



REPÚBLICA DEL ECUADOR
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y/O DESARROLLO
O INFORME DE INVESTIGACION.**

PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTENCOLOGÍA

TEMA:

Evaluación de un repelente natural a base de achochilla (*Momordica charantia* L.)
para el control de la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en orquídeas in situ

Autor:

Soria Morales Mónica Maithe

Tutor:

Dr. Fabricio Guevara Viejó

Milagro, 2026

Derechos de autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **SORIA MORALES MÓNICA MAITHE** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Biotecnología**, como aporte a la Línea de Investigación **innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 10 de junio 2026



**Monica Maithe Soria
Morales**



Monica Maithe Soria Morales

C.I: 0915630024

Aprobación del Director del Trabajo de Titulación

Yo, **FABRICIO GUEVARA VIEJO** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por **MONICA MAITHE SORIA MORALES**, cuyo tema es “**Evaluación de un repelente natural a base de achochilla (*Momordica charantia* L.) para el control de la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en orquídeas in situ**”. que aporta a la Línea de Investigación innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria, previo a la obtención del Grado **Magíster en Biotecnología**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 13 de julio del 2026



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**JORGE FABRICIO
GUEVARA VIEJO**

PH.D. GUEVARA VIEJO JORGE FABRICIO

C.I.: 0917882961

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los cinco días del mes de octubre del año dos mil veintiseis., siendo las 14:35 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, BIOL. SORIA MORALES MONICA MAITHE, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **EVALUACIÓN DE UN REPELENTE NATURAL A BASE DE ACHOCHILLA (MOMORDICA CHARANTIA L.) PARA EL CONTROL DE LA ARAÑA ROJA (TETRANYCHUS URTICAE K) EN ORQUÍDEAS IN SITU**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Mgs AUCANCELA SANCHEZ SARA PILAR, Presidente(a), MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS en calidad de Vocal; y, Mgs CANTILLO HOLGUIN GENESIS NATHALY que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	60.00
DEFENSA ORAL	39.67
PROMEDIO	99.67
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 15:30 horas.



Firmado electrónicamente por:
**SARA PILAR
AUCANCELA SANCHEZ**

**MGS AUCANCELA SANCHEZ SARA PILAR
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**0922079595 GUSTAVO ELIAS
MARTINEZ VALENZUELA**

**MARTINEZ VALENZUELA GUSTAVO ELIAS
VOCAL**



Firmado electrónicamente por:
**GENESIS NATHALY
CANTILLO HOLGUIN**

**MGS CANTILLO HOLGUIN GENESIS NATHALY
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**MONICA MAITHE
SORIA MORALES**

**SORIA MORALES MONICA MAITHE
MAESTRANTE**

DEDICATORIA

Agradezco a los profesores, y compañeros que hicieron que este nuevo proyecto de vida, fuera un trayecto emocionante.

A la Universidad, asesores y tutores que, con su guía y apoyo, nos acompañaron paso a paso en este camino hacia el conocimiento, abriendo nuestras mentes a las nuevas ideas y áreas tecnológicas, presentes en este momento de prolífico desarrollo científico y técnico.

AGRADECIMIENTOS

Dedicado a la Sra. Margarita Morales Salazar de Soria, mi querida madre, sin tu apoyo no habrían sido posibles los logros de mi vida.

Que me acompañes por muchos años más a lo largo de este camino.

