

Capítulo 1: Título

ACEITES ESENCIALES COMO ESTRATEGIA DE CONTROL ETOLÓGICO CONTRA LA POLILLA DEL TOMATE (*Tuta absoluta*)

MEJIA-Ruddy¹ *, COPAICO-Maribel¹, ALBA-Eliana³, RIOS-Bilma² & FIGUEROA-Ilich¹

Capítulo 2: Autores

AUTOR PRINCIPAL: Ruddy Mejia Condori

Correo electrónico: r.mejia.condori@gmail.com

Teléfono: 4237917 – 76925607

Año de defensa de tesis: 2021

Nombre de la universidad: Universidad Mayor de San Simón

CO-AUTORES

TUTOR: Ilich Figueroa Candia PhD

Correo electrónico: i.figueroa.candia@gmail.com

Teléfono: 65733503

ASESOR: Lic. Eliana Alba Alba

Correo electrónico: e.alba81@gmail.com

Teléfono: 65733510

ASESOR: Lic. Bilma Rios Caero

Correo electrónico: b.rios@proinpa.org

Teléfono: 72298309

Ing. Maribel Copaico Tococari

Correo electrónico: mari.copaico@gmail.com

Teléfono: 67440475

Capítulo 3: Resumen de tesis

Evaluación de aceites esenciales como estrategia de control etológico contra la polilla del tomate *Tuta absoluta*.

La polilla del tomate, es considerada una de las plagas de mayor impacto económico. Para combatir esta plaga los productores hacen uso indiscriminado de insecticidas, dando efectos negativos al medio ambiente y la sanidad pública. Una de las estrategias para el manejo, es el control etológico, que se refiere a la utilización de atrayentes y repelentes. Para esta investigación se desarrolló una metodología de cría de *T. absoluta* para contar con material biológico, posteriormente se realizó la extracción de productos vegetales mediante hidrodestilación por arrastre de vapor. Se realizaron pruebas toxicológicas con los aceites de Romero, Eucalipto, Jengibre, Molle y Locoto, sobre huevos de *T. absoluta*; determinándose que la CL₅₀ de cada uno no es suficiente para presentar efecto ovicida. Mientras tanto se evaluó la mezcla de 2-metil-1-butanol y ácido acético a una concentración 10⁻² dando resultados favorables como atrayente de adultos. Por otro lado, la evaluación de repelencia en el olfactómetro tubo en “Y”, mostró que el aceite de romero presentó 87,5% de efecto repelente, siendo el más significativo. Estos resultados son bastante promisorios para el desarrollo de una metodología de aplicación de repelente en campo y/o invernadero y su combinación como estrategia Push-Pull contra *T. absoluta*.

Capítulo 4: Introducción, Antecedentes, Contextualización del tema que se investiga, literatura relacionada, Hipótesis

INTRODUCCION

El tomate (*Solanum lycopersicum* Mill), es una de las hortalizas de mayor importancia económica y de las más consumidas en el mundo, además de ser una fuente importante de vitaminas y minerales. Actualmente, en todos los países el tomate es uno de los cultivos hortícolas más representativos, y ofrece mayores rendimientos económicos dado su extraordinario consumo (Vaca, 2021; Alvarez et al., 2003).

En Bolivia, la mayor superficie de producción de tomate está en el departamento de Santa Cruz, seguido por Cochabamba, Tarija, La Paz y Chuquisaca (Huanca et al., 2018). En cuanto a la siembra, las variedades a sembrar son de hábito determinado, de polinización libre e híbridas. En campañas del 2015- 2016, Bolivia reportó una superficie cultivada de 4.625 ha y una producción de 61.434 tn, esto significa un rendimiento de 13.2 tn/ha a nivel del país (Baudoin, 2017). Siendo los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba donde más se produce, específicamente en las localidades de Omereque, Chapare en Cochabamba y valles cruceños como Saipina, Comarapa y Los Negros en Santa Cruz. (MDRyT y VDRA 2012).

El cultivo de tomate en Bolivia; se caracteriza por sufrir el ataque de varias especies plagas, siendo la de más importancia la polilla *Tuta absoluta*, la cual ocasiona considerables pérdidas económicas al agricultor, adicionalmente el uso indiscriminado de pesticidas químicos, también causan daños en la salud humana y el medio ambiente (Alave, 2010; Huici, 2005; Ascarrunz et al., 2005).

