bloqueo en el sistema endocrino. Los efectos son diversos entre insectos, entre ellos: destrucción e inhibición del desarrollo de huevos, larvas o crisálidas, bloqueo de la metamorfosis de larvas o ninfas, repelencia para larvas y adultos, impedimento para ovipositar y alimentarse, esterilización a adultos, envenenamiento de larvas y adultos, bloqueo de la habilidad para tragar e inhibición de la síntesis de quitina.

Los mismos autores enumeran las cualidades más importantes del *Neem* son: el bloqueo en el proceso de metamorfosis de larvas, la mezcla de compuestos bioactivos hace difícil el desarrollo de resistencia por parte de los insectos, efecto sistémico a través de las raíces si se aplica en el suelo, elevada biodegradabilidad principalmente por la radiación ultravioleta, persistencia en el campo de 4 a 8 días y sinergismo con productos naturales como *Bacillus thuringiensis*.

Uso de *Neem* como insecticida

Boff *et al.* (2016) realizó un estudio del efecto de cebos no residuales sobre hormigas cortadoras *Atta* spp. y *Acromyrmex* spp. Con el uso de cebos hechos con aceite de *Neem*, encontraron que se redujo el 75.5 y el 83.5% del forrajeo de estas hormigas. Los mismos autores citan a Vendramim y Gastiglioni (2000), quienes mencionan que los extractos de *Neem* influyen de manera significativa sobre el comportamiento de los insectos desde bajas concentraciones.

Boff *et al.* (2016) también citan a Peres Filho y Dorval (2003), Santos-Oliveira *et al.* (2006), Fernández y Col (2007) para aludir que *Azadirachta indica* L., es una especie tropical usada para el manejo de plagas de insectos que contiene el ingrediente activo azadiractina, el cual actúa sobre diferentes órdenes. Los efectos son variados como repelencia, reducción de la fertilidad, la fecundidad y cambios generales en el comportamiento, y también, causa la muerte en varias plagas; por ejemplo, en una

investigación se determinó que la hormiga cortadora *Atta sexdens rubropilosa* mostró síntomas de intoxicación, como movimientos lentos, desorientación y postración.

Posteriormente, Viana y Prates (2003) estudiaron el uso del extracto acuoso de *Neem* (150g de hojas/L) sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz, concluyendo que la ingestión del follaje asperjado con *Neem* causó una alta mortalidad y perjudicó el desarrollo de las larvas, sin embargo, no tuvo un efecto sobre las mismas variables con la aplicación directa del extracto sobre las larvas.

Chmutterer (1990) y Simmonds (2000) afirman que, en condiciones de laboratorio, se ha visto que los lepidópteros son sumamente sensibles a las sustancias derivadas del *Neem*. Sin embargo, Pérez *et al.* (1998) probaron tres insecticidas a base de *Azadirachta* para el control de *S. frugiperda* en maíz y *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera: Bruchidae) en semillas de caupí almacenadas, encontrando que el control de *S. frugiperda* sólo fue eficiente con tres o cuatro aplicaciones.

Hernandez-Trejo *et al.* (2019), estudiaron el efecto de la aplicación de hongos entomopatógenos, extracto de semillas de *Neem* e insecticida químico en el cultivo de maíz para el manejo de *S. frugiperda*. Descubrieron que el extracto vegetal al 70% con una disolución acuosa de etanol en la época de primavera-verano, redujo la plaga del 30,3 al 25,0% en la primera aplicación y del 32,1 al 17,3% en la segunda, mientras que, con disolución acuosa la incidencia se redujo de un 58,7 a 37,5% y de un 46,5 a 22,9%, en el mismo orden de aplicación. Sin embargo, no determinaron diferencias estadísticas en relación con los otros tratamientos, atribuyen esto a un bajo residual del extracto, posiblemente relacionado con factores como la temperatura y la radiación ultravioleta.

En la época de otoño-invierno, fue posible observar la incidencia en el tratamiento con extracto en etanol pasó de 1,3 a 3,2% la primera ocasión y de 5,3 a 1,0% en la segunda. Y en la disolución acuosa de 0,3 a 2,8% y de 1,4 a 0%. Cabe resaltar la reducción de la severidad en ambas por la aplicación de los extractos de *Neem*. Por otra parte, Suganthy (2019), investigó la eficacia del uso de extracto de *Neem* para el control del lepidóptero

barrenador de las vainas (*Etiella zinckenella*) en *Cassia angustifolia*, el extracto de semillas de Neem al 5% es recomendado para tener una máxima eficacia en cuanto a la reducción del número de insectos y el rendimiento del cultivo (kg hojas secas/ha) en comparación con el uso de clorpirifos 20 EC (1 L/ha), hongos entomopatógenos como *B. bassiana* (2kg/ha), *M. anisopliae* (2 kg/ha) y la bacteria *B. thuringiensis* (750g/ha).

Razak *et al.* (2014) estudiaron a nivel de laboratorio la eficacia de productos a base de *Neem* contra larvas de *Spodoptera litura* y encontraron que todos los productos tuvieron un efecto de control sobre el índice de consumo, eficacia de la conversión de alimentos, tasa de crecimiento, efecto anti alimentario y mortalidad, la cual se caracterizó por ser ocasionada debido a un fallo letal en la ecdisis. Suganthi (2019), cita a Varghese (2003), quien reporta que el aerosol de nimbicida al 5% tiene una alta efectividad en la reducción de la población de trips en chiles. También se menciona a Bagde *et al.* (1999), los resultados del 100% de mortalidad que obtuvo de *S. litura* y la prolongación del periodo pupal con el uso de extracto al 7% de las semillas del árbol de *Neem*.

Fitiwy *et al.* (2019) evaluaron dimetoato al 40% EC, extracto de semillas y de hojas de *Neem*, árbol de tabaco (*Nicotinia glaucea*) y hojas de caléndula mexicana (*Tagetes minuta*) para el manejo de minador de la hoja (*Phyllocnistis citrella*), mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus*) y escama roja (*Aonidiella aurantii*) en cítricos. El resultado obtenido mostró que todos los extractos fueron eficaces para el control de los insectos, sin embargo, el producto de semillas de *Neem* demostró igual y en algunos casos, superior eficacia en la disminución de las plagas con respecto al control químico con dimetoato 40% EC. En otros aspectos, Galan y Ramirez (2011) en una investigación a nivel de laboratorio encontraron que el extracto de hojas de *Neem* a una concentración de 50 ppm tiene un efecto nematoestático y a 150 y 300 ppm actúa como nematicida sobre *Meloidogyne* sp. en el cultivo de café.

V. Metodología

1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la Finca Caribe en la comunidad de Villa Franca (Latitud 10°17'28"N, Longitud 83°36'44"O) en Duacaré, Guácimo, Limón, del 20 de marzo al 02 de julio (de la semana 11 a la 26 del 2021). La empresa cuenta con 1700 ha cultivadas¹, es una zona caracterizada por tener condiciones adecuadas para el cultivo de la piña, con clima tropical húmedo, donde predominan suelos franco-arcillosos del orden ultisol e inceptisol². En la región, las precipitaciones anuales oscilan entre los 3500 y 4500 mm, la temperatura máxima y mínima promedio durante el experimento fue de 30,1 y 21,6 °C respectivamente (Geoportal de suelos de Costa Rica 2020, Earth 2021).