Resumen

La araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) constituye una plaga de importancia en cultivos ornamentales debido a su elevada capacidad reproductiva, rápida colonización y dificultad de manejo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un extracto hidroalcohólico de achochilla (*Momordica charantia* L.) en concentraciones de 25% y 50% sobre la infestación de *T. urticae* en orquídeas bajo condiciones in situ. El estudio se desarrolló durante octubre y noviembre de 2025 en el Orquideario del Jardín Botánico de Guayaquil. El extracto vegetal se obtuvo mediante maceración con etanol al 70%, a partir de material previamente deshidratado y pulverizado, y se establecieron tres tratamientos: T0 (0%), T1 (25%) y T2 (50%). La respuesta de la plaga se determinó mediante el seguimiento del número de individuos vivos y el porcentaje de reducción de la infestación; adicionalmente, se evaluó la presencia de signos visibles de fitotoxicidad en las estructuras foliares y florales. Al inicio del ensayo, las poblaciones medias fueron de $18,5 \pm 3,2$; $19,2 \pm 2,8$ y $18,9 \pm 3,1$ individuos para T0, T1 y T2, respectivamente. La población del testigo aumentó progresivamente hasta $29,4 \pm 5,8$ individuos, mientras que las plantas tratadas mostraron una disminución sostenida de la infestación. La concentración de 50% alcanzó reducciones de 64,02%, 92,06% y 100% a los días 10, 20 y 30, respectivamente; en tanto que la concentración de 25% registró reducciones de 44,27%, 78,13% y 94,79% en los mismos periodos. En la evaluación final, ambos tratamientos alcanzaron 100% de reducción y ausencia detectable de *T. urticae*. No se observaron síntomas visibles de fitotoxicidad, como clorosis, necrosis, marchitez, deformaciones o alteraciones florales, en ninguna de las dos concentraciones evaluadas. Los resultados evidencian que el extracto hidroalcohólico de *M. charantia* fue efectivo para reducir la infestación de *T. urticae* en orquídeas, destacándose la concentración de 50% por alcanzar el control total en menor tiempo, mientras que la de 25% logró el mismo nivel final de reducción con una menor proporción de extracto.

Palabras clave: *Momordica charantia*, *Tetranychus urticae*, extracto hidroalcohólico, orquídeas, control botánico, fitotoxicidad.

Abstract

The two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) is an important pest of ornamental crops due to its high reproductive capacity, rapid colonization, and management difficulty. The objective of this study was to evaluate the effect of a hydroalcoholic extract of bitter melon (*Momordica charantia* L.) at concentrations of 25% and 50% on *T. urticae* infestation in orchids under in situ conditions. The study was conducted during October and November 2025 at the Orchidarium of the Guayaquil Botanical Garden. The plant extract was obtained by maceration with 70% ethanol from previously dehydrated and ground plant material, and three treatments were established: T0 (0%), T1 (25%), and T2 (50%). Pest response was assessed by monitoring the number of live individuals and the percentage reduction in infestation; additionally, visible signs of phytotoxicity on foliar and floral structures were evaluated. At the beginning of the trial, mean populations were 18.5 ± 3.2 , 19.2 ± 2.8 , and 18.9 ± 3.1 individuals for T0, T1, and T2, respectively. The population in the control treatment progressively increased to 29.4 ± 5.8 individuals, whereas the treated plants showed a sustained reduction in infestation. The 50% concentration achieved reductions of 64.02%, 92.06%, and 100% on days 10, 20, and 30, respectively, while the 25% concentration produced reductions of 44.27%, 78.13%, and 94.79% over the same periods. At the final evaluation, both treatments reached a 100% reduction, with no detectable *T. urticae* individuals. No visible symptoms of phytotoxicity, including chlorosis, necrosis, wilting, deformation, or floral alterations, were observed at either concentration. The results demonstrate that the hydroalcoholic extract of *M. charantia* was effective in reducing *T. urticae* infestation in orchids. The 50% concentration achieved complete control in a shorter period, whereas the 25% concentration reached the same final level of reduction using a lower proportion of extract.

Keywords: *Momordica charantia*, *Tetranychus urticae*, hydroalcoholic extract, orchids, botanical control, phytotoxicity.

