

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

MANEJO DE *Eotetranychus lewisi* (ACARI: TETRANYCHIDAE)
UTILIZANDO EXTRACTO ETANÓLICO DE ORÉGANO (*Lippia*
***origanoides* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

AUTOR:

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

Edison Goevanny Guanotasig Sasig

TUTOR:

Dr. Carlos Vásquez

CEVALLOS

2022

**MANEJO DE *Eotetranychus lewisi* (ACARI: TETRANYCHIDAE)
UTILIZANDO EXTRACTO ETANÓLICO DE ORÉGANO (*Lippia origanoides*
L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS
LUIS
VASQUEZ
FREYTEZ**

.....

Ing. Carlos Luis Vásquez, Ph D.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:



Firmado electrónicamente por:
**MANOLO SEBASTIAN
MUNOZ ESPINOSA**

.....

Fecha

25/07/2022

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALFREDO
VILLACIS
AIDAZ**

.....

22/07/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**DAVID ANIBAL
GUERRERO CANDO**

.....

22/07/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE
CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, GUANOTASIG SASIG EDISON GEOVANNY, portador de cédula de ciudadanía número: 05038224955, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “**MANEJO DE *Eotetranychus lewisi* (ACARI: TETRANYCHIDAE) UTILIZANDO EXTRACTO ETANÓLICO DE ORÉGANO (*Lippia origanoides* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



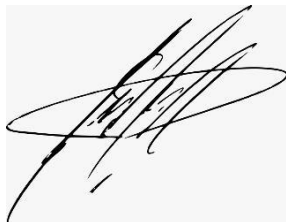
GUANOTASIG SASIG EDISON GEOVANNY

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**MANEJO DE *Eotetranychus lewisi* (ACARI: TETRANYCHIDAE) UTILIZANDO EXTRACTO ETANÓLICO DE ORÉGANO (*Lippia origanoides* L.) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



GUANOTASIG SASIG EDISON GEOVANNY

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera siendo Él mi fortaleza en los momentos de debilidad y persistencia por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias, emociones sobre todo éxito en mi vida.

De manera muy especial a mis padres, José Manuel Guanotasig Pumasunta y María Bertilda Sasig Quisopangui, a quienes admiro mucho por ser unas personas ejemplares ya que con su ejemplo de trabajo y esfuerzo me han inculcado muchos valores como el respeto y la honestidad, me enseñaron luchar por mis sueños y no dejarme vencer por ningún obstáculo que se presenten en la vida, por haberme dado la educación en este transcurso de mi vida, por todos los consejos que me dieron día a día los cuales me ayudaron a ser mejor persona y a fortalecer mis ideales y con ello poder cumplir cada una de mis metas propuestas, por eso y mucho más les doy gracias infinitas a mis padres.

A mis hermanos Alex, Edwin, Manuel, Ruth y Wilmer quienes han sido parte fundamental en mi vida y me han dado fortaleza para poder alcanzar cada una de mis metas en la vida, por todo su apoyo que me han brindado en toda mi formación académica y darme las fuerzas y esperanzas.

AGRADECIMIENTO

De manera infinita le agradezco a Dios por haberme dado la inteligencia y valor para poder cumplir este largo y difícil camino, pero no imposible, a mis padres por haberme dado la vida y saberme guiar por el camino del bien, apoyándome siempre sin importar las circunstancias, dándome la oportunidad de prepararme día a día.

Al Dr. Carlos Vásquez, por su asesoría durante el desarrollo del proyecto de investigación, por el apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos en el transcurso del Proyecto de Investigación.

A mis hermanos por haberme apoyado de una u otra forma ya que hemos pasado por muchas pruebas para poder llegar hasta este punto de la vida.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por brindarme la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa institución abriéndome las puertas para poderme formar como un gran profesional de la República del Ecuador.

ÍNDICE GENERAL

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHO DE AUTOR	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes investigativos	3
1.1.1. Uso de extractos vegetales como estrategia de manejo de plagas agrícolas.....	3
1.1.2. El orégano (<i>Lippia</i> sp.)	7
1.2. Objetivos.....	9
1.2.1. Objetivo general	9
1.2.2. Objetivos específicos	9
1.3. Categorías fundamentales	10
1.3.1. Ácaros tetraníquidos como plagas agrícolas	10
1.3.2. <i>Las especies de Lippia</i>	10
1.3.3. Extractos vegetales como acaricidas	11
CAPÍTULO II.....	13
METODOLOGÍA	13
2.1. Ubicación.....	13
2.2. Factores en estudio:.....	13
2.2.1. Colecta y mantenimiento de los ácaros.....	13
2.2.2. Obtención de los extractos vegetales	14
2.2.3. Efecto de las dosis del extracto de orégano sobre la mortalidad y tasa de oviposición de hembras de <i>E. lewisi</i>	15
2.3. Diseño experimental.....	15

CAPÍTULO III.....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1. Tasa de mortalidad de <i>Eotetranychus lewisi</i> por efecto de las dosis del extracto de orégano	17
3.2. Tasa de oviposición en hembras de <i>Eotetranychus lewisi</i> por efecto de las dosis del extracto de orégano.....	20
3.3. Longevidad de <i>Eotetranychus lewisi</i> por efecto de las dosis del extracto de orégano	22
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de preparación de arenas de cría, huevos y adultos de <i>E. lewisi</i> ..	14
Figura 2. Tasa de mortalidad de <i>Eotetranychus lewisi</i> por efecto de la aplicación de diferentes dosis del extracto etanólico de orégano.....	18
Figura 3. Curva de regresión lineal ajustadas para mostrar la relación entre la concentración del extracto de orégano y la mortalidad total en <i>Eotetranychus lewisi</i>	20
Figura 4. Variación de la oviposición en hembras de <i>Eotetranychus lewisi</i> sometidas a diferentes concentraciones del extracto etanólico de orégano.....	21
Figura 5. Curva de regresión lineal ajustada para mostrar la relación entre la concentración del extracto de orégano y fecundidad total en hembras de <i>Eotetranychus lewisi</i>	22
Figura 6. Disminución de la longevidad de las hembras de <i>Eotetranychus lewisi</i> sometidas a diferentes concentraciones del extracto etanólico de orégano.....	23
Figura 7. Curva de regresión lineal ajustada para mostrar la relación entre la concentración del extracto de orégano y la longevidad de las hembras de <i>Eotetranychus lewisi</i>	23

RESUMEN

El ácaro tetraníquido, *Eotetranychus lewisi* (Mcgregor) puede alimentarse sobre más de 71 especies de plantas hospedantes y además tiene una amplia distribución geográfica, incluyendo Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Panamá, Perú y Ecuador. Debido a su importancia como plaga, en el presente estudio se evaluó el uso del extracto vegetal de orégano (*Lippia origanoides* L.) para el manejo de *Eotetranychus lewisi*. Para ello, se usaron diferentes dosis del extracto etanólico de orégano (5, 10 y 15%) sobre la tasa de mortalidad, tasa de oviposición y longevidad de las hembras de *E. lewisi* evaluadas a las 24, 48 y 72 h después de la aplicación bajo condiciones de laboratorio, usando la metodología referidas a las unidades de cría. se observó un incremento en la tasa de mortalidad con el aumento de la concentración, siendo más evidente a las 24 h después de la aplicación del extracto, puesto que la tasa de mortalidad fue 3,8 veces mayor con la concentración de 5% del extracto, mientras que con 10 y 15% la tasa fue 5,5 y 8 veces mayor que el tratamiento testigo. Con relación a la tasa de oviposición, se observó efecto de la concentración, pero no se detectaron variaciones en los tres días de evaluación dentro de una misma concentración. Finalmente, la longevidad tuvo una reducción de 16,7% cuando se usó extracto al 5%, mientras que con las concentraciones del 10 y 15%, la longevidad fue reducida entre 46,6 y 49,4% con relación a las hembras del tratamiento testigo. Con base en los resultados, el extracto de orégano podría ser incluido dentro de un programa de manejo integrado que conlleve a la disminución del uso de productos químicos.

Palabras clave: Tetranychidae, manejo sustentable de plagas, extractos vegetales, sustentabilidad, orégano

ABSTRACT

The tetranychid mite, *Eotetranychus lewisi* (Mcgregor) can feed on more than 71 host plant species and has a wide geographic distribution, including Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Panama, Peru and Ecuador. Due to its importance as a pest, in this study the use of oregano plant extract (*Lippia organoides* L.) for the management of *Eotetranychus lewisi* was evaluated. For this purpose, different doses of the ethanolic extract of oregano (5, 10 and 15%) were used on the mortality rate, oviposition rate and longevity of the females of *E. lewisi* evaluated at 24, 48 and 72 h after the application under laboratory conditions, using the methodology referred to the rearing units. An increase in the mortality rate was observed as extract concentration increased, being more evident at 24 h after the application of the extract, since the mortality rate was 3.8 times higher with the concentration of 5% of the extract, while with 10 and 15% the rate was 5.5 and 8 times higher than the control treatment. Regarding the oviposition rate, an effect of the concentration was observed, but no variations were detected in the three days of evaluation within the same concentration. Finally, longevity had a reduction of 16.7% when 5% extract was used, while with concentrations of 10 and 15%, longevity was reduced between 46.6 and 49.4% in relation to females of the witness treatment. Based on the results, oregano extract could be included in an integrated management program that leads to a reduction in the use of chemical products.

Keywords: Tetranychidae, sustainable pest management, plant extracts, sustainability, oregano

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

Eotetranychus lewisi (McGregor) es un ácaro tetraníquido de hábito polífago registrado en más de 71 especies de plantas hospedantes en las cuales se alimenta de hojas y frutos (Migeon y Dorkeld 2021). De acuerdo con su distribución geográfica, esta especie está presente principalmente en la región neártica, donde ha sido registrada tanto en especies de plantas silvestres y cultivadas (Vacante 2016), sin embargo, también se ha registrado en la región neotropical, incluyendo Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Panamá y Perú (Migeon y Dorkeld 2021).

Eotetranychus lewisi es considerada una plaga de importancia en flor de pascua (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) y durazno (*Prunus persica* L.) en el norte de México causando daño de importancia (Pérez-Santiago et al. 2007), así como en cítricos, fresas y frambuesas (Howell y Daugovish 2013). De acuerdo con Howell y Daugovish (2013), en California se ha observado un incremento de las poblaciones de *E. lewisi* en cultivos de fresa, probablemente debido a que el control químico y biológico aplicado para controlar *Tetranychus urticae* Koch haya beneficiado a *E. lewisi* de la competencia interespecífica. Más recientemente, Vásquez et al. (2017) reportaron por primera vez a *E. lewisi* en la región andina del Ecuador, tanto en fresa como en zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) y mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavon) como hospederas de esta especie de ácaro en la Provincia de Tungurahua.