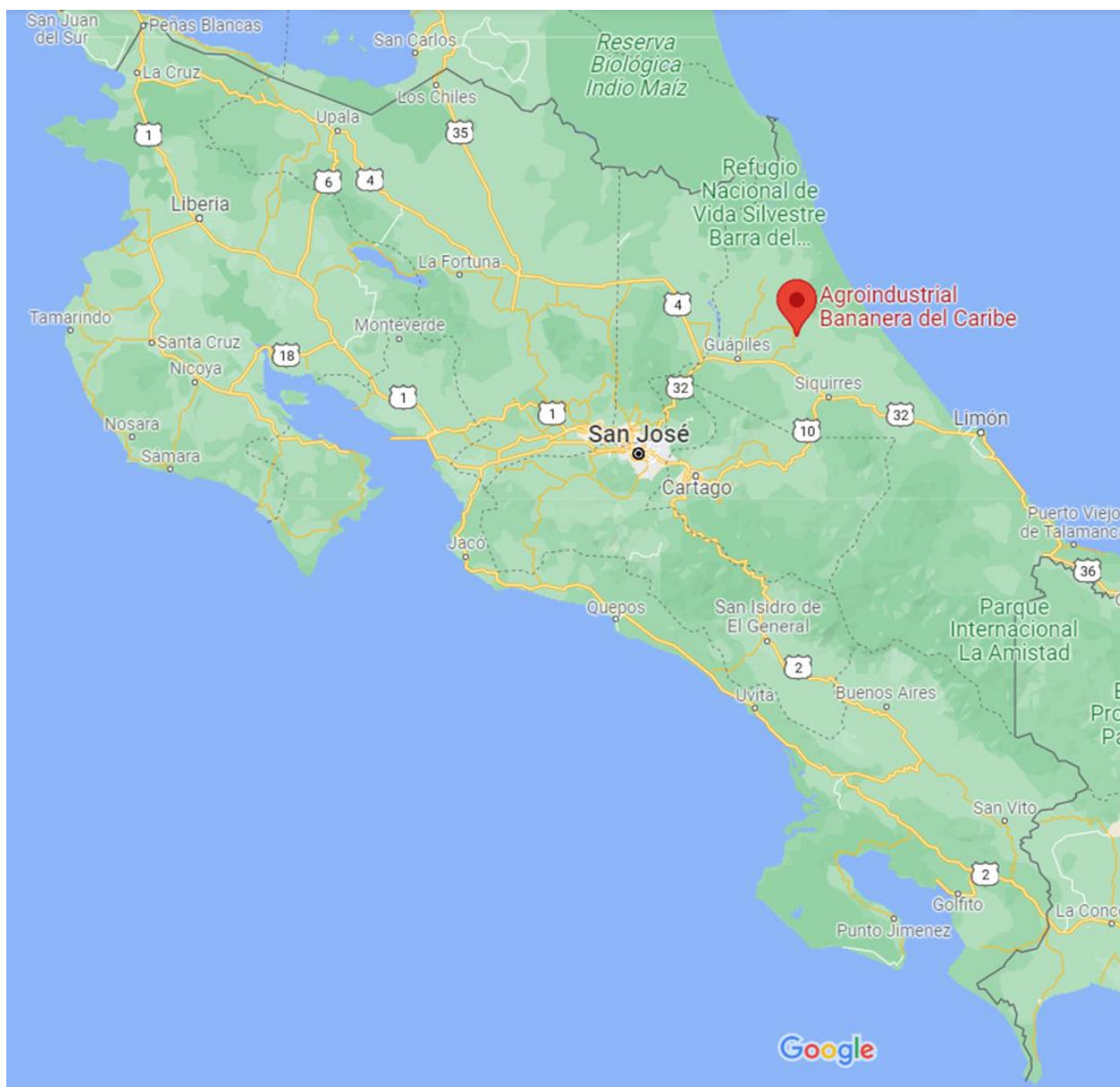


Fig. 7. Ubicación de Agroindustrial Bananera del Caribe, empresa a la que corresponde Finca Caribe.

Fuente: Tomada de mapa de Google 2021

2. Material experimental

Google. 2021. Mapa de Costa Rica (en línea). San José, Costa Rica. Tipo político. Esc. 1:5 000 000. Color. Consultado 23 oct. 2021. Disponible en <https://www.google.es/maps/place/Agroindustrial+Bananera+del+Caribe/@9.7205171,-84.4213714,8.17z/data=!4m5!3m4!1s0x8fa0b3b6cd0ade21:0xd221872d3b6df136!8m2!3d10.2913952!4d-83.6080203?hl=es>

La plantación en estudio se sembró con la variedad MD-2, al momento de establecer el sembradío se utilizaron hijos basales y axilares libres de plagas y enfermedades, mientras que el manejo del cultivo hasta la etapa de floración fue convencional. El ensayo se llevó a cabo en piñas en etapa de floración y fructificación debido al ser momento en el cual se presenta *Strymon megarus*. El experimento inició 6 semanas después de la inducción floral y culminó con la cosecha de las frutas (5 meses después de la fuerza).

3. Tipo de investigación

Esta investigación se considera explicativa debido a que pudo probar efecto de la aplicación de un insecticida natural solo y en mezcla con otros insecticidas sobre la plaga de tecla, por lo tanto, pretende generar nuevos conocimientos sobre su manejo de una forma amigable con el ambiente y busca encontrar nuevas tecnologías capaces de reducir la carga química y la afectación de esta plaga en el cultivo de piña.

4. Unidad experimental

La parcela de estudio estuvo compuesta por aproximadamente 13668 plantas, lo que representan 2030,70 m². El volumen de la muestra fue de 1680 plantas, las cuales constituyen el 12% de la población. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones para un total aproximado de 3400 plantas (≈500 m²) por método.

5. Diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completos con medidas repetidas en el tiempo. En el área de estudio se conformaron 3 bloques y dentro de cada uno de éstos se aleatorizaron cuatro tratamientos, además, las variables de interés fueron medidas cada 15 días hasta la cosecha, para un total de 112 días.

Los bloques estuvieron compuestos cada uno por 12 gavetas (gaveta: unidad mínima de producción piñera, con un área entre 150 y 200 m²). En campo, el tratamiento se aplicó a 3 gavetas consecutivas, no obstante, para efectos del experimento y con el objetivo de considerar el efecto borde, se evaluó solo la gaveta del centro, dejando así una gaveta a

cada lado de la gaveta sujeta al estudio. La Figura 8 representa un croquis del diseño experimental desarrollado en este trabajo.

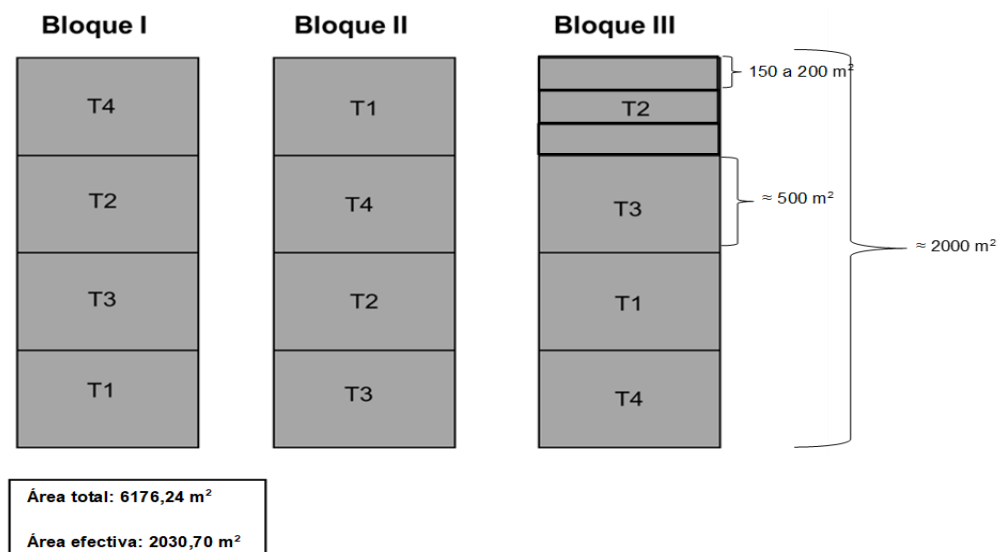


Fig. 8. Esquema de campo del diseño de la investigación en Finca Caribe, Duacarí, Guácimo, Limón.

6. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en diferentes programas de aplicación de Neem, solo y en mezcla con otros insecticidas para el control de la plaga de *Strymon megarus* a partir de la semana 6 hasta la semana 18 después de la inducción floral (SDIF). A continuación, se enumeran los tratamientos realizados:

Tratamiento 1 (testigo): representó el manejo convencional de la finca, el cual consistió en una aplicación a la semana (desde la semana 6 después de la inducción floral hasta la 14) de insecticidas sintéticos y la aspersión de productos biológicos una vez a la semana (en las SDIF 16 y 18) (Cuadro I).

Tratamiento 2: aplicación de extracto de *Azadirachta indica* una vez por semana durante todo el periodo de control de la plaga (desde 6 hasta 18 SDIF), para un total de 13 atomizos del extracto (Cuadro I).

Tratamiento 3: aspersión intercalada una vez a la semana (hasta la 15 SDIF) de insecticida químico y extracto de *Neem*, así como productos biológicos una vez a la semana en las SDIF 16 y 18 (Cuadro I). Se efectuaron 5 aplicaciones de insecticidas químico-sintéticos, 5 de extracto de *Neem* y 2 de biológicos.

Tratamiento 4: manejo convencional de la finca hasta la semana 12 después de la inducción floral y aplicación de extracto de *Neem* una vez a la semana desde la SDIF 13 hasta la 18 (Cuadro I), con una totalidad de 7 aspersiones con productos sintéticos y 6 con *Neem*.

La mezcla del extracto con otros insecticidas y la época de aplicación se consideraron en la investigación mediante la aplicación de los tratamientos 3 y 4 que combinaron la aplicación del *Neem* con otros insecticidas. El extracto utilizado fue una formulación comercial (TRIACT 64 L), es un aceite botánico refinado y clarificado al 64%, contiene al menos 8 limonoides y tiene la capacidad de encapsular otros productos y protegerlos de la luz, temperatura y el polvo (AGRO PRO CENTROAMERICA 2020), la dosis utilizada se estableció de acuerdo con la recomendación comercial (2L/ha), al mismo tiempo los demás productos fueron dosificados según las cantidades utilizadas en la finca. Como se mencionó anteriormente, la aplicación de tratamientos inició a las 6 semanas después de la inducción floral y terminó en la semana 18, las variables fueron evaluadas cada 15 días.