Lista de Tablas

Tabla 1. Tratamientos evaluados.....	34
Tabla 2. Tratamientos preparados a partir del extracto hidroalcohólico de <i>Momordica charantia</i> L.....	37
Tabla 3. Población media de <i>Tetranychus urticae</i> en orquídeas tratadas con extracto hidroalcohólico de <i>Momordica charantia</i>	38
Tabla 4. Reducción de la población de <i>Tetranychus urticae</i> respecto al conteo inicial	40

Lista de Siglas / Acrónimos

- **CL₅₀**: Concentración Letal 50
- **CL₉₀**: Concentración Letal 90
- **MIP**: Manejo integrado de plagas
- **JBG**: Jardín Botánico de Guayaquil

Lista de Símbolos

μg : microgramo

cm^2 : centímetro cuadrado

μL : microlitro

mL : mililitro

INDICE

Introducción	1
CAPÍTULO I: El problema de la investigación.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Delimitación del problema	3
1.3 Formulación del problema.....	4
1.4 Objetivo general	4
1.5 Objetivos específicos.....	4
1.6 Hipótesis.....	4
1.7 Justificación	4
1.8 Declaración de variables (operacionalización)	6
1.9 Alcance y limitaciones	6
CAPÍTULO II: Marco teórico referencial.....	7
2.1 Antecedentes referenciales y estado del arte	7
2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación	12
2.2.1 Orquídeas como sistema hospedero.....	12
2.2.2 <i>Tetranychus urticae</i> : características biológicas y daño	14
2.2.3 Respuesta de <i>Tetranychus urticae</i> a acaricidas.....	16
2.2.4 <i>Momordica charantia</i> : distribución y aprovechamiento.....	18
2.2.5 Composición fitoquímica de <i>Momordica charantia</i>	19
2.2.6 Extracción hidroalcohólica por maceración.....	21
2.2.7 Concentración del extracto y respuesta biológica	22
2.2.8 Formulación y aplicación sobre el hospedero	24
2.2.9 Variables ambientales y persistencia del tratamiento	26
2.2.10 Criterios para valorar la respuesta del extracto	27

CAPÍTULO III: Diseño metodológico.....	30
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	30
3.2 La población	31
3.2.1 Características de la población.....	31
3.2.2 Delimitación de la población.....	31
3.3 Los métodos y las técnicas	31
3.3.1 Recursos	31
3.3.2 Métodos y técnicas empleados.....	33
3.4 Procesamiento estadístico de la información.....	35
CAPÍTULO IV: Análisis y discusión de resultados	37
4.1 Obtención del extracto hidroalcohólico de <i>Momordica charantia</i> L. y preparación de las formulaciones.....	37
4.2 Efecto de las concentraciones de 0, 25 y 50 % sobre la población de <i>Tetranychus urticae</i>	38
4.3 Reducción de la infestación de <i>Tetranychus urticae</i> y comparación de los tratamientos.....	39
4.4 Respuesta de las orquídeas a la aplicación del extracto.....	42
CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones.....	45
5.1 Conclusiones.....	45
5.2 Recomendaciones	45
Bibliografía.....	47
Anexos	53

Introducción

Tetranychus urticae Koch es un ácaro fitófago de amplia distribución que afecta cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. En rosal se han documentado poblaciones con susceptibilidad diferencial a acaricidas, situación que confirma la necesidad de diversificar las herramientas de manejo y evitar la dependencia de un único mecanismo de control (Cerna et al., 2023).

El uso de productos botánicos constituye una línea activa de investigación frente a *Tetranychus urticae* Koch. Los ensayos recientes muestran que extractos acuosos, etanólicos y aceites esenciales pueden producir mortalidad, repelencia o reducción de la oviposición, aunque la magnitud de la respuesta depende de la especie vegetal, la concentración, el método de extracción, el estadio biológico del ácaro y el sistema de exposición (An y Tak, 2022; Alpkent et al., 2024; Zhu et al., 2024).

Momordica charantia L. posee interés particular porque sus frutos contienen metabolitos secundarios, incluidos triterpenoides de tipo cucurbitano y otros compuestos de diferente polaridad. La caracterización fitoquímica reciente confirma la diversidad de estas moléculas en el fruto, lo que proporciona una base química para estudiar extractos obtenidos con solventes hidroalcohólicos (Cao et al., 2021).