Adicionalmente, *E. lewisi* ha invadido nuevas zonas a nivel mundial y actualmente se registra en Madeira (Portugal), Noruega, Alemania, Libia, Sudáfrica, Japón, Taiwán, Filipinas y algunos otros estados de Estados Unidos (Hawai, Massachusetts, Michigan, Washington), donde se presume que fue introducido principalmente por la importación de esquejes de flor de pascua (European and Mediterranean Plant Protection Organization 2006).

Dada la importancia de las especies de ácaros Tetranychidae en cultivos de importancia económica, varias estrategias de manejo han sido utilizadas, principalmente mediante el uso de productos químicos. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos químicos ha provocado serios problemas, entre los cuales se incluyen la contaminación suelos y cuerpos de agua, resistencia de las plagas y aparición de plagas secundarias y además disminución de las poblaciones de depredadores naturales e insectos polinizadores que juegan un papel muy importante en la agricultura (Herrera-Palacios et al. 2018). Estos inconvenientes han despertado preocupación e interés a nivel mundial sobre la necesidad de implementar nuevas alternativas de control de plagas.

Otra estrategia ampliamente usada es el control biológico mediante el uso de artrópodos depredadores en cultivos perennes en varias regiones del mundo, principalmente en países de clima templado, tanto en sistemas no perturbados como manejados por el hombre, sin embargo, existe poca literatura que documente el desarrollo, la estabilidad y la resistencia del control biológico de conservación (Iskra et al. 2019).

Más recientemente ha crecido el interés en el uso de plaguicidas botánicos para la protección de cultivos, por lo que muchas investigaciones están desarrollando estudios para evaluar el efecto de los extractos de plantas como métodos alternativos a los plaguicidas en el control de los ácaros (Vásquez et al. 2016). Dado que los plaguicidas botánicos (polvos y extractos etanólicos o acuosos) derivados de diferentes especies de plantas han demostrado ser efectivos en el control de plagas a bajo costo y con bajo riesgo para los humanos y el medio ambiente, su uso como método de control para el manejo de poblaciones de ácaros de plagas ha aumentado en todo el mundo (Vásquez et al. 2016).

Dada la importancia de *E. lewisi* en diferentes cultivos y la necesidad de evaluar herramientas de manejos de sus poblaciones que sean amigables con el ambiente, en el presente estudio se plantea determinar el efecto de las diferentes dosis del extracto etanólico de orégano en el control de *E. lewisi* de manera de ofrecer a los agricultores una alternativa económica y efectiva para el manejo de ácaros plaga.

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Uso de extractos vegetales como estrategia de manejo de plagas agrícolas

Durante los últimos años, está aumentando el interés en los métodos de control alternativos de plagas, entre los cuales, el uso de plaguicidas de origen botánicos ha demostrado ser efectivos en el control de plagas a bajo costo y con bajo riesgo para los humanos y el medio ambiente, por lo que cada vez son aplicados con mayor frecuencia para el manejo de poblaciones de ácaros de plagas a nivel mundial (Vásquez et al. 2016).

Existen pocos estudios sobre el control de *E. lewisi* usando extractos de plantas, puesto que la mayor parte de los estudios ha sido enfocada a la eficiencia de extractos de diferentes especies de plantas sobre el control de *Tetranychus urticae*, por ser esta la especie de ácaro de mayor importancia en la agricultura debido al amplio número de especies de plantas sobre las cuales se alimenta y su amplia distribución geográfica.

En este sentido, Ismail et al. (2019) evaluaron el efecto acaricida, ovicida y como repelente del extracto de hojas de clavel de moro (*Tagetes patula*: Asteraceae) contra las hembras adultas y huevos de *T. urticae* en condiciones de laboratorio. Los resultados mostraron que el valor CL_{50} del extracto contra hembras adultas de *T. urticae* fue de 0,99 % a las 24 h, mostrando un efecto tóxico significativo evidenciado por una alta tasa de mortalidad promedio (88,9%), un efecto ovicida con reducción de la viabilidad (56,04%), pero no afectó la oviposición en hembras tratadas con una dosis subletal de 0,5% incluso después de 72 h. Por otra parte, el extracto mostró causar alto nivel de repelencia y disuasión de la oviposición basado en una reducción del 100% del número total de huevos. Los autores identificaron cinco compuestos bioactivos, sin embargo, el principal compuesto fue el fitol (62,72%), con una combinación de múltiples modos de acción de diferentes componentes de la planta que pudieron actuar solo o en sinergia para retrasar el desarrollo de la resistencia de los ácaros.

Así mismo, fue reportada la toxicidad y la repelencia de los extractos de una especie de helecho (*Blechnum cordatum*: Blechnaceae) contra *T. urticae* obtenidos extracción con acetato de etilo a 250 ppm y n-hexano a 250 ppm y 100 ppm, los cuales provocaron

las más alta tasas de mortalidad acumulada cuando se hizo la aplicación desde el estadio larval, mientras que cuando se aplicó directamente en adultos, el efecto sobre la mortalidad fue significativamente menor, por lo que los autores sugieren que esta fue causada por inanición de los fitoecdisteroides, tales como ecdisona, ponasterona A, shidasterona y 2-deoxicrustecdisona presentes en los extractos (Hincapié et al. 2019). Los resultados del estudio muestran que aún a las más bajas concentraciones evaluadas (10 ppm), ambas fracciones causaron una disminución significativa en la población del ácaro, mientras que la fracción hexánica causó 100 % de repelencia a 50 ppm.

En la búsqueda de alternativas de control, Tabet et al. (2018) evaluaron el efecto de extractos vegetales y aceites esenciales obtenidos de manzanilla (*Matricaria chamomilla*: Asteraceae) y anís dulce (*Pimpinella anisum*: Apiaceae) sobre la mortalidad de las hembras de *T. urticae* a los 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de la aplicación, observándose que el extracto hidroetanólico de manzanilla y el extracto acuoso de anís tuvieron un efecto acaricida al provocar una tasa de mortalidad superior al 83%, después de 120 h, mientras que el extracto hidroetanólico de orégano (*Origanum vulgare*: Lamiaceae) fue un poco menor (75% después de 24 horas). Además, tanto los extractos de anís y orégano mostraron causar repelencia en las hembras después de 120 horas, por lo que, basados en los resultados, los autores sugieren realizar más investigaciones sobre otros efectos de estos extractos sobre la fecundidad de las hembras supervivientes.

Yorulmaz Salman y Bayram (2017) observaron que la aplicación de los extractos acuosos de varias especies de Apiaceae: anís (*P. anisum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), comino (*Cuminum cyminum*), eneldo (*Anethum graveolens*) e hinojo (*Foeniculum vulgare*) provocó altas tasas de mortalidad sobre todos los estados de desarrollo de *T. urticae*, las cuales se incrementaron a medida que aumentó la concentración del extracto, encontrándose que causaron hasta un 100% de mortalidad en adultos y protoninfas de *T. urticae* aumentaron con el aumento de la % de mortalidad en adultos y ninfas del ácaro después de los 6 días de ser aplicado a una concentración del 12 %. Por otra parte, se demostró que los extractos de eneldo lograron inhibir con mayor eficiencia la tasa de eclosión de huevos (91 %), por lo que se concluyó que estos extractos vegetales pueden constituir una alternativa acaricida para el control de *T. urticae*.

Pavela et al. (2016) evaluaron el potencial de árnica (*Tithonia diversifolia*: Asteraceae) contra *T. urticae* y aunque en la mortalidad no excedió el 50 % en los ensayos de toxicidad aguda, incluso para la dosis más alta probada de 150 mg/cm³, en los ensayos de toxicidad crónica, se observó que la DL₅₀ y DL₉₀ del extracto metanólico fue de 41,3 y 98,7 mg/cm³ al día 5 después de la aplicación, respectivamente. Aunque tanto el extracto metanólico como el extracto de acetato de etilo de *T. diversifolia* provocaron inhibición de la oviposición en *T. urticae*, este último fue más efectivo en la inhibición de la oviposición del ácaro, con un valor ED₅₀ de 44,3 mg/cm³. Los autores concluyeron que debido a los efectos observados por los extractos de árnica y los altos rendimientos del cultivo ponen en evidencia la viabilidad del uso de este tipo de extracto en diferentes cultivos agrícolas.

Del mismo modo, en un estudio donde se evaluó el efecto de un extracto etanólico de hojas de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*: Euphorbiaceae) sobre hembras adultas de *T. urticae* en condiciones de laboratorio se encontró que el extracto de hoja de *C. aconitifolius* redujo la fertilidad y aumentó la mortalidad en función al incremento de la dosis usada, debido a la presencia de ciertos tipos de flavonoides y sesquiterpenos, además de compuestos tipo cromonas y xantonas como constituyentes menores con efectos acaricidas potenciales (Numa et al. 2015). De manera similar, Yorulmaz Salman et al. (2014) demostraron que los extractos metanólicos obtenidos de plantas de salvia (*Salvia officinalis*) y romero (*Rosmarinus officinalis*) (Lamiaceae) aplicados a una concentración de 12% causaron mortalidad de ninfas y adultos de *T. urticae* que variaron desde 62,2 a 79 % para el extracto de salvia y de 58 a 82,2 % para el extracto de romero, así como también se comprobó el efecto ovicida de ambos extractos, por lo que sugirió como método alternativo a los pesticidas para el control de ácaros.

En un estudio realizado para determinar el efecto acaricida de los extractos obtenidos a partir de cinco plantas diferentes: ajo (*Allium sativum*: Amaryllidaceae), azalea (*Rhododendron luteum*: Ericaceae), pluma de príncipe (*Helichrysum arenarium*: Asteraceae), ballestera blanca (*Veratrum álbum*: Liliaceae) y matricaria (*Tanacetum parthenium*: Asteraceae) contra *Tetranychus urticae*. El extracto produjo una alta mortalidad que alcanzó hasta 81 y 88% cuando los extractos fueron aplicados por aspersión inmersión o por inmersión. Además, también se observó disminución de la

tasa de oviposición en hembras tratadas con las menores concentraciones de los extractos en comparación con el hembras no tratadas (Erdogan et al. 2012).

Aunque en menor número, existen algunos estudios que evaluaron el uso de productos botánicos como estrategia para el manejo de otros ácaros e insectos plaga.

Recientemente, Ortiz (2020) evaluaron el efecto in vitro del extracto de *Clinopodium tomentosum* para el control de *Eotetranychus lewisi* y *Oligonychus coffeae* (Tetranychidae) y observaron el incremento de la tasa de mortalidad en hembras de *O. coffeae* y *E. lewisi* a medida que aumentó la concentración de la concentración del extracto de *C. tomentosum*. En *O. coffeae*, la mayor mortalidad fue alcanzada con las concentraciones de 8 y 16%, con las cuales se alcanzó el 50% de mortalidad, mientras que en *E. lewisi*, la tasa de mortalidad alcanzó 60%, pero en ambas especies de ácaros se observó disminución de la tasa de oviposición a medida que aumentó la concentración del extracto, principalmente a partir de la concentración del 4%, alcanzando hasta un 38,6 % menos de huevos con relación al tratamiento testigo, mientras que con las dosis de 8 y 16%, la oviposición se redujo hasta en 55,6 y 65,8%, respectivamente.