Seguidamente, se puntualizan los distintos tratamientos estudiados (Cuadro I):

Cuadro I. Tratamientos implementados en la Finca Caribe para el manejo de *Strymon megarus*, en el periodo del 20/03/21 al 12/06/21.

Tratamiento	SDIF	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis (L/ha)	Volumen de agua (L)
T1 (testigo)	6	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	7	Novalurom	Rimon 10 EC	0,4	2000
	8	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	9	Lambda cialotrina	LAMBDA CIHALOTRINA 2.5 EC	1,25	2000
	10	Methoxifenozone	Intrepid 24 SC	0,4	2000
	11	Novalurom	Rimon 10 EC	0,4	2000
	12	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	13	Methoxifenozone	Intrepid 24 SC	0,4	3000
	14	Novalurom	Rimon 10 EC	0,4	3000
	15				
	16	Spinetoram	Winner 6 SC	0,4	3000
	17				
	18	<i>Bacillus Turingensis</i>	BIOQUIM BACILLUS THURINGIESIS 6.4 WP	0,5	3000
T2	6	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	7	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	8	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	9	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	10	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	11	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	12	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	13	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	14	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	15	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	16	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	17	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	18	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
T3	6	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	7	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	8	Lambda cialotrina	LAMBDA CIHALOTRINA 2.5 EC	1,25	2000
	9	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	10	Methoxifenozone	Intrepid 24 SC	0,4	2000
	11	Extracto de neem	Triact 64 L	2	2000
	12	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	13	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	14	Novalurom	Rimon 10 EC	0,4	3000
	15	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	16	Spinetoram	Winner	0,4	3000
	17				
	18	<i>Bacillus Turingensis</i>	BACILLUS THURINGIESIS 6.4 WP	0,5	3000
T4	6	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	7	Novalurom	Rimon 10 EC	0,4	2000
	8	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	9	Lambda cialotrina	LAMBDA CIHALOTRINA 2.5 EC	1,25	2000
	10	Methoxifenozone	Intrepid 24 SC	0,4	2000
	11	Novalurom	Rimon 10 EC	0,4	2000
	12	Carbaryl	HORMIKIL 48 SC	3,5	2000
	13	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	14	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	15	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	16	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	17	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000
	18	Extracto de neem	Triact 64 L	2	3000

SDIF= semana después de la inducción floral

En todos los caldos de mezcla se utilizó el producto COSMO-AGUAS como regulador de pH, a una dosis de 0,5L en 2000 y 3000 L de agua. Como coadyuvante para carbaryl se utilizó Cosmo flux 411 F a una dosis de 1L/ha y para methoxifenozone, lambda cialotrina, novalurom y spinetoram se utilizó Cosmo In-d 27 SL a una dosis de 2,4 L/ha.

7. Equipos e instrumentos utilizados en la aplicación de los tratamientos

Las aplicaciones se hicieron utilizando un *spray boom* con boquillas 8008 y un gasto de 2000 a 3000L/ha. Para la recolección de datos fueron necesarias hojas con tablas impresas, y para el análisis de datos un equipo de cómputo y el programa estadístico Infostat.

8. Definición de variables

A los 15 días después de la primera aplicación, se inició la cuantificación de los daños ocasionados por tecla mediante el conteo de: 1) número de frutos con daño fresco y/o daño seco, además de evaluar la presencia de la plaga mediante la determinación de la cantidad de: 2) larvas vivas, 3) larvas muertas, 4) huevos eclosionados y 5) huevos sin eclosionar.

Los frutos con daños fueron definidos al presentar características de la sintomatología común de ataque por tecla (flores con gomosis y frutos con galerías o deformaciones) (Figura 5 y 9), a partir de su conteo, se calculó la incidencia en el cultivo utilizando la siguiente fórmula: $\frac{\text{número total de plantas afectadas}}{\text{número total de plantas evaluadas}} * 100$. Las larvas vivas se identificaron debido a su coloración típica y movilidad, para comprobar la presencia de larvas muertas, se buscaron larvas con coloración opaca e inmovilidad, los huevos eclosionados se distinguieron al exhibir una ruptura producto de la salida de la larva y los huevos no eclosionados al no mostrar ningún orificio (Figura 9).

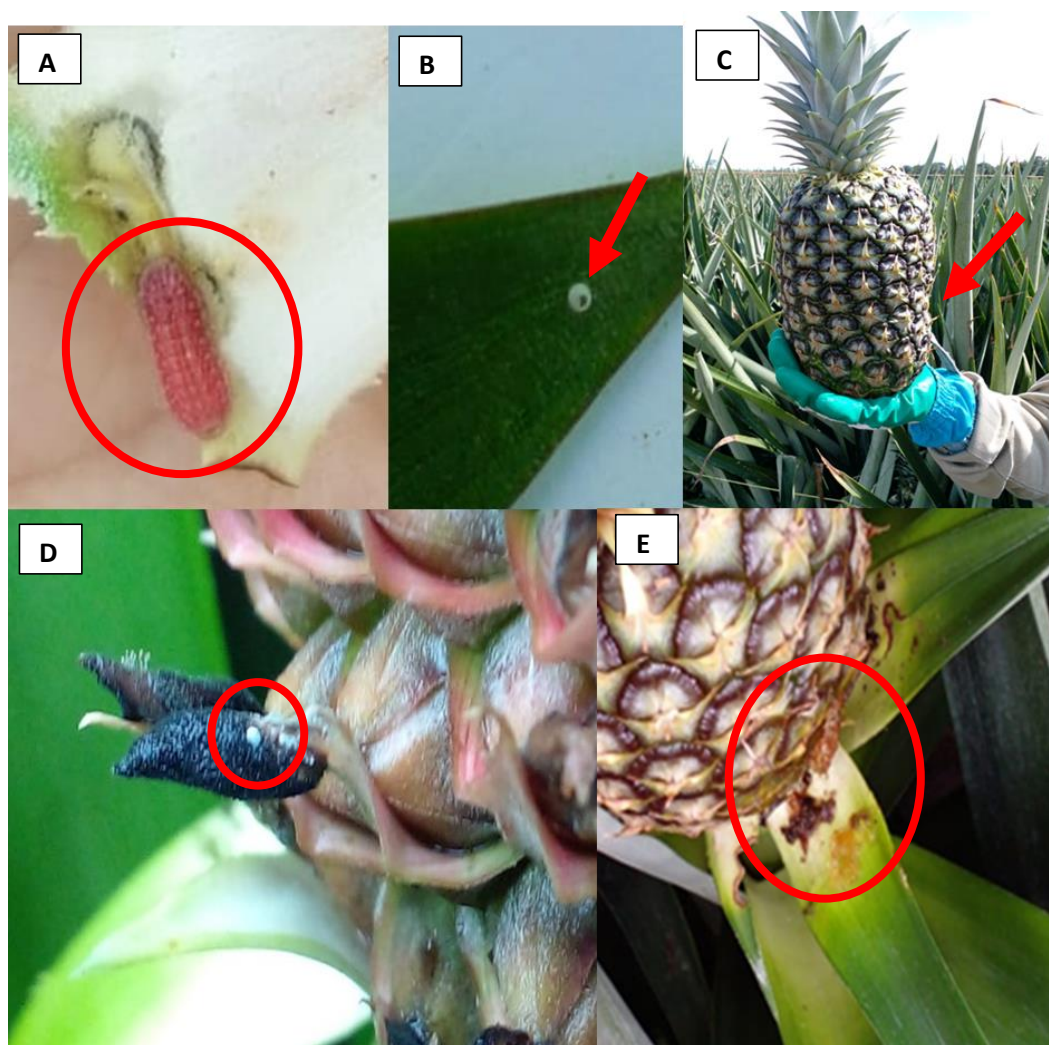


Fig. 9. A) Larva viva de *Strymon megarus*, B) huevo eclosionado, C) fruto con deformación, D) huevo no eclosionado y E) Gomosis en fruto debido a daño por tecla. Villa Franca, Guácimo, Limón. 2021.

Las evaluaciones se realizaron en el campo analizando los frutos mediante observación, de forma no destructiva, todas las variables fueron medidas a simple vista. Las filas para escoger las plantas estudiadas se seleccionaron al azar y las plantas evaluadas en las filas previamente elegidas, se determinaron mediante un azar sistemático.

Se compararon los tratamientos mediante análisis estadístico con el fin de determinar diferencias entre tratamientos, en términos de menor presencia y daños de la plaga. En cuanto al análisis económico de los tratamientos, se determinaron los costos por tratamiento siguiendo la técnica de presupuestos parciales de Reyes (2001) para establecer el valor de cada tratamiento y definir el de menor costo y mayor beneficio.

9. Análisis de datos

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) bajo el enfoque de modelos lineales generalizados mixtos con distribución binomial y función de enlace logit, en el modelo se consideró como efecto fijo al factor tratamiento y como efecto aleatorio al bloque. Cuando se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$), se realizó la prueba de comparación de medias, a posteriori, LSD-Fisher.

VI. Resultados y discusión

El Cuadro II tabula la cantidad total de insectos de tecla encontrados durante el experimento y el porcentaje de incidencia presente en las distintas unidades experimentales.