Hoy en día, existen una creciente tendencia a asumir prácticas amigables con el medio ambiente, de esta manera el control ecológico ha tomado cada vez más fuerza y el desarrollo de nuevos productos. Ha obligado a la comunidad científica a desarrollar nuevas alternativas, como es la búsqueda de compuestos menos tóxicos, de mayor y rápida degradación que puedan ser utilizados como biocidas o reguladores poblacionales de organismos plaga (Fernández, 1998). Esta tendencia incluye al cultivo del tomate y el control de la polilla *T. absoluta* y de esta manera reducir el uso de pesticidas sintéticos.

Una de las mayores restricciones a la hora de desarrollar y evaluar productos naturales alternativos, es la cría en cautiverio de la especie plaga en cuestión. Desarrollar una metodología estandarizada de cría, ayuda a los equipos de investigadores a contar con un suministro de material biológico permanente para realizar las pruebas (Nieves, 2013). De esta manera poder contar con evaluaciones preliminares a nivel laboratorio y así llevar los resultados al campo. Sin embargo, la estandarización de una colonia en cautiverio de una plaga en laboratorio, conlleva elevados costos en términos de materiales, suministros y mano de obra calificada para su mantenimiento (Arroyo, 2021).

De esta manera, el presente estudio pretende lograr una estandarización del protocolo de cría de la polilla del tomate *Tuta absoluta* en condiciones de cautiverio en laboratorio, de manera de utilizar este material biológico para la evaluación de extractos vegetales y aceites esenciales de origen vegetal, para el control ecológico de la misma, para así contribuir al desarrollo y evaluación de alternativas amigables al medio ambiente para el control de esta plaga tan importante para la horticultura local.

HIPOTESIS

Ho: Los aceites esenciales probados, no presentan efecto biocida sobre huevos y efecto repelente sobre adultos de la polilla del tomate *Tuta absoluta*.

Ha: Al menos un aceite esencial de los probados, presenta efecto biocida sobre huevos y/o efecto repelente sobre adultos de la polilla del tomate *Tuta absoluta*.

Capítulo 5: Objetivos

Objetivo General

Evaluar la actividad de aceites esenciales vegetales como biocidas y/o repelentes contra la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Lepidóptera: Gelechiidae).

Objetivos Específicos

- Desarrollar una metodología de cría artificial de la polilla del tomate *Tuta absoluta* en condiciones de laboratorio.
- Extraer aceites esenciales de plantas determinadas para su evaluación sobre *T. absoluta*.
- Evaluar el efecto biocida de los extractos vegetales sobre huevos de *T. absoluta*.
- Determinar el efecto repelente de los aceites esenciales vegetales sobre adultos de *T. absoluta*.

Capítulo 6: Métodos

Localización

Los experimentos se realizaron en ambientes del Laboratorio de Entomología del Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias (FCAyP) de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS). Ubicada en el departamento de Cochabamba; Bolivia, localizada a 17°24' de latitud sur y 66°10' de longitud oeste y a una altitud de 2560 msnm.

METODOLOGÍA OBJETIVO 1: Cría de polilla de tomate *Tuta absoluta*

Colecta de especímenes de polilla del tomate en zonas productoras: La colecta de polilla del tomate para este trabajo de investigación se las realizó en primera instancia de los mercados de Cochabamba (mercado campesino, mercado Santa Bárbara), pero no fue suficiente el material biológico. Por tal razón se planificaron viajes a los valles mesotérmicos de Cochabamba y Santa Cruz, las colectas se las realizaron de parcelas al azar, tres parcelas de Mizque, Omereque, Saipina y Peña Colorada, de las cuales se recolectó en canastas y baldes, tomates con rastros de ataque de *Tuta absoluta*, y se capturaron polillas adultas con capturadores de boca. El procedimiento de muestras se realizó en campo y en laboratorio.

Adecuación del ambiente de cría de polilla del tomate: El mantenimiento de la colonia de polilla del tomate se realizó en la sala de cría del laboratorio de entomología, en condiciones controladas de temperatura (24 – 26 °C), humedad relativa (55 – 65 %) y un fotoperiodo (14h día, 10h noche). Para mantener este ambiente en laboratorio se cuenta con calefactor, humidificador de vapor frio y temporizador para la luz.

Adultos: En primera se ponían los adultos en jaulas tipo “Bug-Dorm” (dormitorio de insectos) de 30x30x30 cm, especiales para la crianza y observación de insectos, dentro de esta jaula se colocaron dos macetas con plantas de tomates de un tamaño menor a 30 cm, se realizaron diferentes ajustes esperando una multiplicación de polilla del tomate.