Para el control del ácaro *Eutetranychus orientalis* (Tetranychidae), Elhalawany et al. (2019) estudiaron la toxicidad y el efecto de repelencia de los aceites esenciales de hojas de romero (*R. officinalis*) y de frutos de cilantro (*C. sativum*) y demostraron que el aceite esencial de cilantro mostró mayor toxicidad y efectividad para el control de los diferentes estados de desarrollo de *E. orientalis*, puesto que el CL₅₀ y CL₉₀ fueron 4,82% para huevos, mientras que para romero fueron 1,49 y 7,94%, respectivamente, después de 7 días. Así mismo, se detectó que la repelencia de ambos aceites esenciales aumentó a medida que incrementó la concentración del aceite, desde 44 hasta 92% a concentración de 0,5 y 4% de aceite de cilantro y desde 38 hasta 70% a las mismas concentraciones del aceite de romero; la cual fue decreciendo con el tiempo. De acuerdo con los resultados se concluyó que los aceites esenciales de cilantro y romero podrían potencialmente usarse para el manejo de *E. orientalis*, sin embargo, se requieren estudios más detallados para evaluar estos aceites y sus componentes como naturales para el control de esta plaga.

1.1.2. El orégano (*Lippia* sp.)

El género *Lippia* incluye unas 200 especies de pastos, arbustos y árboles pequeños dentro de la familia Verbenaceae y que se encuentran distribuidas en países de Centro y Sur América, principalmente en las selvas caducifolias de América Central y en los campos rocosos y cerrados de Brasil, en donde existe un alto índice de endemismo, extendiéndose hasta Uruguay y Argentina y, con una distribución más restringida, puede encontrarse en algunas regiones de África tropical (Samba et al. 2021).

Las especies de *Lippia* son ricas en aceites esenciales que se han utilizado en la cosmética, alimentación y debido a sus propiedades biológicas en una serie de usos médicos y agrícolas, sin embargo, estas propiedades están relacionadas con la presencia de metabolitos secundarios cuya presencia y concentración está influenciada por el manejo agroeconómico aplicado a la producción de biomasa, el ciclo fenológico del material cosechado, las condiciones edafoclimáticas, el método de extracción del aceite esencial y la técnica de evaluación empleada (Ortega-Cuadros et al. 2020).

En cuanto al uso agrícola, varias investigaciones han sido para demostrar su potencialidad en el control de malezas, agentes fitopatógenos y artrópodos plaga.

En el caso de control de malezas, de Sousa et al. (2020) señalaron que el aceite esencial de *Lippia origanoides* es rico en monoterpenos, principalmente oxigenados, con alcanfor como compuesto mayoritario, lo cual provocó inhibición total de la germinación y desarrollo de plántulas de *Bidens subalternans*, *Euphorbia heterophylla* y *Macroptilium lathyroides* y, aunque no se evidenció efecto sobre el contenido de clorofila, si se manifestaron necrosis y clorosis y en algunos casos, la respiración celular, lo que permite afirmar que el aceite esencial de *L. origanoides* tiene potencial bioherbicida para malezas. Debido a este efecto de los metabolitos secundarios sobre el desarrollo de algunas especies, también algunos estudios han evaluado su efecto negativo sobre semillas de cultivos y en este sentido se ha mostrado un efecto inhibitorio con reducción de la germinación, el vigor y la emergencia de la semilla de lechuga cuando se añadió aceite esencial de *L. alba* a partir de concentraciones de 0.25% (Thiesen et al. 2019).

Adicionalmente, varios estudios han mostrado la aplicabilidad de los extractos de *Lippia* sp. para el control de hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* en semillas de garbanzo (Romero-Bastidas et al. 2020).

Existe también un reducido número de investigaciones que evalúen el efecto de diferentes especies de *Lippia* (orégano) para el control de plagas. Ruiz-Jimenez et al. (2021) estudiaron la toxicidad de los extractos de hojas de orégano mexicano (*Lippia berlandieri*), neem (*Azadirachta indica*), menta mexicana (*Plectranthus amboinicus*), ruda (*Ruta graveolens*) y limón persa (*Citrus x latifolia*) sobre el ácaro rojo de las palmeras, *Raoiella indica* (Tenuipalpidae). Para ello, las hembras del ácaro fueron tratadas con cada extracto de planta a 0,25; 0,50; 0,75 y 1% de concentración y se observó que la tasa de mortalidad de *R. indica* aumentó con la concentración del extracto y al tiempo de exposición, sin embargo, la mayor actividad acaricida fue observada con el orégano, neem y menta, los cuales causaron mortalidad de 100, 90 y 78%, respectivamente a las 72 horas después de la aplicación.

Así, para el control de plagas de col (*Brassica oleracea* L.), Tia et al. (2021). Investigaron el uso potencial de la nanoemulsión del aceite esencial de *Lippia multiflora* en dos áreas de Costa de Marfil (Yamoussoukro y Korhogo). Los resultados indicaron que la nanoemulsión del aceite esencial fue muy efectiva para el control de *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) y *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) para las cuales los niveles poblacionales fueron 28,48 y 0,6 individuos en Yamoussoukro y 0,0 y 7,11 en Korhogo, en comparación con 45,32 y 15,89 en las parcelas no tratadas, respectivamente, mientras que el porcentaje de daño de la pella fue del 23,3 y 26,7 % en Yamoussoukro en Korhogo, respectivamente, mientras que en campos tratados con plaguicidas químicos estos valores fueron de 13,3 y 28,3%, en ambas localidades.

En el caso de gorgojos plaga de granos almacenados se ha evaluado el efecto del extracto etanólico obtenido a partir de hojas de orégano (*Lippia origanoides*) y citronela (*Cymbopogon citratus*) aplicados sobre *Rhyzopertha dominica* (F.) a las concentraciones de 40, 60, 80, 85 y 95%. Se detectaron diferencias en la mortalidad ocasionada por ambos tipos de extractos, siendo mayor con orégano al 60%, que fue capaz de producir 35,5% de mortalidad, frente al 16% causada por citronela, sin

embargo, este último provocó mayores tasas de mortalidad cuando se usó a dosis mayores, los cuales fueron considerados valores aceptables de mortalidad en *R. dominica*, por lo que se recomienda para como control (Flores et al. 2017).

Sivira et al. (2011) determinaron que los extractos etanólicos de orégano silvestre (*Lippia organoides*) y gliricidia (*Gliricidia sepium*) tuvieron un efecto deletéreo sobre la supervivencia y oviposición de *Tetranychus cinnabarinus* (Tetranychidae). En el estudio se observó que la oviposición de *T. cinnabarinus* disminuyó a 43,7 o 57% cuando se utilizaron extractos de orégano o gliricidia al 5%, respectivamente y así mismo, cuando estos extractos fueron usados al 10% causaron 42,2% o 72,5% de mortalidad, mostrando la más alta tasa de mortalidad (96,6 % y 100 % causada por orégano silvestre y gliricidia, respectivamente) cuando estos fueron usados al 20 %. De acuerdo con los autores, los efectos sobre la mortalidad y oviposición podrían ser debidos a la presencia de alcaloides, flavonoides, fenoles y taninos, aceites esenciales y saponinas, los cuales han demostrado tener efecto acaricida, sin embargo, ellos recomiendan hacer pruebas de campo para evaluar su eficacia.

Por último, Muzemu et al. (2011) también evaluaron los efectos pesticidas de extractos de polvo de hoja de *Lippia javanica* y pulpa de fruta madura de *Solanum delagoense* en condiciones de estación contra los pulgones de la colza y la araña roja del tomate como alternativas a los pesticidas convencionales, demostrándose que ambos extractos redujeron el número de plagas. *L. javanica* y *S. delagoense* redujeron los pulgones en un 63 y 57,9 % y los ácaros en un 66,5 y 55 % cuando fueron aplicados al 12,5 y 25 %, respectivamente, mostrando que fueron más efectivos para el control de pulgones que de ácaros, mientras que *L. javanica* fue más efectivo que *S. delagoense* en ambas plagas de cultivos.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el manejo de *Eotetranychus lewisi* (Mcgregor) (Acari: Tetranychidae) mediante el uso del extracto vegetal de orégano (*Lippia organoides* L.)

1.2.2. Objetivos específicos

- Estimar el porcentaje de mortalidad en hembras de *E. lewisi* por efecto de las diferentes dosis del extracto etanólico de orégano.
- Evaluar el efecto de las diferentes dosis del extracto etanólico de orégano sobre la viabilidad de huevos de *E. lewisi*.
- Determinar el efecto subletal de la aplicación de diferentes dosis del extracto etanólico de orégano sobre la sobrevivencia y longevidad de las hembras de *E. lewisi* por efecto.

1.3. Categorías fundamentales

1.3.1. Ácaros tetraníquidos como plagas agrícolas

Los ácaros tetraníquidos, también conocidos como arañitas, arañuelas, arañas rojas, pertenecen a la familia Tetranychidae, en la cual se incluyen más de 1300 especies de fitófagos que varían entre 200 y 900 μm y que pueden constituirse en plagas agrícolas, de hecho, más de 100 especies son consideradas plagas (Navajas et al. 2010).

Eotetranychus lewisi es un ácaro polífago que ha sido reportado alimentándose sobre las hojas de 75 especies de plantas y está ampliamente distribuido en diferentes zonas, incluyendo la región Neotropical donde es encontrado en Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guadalupe, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Perú (Migeon y Dorkeld 2021). En los cítricos, se considera de menor importancia, pero presenta un riesgo para las flores de pascua de invernadero y otras plantas ornamentales de invernadero, además también es plaga importante en plantas de durazno (Pérez-Santiago et al. 2007).

1.3.2. Las especies de Lippia

Actualmente se reconocen numerosas especies de orégano a nivel mundial las cuales son incluidas dentro de las familias Verbenaceae, Lamiaceae y Asteraceae y que se caracterizan por poseer un aroma y sabor particular derivados de la presencia de aceites esenciales y componentes volátiles como terpenoides fenólicos, principalmente timol

y carvacrol, por lo que son frecuentemente usadas como especias en la condimentación de comidas (Díaz-de León et al. 2020).

Dentro de las especies se orégano, se reconoce el género *Lippia* L. es miembro de la tribu Lantaneae Endl., familia Verbenaceae J.St.-Hil., la cual incluye aproximadamente 120 especies de hierbas perennes, arbustos y subarbustos, a menudo aromáticos, nativos de las regiones tropicales de las Américas y África (Cardoso et al. 2021).