Cuadro II. Cantidad de individuos de *S megarus* en diferentes estadios e incidencia de la plaga en las parcelas de estudio en Villa Franca, Guácimo, Limón, 2021.

Tratamiento	Huevos eclosionados	Huevos no eclosionados	Larvas vivas	Larvas muertas	Incidencia (%)
1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0
3	3	2	1	0	0,7
4	2	0	0	0	0,4

A continuación, se detallan los resultados de acuerdo con el análisis estadístico para cada variable estudiada:

Huevos eclosionados

El Cuadro III muestra el promedio por tratamiento de huevos eclosionados, donde los tratamientos 1 y 2 son los de menor incidencia, seguido por los tratamientos 4 y 3. Al realizar el ANOVA no se encontró suficiente evidencia para rechazar la hipótesis que plantea igualdad de medias en el número de huevos eclosionados entre tratamientos ($F=0.52$; $p=0.6671$).

Cuadro III. Cantidad promedio de huevos eclosionados y desviación estándar de cada tratamiento

Tratamientos	Media	Desviación estándar
1	0.0417	0.2041
2	0.0417	0.2041
4	0.0833	0.2823
3	0.1250	0.3378

Huevos no eclosionados

En cuanto a esta variable, inicialmente se identificaron los tratamientos carentes de huevos no eclosionados (tratamientos 1 y 4), luego, se realizó el ANOVA para comparar los tratamientos 2 y 3, de igual forma no se identificaron diferencias significativas (0.32; 0.5736). La media de la cantidad de huevos no eclosionados fue 0.0417 y 0.0833, con desviaciones estándar de 0.2041 y 0.2823 en los tratamientos 2 y 3 respectivamente.

Larvas vivas y muertas

No se observaron larvas vivas en los tratamientos 1, 2 y 4. El único tratamiento que mostró presencia fue el tratamiento 3 (0,0021 larvas). Con respecto a las larvas muertas, no se encontraron en ninguno de los tratamientos, lo cual es consistente con la poca presencia de larvas vivas.

Incidencia

No se encontraron frutos con daños por tecla en los tratamientos 1 y 2; en el 3 y 4 la incidencia fue de 0,7 y 0,4 % respectivamente, pero no aparecieron diferencias entre estos tratamientos ($p > 0,9999$), la incidencia cuantifica la magnitud de la ocurrencia de un determinado evento en una población (Arriola 2013), en este caso en específico, determina la dimensión de daño en frutos de piña que provoca *Strymon megarus* en el ensayo. Quesada (2013) indica que en Costa Rica la incidencia de tecla varía según la región, siendo la zona del Atlántico la que cuenta con mayores infestaciones de tecla; sin embargo, en el presente ensayo la incidencia se considera baja. Vargas *et al.* (2018) consideran una alta infestación a partir del 5%.

El efecto encontrado se atribuye a la acción de los tratamientos y a la interacción del insecto con los distintos factores ambientales, debido a que la distribución de los datos no fue normal y el porcentaje no alcanza ni el 1%. Algunos productos químicos a base de *carbaril* y *lambda-cihalotrina* controlan los daños por tecla (Monge 2018), al igual que el *methoxyfenozide* y el *novalurón* como insecticidas aprobados para su uso en piña (Vargas *et al.* 2018, Vega 2012).

De la misma forma, el árbol de *Neem* tiene un efecto bioinsecticida debido a su variado contenido de terpenoides, además, su principal ingrediente activo (azadiractina), posee un efecto residual que dura de 7 a 8 días en condiciones de campo (Arriola 2013). Los resultados obtenidos concuerdan con Inclán *et al.* (2007), quienes encontraron en Guácimo de Limón reducciones en el número de frutos de piña dañados por Tecla, con la aplicación del extracto de *Quassia amara* (reducción a 25%) y carbaril (reducción a 4%).

Miranda (2011) localizó en San Carlos de Alajuela únicamente 2 frutos dañados por *Strymon megarus* en plantas de piña tratadas con un extracto botánico a base de la mezcla de chile picante (*Capsicum annum*), ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa*), gavilana (*Neurolaena lobata*) y sales potásicas. Dicho autor clasifica la incidencia como bastante baja y explica el motivo de su hallazgo con los estudios realizados por Inclán *et al.* (2007 y 2008), que demostraron que tecla es muy susceptible a extractos botánicos.

Asimismo, López y Ortiz (2005) encontraron que productos derivados del *Neem* son efectivos en el combate de plagas agrícolas como *Diaphania hyalinata* (L.) en melón, *Empoasca fabae* (Harris) en frijol, *Thrips palmi* (Karny) en pepino en organopónico y bajo condiciones de cultivo protegido, y *Bemisia tabaci* (Genn.) en frijoles y tomate, observaron efectividad hasta del 100 % en la reducción de las plagas. Según Quesada (2013) y Vargas y Erick (2011) citados por Asto (2018), la población de tecla supera el umbral económico cuando existe la más mínima presencia de la plaga (huevo, larva, pupa o adulto) en la plantación, debido a que su umbral es de 0, es decir, no se admite la presencia de *Strymon megarus* en el cultivo de piña. Los resultados de Miranda (2011) coinciden con los de la presente investigación, fue posible comprobar la presencia de huevos y larvas de tecla en el cultivo de piña a pesar de ser tratado con jabón, extracto botánico (mezcla de distintas plantas), insecticidas químicos, sales potásicas y hongos entomopatógenos; sin embargo, no descubrió daños asociados a su presencia en todos los casos.

De acuerdo con el análisis estadístico, la eficacia de los tratamientos fue igual, aun así, se apreció en el Cuadro II que, la presencia e incidencia de tecla predominó en los tratamientos 3 y 4, los cuales combinan insecticidas químicos con el extracto de *Neem*.

Cuando se empleó el extracto desde el inicio (T2), la cantidad de insectos se mantuvo baja, lo cual sugiere un efecto por aplicación constante. Pero, cuando se inició con las aplicaciones de forma tarde y en mezcla con insecticidas sintéticos, las poblaciones no bajaron completamente, un posible indicio de que el producto requiere tiempo para mostrar su efecto en las poblaciones.

Lo anterior se podría explicar con lo expuesto por Quiroz *et al.* (2005) quienes señalan que la aplicación de agroquímicos para el control de plagas causa una anarquía biológica, en donde el insecto plaga se recobra más rápido en comparación con sus enemigos naturales. Sumado a esto, la azadiractina no elimina los insectos de manera inmediata, sino que repele y destruye su crecimiento y reproducción al intervenir en el sistema neuroendocrino de las larvas, se ha documentado que aplicaciones constantes y periódicas generan mejores resultados debido al efecto repelente del *Neem*, el efecto sistémico permanece alrededor de 6 días, la azadiractina se degrada al 100% después de 7 días (Ramos 2018).

Por su parte, los insectos no son capaces de perder sensibilidad al *Neem*, este contiene una mezcla compleja de ingredientes activos que les impide alcanzar inmunidad, los productos químicos sintéticos, comúnmente contienen un ingrediente activo, por lo que llegan a ser tolerables por los insectos. (Aguirre 2008 citado por Soto 2014). En cambio, las plantas tratadas con *Neem* pueden ser ingeridas por insectos, pero al llegar a cierto punto de ingestión, todavía en su etapa de larva, empiezan a consumir cada vez menos, hasta que dejan de comer y mueren, sin alcanzar la madurez sexual, reduciendo así la presencia en el cultivo. Por un lado, el daño causado por los insectos que alcanzaron a comer parte de la planta puede considerarse dentro de un umbral permisible normalmente; por otro lado, si las aplicaciones son constantes puede ocurrir la acumulación de azadiractina en los insectos plaga y manifestarse su efecto como el caso del tratamiento 2, donde no hubo incidencia y la presencia fue menor (Ramos 2018).

Los factores del agrosistema que influyeron en la presencia e incidencia de la plaga:

Precipitaciones

De acuerdo con los datos de precipitaciones en Guácimo en los años 2015-2021, suministrados por la estación meteorológica de la Universidad EARTH, abril y julio del actual año (2021) se caracterizaron por presentar altas precipitaciones en comparación con años anteriores, siendo en los últimos 7 años los meses más lluviosos (Figura 10).