Huevos: Las polillas adultas dentro de las jaulas “Bug-Dorm”, con macetas de plantas de tomates de 15 a 20 cm, ovipositan los huevos en las hojas y tallos de las plantas de tomate, dando buenos resultados, pero el inconveniente era que no se podía manejar las posturas para las pruebas, se procedió mediante prueba y error a resolver y ajustar los detalles.

Larvas: Luego de ser colectadas, las larvas de 1er a 3er estadio, son puestas en baldes con hojas de tomate, hasta llegar al 4to estadio, pero se observó inconvenientes por lo que se realizaron diferentes ajustes.

Pupas: Después de ser colectadas, las polillas adultas dentro de las jaulas “Bug-Dorm”, con macetas de plantas de tomates de 15 a 20 cm, se observó que la gran parte de pupas se encontraban en el suelo de las macetas, y no se podía hacer el manejo adecuado con lo que se buscó otra metodología realizando ajustes.

METODOLOGÍA OBJETIVO 2: Extracción de aceites esenciales

Los aceites esenciales utilizados en el presente estudio, realizado en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias FCAyP-UMSS. Se utilizó un equipo de destilación por arrastre de vapor, diseñado para la obtención de aceites esenciales a partir de material vegetal: “Jengibre” (*Zingiber officinale*), “Romero” (*Rosmarinus officinalis*), “Eucalipto” (*Eucalyptus globulus*), “Molle” (*Schinus molle*).

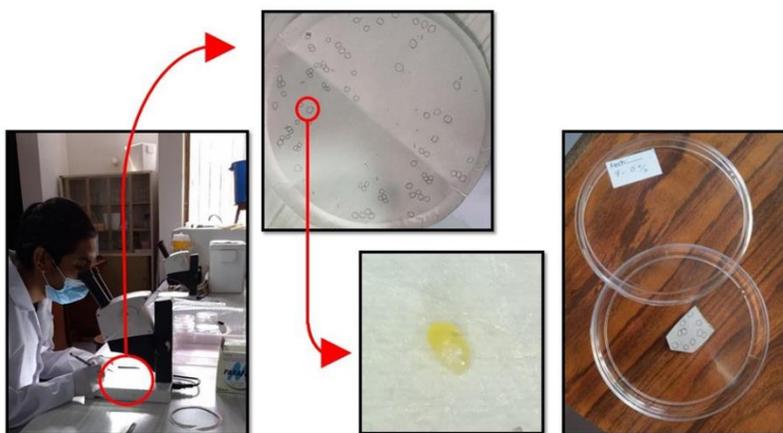
Determinación de rendimiento de la extracción: El porcentaje de rendimiento de la extracción del aceite esencial para las especies vegetales utilizadas en esta investigación se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$P (\%) = \frac{M2}{M1} * 100$$

METODOLOGÍA OBJETIVO 3: Determinación de la Concentración Letal Media (CL₅₀) en huevos.

Preparación de insectos para la prueba de toxicidad: Se buscó controlar y/o reducir el daño de esta plaga provocando la muerte de estos en estado de huevos, además se determinó la dosis de concentración letal Media (CL₅₀). Para esto, se encerró cada huevo en un círculo y se contó 10 huevos de *Tuta absoluta* en un estereoscopio, con una pinza de punta se colocó en una placa Petri y finalmente se procedió a taparlos, indicadas en las Figura 1.

Figura 1. Preparación de insectos para prueba de toxicidad.



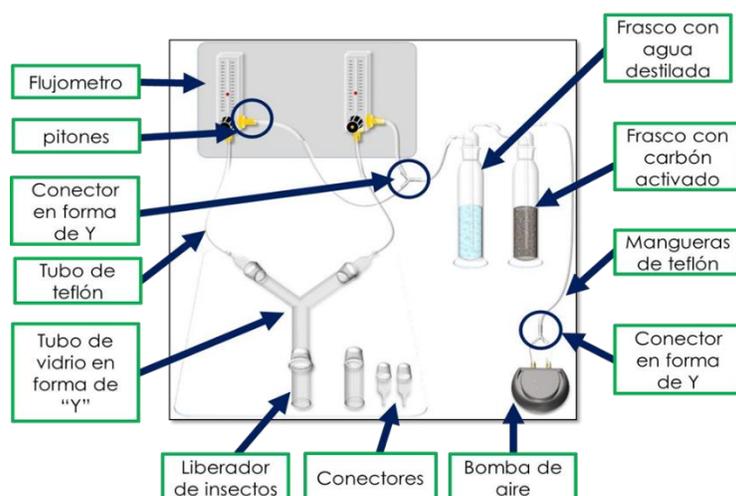
Preparación de las diluciones: Una vez obtenido los aceites esenciales, se procedió a la esterilización de los materiales de vidrio en el autoclave durante una hora a presión de 20 psi. Posteriormente, se preparó las dosificaciones de las soluciones a las concentraciones de 1, 0.5, 0.1, 0.05, 0.01, 0.001 % y un testigo al 0 %, se realizó una mezcla de agua limpia + Tween 80 al 0.5 % (mezclan). Las diluciones para cada concentración fueron preparadas en matraces aforados, en cada matraz aforado se añadió la mezcla n y la cantidad requerida para cada concentración.