Dentro de la amplia variedad de plantas aromáticas, las especies identificadas dentro del género *Lippia*, las cuales hacer parte de la familia Verbenaceae, despiertan el interés de investigadores debido a la riqueza de metabolitos secundarios bioactivos que permiten identificar diferentes quimiotipos que contienen diferentes tipos de aceites esenciales con propiedades benéficas antifúngicas, antioxidantes y antibacterianas (Maya-Ortega et al. 2021).

De acuerdo con Ortega-Cuadros et al. (2020), los quimiotipos I y III de *Lippia alba* han mostrado diferentes actividades biológicas contra distintas especies de microorganismos, peces, artrópodos, pequeños mamíferos y líneas celulares; fundamentalmente asociadas con efecto antibacterial, antifúngico, citotóxico, antioxidante y sedante, entre otros, lo cual los hace útiles principalmente en la industria de la salud, industria pesquera y agroalimentaria.

1.3.3. Extractos vegetales como acaricidas

Aparte del uso como alternativas medicinales, muchas plantas han demostrado tener un potencial de uso en el manejo sustentable de poblaciones de insectos y ácaros debido a que estas producen metabolitos secundarios como respuesta frente a condiciones de estrés biótico y abiótico (Arceo-Medina et al. 2016).

Así un amplio número de investigaciones han sido conducidos para demostrar el efecto de estos metabolitos secundarios de diferentes especies de plantas sobre varias especies de artrópodos. Estos compuestos químicos pueden actuar de diferentes maneras sobre los insectos y ácaros plaga, incluyendo la inhibición de la alimentación

o la síntesis de quitina, disminución del crecimiento, desarrollo y la reproducción, o pueden afectar el comportamiento (Rosado-Aguilar et al. 2017).

Dado que el ácaro de dos manchas, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) es una de las principales plagas de importancia a nivel mundial, la mayoría de los estudios han sido dirigido a esta especie, dejando otras especies que también pueden causar un impacto económico en diferentes cultivos.

Así, especies de diferentes familias botánicas han sido evaluadas en la eficacia de los extractos contra ácaros. *Andrographis paniculata* (Acanthaceae), *Achyranthes aspera* (Amaranthaceae), *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae), *Annona squamosa* (Annonaceae) *Centella asiatica* (Apiaceae), *Allamanda cathartica* y *Catharanthus roseus* (Apocynaceae), *Artemisia pallens*, *Tagetes tenuifolia* y *Tridax procumbens* (Asteraceae), *Jatropha curcas* y *Ricinus communis* (Euphorbiaceae), *Cassia alata*, *C. fistula*, *Delonix regia*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Senna auriculata*, *Sesbania grandiflora* y *Tephrosia purpurea* (Fabaceae) (Premalatha et al. 2018).

Los extractos de *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), *Rhododendron luteum* S. (Ericaceae), *Helichrysum arenarium* L. (Asteraceae), *Veratrum album* L. (Liliaceae) y *Tanacetum parthenium* L. (Asteraceae)] demostraron causar altas tasas de mortalidad, además de tener un efecto sobre la fecundidad incluso con bajas concentraciones (Erdogan et al. 2012).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

La investigación sobre el efecto del extracto de orégano sobre el control de *E. lewisi* fue realizado en laboratorio de Entomología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua.

2.2. Factores en estudio:

Se evaluó el efecto de diferentes dosis del extracto etanólico de *L. origanoides* sobre la tasa de mortalidad, tasa de oviposición y longevidad de las hembras de *E. lewisi* bajo condiciones de laboratorio.

2.2.1. Colecta y mantenimiento de los ácaros

Para el inicio del ensayo, fueron examinadas plantas de fresa cultivadas en el Campus Querochaca, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCAGP-UTA), Cantón Cevallos y fueron seleccionadas aquellas hojas que mostraban punteaduras blanco-amarillentas que son los síntomas de la alimentación de los ácaros de la familia Tetranychidae (Muimba-Kankolongo 2018). Las muestras fueron llevadas al laboratorio colocándolas en bolsas plásticas tipo ziplock, las cuales habían sido internamente recubiertas con papel absorbente.

Para la identificación de la especie de ácaro fueron preparadas placas para observación al microscopio óptico con 10 hembras y separadamente también fueron preparadas placas solo con machos (5), usando liquido de Hoyer y examinados al microscopio óptico de contraste de fases (Leica) para detallar las características morfológicas propias de la especie.

Una vez identificada la especie, los ácaros colectados en el campo fueron criados en el laboratorio para obtener una cohorte de edad homogénea siguiendo la metodología de cría de (Pazmiño et al. 2018). Para ello se usaron unidades de cría o arenas

construidas con una placa Petri que contiene una almohadilla de poliuretano de forma circular (1 cm de alto). Sobre cada una de las unidades de cría se colocaron discos de hoja de fresa rodeadas con una banda de algodón de aproximadamente 0,5 cm de ancho y luego fue humedecida para mantener la turgencia de la hoja y también evitar el escape de los ácaros.

Finalmente, sobre las unidades de cría ya preparadas fueron dispuestas hembras y machos de *E. lewisi* provenientes del campo para así obtener los nuevos huevos a los cuales se les siguió el ciclo de desarrollo para obtener la nueva cohorte e iniciar el bioensayo (Fig. 1). Después de obtener 250 huevos que tenían entre 24-48 horas de edad, las hembras y machos padres fueron retirados de las unidades de cría para así observar el desarrollo de los huevos hasta alcanzar la emergencia de las hembras y machos adultos, de edad conocida, con los cuales se iniciaron los ensayos de efectividad del extracto etanólico.



Figura 1. Proceso de preparación de arenas de cría, huevos y adultos de *E. lewisi*

2.2.2. Obtención de los extractos vegetales

Las hojas de secas de orégano fueron obtenidas en el mercado municipal y llevadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias y Tecnologías de Alimentos y Bioquímica. Una vez en el laboratorio el orégano fue molido usando un molino eléctrico de cuchillas y mezclado con etanol 96% (en proporción 1:5 p/v). La mezcla fue mantenida en maceración y luego filtrada. El disolvente remanente de la solución filtrada fue eliminado en un roto evaporador a 70°C. A partir del extracto etanólico crudo obtenido fueron preparadas diluciones a concentraciones de 5; 7,5 y 10%.

2.2.3. Efecto de las dosis del extracto de orégano sobre la mortalidad y tasa de oviposición de hembras de *E. lewisi*

La actividad acaricida del extracto etanólico de hoja de orégano sobre las hembras de *E. lewisi* de 48 h de edad fue evaluada mediante la técnica de contacto residual (de Sousa et al. 2020). De acuerdo con esta metodología, los discos de hoja fueron sumergidos en cada una de las concentraciones del extracto durante 20 s, luego retirados y colocados sobre papel toalla para eliminar el exceso del extracto y finalmente dispuestos sobre cada unidad de cría o arena. Luego fueron colocadas 10 hembras provenientes de la cría general sobre cada unidad de cría o arena. Los tratamientos fueron repetidos 5 veces y el bioensayo repetido 2 veces para hacer la validación de los datos. Adicionalmente se usó agua como tratamiento control o testigo.

La mortalidad de las hembras expuestas a los residuos de los extractos fue evaluada cada 24 horas durante 72 horas y en ese caso, se consideró que las hembras estaban muertas cuando al ser tocadas con un pincel fino (000), estas no mostraron ningún tipo de movimiento.

Con relación al efecto de las dosis del extracto de orégano sobre las tasas de oviposición y fecundidad de las hembras de *E. lewisi*, estas fueron evaluadas siguiendo la misma metodología antes descrita. Para determinar la tasa de oviposición, las hembras sobrevivientes de la prueba de toxicidad fueron observadas diariamente para determinar el número de huevos colocados sobre cada disco de hoja tratado con las diferentes concentraciones de los extractos cada 24 horas durante 3 días. Por otra parte, la tasa de fecundidad fue determinada como la suma del número de huevos puestos por una hembra durante el período de evaluación. Cada tratamiento fue replicado 5 veces.

2.3. Diseño experimental

Para el estudio se utilizó un diseño completamente al azar y las variables consideradas: mortalidad (efecto letal o tóxico), tasa de oviposición y fecundidad (efecto sub-letal) fueron sometidas a análisis de varianza. Aquellas variables en las que se detectó que

existían diferencias significativas fueron comparadas mediante una prueba de medias según Tukey ($p < 0,05$) usando el programa estadístico Statistix versión 10.

Los datos de mortalidad observada a las 24, 48 y 72 horas después de la aplicación del extracto fueron transformados por $y = \sqrt{(x + 0,5)}$ con el fin de cumplir los supuestos estadísticos de normalidad, homocedasticidad y aditividad.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tasa de mortalidad de *Eotetranychus lewisi* por efecto de las dosis del extracto de orégano

La tasa de mortalidad de las hembras de *E. lewisi* fue afectada por la concentración del extracto de orégano (Fig. 2). En general, se observó un incremento en la tasa de mortalidad con el aumento de la concentración, siendo más evidente a las 24 h después de la aplicación del extracto, puesto que la tasa de mortalidad fue 3,8 veces mayor con la concentración de 5% del extracto, mientras que con 10 y 15% la tasa fue 5,5 y 8 veces mayor que el tratamiento testigo (Fig. 2a). Aunque esta tendencia se mantuvo a las 48 h después de la aplicación, el efecto fue menor, siendo solo 1,5 veces mayor cuando se usó extracto al 5% y 2 veces mayor con las concentraciones de 10 y 15% en comparación con el tratamiento testigo (Fig. 2b). De manera similar, la mortalidad resultó ser entre 1,8 y 2 veces mayor con el extracto respecto al testigo (Fig. 2c).