La evidencia más directamente relacionada con esta investigación corresponde a Yavar et al. (2022), quienes evaluaron extractos etanólicos y hexánicos de frutos de *Momordica charantia* contra adultos de *Tetranychus urticae*. El extracto etanólico alcanzó 79,89 % de mortalidad por fumigación en la concentración más alta evaluada y la repelencia llegó a 80 % a las 5 h. Estos resultados justifican estudiar la especie vegetal, pero no permiten extrapolar directamente su eficacia a orquídeas o a aplicaciones in situ.

En Ecuador y otros países latinoamericanos se han desarrollado ensayos con extractos vegetales contra *Tetranychus urticae*. Toapanta (2020) evaluó tres extractos vegetales sobre hojas de fresa; Jiménez Balarezo (2023) comparó aceites esenciales emulsificados de ruda y eneldo al 25 y 50 %; y Loyola Zapata (2024) estudió toxicidad y repelencia de seis aceites esenciales. Estos antecedentes ofrecen criterios para establecer tratamientos, repeticiones, controles y variables de respuesta, aunque emplean matrices vegetales y sistemas de extracción diferentes.

La presente investigación se desarrolló bajo condiciones in situ en el Orquideario del Jardín Botánico de Guayaquil durante octubre y noviembre de 2025. Se evaluó un extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* en concentraciones de 25 y 50 %, comparadas con un testigo de 0 %, con el propósito de determinar la variación de la infestación de *Tetranychus urticae* y observar posibles signos de fitotoxicidad en las plantas tratadas.

CAPÍTULO I: El problema de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

Tetranychus urticae presenta características que dificultan su manejo en sistemas ornamentales: rápida colonización, ciclos generacionales cortos y exposición repetida a acaricidas. En rosas, Cerna et al. (2023) documentaron diferencias de susceptibilidad entre poblaciones, lo que evidencia que la respuesta a productos de control puede variar y requiere evaluación local.

Los extractos botánicos se estudian como herramientas complementarias dentro del manejo de ácaros. Investigaciones experimentales recientes han demostrado que la respuesta de *Tetranychus urticae* frente a extractos y aceites esenciales puede expresarse como mortalidad, repelencia o reducción de la oviposición, y que el efecto cambia con la concentración y el tiempo de exposición (An & Tak, 2022; Alpkent et al., 2024; Zhu et al., 2024).

Momordica charantia es una especie introducida y ampliamente distribuida en Ecuador, cuya presencia y expansión territorial han sido documentadas recientemente (Rizzo et al., 2023). El aprovechamiento de su biomasa para obtener extractos vegetales puede investigarse desde la biotecnología aplicada, siempre que la actividad se compruebe sobre el organismo objetivo y se controle la posible fitotoxicidad.

Aunque Yavar et al. (2022) demostraron actividad acaricida y repelente de extractos de *Momordica charantia* sobre *Tetranychus urticae* en bioensayos de laboratorio, existe información limitada sobre extractos hidroalcohólicos aplicados directamente en orquídeas bajo condiciones in situ. Por ello, es necesario comparar concentraciones definidas frente a un testigo y medir la evolución de la infestación en las mismas unidades experimentales.

1.2 Delimitación del problema

La investigación se realizó en el Orquideario del Jardín Botánico de Guayaquil (JBG), durante octubre y noviembre de 2025. Se utilizaron plantas de los géneros *Oncidium* y *Phalaenopsis* disponibles en el sitio de estudio. El factor experimental fue la concentración del extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia*, con niveles de 0,

25 y 50%. La variable principal fue la infestación de *Tetranychus urticae*, expresada mediante conteos de individuos vivos y reducción de la población durante el periodo de evaluación.

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de las concentraciones de 25 y 50% de un extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. sobre la infestación de *Tetranychus urticae* Koch en orquídeas bajo condiciones in situ?