Experimento: Cada una de las concentraciones más el testigo (0 %) se vertió en un aspersor manual, para luego pulverizar a cada caja Petri conteniendo 10 huevos de *T. absoluta*, se selló cada caja Petri con tiras de parafilm. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, de esta prueba se evaluó el N° de huevos muertos, N° de huevos eclosionados (vivos), y el total de larvas observadas que ejerció cada concentración y cada uno de los aceites esenciales.

METODOLOGÍA OBJETIVO 4: Pruebas de repelencia mediante olfactometria

Montaje del olfactometro "Tubo en Y": Para las pruebas de repelencia mediante olfactometría, primeramente, se realizó el montaje del equipo de olfactómetro en tubo en "Y" (Fig.2), en la sala de olfactometría, que está en la Facultad de Agronomía.

Figura 2. Esquemática del olfactometro tubo en "Y", indicando cada una de sus partes.



Búsqueda de una mezcla atrayente para polilla del tomate: Para esta investigación se probó nueve tratamientos (Cuadro 1), de los cuales la chicha sintética y el hidrolato de las hojas de tomate fueron proporcionados por el Laboratorio de Entomología.

Cuadro 1: Atrayentes potenciales.

N° Tratamiento	Compuesto	Concentración	N° de individuos probados
1	Hoja de tomate	-	10
2	Chicha sintética	-	10
3	Hidrolato de las hojas de tomate	-	10
4	2 metil-1 butanol	10^{-2}	10
5	2 metil-1 butanol	10^{-3}	10
6	Octanoato de etilo (A) + ácido acético (B)	B: 10^{-2} , A: 10^{-1}	10
7	2 metil-1 butanol + octanoato de etilo	10^{-2}	10
8	2 metil-1 butanol (B)+ ácido acético (C)	B: 10^{-2} , C: 10^{-3}	10
9	2 metil-1 butanol + ácido acético	10^{-2}	10

Preparación de materiales e insectos: Se realizó el montaje del olfactómetro de tubo en "Y", acondicionándose la temperatura a un ambiente de (25 a 28 °C), se procedió a encender la luz y se hizo una limpieza de cada una de las piezas de vidrio del equipo, utilizando alcohol (96 %), algodón y una cola de zorro.

Se preparó los insectos, liberando a las polillas adultas, recién emergidas (de 1 a 2 días) en una jaula de tipo "Bug-dorm", las cuales no estuvieron alimentadas con la finalidad de tenerlas hambrientas y con los sentidos sensibles, fueron capturados con la ayuda de un vial de plástico, por otro lado se preparó tiras pequeñas de papel filtro y calibración de la micropipeta.

Experimento: En el centro de una tira de papel filtro, se colocó 5 μl de 2 metil-1 butanol 10^{-3} (tratamiento 5), rápidamente con una pinza con punta se ubicó en uno de los extremos del tubo en "Y" (tubo 1), y en el otro conector del olfactómetro tubo en "Y" (tubo 2), no se puso nada. Finalmente se encendió equipo (olfactómetro en tubo en "Y"), y se liberó a una polilla adulta de preferencia hembra, en la parte inferior del tubo.

Preparación de la mezcla repelente con aceite esencial: Se preparó una mezcla a base de parafina, vaselina y los aceites de Romero, Eucalipto, Jengibre, Molle y Locoto. Luego se colocó en viales de vidrio, se envolvió con papel aluminio y se los guardó en el refrigerador hasta el momento de utilización.

Búsqueda de una mezcla repelente para polilla del tomate: Se encendió la luz y se acondiciono el ambiente con un calefactor, se colocó a una temperatura de (25 a 28 °C), seguidamente se realizó una limpieza de cada una de las piezas de vidrio del equipo, se utilizó alcohol (96 %), algodón y una cola de zorro. Y se empezó con el montaje del olfactómetro de tubo en "Y".