Cuando se consideró la mortalidad acumulada después de las 72 h de evaluación, la mayor eficiencia de control fue alcanzada con el extracto al 15% puesto que se evidenció un 82% de control, seguido de un 72% cuando se aplicó el extracto al 10%,

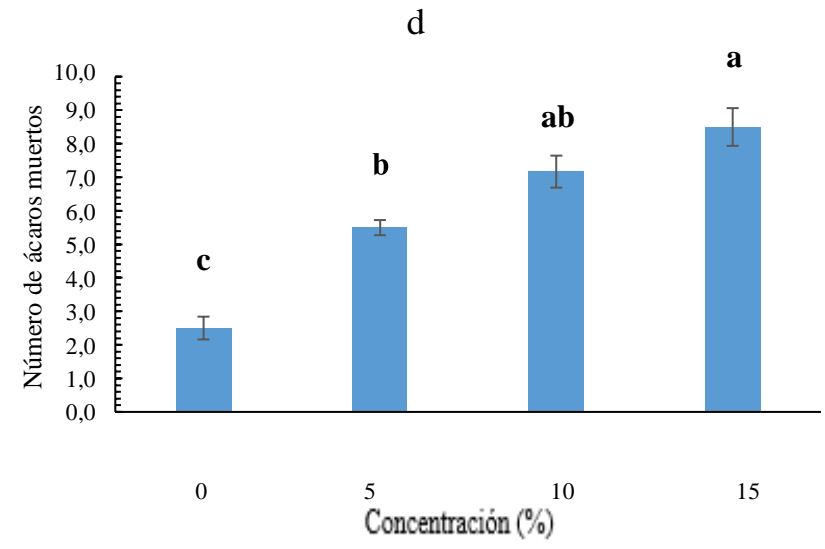
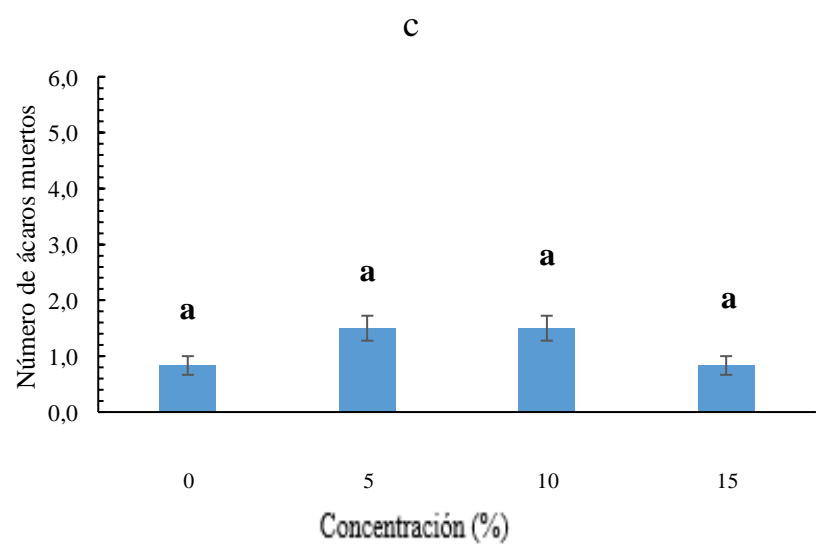
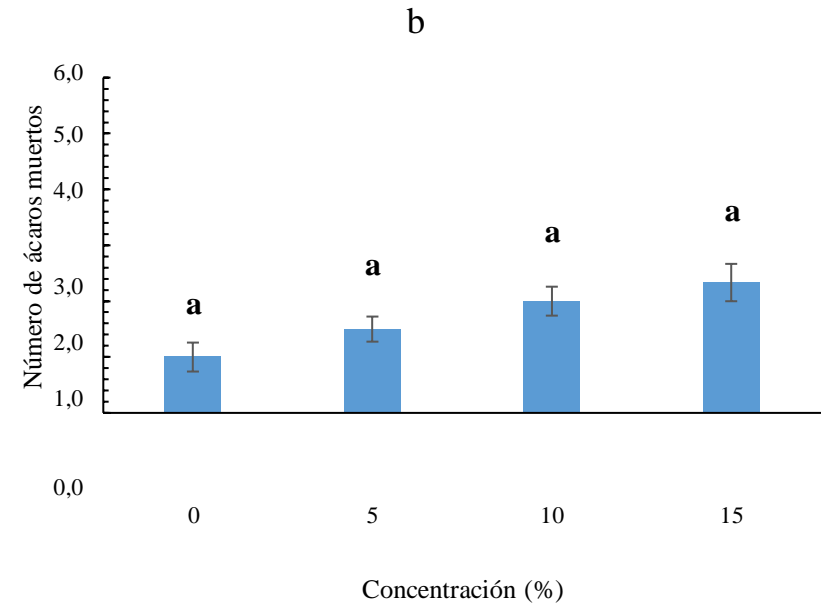
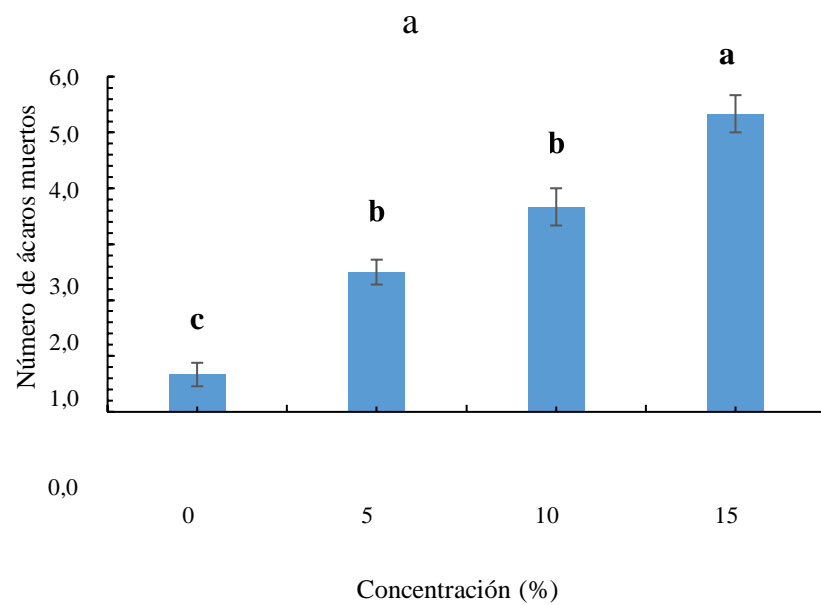


Figura 2. Tasa de mortalidad de *Eotetranychus lewisi* por efecto de la aplicación de diferentes dosis del extracto etanólico de orégano

mientras que al 5% la mortalidad alcanzó 55%, los cuales fueron estadísticamente superior al tratamiento testigo (Fig. 3d).

Estudios previos que muestran el efecto de extractos obtenidos de diferentes especies de plantas sobre la mortalidad de diferentes especies de ácaros tetraníquidos. (Tabet et al. 2018) evaluaron el efecto de los extractos acuosos (EA), extractos hidroetanólicos (EH) o aceites esenciales (AE) de 14 especies de plantas sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae* a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de la aplicación, de las cuales el EH de *Matricaria chamomilla* y EA de *Pimpinella anisum* mostraron el mayor efecto acaricida al provocar más del 83% de mortalidad, después de 120 horas, mientras que el EH de orégano (*Origanum vulgare*) causó un 75% de mortalidad después de 24 horas.

De manera similar, Hincapié et al. (2019) reportaron la toxicidad de las fracciones obtenidas con acetato de etilo a 250 ppm y n-hexano a 250 ppm y 100 ppm de *Blechnum cordatum* sobre *T. urticae*, las cuales causaron las más altas tasas de mortalidad acumulada cuando se hizo la aplicación desde el estadio larval, alcanzando cerca de 80%, incluso cuando se aplicaron a bajas concentraciones (10 ppm). Estos autores también observaron una baja actividad cuando los tratamientos se aplicaron directamente a adultos.

Ismail et al. (2019) evaluaron el efecto del extracto etanólico de hojas de *Tagetes patula* sobre *T. urticae* y observaron que las tasas de mortalidad promedio se incrementaron a medida que la concentración del extracto aumentó desde 15,3% hasta 88,9% cuando se aplicó el extracto a una concentración de 0,25 y 5 ppm, respectivamente en comparación con las hembras no tratadas.

La mortalidad de *E. lewisi* mostró una relación significativa positiva con la concentración del extracto de orégano, lo cual permitió obtener los modelos predictivos que resultaron ser $y = 3,03 + 0,3733x$ (Fig. 3).

Figura 3. Curva de regresión lineal ajustadas para mostrar la relación entre la concentración del extracto de orégano y la mortalidad total en *Eotetranychus lewisi*

Es importante resaltar que existen pocos estudios relacionados con la evaluación del efecto de los extractos botánicos sobre otras especies de ácaros, incluidos los géneros *Eotetranychus* y *Eutetranychus*. En este sentido, Elhalawany et al. (2019) evaluaron la toxicidad y el efecto de repelencia de los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) a concentraciones de 0,5, 1, 2, 3 y 4% contra *Eutetranychus orientalis* y encontraron que el aceite esencial de cilantro fue más tóxico para controlar diferentes estadios de *E. orientalis* puesto que alcanzó 100% de mortalidad a las 72 h después de la aplicación.

3.2.Tasa de oviposición en hembras de *Eotetranychus lewisi* por efecto de las dosis del extracto de orégano

La tasa de oviposición no mostró variaciones significativas en los tres días de evaluación dentro de una misma concentración, pero si se detectó efecto de la concentración (Fig. 4 a-d). En hembras del tratamiento testigo la tasa de oviposición varió de 5,5 a 5,3 huevos/hembra/día al primer y tercer día (Fig. 4a), mientras que las hembras expuestas a extracto al 5% la tasa fue de 4,0 a 3,8 huevos/hembra/día, lo cual representó una disminución de la oviposición que osciló entre 27,3 y 30,3% con relación al testigo (Fig. 4b). En las hembras tratadas con extracto a concentraciones de 10 y 15%, esta disminución fue mayor, la cual varió desde 39,4 y 53,1% con la