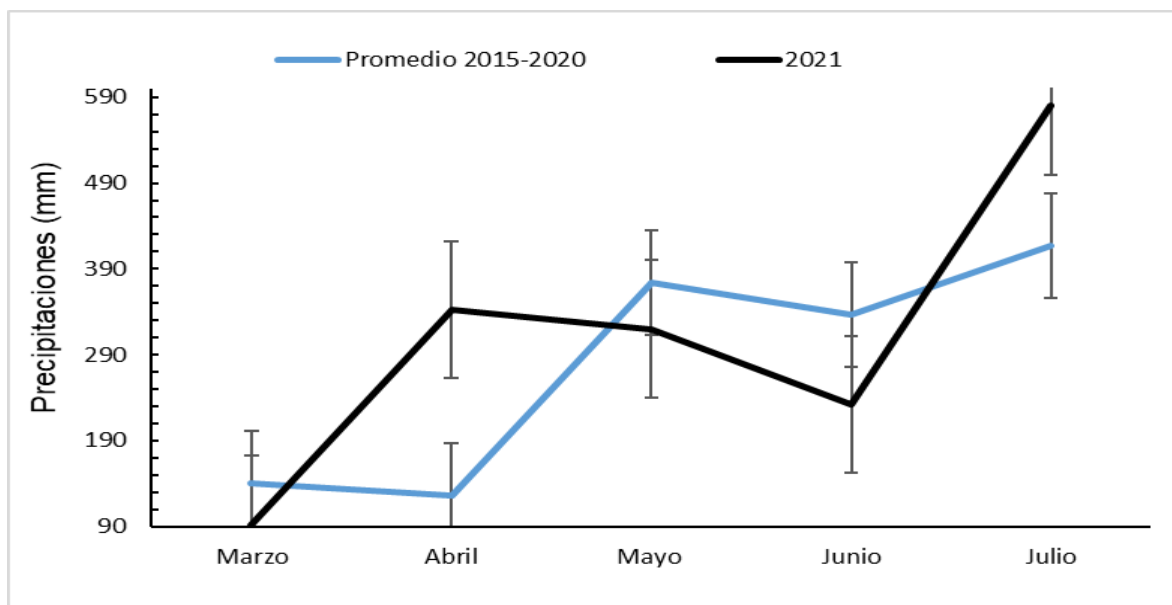


Fig. 10. Promedio de lluvias de los meses de marzo, abril, mayo, junio y julio desde el año 2015 hasta 2020 y precipitaciones promedio de los mismos meses del 2021, en Guácimo, Limón.

Fuente: Elaborada con base en EARTH 2021

Arellano *et al.* (2015) encontraron en Perú mayor incidencia de tecla en el año 1986 el cual se caracterizó por ser un año de extrema sequía reportándose precipitaciones de 31,4 y 11 mm en los meses de mayo y junio respectivamente. Ellos se

fundamentaron en los años 1983-1987, en los cuales, en promedio en los mismos meses en orden, las lluvias fueron de 105 y 89 mm, finalmente, especifican que en el mismo año las primeras larvas se presentaron en mayo, afectando el 11 %. En el mes de julio se registraron daños en frutos afectando el 60 % de la producción, en septiembre, el ataque disminuyó, pero aun así se recolectaron larvas y se observó gran cantidad de restos de huevos.

Para explicar el comportamiento del insecto, Arellano *et al.* (2015) citan a Py *et al.* (1984) y Arellano (2001) resaltan la probabilidad de que las condiciones climáticas de menor lluvia incrementan las poblaciones de *S. megarus*. Adicional a esto, la condición morfológica de los lepidópteros, impide el transportarse y la propagación en condiciones de lluvia*. Cabe destacar que Monge (2018) afirma que *Strymon megarus* es atraída principalmente por las flores de piña con edad entre las 7 y 12 semanas después de la inducción floral, lo anterior concuerda con los resultados del mes de abril (abril más lluvioso de los últimos 7 años), en el cual se encontró la mayoría de los insectos; no obstante, la cantidad pudo estar disminuida debido a las precipitaciones. Por lo tanto, se podría decir que el comportamiento y cantidad de lluvia pudo actuar como un factor desfavorable para el desarrollo de la plaga de tecla en el cultivo de piña durante el experimento.

Temperatura

Mairena (2015) estudió los insectos asociados al cultivo de la piña en Nicaragua, específicamente en la zona piñera del Municipio de Ticuantepe, en los meses de marzo a septiembre, y concluyó que la temperatura no tuvo un efecto significativo sobre la fluctuación poblacional de tecla.

Esto se contrapone con los estudios de la Universidad de El Salvador (2001) donde se dice que la temperatura es considerada el principal factor ambiental en influir en el desarrollo de los insectos, el motivo es que estos son organismos poiquilotermos, es decir de sangre fría. Tales datos permiten utilizar la temperatura para predecir su desarrollo, Céspedes *et al.* (2018) plantean que las altas temperaturas ocasionan aumento en la plaga de *Strymon*, siendo esta la principal plaga favorecida bajo dichas condiciones en el cultivo de piña.

*Bolaños, A. 03 ago. 2021. *Strymon megarus*. (comunicación personal). Guácimo, Costa Rica, Agroindustrial Bananera del Caribe, S.A. Finca Caribe.

El siguiente cuadro muestra la temperatura promedio de los meses de marzo a julio desde el año 2015 hasta el 2020 en Guácimo. Si se realiza un contraste con la del año 2021, se muestra al mes de abril del 2021 como el de menor temperatura en los últimos 7 años (Figura 11). Es decir, se considera un mes con grados bajos en comparación con los otros años.

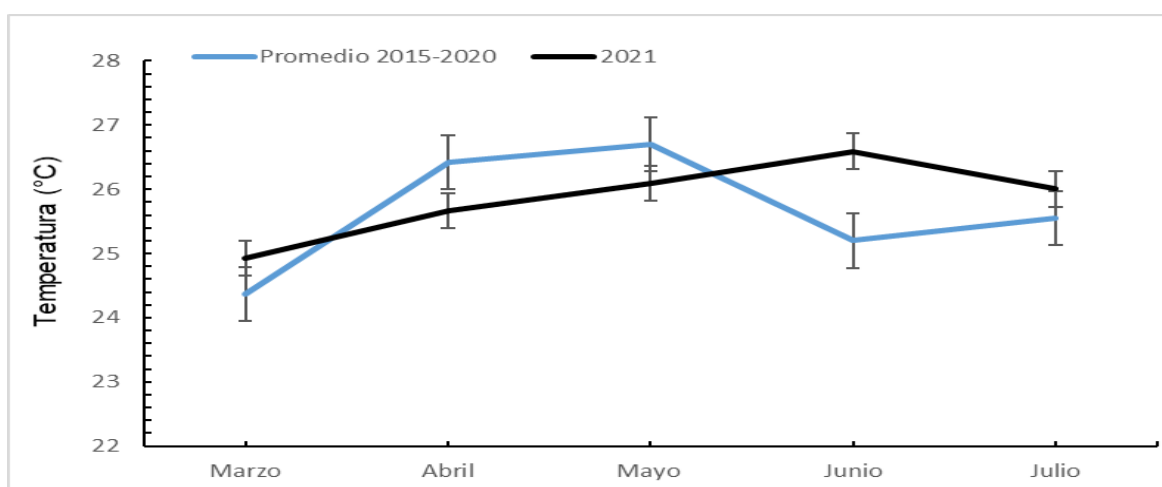


Fig. 11. Temperatura promedio en grados Celsius, de marzo, abril, mayo, junio y julio de los años 2015-2020 y del año 2021 en Guácimo, Limón.

Fuente: Elaborada con base en EARTH 2021

En consecuencia, el mes de abril se considera el periodo de mayor infestación de la plagam, debido a que representa entre las 7 y 12 semanas después de la inducción floral, en esta ocasión no se presentaron altas temperaturas que estimularan la presencia de *Strymon megarus*, entonces se presume que fue un elemento el cual restó incidencia y presencia de la plaga.

Floración natural

EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda). 2021. Datos meteorológicos de Guácimo 2015-2021. Guácimo, Costa Rica. 1 Libro electrónico.

La floración natural es un fenómeno fisiológico en el que la planta de piña se induce a la floración de forma natural debido a factores climáticos¹. Dicha antítesis causa desuniformidad en la plantación y complica las labores de campo, como por ejemplo el uso de insecticidas para el control de tecla debido a las distintas edades y tiempos de cosecha de las plantas². Lo anterior da como consecuencia altas infestaciones de la plaga de *Strymon megarus*³. Vargas *et al.* (2018) sostienen que cuando existen plantas con pesos variables y bajan las temperaturas, se puede manifestar la inducción natural de forma que, la planta cambia sus yemas vegetativas a reproductivas, generando pérdidas para el sector, los fuertes cambios en la temperatura (de 30°C a menos de 15°C) en tiempos muy cortos (principalmente las bajas temperaturas extremas causadas por la entrada de frentes fríos en los meses de octubre-noviembre-diciembre-enero en Costa Rica), la baja intensidad lumínica y los vientos fuertes también pueden ocasionar la floración natural.

Según los datos obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad EARTH para los meses de marzo a julio del 2021, y según lo citado antes por Vargas *et al.* (2018), las condiciones climáticas durante el ensayo no fueron favorecedoras para inducir la floración natural al no presentarse fuertes vientos ni cambios de temperatura bruscos. En el desarrollo de la investigación se observó que la floración natural no fue significativa para provocar interferencia en la aplicación de los tratamientos ni desuniformidad del cultivo, por lo que representó un componente desfavorable para *Strymon megarus*.