1.4 Objetivo general

Evaluar el efecto de un extracto hidroalcohólico de achochilla (*Momordica charantia* L.) en concentraciones de 25 y 50 % sobre la infestación de *Tetranychus urticae* Koch en orquídeas bajo condiciones in situ.

1.5 Objetivos específicos

- Obtener un extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. y preparar formulaciones en concentraciones de 25 y 50 % para su aplicación sobre orquídeas infestadas con *Tetranychus urticae*.
- Determinar la variación de la población de *Tetranychus urticae* en orquídeas tratadas con 0, 25 y 50% del extracto durante el periodo de evaluación.
- Comparar la reducción de la infestación entre los tratamientos y registrar la presencia de signos visibles de fitotoxicidad en las estructuras foliares y florales.

1.6 Hipótesis

La infestación de *Tetranychus urticae* no difiere entre las orquídeas tratadas con 0, 25 y 50 % de extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia*.

1.7 Justificación

Esta investigación evalúa una alternativa ecológica de bajo costo para el manejo de *Tetranychus urticae* Koch (araña roja), una de las plagas más persistentes y destructivas en la agricultura y floricultura. La achochilla (*Momordica charantia* L.), es una especie vegetal silvestre y abundante en las zonas de Guayaquil y parroquias

cercanas, se ofrece a los cultivadores un recurso accesible y una técnica de procesamiento sencilla (maceración sólido-líquido). Esto permite reducir la dependencia de acaricidas sintéticos comerciales, haciendo más rentable la producción y el mantenimiento de colecciones botánicas y cultivos comerciales de orquídeas.

Desde una perspectiva científica, este estudio cubre un vacío en la literatura biológica local respecto a las propiedades acaricidas in situ de la *Momordica charantia* L. Aunque investigaciones previas (como la de Yavar *et al.*, 2023) demostraron el potencial de la achochilla bajo ambientes controlados, este trabajo aporta valor teórico al registrar y analizar la respuesta evolutiva de la plaga frente al extracto vegetal en un ecosistema real expuesto a las fluctuaciones naturales de temperatura y humedad. Los datos obtenidos enriquecen el conocimiento sobre los efectos letales y subletales de los metabolitos secundarios de la achochilla aplicados sobre plantas completas, sirviendo como base teórica para la ciencia fitosanitaria y el Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Las condiciones climáticas de Guayaquil, caracterizadas por temperaturas elevadas, actúan como un catalizador para el desarrollo de la araña roja, permitiendo que su población crezca de forma acelerada. En las orquídeas (*Oncidium* spp. y *Phalaenopsis* spp.), cuya cotización comercial y valor estético dependen críticamente de la perfección visual de sus hojas y flores, cualquier daño macroscópico (clorosis o necrosis) devalúa el producto por completo.

A nivel social y ambiental, el uso indiscriminado de agroquímicos siempre presenta un riesgo latente para la salud de los operarios, visitantes de centros botánicos y los ecosistemas locales. Busca garantizar un ambiente de trabajo seguro, promover prácticas agrícolas sostenibles alineadas con los objetivos de conservación ambiental y proteger la salud pública al sustituir sustancias químicas residuales por un extracto hidroalcohólico biodegradable.

La investigación introduce un diseño experimental de campo riguroso y replicable para el estudio de fitofármacos en plantas ornamentales de alta sensibilidad. Su utilidad metodológica radica en la validación de un enfoque dual: no solo cuantifica de manera cuantitativa el porcentaje de reducción poblacional de la plaga a lo largo del tiempo, sino que estandariza un protocolo de inspección visual de fitotoxicidad en orquídeas.

1.8 Declaración de variables (operacionalización)

Variable independiente: concentración del extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. (0, 25 y 50 %). Variable dependiente: infestación de *Tetranychus urticae*, medida mediante número de individuos vivos por unidad de observación y porcentaje de reducción respecto al conteo inicial. Variable complementaria: fitotoxicidad visible en hojas y flores.