Preparación de materiales e insectos: Se habilitaron tiras pequeñas de papel filtro puestas en una caja Petri. Se calibró la micropipeta a 5 μl , y se desinfecto con alcohol al 96 % los alfileres y la pinza con punta. Y se preparó los insectos, liberando a las polillas adultas, recién emergidas (de 1 a 2 días) en una jaula de tipo "Bug-Dorm", las cuales no estuvieron alimentadas con la finalidad de tenerlas hambrientas y con los sentidos sensibles, y fueron capturados con la ayuda de un vial de plástico.

Experimento: En dos tiras de papel filtro, se colocó 5 μl de atrayente (2 metil-1 butanol 10^{-2} + ácido acético 10^{-2}) en el centro, y una tercera tira de papel filtro donde se puso el repelente (tamaño de una cabecita de alfiler), rápidamente con la ayuda de una pinza con punta, se llevó una tira de atrayente y una tira de repelente a una de los conectores del tubo en "Y" (tubo 1). Y en el otro conector del ofactómetro tubo en "Y" (tubo 2), se colocó una tira de atrayente. Se esperó hasta que la polilla adulta tome una opción.

Capítulo 7: Resultados y Discusiones

OBJETIVO 1: Desarrollo de un protocolo de cría de polilla del tomate

Desarrollo de cada etapa de la cría de polilla del tomate: Durante la etapa de la cría de *Tuta absoluta* se tuvieron varios inconvenientes, los cuales se resolvieron modificando detalles según prueba y error, siendo el elemento más crítico, las larvas fueron alimentadas con hojas frescas de tomate.

Adultos y Huevos: Las hembras adultas de la polilla del tomate, ovipositan de 40 a 50 huevos a lo largo de su vida (Urbaneja et al., 2009). Cotapos, (2012), señala que, mantuvo una población en laboratorio, donde los adultos se criaron en plantines de tomate dentro de jaulas y estas ovipositaban en un algodón. En el presente estudio la oviposición se dio en papel sabana puestas en baldes preparados (Figura 3), y se pudo observar que a mayor cantidad de polillas adultas más rápida es la cosecha de huevos. La relación macho/hembra podría ser un factor importante para la oviposición. En esta investigación se tuvo más de 12 generaciones con los ajustes realizados. Al contrario que en la investigación de Cabello et al., (2012).

Figura 3. Manejo de polillas en estado huevo y adulto.



La alimentación fue una solución de agua de miel al 10%. Al igual que en la investigación de Abdel et al., (2020). Y la manipulación de huevos es un problema ya que estos son susceptibles y pueden causar mortandad en una cría masiva (Garcia et al., 2012).

Larvas y Pupas: Una de las mejores alternativas para la cría de insectos es la dieta artificial, pero la búsqueda de los compuestos y cantidad adecuada es la que la hace difícil de realizar (Garcia et al., 2012). Por tal motivo la provisión de hojas para la alimentación de larvas de polilla del tomate es una de las prioridades (Abdel et al., 2020; Ramirez et al., 2010). Pero la deshidratación favorece a una baja sobrevivencia (Cruz et al., 2009). Es por eso que en este

estudio se cultivó tomate en un invernadero y macetas para la alimentación de larvas, y las hojas frescas se pusieron en frascos de plásticos con agua favoreciendo la sobrevivencia (Figura 4). Las pupas mayormente empupan en el suelo y hojas (Abdel et al., 2020). Y en esta investigación se realizó en platos hondos con las mismas hojas que consumían las larvas, dando muy buenos resultados.

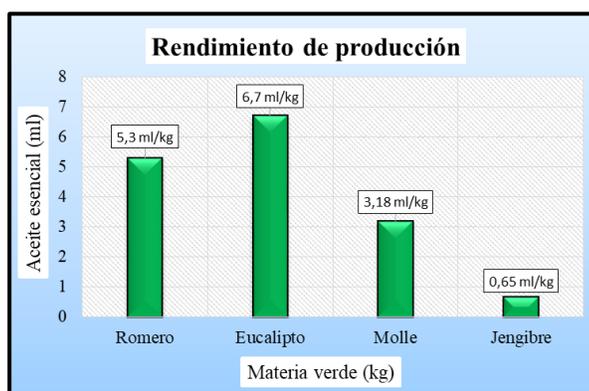
Figura 4. Manejo de larvas y pupas.



OBJETIVO 2: Extracción de aceites esenciales

Los resultados obtenidos por el proceso de extracción y el método de destilación por arrastre de vapor tuvieron los siguientes resultados mostrados en el Figura 5. Donde a partir de un kilogramo de material verde se pudo obtener los diferentes datos.