Ubicación del ensayo

El experimento se estableció en una zona con varias hectáreas de piña (de primer ciclo de producción), sin embargo, rodeada por sembradíos de familias distintas a la Bromeliaceae y alejada de zonas boscosas donde pudieran encontrarse plantas hospederas para tecla (Figura 12). Monge (2018) menciona que las mariposas de *Strymon* se encuentran cerca de áreas boscosas, y donde existen heliconias, en las cuales se hospedan y se alimentan para posteriormente trasladarse al cultivo de piña en floración, es recomendable dejar 15 m de distancia entre dichas zonas y las plantaciones de piñas.

Se ha comprobado que existe mayor incidencia de la plaga en zonas rodeadas de bosque, charrales y de plantas pertenecientes a la familia Bromeliaceae, ya que como lo menciona MAG (2010), es un insecto que se alimenta únicamente de las flores y frutos de bromeliaceas. En la zona de estudio se contó con más de 15 m de distancia de zonas boscosas o vegetación nativa que donde predominaran heliconias o plantas de la familia Bromeliaceae (Figura 12), por lo que se desfavoreció la alta incidencia y presencia de la plaga.



Fig. 12. Paisaje cercano al área del experimento (Fotografía del 15/05/20). Villa Franca, Guácimo, Limón, 2020.

Fuente: Adaptada de Google EARTH 2021

Google Earth. 2021. Globo Terráqueo (en línea). San José, Costa Rica. Tipo satelital. Esc. 1:10 000. Color. Consultado 23 oct. 2021. Disponible en <https://www.google.es/maps/place/Agroindustrial+Bananera+del+Caribe/@9.7205171,-84.4213714,8.17z/data=!4m5!3m4!1s0x8fa0b3b6cd0ade21:0xd221872d3b6df136!8m2!3d10.2913952!4d-83.6080203?hl=es>

Cultivo de primera cosecha

Otro factor que pudo interferir y desfavorecer la presencia de la plaga en el experimento fue el material de siembra utilizado para establecer la plantación, sería el trato de semilla para el primer ciclo de producción. En la Finca Caribe es común encontrar mayores afectaciones de la plaga en plantaciones de segunda cosecha*.

Castro y Hernández (1992) citados por García (2008) mencionan resaltan la importancia de que el material utilizado como semilla cumpla con requisitos que garanticen una simiente en buenas condiciones para competir mejor por luz, nutrimentos, espacio y agua. En plantaciones para primera cosecha existen más probabilidades de cumplir con exigencias tales como: semilla libre de enfermedades y plagas insectiles y buenas condiciones físicas; Y por ende, presentar menores probabilidades de ataques de plagas como *Strymon megarus*.

*Peraza, E. 01 jul. 2021. La plaga de Tecla (comunicación personal). Guácimo, Costa Rica, Agroindustrial Bananera del Caribe, S.A.Finca Caribe.

Análisis financiero

Según Reyes (2001), para aplicar un análisis financiero con presupuestos parciales, los tratamientos deben tener medias significativamente diferentes, mostrar diferencias de costos, y presentar una relación directa entre costos y beneficios. El enfoque toma en cuenta solamente los costos asociados a usar o no un tratamiento. Se denominan “Costos que Varían”, y se citan así porque varían de un tratamiento a otro el resto de costos son constantes.

En la evaluación de insecticidas, los costos que están directamente asociados son los productos insecticidas, la mano de obra para la aplicación, el agua y el alquiler del equipo para aplicar el plaguicida, cuando el equipo es rentado (Reyes 2001). Por lo tanto, para definir los costos que varían en el ensayo, se tomaron en cuenta los insecticidas, coadyuvantes y regulador de pH, así como, el costo de cada aplicación que incluye la mano de obra y combustible del tractor. El agua y el alquiler del equipo no fue tomado en cuenta debido a que la empresa cuenta con fuente de agua y maquinaria propia.

A pesar de lo anterior, en el presente experimento no fue posible completar los pasos propuestos por Reyes (2001) para realizar el análisis de presupuestos parciales, al no poder evidenciar una relación directa entre costos y beneficios en los tratamientos, es decir, no se cumple la tendencia en la cual al aumentar los costos aumentan los beneficios. Además, no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, sin embargo, fue posible calcular los costos que varían en cada tratamiento.

A continuación, en el Cuadro IV se evidencia que los costos de los tratamientos aumentan, pero el beneficio (reducción de la incidencia y el número de insectos) disminuye, de manera que el tratamiento convencional de la finca (T1) se considera el más rentable en términos económicos. Cabe resaltar que el tratamiento más económico sin tomar en cuenta el costo por aplicación es el T2, , al contrario, el T1 requiere de mayor número de aplicaciones por lo que sus costos aumentan.

Cuadro IV. Costos que varían (cv) por hectárea en cada tratamiento del ensayo, número total de insectos presentes en las unidades experimentales y porcentaje de incidencia por tratamiento.

Tratamiento	CV (\$)	Insectos	Incidencia (%)
1	849,28	1	0
2	929,5	2	0
3	892,47	6	0,7
4	973,64	2	0,4

El T2 posee un costo 9% más alto que el T1, no obstante, es un tratamiento natural, que evita el desgaste del área de cultivo y contribuye a la disminución de la carga química en la fruta. Además, presenta un comportamiento similar al tratamiento convencional de la finca, por lo que el costo adicional podría compensarse con sus características amigables con el ambiente y su beneficio potencial. El T3 y T4 presentaron respectivamente, 5 y 15% mayor costo que el T1, adicionalmente, el beneficio observado en términos de control de *Strymon megarus* fue menor que el del T1.

VIII. Conclusiones

1. Bajo las condiciones del presente experimento, los tratamientos que incluyeron el extracto de *Azadirachta indica* fueron igual de eficientes para el manejo de tecla, que el tratamiento convencional de la finca, por lo que tienen potencial de uso.
2. El uso prometedor del *Neem* para el manejo de *Strymon megarus* no se limita a la igualdad encontrada con el tratamiento convencional de la finca, también se atribuye a la disminución de la carga química en la fruta, a la nula posibilidad de que los insectos adquieran resistencia al producto y no representa una amenaza para la salud pública y el ambiente.
3. Es posible que las condiciones ambientales durante el periodo de evaluación hayan influenciado el desarrollo de las poblaciones de *S. megarus* en las plantaciones evaluadas. Presentando un efecto que tiende a la baja debido a las condiciones adversas para el desarrollo de las poblaciones.

4. La incidencia y presencia de *S. megarus* en todos los tratamientos fue baja, se presume que se debió a la influencia de las aplicaciones y a las condiciones del sistema agrícola.
5. El manejo convencional de la finca fue el tratamiento más económico en términos monetarios, sin embargo, constituye el de superior carga química, lo que representa menor protección del recurso natural, y por ende mayor desgaste del medio de cultivo y del entorno en general.

IX. Recomendaciones

1. Probar diferentes dosis del extracto de *Neem* para tratar de reducir las aplicaciones y los costos del tratamiento, ya que en el ensayo el costo de los tratamientos que incluyeron *Azadirachta indica* se elevó debido al número de aplicaciones y no al precio de los productos.
2. Realizar pruebas en ambientes controlados para estudiar diferentes condiciones del medio e inóculo, con el fin de garantizar y conocer la cantidad de inóculo presente y fijar las condiciones del medio.
3. Establecer un tratamiento como testigo absoluto para evitar poca varianza entre datos y dificultades en el análisis estadístico ANOVA debido al no cumplimiento de los supuestos (normalidad, independencia y homogeneidad de varianza).
4. Evaluar la mayor cantidad de frutos posibles en intervalos cortos, para el aumento del número de evaluaciones en los primeros 45 días al ser el periodo de mayor obtención de datos, ya que la plaga se presenta en mayor proporción en dicha fase.
5. Ampliar el periodo de evaluación de las poblaciones para poder validar si el efecto de la azadiractina puede verse en las cantidades y poblaciones de las próximas generaciones.

X. Anexos

Seguidamente, se muestra el Cuadro V con la información utilizada para realizar el análisis financiero de la investigación.

Cuadro. V. Costos tomados en cuenta para el análisis financiero de los tratamientos implementados en Finca Caribe, 2021.