1.9 Alcance y limitaciones

Los resultados corresponden al extracto, concentraciones, periodo, géneros de orquídeas y condiciones ambientales evaluadas. No deben extrapolarse a otras formulaciones, especies de orquídeas o sistemas de cultivo sin validación adicional. La coexistencia de varios géneros de orquídeas deberá considerarse en la interpretación si su distribución entre tratamientos no fue balanceada.

CAPÍTULO II: Marco teórico referencial

2.1 Antecedentes referenciales y estado del arte

Yavar, et al. (2023) evaluaron directamente el efecto de extractos del fruto de *Momordica charantia* L. sobre adultos de *Tetranychus urticae* Koch, constituyendo uno de los antecedentes más cercanos al objeto de estudio de esta tesis. Los autores prepararon extractos etanólicos y hexánicos y evaluaron toxicidad por contacto, toxicidad por fumigación y actividad repelente mediante un diseño completamente al azar con tratamiento control y cuatro repeticiones. La mortalidad se registró a las 24 h y aumentó conforme se incrementó la concentración de los extractos. El extracto hexánico, aplicado a 1000 µg/cm², produjo 75,56% de mortalidad por contacto, mientras que el extracto etanólico alcanzó 79,89% de mortalidad mediante fumigación a 1000 µL/L de aire. La repelencia del extracto etanólico llegó a 80% a las 5 h de exposición. El análisis químico identificó 16 compuestos en el extracto del fruto, con presencia predominante de monoterpenoides, entre ellos óxido de linalool, óxido de limoneno y 8-hidroxilinalool. Estos resultados proporcionan evidencia directa de que los extractos de *M. charantia* presentan actividad biológica contra *T. urticae*, aunque el ensayo se efectuó bajo condiciones controladas y no sobre orquídeas mantenidas *in situ*.

Jiménez Balarezo (2023), en la Universidad Técnica de Cotopaxi, evaluó aceites esenciales emulsificados de ruda (*Ruta graveolens* L.) y eneldo (*Anethum graveolens* L.) en concentraciones de 25 y 50% para el control de *T. urticae*. La investigación se desarrolló bajo condiciones de laboratorio mediante un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos derivados de la combinación entre especie vegetal y concentración, un testigo absoluto y seis repeticiones por tratamiento. El procedimiento comprendió la propagación del ácaro en plantas de fréjol, preparación de las emulsiones, aplicación de los tratamientos y caracterización química de los aceites mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Los tratamientos con eneldo al 25% y ruda al 50% registraron 90,83% de individuos muertos; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre las concentraciones evaluadas. El análisis químico mostró predominio de trans-anetol en el aceite de eneldo y 2-undecanona en el aceite de ruda. Este estudio resulta metodológicamente pertinente porque empleó concentraciones de 25 y 50%, seis

repeticiones y un testigo, niveles coincidentes con el diseño planteado para la presente investigación.

Toapanta Ichina (2021) desarrolló en la Universidad Técnica de Ambato la investigación denominada Evaluación de tres extractos vegetales para el control de ácaros (*Tetranychus urticae* Koch) en hojas de fresa (*Fragaria × ananassa*). El trabajo analizó el uso de preparados vegetales como alternativa de control de *T. urticae* sobre un hospedero vegetal, empleando tratamientos diferenciados y un diseño experimental para establecer la respuesta del ácaro después de la aplicación. Este antecedente aporta una referencia ecuatoriana directamente relacionada con el control botánico de *T. urticae* y confirma la aplicabilidad de extractos vegetales en sistemas hospedero-ácaro. No obstante, el documento corresponde a fresa y utiliza especies vegetales diferentes de *M. charantia*, por lo que sus resultados no pueden extrapolarse directamente a orquídeas ni a las concentraciones propuestas en esta tesis.