Figura 5. Rendimientos de producción obtenidos por el método de destilación por arrastre de vapor del Romero, Jengibre, Eucalipto y Molle.



En el trabajo realizado por Cevallos, (2012), indica que, la extracción de aceite esencial de Jengibre por arrastre de vapor obtuvo rendimientos de 4 ml/kg en peso húmedo y en peso

seco 0,93 % en un tiempo de cinco horas, en comparación con esta investigación se observa que el rendimiento de jengibre 0,65 ml/kg es muy bajo esto podría ser a causa de no realizar el proceso de secado, el tiempo o el equipo usado no es muy efectivo, como indica Bautista (2020), el rendimiento de aceites esenciales varía de acuerdo al estado en el que está el material vegetal, es decir, fresco o semi seco.

En la investigación realizada por Cama et al., (2020) donde se obtiene 0,55 % de aceite esencial de 300 g de materia prima de eucalipto por el método de extracción por microondas libre de solventes (EMLS) a una potencia de 600 watts y un 90 % de humedad en hojas, superando los resultados de la presente investigación esto debido a que existen varios métodos para la obtención de aceites esenciales, pero las más actuales son la extracción con microondas libre de solventes (EMLS) y la extracción con microondas con la asistencia de ultrasonido (EMAU) demostrando rapidez y efectividad.

OBJETIVO 3: Efecto ovicida de aceites esenciales

Se utilizó el análisis de regresión PROBIT para determinar la concentración letal media (CL₅₀) con los datos de mortalidad observados en huevos pulverizados con los aceites esenciales: “Jengibre” (*Zingiber officinale*), “Romero” (*Rosmarinus officinalis*), “Eucalipto” (*Eucalyptus globulus*), “Molle” (*Schinus molle*) y un extracto alcohólico de “Locoto” (*Capsicum pubescens*) y diferentes concentraciones, ajustando el análisis PROBIT a logaritmo en base 10.

Cuadro 2: Concentración letal media (CL₅₀) de los aceites esenciales sobre huevos de *Tuta absoluta* (resultados de probabilidad P= 0.5).

Aceites y extracto	CL ₅₀	
	(%)	ppm
Romero	2.82x10 ²⁴	2.82x10 ²⁸
Eucalipto	5.8x10 ⁵	5.8x10 ⁹
Jengibre	0.29	2900
Molle	-	-
Locoto	-	-

Los resultados observados en el Cuadro 2, muestran que la concentración letal media de los cuatro aceites esenciales y el extracto de locoto evaluados en esta investigación, están muy

alejadas de las concentraciones ideales para producir toxicidad sobre los huevos de *T. absoluta*, indicándonos que ninguno de estos tiene efecto ovicida.

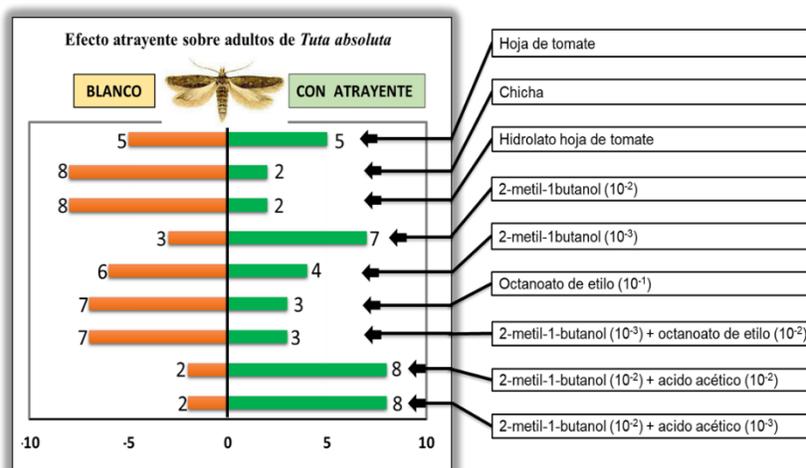
En los resultados obtenidos de esta investigación se puede observar que el aceite esencial de Jengibre con 0,29 de CL₅₀ indica que, no tiene efecto de mortandad sobre huevos de *T. absoluta*, pero en la investigación de Alsalhi et al., (2020), obtuvieron datos CL₅₀ de 39,22, 10,36, 28,26 y 36,35 µg/ml en *Aedes vittatus* y en *Anopheles maculatus* CL₅₀ de 41,36, 12,56, 30,23 y 38,47 µg/ml en larvas de tercer estadio, indicándonos que el aceite esencial de Jengibre y sus principales componentes químicos son agentes larvicidas más que ovicidas.