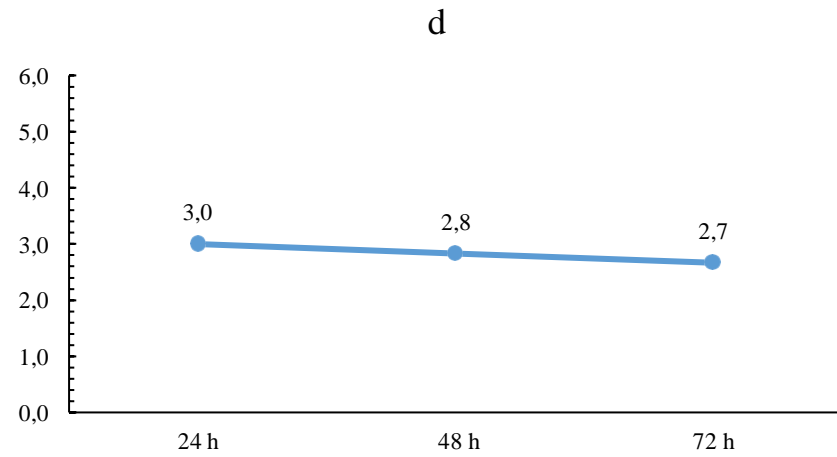
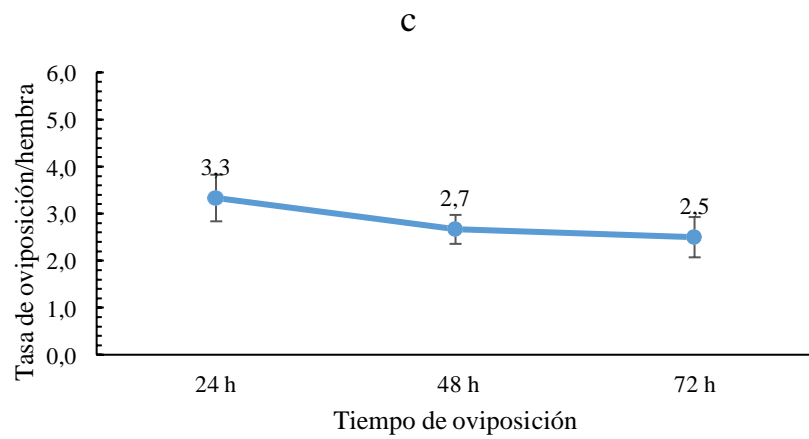
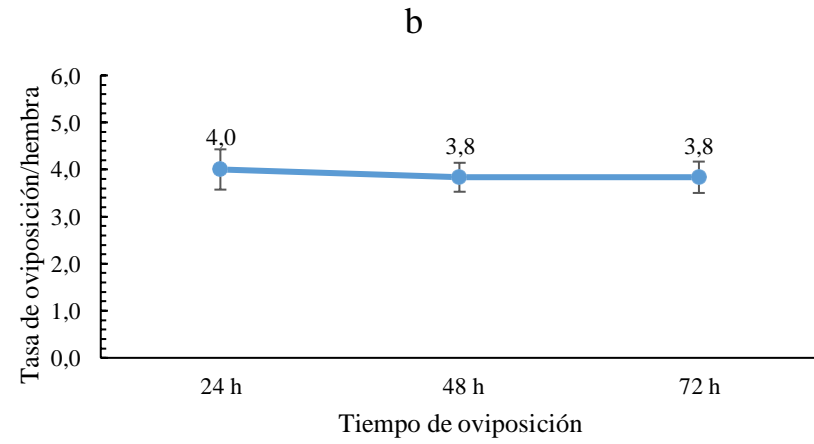
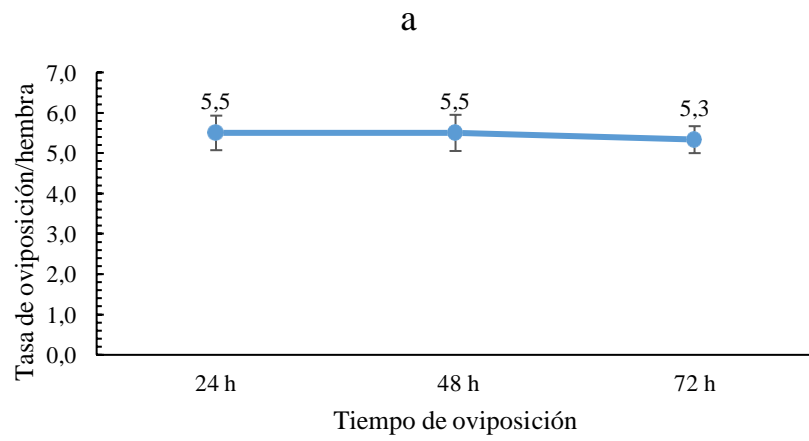


Figura 4. Variación de la oviposición en hembras de *Eotetranychus lewisi* sometidas a diferentes concentraciones del extracto etanólico de orégano

concentración del 10% y desde 45,5 a 50,0% con la concentración del 15% (Figs. 4c-d).

De manera concomitante, se observó una relación lineal negativa entre la fecundidad y la concentración del extracto, evidenciada mediante la ecuación $y = 15,25 - 0,5333x$ (Fig. 5).

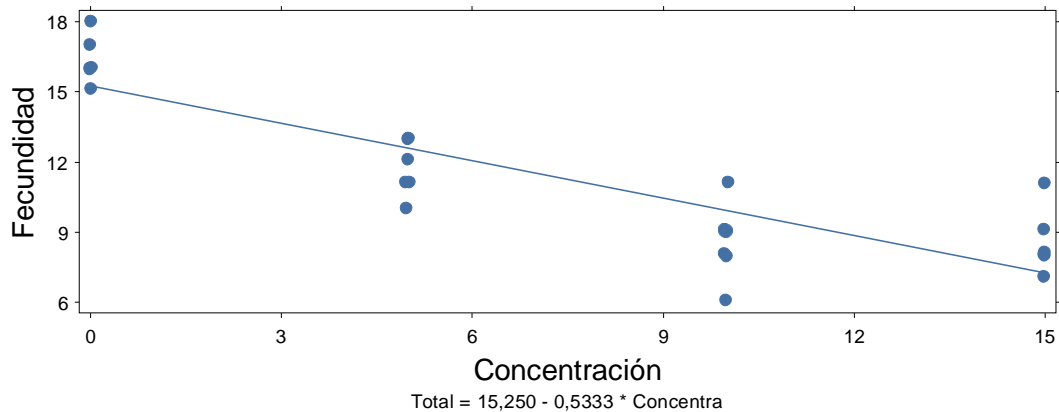


Figura 5. Curva de regresión lineal ajustada para mostrar la relación entre la concentración del extracto de orégano y fecundidad total en hembras de *Eotetranychus lewisi*

3.3. Longevidad de *Eotetranychus lewisi* por efecto de las dosis del extracto de orégano

De manera similar, la longevidad de *E. lewisi* fue afectada por la concentración del extracto, tendiendo a reducirse a medida que aumentaba la concentración del extracto (Fig. 6). Cuando se usó extracto al 5% la reducción de la longevidad fue de apenas 16,7%, la cual no mostró diferencias significativas respecto al tratamiento testigo, mientras que con las concentraciones del 10 y 15%, la longevidad fue reducida entre 46,6 y 49,4% con relación a las hembras del tratamiento testigo. Esto fue evidenciado con la relación lineal negativa demostrada por la ecuación $y = 28,58 - 1,033x$ (Fig. 7):

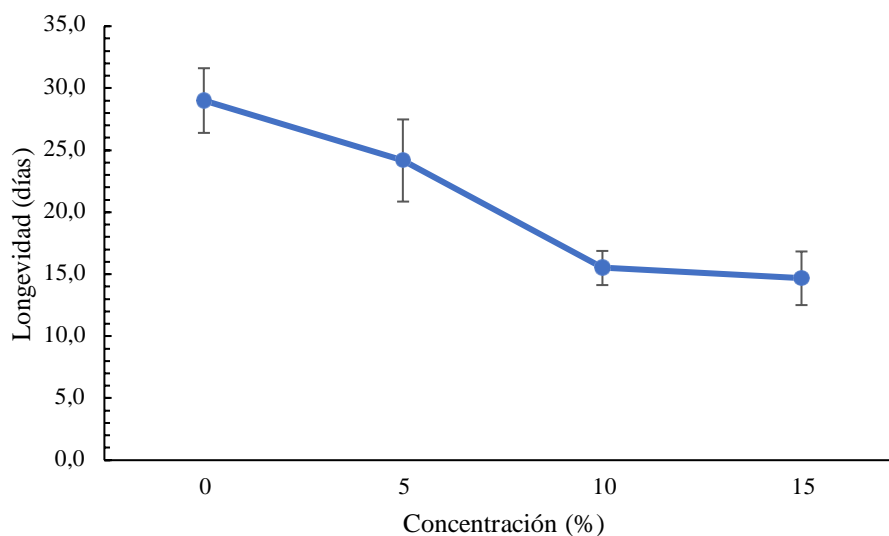


Figura 6. Disminución de la longevidad de las hembras de *Eotetranychus lewisi* sometidas a diferentes concentraciones del extracto etanólico de orégano

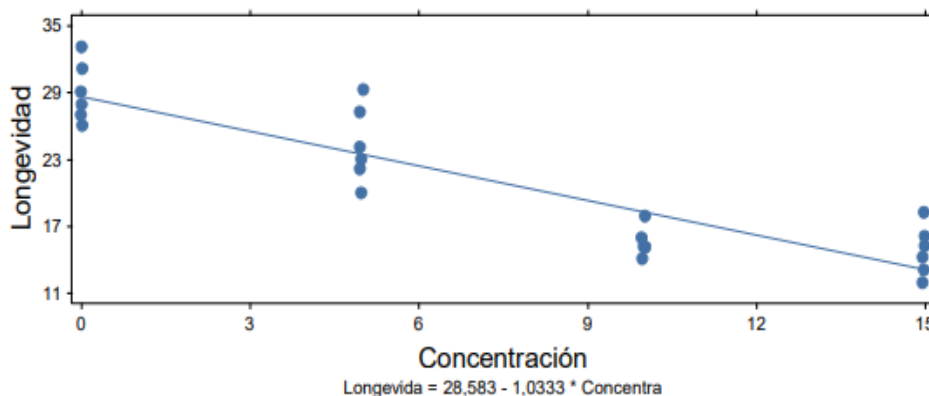


Figura 7. Curva de regresión lineal ajustada para mostrar la relación entre la concentración del extracto de orégano y la longevidad de las hembras de *Eotetranychus lewisi*

Existen varios estudios que evidencian el efecto subletal de los productos químicos, sintéticos y botánicos, sobre los parámetros biológicos de artrópodos plaga. En tal sentido, de Franca et al. (2017), señala que los efectos subletales se definen como efectos biológicos, fisiológicos, demográficos o conductuales en individuos o

poblaciones que sobreviven a la exposición a una sustancia tóxica en una dosis/concentración letal o subletal.

Dado que las especies de *Lippia* son ampliamente cultivadas en regiones de clima tropical, subtropical y templado y además sus aceites esenciales han mostrado tener efectividad en el control de diferentes grupos de artrópodos plaga de plantas y de animales, su uso como bioplaguicidas es bastante promisorio, sin embargo, su composición química depende de la ubicación geográfica y la fenología del material vegetal cosechado, por lo cual es necesario realizar estudios sobre su quimiotaxonomía para eficientizar los resultados (Ortega-Cuadros et al. 2020).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tasa de mortalidad en hembras de *Eotetranychus lewisi* fue significativamente afectada por la aplicación del extracto de orégano y esta respuesta fue más evidente a medida que se incrementó la concentración del extracto.

La tasa de oviposición de las hembras de *Eotetranychus lewisi* mostró variaciones significativas por el uso de las diferentes dosis del extracto etanólico de orégano incluso con las concentraciones menores.

De manera similar, la longevidad, considerada como el tiempo transcurrido desde la emergencia del adulto hasta la muerte de hembras de *Eotetranychus lewisi* también fue afectada por la aplicación de diferentes concentraciones del extracto etanólico de orégano.

Con base en los resultados obtenidos, el uso del extracto etanólico de orégano mostró ejercer un efecto deletéreo sobre las características biológicas de las hembras de *Eotetranychus lewisi*, por lo cual, este podría ser considerado como parte de las estrategias para el manejo de este ácaro plaga. Con ello, podría ser incluido dentro de un programa de manejo integrado que conlleve a la disminución del uso de productos químicos, permitiendo así llevar a cabo una agricultura más respetuosa con el ambiente y la salud del agricultor y consumidor.