PRODUCTO	PRECIO (\$) /L
Carbaryl	6,45
Novalurom	41,00
Lambda Cialotrina	7,22
Methoxifenozone	78,00
Spinetoram	88,02
<i>Bacillus thurigiensis</i>	15,50
Neem	12,50
Cosmo flux	5,60
Cosmo aguas	2,50
Cosmo in d	9,36
Costo de aplicación/ha	44,00

A continuación, se adjunta el análisis estadístico realizado para la interpretación de los resultados:

Nueva tabla : 03/08/2021 - 10:32:55 - [Versión : 20/09/2019] - [R 3.6.1]

Modelos lineales generalizados mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlgm.modelo.000_H.eclosionado_ML<-glmer(cbind(H.eclosionado
,as.numeric(as.character(20))-H.eclosionado)~1+Tratamiento+(1|Bloque)
,family=myFamily
,na.action=na.omit
,REML=F
,AGQ=1
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: `mlgm.modelo.000_H.eclosionado_ML`

Variable dependiente: *H.eclosionado*

General

Familia	Enlace	nAGQ
binomial	logit	1

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
96	59.097187	71.918928	-24.548594	35.453171

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	3	92	0.5205	0.6671

Parámetros de los efectos aleatorios

RndEff	Param	Var	SD
Bloque	(Intercept)	0.000000	0.000000

H.eclosionado - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
3	-5.068904	0.579163	0.12500	0.3378	A
4	-5.476464	0.708585	0.08330	0.2823	A
2	-6.171701	1.001045	0.04167	0.2041	A
1	-6.171701	1.001052	0.04167	0.2041	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Especificación del modelo en R

```
mlgm.modelo.003_H.no.eclosionado_ML<-glmer(cbind(H.no.eclosionado
,as.numeric(as.character(20))-H.no.eclosionado)~1+Tratamiento+(1|Bloque)
,family=myFamily
,na.action=na.omit
,nAGQ=1
,data=R.data03)
```

Resultados para el modelo: mlgm.modelo.003_H.no.eclosionado_ML

Variable dependiente: H.no.eclosionado

General

Familia	Enlace	nAGQ
binomial	logit	1

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
48	28.29	33.90	-11.14	16.44

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento 1	46		0.32	0.5736

Parámetros de los efectos aleatorios

RndEff	Param	Var	SD
Bloque	(Intercept)	0.00	0.00

H.no.eclosionado - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
3	-5.476463	0.707107	0.083300	0.02823	A
2	-6.171701	1.000000	0.041670	0.02041	A

Resultados para el modelo: mlgm.modelo.002_L.vivas_ML

Variable dependiente: L.vivas

General

Familia	Enlace	nAGQ
binomial	logit	1

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
96	18.354023	31.175764	-4.177011	6.404878