Loyola Zapata (2024), en la Universidad de Concepción, evaluó la actividad acaricida y repelente de aceites esenciales de *Eucalyptus globulus*, *Salvia officinalis*, *Mentha × piperita*, *Thymus vulgaris*, *Foeniculum vulgare* y *Dysphania ambrosioides* sobre *T. urticae*. Los aceites fueron evaluados mediante bioensayos de toxicidad por contacto, fumigación y repelencia. *T. vulgaris* presentó una CL₅₀ de 1,71 µL/mL en toxicidad por contacto, mientras que *D. ambrosioides* mostró una CL₅₀ de 1,83 µL/L de aire en fumigación. Todos los aceites evaluados produjeron al menos 30% de repelencia a la concentración más baja de 5%, y la respuesta repelente aumentó conforme se incrementó la concentración. La autora identificó timol, mentol, anetol, 1,8-cineol y ascaridol entre los componentes predominantes de los aceites. Este antecedente demuestra que mortalidad y repelencia son respuestas distintas y deben medirse mediante procedimientos específicos, aspecto que sustenta que en la presente investigación se utilice principalmente la reducción de la infestación como variable de respuesta.

Cua-Basulto et al. (2023) evaluaron acaricidas botánicos comerciales formulados con productos de origen vegetal sobre *T. urticae* y analizaron simultáneamente su compatibilidad con el ácaro depredador *Amblyseius swirskii*. En laboratorio, los productos formulados con aceite de *Zea mays* y *Glycine max* produjeron mortalidades superiores a 95 y 80 %, respectivamente, en adultos de *T. urticae* después de 48 h, y

ambos alcanzaron 100 % de mortalidad de huevos. En condiciones de invernadero, los mismos tratamientos redujeron la población de *T. urticae* en más de 50% durante 21 días. Sin embargo, la exposición residual produjo entre 45 y 60% de mortalidad en *A. swirskii*. Los resultados muestran que la eficacia sobre la plaga debe analizarse junto con los posibles efectos sobre organismos no objetivo y aportan evidencia de que los resultados obtenidos exclusivamente en laboratorio deben verificarse en condiciones de cultivo.

Faraone y Hillier (2023) estudiaron la quimiorrecepción y respuesta conductual de *T. urticae* frente a ácidos orgánicos, aldehídos y componentes presentes en aceites esenciales. Los autores desarrollaron un sistema de electrotarsografía y un bioensayo conductual de elección para determinar si determinados compuestos eran detectados y producían atracción o repelencia. *T. urticae* respondió fisiológicamente a terpenoides como eucaliptol, timol y linalool, además de diferentes aldehídos y ácidos carboxílicos. Los bioensayos de elección demostraron repelencia frente a varios de estos compuestos. Estos resultados aportan una explicación fisiológica para la actividad conductual de determinados metabolitos vegetales y respaldan la hipótesis de que los componentes volátiles o semivolátiles presentes en extractos botánicos pueden modificar el comportamiento de *T. urticae*.

Zhu et al. (2024) evaluaron 38 aceites esenciales comerciales mediante bioensayos dirigidos a determinar toxicidad e inhibición de la oviposición de *T. urticae*. Trece aceites presentaron actividad acaricida, destacándose los de limón, salvia, incienso, palmarosa, pachulí, lemongrass y orégano. Dieciocho aceites redujeron la oviposición, y el aceite de limón alcanzó una inhibición de 99,15% y un índice de inhibición de 0,98. Los aceites de salvia, incienso, clavo, lemongrass, orégano, pachulí, mirra, pimienta negra, palmarosa y geranio también registraron inhibiciones superiores a 50%. Los autores observaron que algunos tratamientos con baja toxicidad directa presentaron elevada capacidad para restringir la oviposición, demostrando que el efecto de un producto botánico no debe evaluarse únicamente mediante mortalidad.