Basados en los datos promisorios obtenidos en el presente estudio, se recomienda realizar estudios de campo usando extracto de orégano que permitan convalidar los resultados obtenidos bajo condiciones de laboratorio. Por otra parte, sería recomendable que se hagan estudios complementarios de campo y laboratorio donde se incluya la evaluación de otras concentraciones, acompañado de estudios de relación beneficio/costo de manera de hacer más eficiente el control de esta especie plaga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arceo-Medina, G.N., Rosado-Aguilar, J.A., Rodríguez-Vivas, R.I., Borges-Argaez, R. (2016). Synergistic and antagonistic action of fatty acids, sulphides and stilbene against acaricide resistant *Rhipicephalus microplus* ticks. *Vet. Parasitol.* 228, 121-125.
- Bolland, HR; Gutierrez, J; Flechtmann, CHW. 1998. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). Leiden, The Netherlands, Koninklijke Brill NV. 392 p.
- CABI. 2013. *Oligonychus coffeae*. Database on quarantine pests. Prepared by CABI and EPPO for the EU. Disponible en: <http://www.cabi.org/cpc> (Acceso septiembre de 2019).
- Castilho, P., Liu, K., Rodrigues, A.I., Feio, S., Tomi, F. y Casanova, J. (2007). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Clinopodium ascendens* (Jordan) Sampaio from Madeira. *Flavour and Fragrance Journal*, 22: 139–144.
- Das, GM. 1959. Bionomics of the tea red spider, *Oligonychus coffeae* (Nietner). *Bulletin of Entomological Research*, 50: 265-274.
- Das, P., Saikia, S., Kalita, S., Kanta Hazarika, L. y Kumar Dutta, S. (2012). Effect of temperature on biology of red spider mite (*Oligonychus coffeae*) on three different TV clones. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 82 (3): 255-259.
- Debbabi, H., El Mokni, R., Chaieb, I., Nardoni, S., Maggi, F. Caprioli, G. y Hammami, S. (2020). Chemical composition, antifungal and insecticidal activities of the essential oils from tunisian *Clinopodium nepeta* subsp. *nepeta* and *Clinopodium nepeta* subsp. *glandulosum*. *Molecules*, 25, 2137; doi:10.3390/molecules25092137.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2014). Scientific Opinion on the pest categorisation of *Eotetranychus lewisi* EFSA Panel on Plant Health (PLH). *EFSA Journal*, 12(7): 1-35.

- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (2006).
Diagnostics: *Eotetranychus lewisi*. Bulletin OEPP/EPPO, 36: 161-163.
- Erdogan, P., Yildirim, A. y Sever, B. (2012). Investigations on the effects of five different plant extracts on the two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Tetranychidae). Psyche: 1-5. doi:10.1155/2012/125284.
- Fashing, NJ; Ueckermann, EA; Fashing, PJ; Nguyen N; Back, AM; Allison, LA. 2016. *Bryobia abyssiniae* (Prostigmata: Tetranychidae), a new species from the highlands of Ethiopia. International Journal of Acarology.
- Gotoh, T; Nagata, T. 2001. Development and reproduction of *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae) on tea. International Journal of Acarology 27: 293-298.
- Helle, W., Overmeer W.P.J. 1985. Rearing techniques. In: Helle W. and Sabelis M.W. (eds.) Spider mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, The Netherlands. pp 331-385.
- Howell, AD; Daugovish, O. 2013. Biological control of *Eotetranychus lewisi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on strawberry by four phytoseiids (Acari: Phytoseiidae). Journal of Economic Entomology 106: 80-85.
- Jayakrishnan, T. V. y Ramani, N. (2015). Reduction of major photosynthetic pigments induced by *Oligonychus coffeae* (Nietner) (Acari: Tetranychidae) infesting *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze. International Journal of Recent Scientific Research, 6: 3947-3950.
- Jeppson, L; Keifer, H., Baker, E. 1975. Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press, Berkeley, USA. 614 pp.
- Kachhawa, D; Kumawat, K. 2018. *Oligonychus coffeae*, red spider mite of tea: a review. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6(3): 519-524.
- Khanjani, M; Khanjani, M; Seeman, OD. 2018. The spider mites of the genus *Oligonychus* Berlese (Acari: Tetranychidae) from Iran. Systematic and Applied Acarology 23(2): 223-287.

- Li, H.Y., Liu, C.X., Chen, X.B., Liu, Q.Z. y Liu, Z.L. (2015). Chemical composition and insecticidal activities of the essential oil of *Clinopodium chinense* (Benth.) Kuntze aerial parts against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel. *Journal of Food Protection*, 78 (10); 1870-1874.
- Mamun, MSA; Hoque, MM; Ahmed, M; Akandha, MYH; Paul K. 2016. Evaluation of some potential miticides against Red Spider Mite infesting tea in Bangladesh. *Tea Journal of Bangladesh*, 45: 52-64.
- Migeon, A., Nougier, E. y Dorkeld, F. (2011). Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. *Trends in Acarology*: 557-560
- Migeon, A; Dorkeld F. 2019. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. Disponible en: <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb> (Consultado el 22 de septiembre de 2019).
- Morocho, V., Valle, A., García, J., Gilardoni, G., Cartuche, L. y Suárez, A.I. (2018). α -Glucosidase Inhibition and Antibacterial Activity of Secondary Metabolites from the Ecuadorian Species *Clinopodium taxifolium* (Kunth) Govaerts. *Molecules*, 23, 146; doi:10.3390/molecules23010146.
- Noriega, P.F., Mosquera, T.A., Osorio, E.A., Guerra, P. y Fonseca, A. (2018). *Clinopodium nubigenum* (Kunth) Kuntze essential oil: Chemical composition, antioxidant activity, and antimicrobial test against respiratory pathogens. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 10(9): 149-157.
- Pérez-Santiago, G., Otero-Colina, G., González-Hernández, V.A., Ramírez-Guzmán, M.E., González-Hernández, H. y López-Jiménez, A. (2007). The population level of *Eotetranychus lewisi* and the concentration of carbohydrates in peach trees. *Experimental and Applied Acarology*, 43(4):255-263.
- Pérez-Santiago, G; Otero-Colina, G; González, V; Ramírez, M; González, H; López, A. 2007. The population level of *Eotetranychus lewisi* and the concentration of carbohydrates in peach trees. *Experimental and Applied Acarology* 43: 255-263.

- Podder, S., Biswas, H., Saha, G.K. y Gupta, S.K. (2014). Life cycle of *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae) on tea leaves in Darjeeling, West Bengal, India. *Animal Biology*, 64: 395-400.
- Premalatha, K., Nelson, S.J., Vishnupriya, R., Balakrishnan, S. y Santhana Krishnan, V.P. (2018). Acaricidal activity of plant extracts on two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1): 1622-1625.
- Rahman, V. J., Babu, A., Roobakkumar, A. y Perumalsamy, K. (2013). Life table and predation of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) on *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae) infesting tea. *Experimental and Applied Acarology*, 60: 229-240.
- Ribeiro, L.P., Mota, L.H.C., D'Alessandro, C.P., Vendramim, J.D., Delalibera Jr, I. 2014. In vitro compatibility of an acetogenin-based bioinsecticide with threespecies of entomopathogenic fungi. *Florida Entomologist*. 97:1395-1403.
- Rojas-Olivos, A., Solano-Gómez, R., Granados-Echegoyen, C., Santiago-Santiago, L.A., García-Dávila, J., Pérez-Pacheco, R., y Lagunez-Rivera, L. (2018). Larvicidal effect of *Clinopodium macrostemum* essential oil extracted by microwave-assisted hydrodistillation against *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Revista de la Sociedad Brasileña de Medicina Tropical*, 51(3):291-296.
- Roobakkumar, A; Subramaniam, MSR; Babu, A; Muraleedharan, N. 2010. Bioefficacy of certain plant extracts against the red spider mite, *Oligonychus coffeae*, Nietner (Acari: Tetranychidae) infesting tea. *International Journal of Acarology*, 36(3):255-258.
- Rosado-Aguilar, J.A., Arjona-Cambranes, A., Torres-Acosta, J.F.J., Rodríguez-Vivas, R.I., Bolio-Gonzalez, M.E., Ortega-Pacheco, A., Alzina-Lopez, A., Gutiérrez-Ruiz, E.J., Gutierrez-Blanco, E. y Aguilar-Caballero, A.J. (2017). Plant products and secondary metabolites with acaricide activity against ticks. *Veterinary Parasitology*, 238: 66-76.

- Roy, A; Chakraborti, D; Das, S. 2008. Effectiveness of garlic lectin on red spider mite of tea. *Journal of Plant Interaction*, 3(3):157-162.
- Roy, R; Muraleedharan, N; Mukhopadhyay, A. 2014. The red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae): its status, biology, ecology and management in tea plantations. *Experimental and Applied Acarology*, 63(4):431-63.
- Roy, S., Muraleedharan, N. y Mukhopadhyay, A. (2014). The red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae): its status, biology, ecology, and management in tea plantations. *Experimental and Applied Acarology*, 63(4):431-463.
- Roy, S; Gurusubramanian, G; Nachimuthu, SK. 2011. Anti-mite activity of *Polygonum hydropiper* L. (Polygonaceae) extracts against tea red spider mite, *Oligonychus coffeae* Nietner (Tetranychidae: Acari). *International Journal of Acarology*, 37(6):561-566.
- Saltos, M.B.V., Puente, B.F.N., Malafrontec, N. y Braca, A. (2014). Phenolic Compounds from *Clinopodium tomentosum* (Kunth) Govaerts (Lamiaceae). *J. Braz. Chem. Soc.*, 25(11): 2121-2124.
- Sati, S. C., Sati, N., y Sati, O. P. (2011). Bioactive constituents and medicinal importance of genus *Alnus*. *Pharmacognosy Reviews*, 5: 174-183.
- Šučur, J., Popović, A., Petrović, M., Bursić, V., Anačkov, G., Prvulović, D. y Malenčić, D. (2017). Chemical composition of *Clinopodium menthifolium* aqueous extract and its influence on antioxidant system in black nightshade (*Solanum nigrum*) and pepper (*Capsicum annuum*) seedlings and mortality rate of whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) adults. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 31(2), 211-222.
- Urquizo, W. (2017). Efecto del aceite esencial de shanshi (*Coriaria thymifolia*), tiglán (*Clinopodium tomentosum*) y sinvergüenza (*Euphorbia helioscopia* L), sobre el gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache). Tesis de

Vacante, V. 2016. The handbook of mites of economic plants: identification, bioecology and control. Wallingford, Reino Unido, CABI. 890 p.