Mesa et al., (2018), indican que, el extracto de Jengibre tiene efecto larvicida sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio obteniendo un 56,63 % de mortalidad con una concentración de 5000 ppm al cabo de 72 horas, en esta investigación usando el Jengibre, observamos que no tuvo efecto ovicida sobre huevos de *T. absoluta*, esto debido a que el Jengibre no tiene un compuesto toxico que pueda matar o deshidratar los huevos o dejar alguna toxina para aniquilar a las larvas que eclosionan de los huevos. Pero se pudo verificar que el jengibre podría ser utilizado para un efecto larvicida, ovicida o repelente de otros insectos plaga o insectos como el mosquito *Aedes aegypti*.

OBJETIVO 4: Efecto repelente de aceites esenciales

Búsqueda del atrayente: Los resultados obtenidos con el olfactómetro tubo en “Y”, indicaron que dos de los nueve tratamientos de atrayentes probados en este trabajo muestran un efecto atrayente sobre adultos de polilla del tomate.

Figura 6. Efecto atrayente de nueve tratamientos probados sobre adultos de polilla del tomate.



 Con atrayente: Representa la puesta de atrayente mostrando la cantidad de polillas adultas que eligieron esta opción.

 Blanco: No se puso ningún ensayo y se observa la cantidad de polillas adultas que tomaron esta opción.

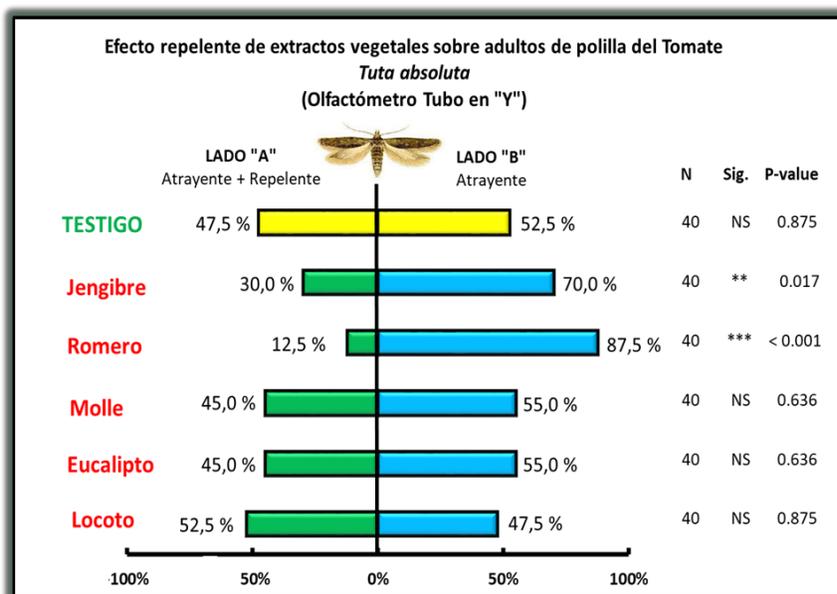
En la Figura 6; se puede observar los resultados de polilla del tomate en estado adulto probadas ante los diferentes tratamientos. Indicando que el 2-metil-1-butanol (10^{-2}) + ácido acético (10^{-2}) tiene un efecto atrayente al igual que el 2-metil-1-butanol (10^{-2}) + ácido acético (10^{-3}) y seguido por el 2-metil-1-butanol (10^{-2}).

La mayoría de los atrayentes utilizados para adultos de polilla del tomate, son feromonas sexuales producidas por hembras y estas son utilizadas en trampas de agua o en trampas delta (Cabello et al., 2010), la composición sexual de *T. absoluta* identificada como la mezcla de 9:1 de ácido de (E,Z,Z)- 3,8,11- tetradecatrienoilo (16) y acetato de (E,Z)-3,8-tetra decadienoilo (3) (Griepink, 1996), que este solo atrae machos y la respuesta de estos hacia la feromona depende mucho de algunos factores como las condiciones ambientales (Armand et al., 2017). Por lo tanto incluir algún compuesto atractivo o reemplazar algún componente para fines investigativos de conveniencia sería beneficioso.

En la presente investigación se pudo verificar que probando algunos compuestos como el 2-metil-1-butanol (10^{-2}) atrajo 7 de 10 polillas evaluadas, y al combinar este con otro componente se verificó que 2-metil-1-butanol (10^{-2}) + ácido acético (10^{-2}) tienen un efecto atrayente al igual que el 2-metil-1-butanol (10^{-2}) + ácido acético (10^{-3}) atrayendo 8 de 10 polillas evaluadas, mostrando su efecto atrayente y estos podrían ser usados en trampas de agua (TA) y trampas delta (TD) como lo mencionan Chermiti et al., (2012).