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	3	92	3.66E-07	>0.9999

Parámetros de los efectos aleatorios

RndEff	Param	Var	SD
Bloque	(Intercept)	1.73E-10	0.000013

L.vivas - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	PredLin	E.E.	Media	E.E.
3	-			
6.171701	1.001045	0.002083	0.002081	A
1	-31.007914	246973.936424	0.000000	8.44E-09
4	-35.678131	2551450.287210	0.000000	8.17E-
10	A			
2	-			
3200.413756	3063086.551779	0.000000	0.000000	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Especificación del modelo en R

```
mlgm.modelo.003_Incidencia_ML<-glmer(cbind(Incidencia
,as.numeric(as.character(20))-Incidencia)~1+Tratamiento+(1|Bloque)
,family=myFamily
,na.action=na.omit
,REML=F
,AGQ=1
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: mlgm.modelo.003_Incidencia_ML

Variable dependiente: Incidencia

General

Familia	Enlace	nAGQ
binomial	logit	1

Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
96	40.849713	53.671453	-15.424856	17.762827

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis marginales (Wald) para los efectos fijos

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Tratamiento	3	92	1.41E-09	>0.9999

Parámetros de los efectos aleatorios

RndEff	Param	Var	SD
Bloque	(Intercept)	7.464928	2.732202

Incidencia - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Tratamiento	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
3	-7.304106	2.082907	0.000672	0.001399	A
4	-7.716039	2.125208	0.000445	0.000946	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

XI. Referencias bibliográficas

- Acuña, G. 2006. Producción de piña en caribe y pacífico sur de Costa Rica. *Ambientico* 1(158): 2-3.
- Adhikari, k; Bhandari, S; Niraula, D; Shrestha, J. 2020. Use of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) as a biopesticide in agriculture: A review. *JOURNAL OF AGRICULTURE AND APPLIED BIOLOGY* 1(2): 100-117.
- AGRO PRO CENTROAMERICA S.A. 2020. Bioplaguicidas (en línea). Consultado 08 dic. 2020. Disponible en <http://www.agroproca.com/productos/?producto=1>

Arellano, G; Vergara, C; Bello, S. 2015. Plagas entomológicas y otros artrópodos en el cultivo de la piña (*Ananas comosus* var. *comosus* (L.) Merr., Coppens & Leal) en Chanchamayo y Satipo, departamento de Junín, Perú. *Ecología Aplicada* 14(1-2):175. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v14i1-2.94>.

Arriola Santos, JF.
EVALUACIÓN DE TRES INSECTICIDAS A BASE DE NEEM SOBRE EL MANEJO DE ADULTOS DE MOSCA BLANCA (*Bemisia tabaci*; Aleyrodidae). Tesis. Guatemala. UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR. 47p

Asto, W. 2018. BIOCONTROL DE LARVAS DE *Strymon basilides* MEDIANTE APLICACIONES DE *Bacillus thuringiensis* EN CULTIVO DE *Ananas comosus* VARIEDAD GOLDEN MD2 EN SATIPO. Tesis Lic. Satipo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Peru. 36p

Banacol. 2016. Guía de identificación y manejo integrado de plagas y enfermedades en piña (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en : <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-banacol/guia%20identificacion5.pdf>

Basantes Aguas, SX; Chasipanta Ushiña, JE. 2012. Determinación del requerimiento nutricional del fósforo sobre la inducción floral en el cultivo de piña (*Ananas comosus*). Sangolquí, Ecuador. Escuela politécnica del ejército. 81p

Boff, P; Giesel, A; Carissimi Boff, MI. 2016. No-residual baits and farmer perception to manage leaf-cutting ants. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40(5):451-465. DOI: <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1139649>.

Borjas, Ricardo; Alvarado Huamán, L; Castro Cepero, V; Bello Ames, S; Julca Otiniano, A. 2020. Origen de la piña: Una muy breve Historia (en línea). Consultado 02 feb. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/344368166_Origen_de_la_pina_Una_muy_breve_Historia

- Brenes Solano, M; Pérez Vargas, K. 2017. Proyecto de investigación- Caracterización de *Azadirachta Indica*, identificación de metabolitos secundarios no polares y su actividad biológica (en línea). Consultado 08 dic. 2020. Disponible en <https://unibe.ac.cr/revistafarmacia/wp-content/uploads/2018/01/Proyecto-de-investigaci%C3%B3n-Caracterizaci%C3%B3n-de-Azadirachta-Indica-identificaci%C3%B3n-de-metabolitos-secundarios-no-polares-y-su-actividad-biol%C3%B3gica.pdf>
- Butcher, D; Gouda, E. 2014. Most Ananas are Cultivars (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/308476/Pages_9_11_from_PineNews21.pdf?sequenc
- CANAPEP (Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña). 2020. Historia del cultivo de la piña. San José, Costa Rica. Consultado 03 ago. 2020. Disponible en <https://canapep.com>
- EARTH. sf. Manejo de plagas y enfermedades (en línea). Consultado 01 ago. 2020. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/DocTecnicos/Promes/Pina7.pdf>
- Fitiwy, I; Tsehaye, H; Gebretsadkan, A; Araya, A. 2019. Evaluation of Some Botanical Extracts Against Major Insect Pests (Leafminer, Armored scale and Woolly Whitefly) of Citrus Plants in Central Zone of Tigray, North Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science (MEJS)* 11(2):258-275.
- Gadea Castro, A. 2010. Caracterización de la calidad de la fruta de piña híbrido MD-2 (*Ananas comosus*), destinada a proceso para la obtención de jugo pasteurizado y concentrado, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. TEC. 64p
- Galan Cortez, WE; Ramírez Melendez, JB. 2011. Evaluación de los extractos de hojas de *Azadirachta indica* (nim) para control de *Meloidogyne* sp. (nematodos parásitos) de *Coffea arabica* (café). Tesis Lic. San Salvador, El Salvador. Universidad del Salvador. 89p

- García Muñoz, A. 2008. TENDENCIA DE PRODUCCION DE HIJOS EN EL CULTIVO PIÑA (*Ananas comosus*) (L.) Merr HÍBRIDO VENECIA GOLD, VENECIA SAN CARLOS. Trabajo final de graduación. San Carlos, Costa Rica, TEC. 63 p.
- Geoportal de suelos de Costa Rica. 2020. Órdenes de suelo (en línea, sitio web). Consultado 27 jul. 2020. Disponible en <http://www.suelos.cr/#ordenes>
- Guarcidueñas Paz, JA. 2013. Caracterización morfológica y molecular de piña *Ananas comosus* (L.) híbrido MD-2 y su establecimiento *in vitro*. Tesis M.Sc. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 175p
- Hernandez-Trejo, A; Estrada-Drouaillet, B; López-Santillán, JA; Rios-Velasco, C; Rodríguez-Herrera, R; Osorio-Hernández, E. 2019. Effects of Native Entomopathogenic Fungal Strains and Neem Extract on *Spodoptera frugiperda* on Maize. SOUTHWESTERN ENTOMOLOGIST 44(1):117-124.
- Herrera, M. (2009). Fórmula para el cálculo de la muestra, poblaciones finitas. (en línea). Consultado 16 jun. 2020. Disponible en: <http://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formulapara-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>
- Holmes, K; Babendreier, D; Bateman, M; Chaudhary, M; Grunder, J; Mulaa, M; Durocher-Granger, L; Faheem, M. 2019. Biopesticide Manual: Guidelines for selecting, sourcing, producing and using biopesticides for key pests of tobacco. Boston, USA. CABI. 145p
- IMS (Instituto meteorológico nacional de Costa Rica). Clima en Costa Rica-Vertiente del caribe (en línea, sitio web). Consultado 22 jul. 2020. Disponible en <https://www.imn.ac.cr/en/clima-en-costa-rica>
- Inclán Luna, D; Alvarado, E; Williams, R. 2007. Evaluación de cuatro insecticidas naturales para el control de tecla, *Strymon megarus* (Godart) (Lepidoptera: Lycaenidae), en el cultivo de piña. Tierra Tropical 3(2):199-210.

- INFOCOMM. 2000. Conferencia de las naciones unidas sobre comercio y desarrollo piña. Ginebra, Suiza. UNCTAD. 23p
- León, R; Alpizar, D. Identificación de la larva de Lycaenidae que se alimenta de piña (*Ananas comosus*) (en línea). Consultado 13 nov. 2019. Disponible en <http://www.platicar.go.cr/noticias/72-identificacion-de-la-larva-de-lycaenidae-que-se-alimenta-de-pina-ananas-comosus>
- Lizana Rojas, DR. 2005. Elaboración y evaluación de extractos del fruto de *Melia azedarach* L. como insecticida natural. Tesis Lic. Santiago, Chile, Universidad de Chile. 56p
- López Díaz, MT; Estrada Ortiz, J. 2005. LOS BIOINSECTICIDAS DE NIM EN EL CONTROL DE PLAGAS DE INSECTOS EN CULTIVOS ECONÓMICOS. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 37(2): 41-50.
- López Montoya, J. 2016. Determinación de los requerimientos nutricionales de la Piña variedad MD-2 en suelos ácidos del municipio de Santander de Quilichao. Tesis Msc. Palmira, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 83p
- Loría-Villalobos, D. G. 2016. Eficacia de AVIGLICINA (PINCOR®) en la reducción de la floración naturalmente diferenciada (NDF) en piña (*Ananas comosus* var. *Comosus*) HÍBRIDO MD-2 en San Carlos, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago, Costa Rica, TEC. 75 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2010. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para la Producción de Piña (*Ananas Comosus* L.). San José, Costa Rica, IICA. 133p
- Mairena Vásquez, CL. 2015. Identificación y fluctuación poblacional de insectos asociados al cultivo de la piña (*Ananas comosus* L. Merrill) en Ticuantepe, Nicaragua. Trabajo de graduación. Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 76p
- Méndez González, G. 2010. Evaluación preliminar de la floración natural del cultivo de piña (*Ananas comosus*) Híbrido MD-2, de acuerdo a cuatro zonas altitudinales en la región Huetar Norte de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica, TEC. 38p

- Miranda Vindas, A. 2011. Evaluación de productos naturales para el control de la cochinilla harinosa, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), en el fruto de piña, San Carlos, Costa Rica. Tesis Lic. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 57p
- Monge Muñoz, M. 2018. Guía para la identificación de las principales plagas y enfermedades en el cultivo de piña (en línea). Consultado 02 ago. 2020. Disponible en <http://repositorio.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/80287/Manual%20de%20plagas%20Pi%C3%B1a%20CICA%20-%2008-10-2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Montenegro Goicochea, A. 2010. Efecto y momento oportuno en la aplicación de diferentes dosis de carburo de calcio como inductor floral, en el cultivo de piña (*Ananas comosus*) cultivar Golden md-2 en Lamas. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. 71p
- Morga Hernández, J. 2003. El Cultivo de la Piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. En el Sur de México. Buena vista, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 67p
- Nava-Pérez, E; García-Gutiérrez, C; Camacho-Báez, JR. 2012. Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable. 8(3).
- Ojito Ramos, K; Portal, O. 2017. Metabolitos secundarios de las plantas. Editorial Académica Española. 46p
- Pac Sajquim, PJ. 2005. Experiencias en el cultivo de piña (*Annanas comosus* (L) Merr.) con el híbrido MD-2 en finca la plata, coatepeque, quetzaltenango. Tesis Lic. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 48p
- Perez, G; Padron, R; Soto, R; Bertsch, F. 1998. Efecto de tres plaguicidas naturales derivados del nim sobre el combate de plagas en col y maíz en el campo y en *Vigna unguiculata* en almacenamiento. Agronomía Costarricense 21(2): 259-266.

- Quesada Jiménez, JD. 2013. Desarrollo de procedimientos estandarizados de operación (PEO) para el manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de piña *Ananas comosus* (L.) Merr en la región Huetar Norte de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica, TEC. 189p
- Quiroz, E; Luengo, C; Salas, F; Abarca, C; Bermúdez, P; Lobos, P; Larraín, G; Rodríguez, P; Riquelme, F; Santelices, S. (2005) Manejo integrado de plaga del nogal en la provincia de Choapa. Santiago, Chile.
- Ramos, R. 2018. Aceite de Neem un insecticida ecológico para la agricultura. (en línea). Consultado 23 may. 2021. Disponible en https://nanopdf.com/download/aceite-de-Neem-un-insecticida-ecologico-para-la-agricultura-raul-ramos-sanchez_pdf
- Razak, T; Santhakumar, T; Mageswari, K; Santhi, S. 2014. Studies on efficacy of certain Neem products against *Spodoptera litura* (Fab.). *Journal of Biopesticides* 7:160-163.
- Reyes Hernández, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 31p
- Rodríguez, R; Becquer, R; Pino, Y; López, D; Rodríguez, RC; Lorente, GY; Izquierdo, RE; González, JL. 2016. Producción de frutos de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 a partir de vitroplantas. *Cultivos Tropicales* 37(1):40-48
- Sánchez Calvo, L. 2016. Escalamiento del cultivo de células en suspensión de *Azadirachta indica* (Neem) en biorreactor tanque agitado para la producción de azadiractina. Tesis Lic. Cartago, Costa Rica, TEC. 85p
- Sánchez Escalante, J. 2012. Manual para la producción de una piña de calidad. (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/2018/manual_produccion_pia.pdf

- Schmutterer, H. 1990. Properties and Potential of Natural Pesticides from the Neem Tree, *Azadirachta Indica*. Annual Review of Entomology 35(1):271-297. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.35.010190.001415>.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2020. Boletines Estadísticos Agropecuarios (en línea). Consultado 14 ago. 2020. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/EstadisticasAgropecuarias/Paginas/BoletinesEstadisticos.aspx>
- Simmonds, M. 2000. Molecular- and chemo-systematics: Do they have a role in agrochemical discovery?. Crop Protection 19(8-10):591-596.
- Soto Mérida, AL. 2014. COMPARACIÓN DEL EFECTO IXODICIDA in vitro DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITE DE NEEM (*Azadirachta indica*) SOBRE GARRAPATAS *Boophilus* sp. DE BOVINO. Tesis Lic. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 52p
- Suganthy, M. 2019. Efficacy of biopesticides in the management of pod border, *Etiella zinckenella* (Treitschke) (Pyralidae: Lepidoptera) infesting senna, *Cassia angustifolia* vahl. JBiospest 12(2):197-202.
- Universidad de El Salvador. 2001. MANUAL TECNICO MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS. San Salvador, El Salvador. PROYECTO REGIONAL DE FORTALECIMIENTO DE LA VIGILANCIA FITOSANITARIA EN CULTIVOS DE EXPORTACIÓN NO TRADICIONAL República de China – OIRSA. 309p
- Vargas Carrillo, E. 2011. Guía para la identificación y manejo integrado de plagas en piña (en línea). Consultado 03 oct. 2019. Disponible en <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-proagroin/Guia%20Manejo%20de%20plagas%20en%20pina.pdf>
- Vargas Céspedes, A; Morales, M; Watler, W; Vignola, R. 2018. PRÁCTICAS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR EVENTOS CLIMÁTICOS CULTIVO DE PIÑA EN

COSTA RICA (en línea). Consultado 23 may. 2021. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-pina.pdf>

Vargas Esquivel, K. 2008. Factores a considerar durante el establecimiento y manejo de una plantación comercial de piña (*Ananas comosus*) (L) Merr. para exportación. San Carlos, Costa Rica, TEC. 72p

Vega Zúñiga, EJ. 2012. Importaciones de plaguicidas durante el período 2006 al 2009 en Costa Rica y diseño de un programa de cómputo para inclusión de datos y consulta de plaguicidas registrados en el Servicio Fitosanitario del Estado-MAG. Práctica Lic. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 157p

Viana, PA; Prates, HT. 2003. Desenvolvimento e mortalidade larval de *Spodoptera frugiperda* em folhas de milho tratadas com extrato aquoso de folhas de *Azadirachta indica*. *Bragantia* 62(1):69-74. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000100009>.

Zahner Ramírez, M. 2012. Valoración poscosecha de frutos de piña variedad Dorada Extra Dulce (MD-2) inmersas en distintas soluciones de cloruro de calcio. Tesis Lic. San José, Costa Rica, UCR. 101p