Vásquez, C; Dávila, M; Telenchana, N; Mangui, J; Navas, D. 2017. Primer reporte de *Eotetranychus lewisi* en la región andina del Ecuador en *Arracacia xanthorrhiza* (zanahoria blanca) y *Tropaeolum tuberosum* (mashua). Revista Mexicana de Biodiversidad 88: 992-994.

ANEXOS

1. Mortalidad

1.1. ANOVA

Statistix 10,0

13/3/2022; 11:27:43

Completely Randomized AOV for Primera

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	69,4583	23,1528	48,74	0,0000
Error	20	9,5000	0,4750		
Total	23	78,9583			

Grand Mean 3,0417 CV 22,66

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,02	0,4029
O'Brien's Test	0,81	0,5036
Brown and Forsythe Test	1,02	0,4053

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	47,43	0,0000
Error	10,9		

Component of variance for between groups 3,77963
Effective cell size 6,0

Concentra	Mean
1	0,6667
2	2,5000
3	3,6667
4	5,3333
Observations per Mean	6
Standard Error of a Mean	0,2814
Std Error (Diff of 2 Means)	0,3979

Completely Randomized AOV for Segunda

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	4,1250	1,37500	2,85	0,0606
Error	20	9,5000	0,47500		
Total	23	13,6250			

Grand Mean 1,6250 CV 42,41

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,02	0,4029
O'Brien's Test	0,81	0,5036
Brown and Forsythe Test	0,76	0,5276

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	2,71	0,0959
Error	11,0		

Component of variance for between groups 0,15000

Effective cell size 6,0

Concentra Mean

1 1,0000
 2 1,5000
 3 2,0000
 4 2,0000

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 0,2814
 Std Error (Diff of 2 Means) 0,3979

Completely Randomized AOV for Tercera

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	2,66667	0,88889	3,81	0,0261
Error	20	4,66667	0,23333		
Total	23	7,33333			

Grand Mean 1,1667 CV 41,40

Homogeneity of Variances

	F	P
Levene's Test	0,67	0,5823
O'Brien's Test	0,53	0,6690
Brown and Forsythe Test	2,67	0,0755

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	3,40	0,0572
Error	11,0		

Component of variance for between groups 0,10926
 Effective cell size 6,0

Concentra Mean

1 0,8333
 2 1,5000
 3 1,5000
 4 0,8333

Observations per Mean 6
 Standard Error of a Mean 0,1972
 Std Error (Diff of 2 Means) 0,2789

Completely Randomized AOV for Total

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	110,667	36,8889	39,52	0,0000
Error	20	18,667	0,9333		
Total	23	129,333			

Grand Mean 5,8333 CV 16,56

Homogeneity of Variances

	F	P
Levene's Test	2,74	0,0704
O'Brien's Test	2,16	0,1240
Brown and Forsythe Test	1,60	0,2209

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	37,41	0,0000

Error	10,7	
Component of variance for between groups		5,99259
Effective cell size		6,0

Concentra	Mean	
1	2,5000	
2	5,5000	
3	7,1667	
4	8,1667	
Observations per Mean		6
Standard Error of a Mean		0,3944
Std Error (Diff of 2 Means)		0,5578

Prueba de medias (Mortalidad)
 Statistix 10,0 13/3/2022; 11:28:11

1.2. Prueba de medias (Mortalidad)

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Primera by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
4	5,3333	A
3	3,6667	B
2	2,5000	B
1	0,6667	C

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	0,3979
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	1,4070

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Segunda by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
3	2,0000	A
4	2,0000	A
2	1,5000	A
1	1,0000	A

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	0,3979
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	1,4070

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Tercera by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
2	1,5000	A
3	1,5000	A
1	0,8333	A
4	0,8333	A

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	0,2789
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	0,9861

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Total by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
-----------	------	--------------------

4	8,1667	A
3	7,1667	AB
2	5,5000	B
1	2,5000	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,5578
 Critical Q Value 5,001 Critical Value for Comparison 1,9722

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

1.3. Regresión lineal (Mortalidad)

Statistix 10,0 13/3/2022; 11:30:24

Least Squares Linear Regression of Total

Predictor Variables	Coefficient	Std Error	T	P
Constant	3,03333	0,36265	8,36	0,0000
Concentra	0,37333	0,03877	9,63	0,0000
R ²	0,8082	Mean Square Error (MSE)		1,12727
Adjusted R ²	0,7995	Standard Deviation		1,06173
AICc	7,9870			
PRESS	30,490			

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	104,533	104,533	92,73	0,0000
Residual	22	24,800	1,12727		
Total	23	129,333			
Lack of Fit	2	6,133	3,06667	3,29	0,0584
Pure Error	20	18,667	0,93333		

Cases Included 24 Missing Cases 0
 Longevidad

Statistix 10,0 13/3/2022; 11:14:18

2. Longevidad

2.1. ANOVA

Completely Randomized AOV for Longevidad

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	3	865,667	288,556	47,43	0,0000
Error	20	121,667	6,083		
Total	23	987,333			

Grand Mean 20,833 CV 11,84

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	1,66	0,2082
O'Brien's Test	1,31	0,2991
Brown and Forsythe Test	1,30	0,3008

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratam	3,0	47,78	0,0000
Error	10,6		

Component of variance for between groups 47,0787
 Effective cell size 6,0

Tratam	Mean
0	29,000
5	24,167
10	15,500
15	14,667
Observations per Mean	6
Standard Error of a Mean	1,0069
Std Error (Diff of 2 Means)	1,4240

2.2. Prueba de Medias

Statistix 10,0

13/3/2022; 11:15:31

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Longevida by Tratam

Tratam	Mean	Homogeneous Groups
0	29,000	A
5	24,167	A
10	15,500	B
15	14,667	B

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	1,4240
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	5,0351

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Regresión lineal (Longevidad)

Statistix 10,0

13/3/2022; 11:20:05

Least Squares Linear Regression of Longevida

Predictor Variables	Coefficient	Std Error	T	P
Constant	28,5833	0,99449	28,74	0,0000
Concentra	-1,03333	0,10632	-9,72	0,0000
R ²	0,8111	Mean Square Error (MSE)		8,47727
Adjusted R ²	0,8025	Standard Deviation		2,91158
AICc	56,409			
PRESS	219,39			

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	800,833	800,833	94,47	0,0000
Residual	22	186,500	8,47727		
Total	23	987,333			
Lack of Fit	2	64,833	32,4167	5,33	0,0140
Pure Error	20	121,667	6,08333		

Cases Included 24 Missing Cases 0

3. Fecundidad

3.1. ANOVA

Statistix 10,0

13/3/2022; 11:23:29

Completely Randomized AOV for Primera

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	22,1250	7,37500	7,83	0,0012
Error	20	18,8333	0,94167		
Total	23	40,9583			

Grand Mean 3,9583 CV 24,52

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		0,25	0,8583
O'Brien's Test		0,20	0,8953
Brown and Forsythe Test		0,12	0,9461

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	6,76	0,0075
Error	11,0		

Component of variance for between groups 1,07222
Effective cell size 6,0

Concentra	Mean
0	5,5000
5	4,0000
10	3,3333
15	3,0000
Observations per Mean	6
Standard Error of a Mean	0,3962
Std Error (Diff of 2 Means)	0,5603

Completely Randomized AOV for Segunda

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	30,4583	10,1528	10,98	0,0002
Error	20	18,5000	0,9250		
Total	23	48,9583			

Grand Mean 3,7083 CV 25,94

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		0,48	0,7010
O'Brien's Test		0,38	0,7700
Brown and Forsythe Test		0,44	0,7293

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	9,11	0,0026
Error	11,0		

Component of variance for between groups 1,53796
Effective cell size 6,0

Concentra	Mean		
0	5,5000		
5	3,8333		
10	2,6667		
15	2,8333		
Observations per Mean		6	
Standard Error of a Mean		0,3926	
Std Error (Diff of 2 Means)		0,5553	

Completely Randomized AOV for Tercera

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	30,8333	10,2778	10,82	0,0002
Error	20	19,0000	0,9500		
Total	23	49,8333			

Grand Mean 3,5833 CV 27,20

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		1,01	0,4093
O'Brien's Test		0,80	0,5098
Brown and Forsythe Test		1,08	0,3820

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	7,88	0,0044
Error	11,0		

Component of variance for between groups 1,55463
Effective cell size 6,0

Concentra	Mean		
0	5,3333		
5	3,8333		
10	2,5000		
15	2,6667		
Observations per Mean		6	
Standard Error of a Mean		0,3979	
Std Error (Diff of 2 Means)		0,5627	

Completely Randomized AOV for Total

Source	DF	SS	MS	F	P
Concentra	3	246,833	82,2778	46,14	0,0000
Error	20	35,667	1,7833		
Total	23	282,500			

Grand Mean 11,250 CV 11,87

Homogeneity of Variances		F	P
Levene's Test		0,46	0,7152
O'Brien's Test		0,36	0,7817
Brown and Forsythe Test		0,33	0,8060

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Concentra	3,0	50,77	0,0000
Error	11,0		

Component of variance for between groups	13,4157
Effective cell size	6,0

Concentra	Mean
0	16,333
5	11,667
10	8,500
15	8,500
Observations per Mean	6
Standard Error of a Mean	0,5452
Std Error (Diff of 2 Means)	0,7710

Prueba de Medias

Statistix 10,0

13/3/2022; 11:24:01

3.2. Prueba de medias

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Primera by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
0	5,5000	A
5	4,0000	AB
10	3,3333	B
15	3,0000	B

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	0,5603
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	1,9810

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Segunda by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
0	5,5000	A
5	3,8333	AB
15	2,8333	B
10	2,6667	B

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	0,5553
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	1,9634

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Tercera by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
0	5,3333	A
5	3,8333	AB
15	2,6667	B
10	2,5000	B

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	0,5627
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	1,9898

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Total by Concentra

Concentra	Mean	Homogeneous Groups
0	16,333	A
5	11,667	B
10	8,5000	C
15	8,5000	C

Alpha	0,01	Standard Error for Comparison	0,7710
Critical Q Value	5,001	Critical Value for Comparison	2,7262

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Regresión Lineal (Fecundidad)

Statistix 10,0

13/3/2022; 11:24:50

3.3. Regresión lineal

Least Squares Linear Regression of Total

Predictor Variables	Coefficient	Std Error	T	P
Constant	15,2500	0,60563	25,18	0,0000
Concentra	-0,53333	0,06475	-8,24	0,0000
R ²	0,7552	Mean Square Error (MSE)		3,14394
Adjusted R ²	0,7440	Standard Deviation		1,77312
AICc	32,603			
PRESS	82,063			

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	213,333	213,333	67,86	0,0000
Residual	22	69,167	3,14394		
Total	23	282,500			
Lack of Fit	2	33,500	16,7500	9,39	0,0013
Pure Error	20	35,667	1,78333		

Cases Included 24 Missing Cases 0