Prueba de efecto repelente de cinco extractos vegetales sobre *T. absoluta*: Los resultados obtenidos con el olfactómetro tubo en "Y", indicando que dos de los cinco extractos vegetales utilizados en esta investigación muestran un efecto repelente sobre adultos de polilla del tomate. En la Figura 7; podemos observar la respuesta de polilla del tomate en estado adulto probadas ante los diferentes extractos vegetales. La mezcla repelente de Romero tiene un efecto repelente de 87,5 % siendo altamente significativo seguido por Jengibre con 70 %, en caso de Molle, Eucalipto y Locoto estos no presentan significancia.

Figura 7. Efecto repelente de cinco extractos vegetales sobre polilla del tomate.



Representan al testigo, donde se colocó atrayente.



Lado A, indican la puesta de atrayente más repelente mostrando el porcentaje de individuos que eligieron esta opción.



Lado B, donde se puso solamente el atrayente y se observa el porcentaje de individuos que tomaron esta opción.

N = Número de polillas adultas evaluadas.

Sig: Nivel de significancia (prueba binomial) incluyendo el P-valué.

El uso de algunos extractos vegetales con efecto repelente en el cultivo de tomate, ante el ataque de plagas es eficiente por que presentan capacidad de repeler, en el estudio realizado por Liz, (2019), mostro que al probar en campo el cultivo de tomate asociado con plantas Ruda, Albahaca, Menta, planta de ruda + extracto de ruda (el mismo caso con Albahaca y menta) y extracto de ruda, albahaca y menta, de los cuales el que mejor encontró significancia estadística fue el de menta (planta de menta + extracto de menta), presentando mayor control durante su aplicación por otro lado observo que la asociación de tomate + ruda afecto el tamaño de las plantas de tomate.

Los extractos son volátiles y pueden perder la efectividad transcurrido las horas como indican De Evert et al., (2015), y cultivar plantas asociadas puede causar pérdida de superficie cultivada. En esta investigación se pudo realizar una mezcla repelente de Romero, Jengibre que dieron resultados de efecto repelente con un 87,5 % y 70 %, a base de extractos, vaselina y parafina la cual tiene una finalidad de desprender las moléculas de olor lentamente, dando

mayor tiempo de vida útil del extracto al igual que el estudio realizado por Salazar, (2018), sobre control etológico de la mosca Mediterránea, quien con la mezcla repelente de *Tagetes filifolia* y *Schinus molle* obtuvo un 70 % y 62 % de efecto repelente sobre *Ceratitis capitata* demostrando que la aplicación de la mezcla repelente de los extractos vegetales tienen un potencial como repelente botánico en programas de control etológico.

Capítulo 8: Conclusiones

Conclusiones

El desarrollo de la cría de *Tuta absoluta* tuvo inconvenientes, pero se logró desarrollar un protocolo de manejo de polilla del tomate, que nos permite contar con un suministro permanente de material biológico para la investigación en el control de esta plaga.

Se concluye que, en este trabajo, los rendimientos de producción de aceites esenciales mediante el método de hidrodestilación por arrastre de vapor fueron: de Eucalipto fue de 6,7 ml/kg, Romero con 5,3 ml/kg, Molle con 3,18 ml/kg y Jengibre con 0,65 ml/kg de aceite esencial.

Los resultados de concentración letal media (CL₅₀) obtenidos de los cuatro aceites esenciales y el extracto de locoto, son muy altas en comparación con otros resultados reportados en investigaciones, con lo que se concluye que los aceites esenciales de Jengibre, Romero, Molle, Eucalipto y el extracto de locoto no presentan efecto ovicida sobre huevos de *T. absoluta*.

Por otro lado, se determinó que el 2-metil-1-butanol + ácido acético, en una concentración de 10⁻² es un atrayente efectivo, ya que significativamente más polillas adultas evaluadas tomaron esta opción, de manera que nos permitió calibrar el olfactómetro tubo en “Y” para las pruebas de repelencia.

En cuanto al efecto de repelencia, se concluye que, la mezcla repelente con aceite esencial de Romero y Jengibre muestra efecto de repelencia sobre polilla del tomate en un 87.5 y 70 % respectivamente. Además, debido a que ya se cuenta con la formulación repelente en medio oleoso, se puede probar este producto a nivel de campo.