Da Camara et al. (2021) estudiaron aceites esenciales obtenidos de hojas y tallos de especies del género *Crotón* como posibles acaricidas botánicos para el manejo integrado de *T. urticae*. Los aceites se obtuvieron mediante hidrodestilación y posteriormente se caracterizaron por cromatografía de gases acoplada a

espectrometría de masas. Entre los principales compuestos identificados se encontraron β -cariofileno, espatulenol y (E)-anetol. El estudio evaluó efectos letales y subletales sobre *T. urticae*, demostrando que la respuesta del ácaro depende de la composición química del aceite y del órgano vegetal utilizado. Este antecedente respalda la necesidad de describir claramente la parte de *M. charantia* utilizada, el procedimiento de extracción y la concentración final del preparado en investigaciones con acaricidas botánicos.

Zhu et al. (2024) también señalaron que la actividad de los productos vegetales puede expresarse mediante diferentes respuestas poblacionales. En su estudio, algunos aceites con toxicidad moderada redujeron considerablemente la oviposición, mientras que otros presentaron simultáneamente actividad tóxica y reproductiva. Este comportamiento indica que una reducción posterior de la población de *T. urticae* no implica necesariamente mortalidad directa: puede relacionarse con menor supervivencia, disminución de oviposición, modificación de la alimentación o evitación de la superficie tratada. En consecuencia, para ensayos in situ resulta metodológicamente apropiado utilizar el número de individuos vivos y la reducción de la infestación como variables principales cuando no se dispone de un bioensayo específico capaz de diferenciar cada mecanismo.

Los estudios realizados bajo condiciones de laboratorio presentan respuestas que no necesariamente se mantienen con la misma magnitud después de trasladar el producto a plantas completas. Cua-Basulto et al. (2023) demostraron esta diferencia al comparar bioensayos de laboratorio con aplicaciones en berenjena bajo invernadero: determinados acaricidas botánicos ocasionaron mortalidades superiores a 80–95% en laboratorio, mientras que en plantas completas produjeron una reducción poblacional superior a 50% durante 21 días. Este comportamiento resulta particularmente pertinente para la presente investigación, ya que las orquídeas fueron evaluadas bajo condiciones in situ, donde temperatura, humedad relativa, radiación, crecimiento vegetal y redistribución del producto pueden modificar su persistencia y actividad.

El estado actual del conocimiento también evidencia una tendencia hacia la evaluación simultánea de efectos letales y subletales. Estudios recientes con aceites esenciales de *Alpinia zerumbet* y *Mesosphaerum suaveolens* demostraron actividad sobre adultos, huevos, comportamiento y crecimiento poblacional de *T. urticae*. En

estos ensayos, el aceite de *M. suaveolens* presentó una CL_{50} de 4,24 $\mu\text{L/mL}$ en adultos y una repelencia superior a 90 % a concentraciones subletales, mientras que el aceite de *A. zerumbet* redujo la viabilidad de los huevos hasta 2 % cuando se aplicó a la concentración correspondiente a la CL_{90} . Ambos tratamientos también disminuyeron la tasa instantánea de crecimiento poblacional respecto al testigo. Estos resultados refuerzan la necesidad de interpretar los productos botánicos como mezclas capaces de producir respuestas múltiples y no exclusivamente mortalidad inmediata.

Los antecedentes disponibles muestran, por tanto, tres niveles de evidencia relevantes para esta tesis. El primero corresponde a la evidencia directa, representada por Yavar et al. (2023), quienes demostraron actividad acaricida y repelente de extractos etanólicos y hexánicos del fruto de *M. charantia* sobre *T. urticae*. El segundo comprende estudios con otras especies vegetales, como los desarrollados por Jiménez Balarezo (2023), Loyola Zapata (2024), Cua-Basulto et al. (2023) y Zhu et al. (2024), que confirman que la concentración, composición química, método de extracción y forma de aplicación modifican la respuesta del ácaro. El tercer nivel corresponde a investigaciones realizadas en plantas completas y condiciones próximas al cultivo, las cuales evidencian que los porcentajes obtenidos en laboratorio pueden cambiar cuando intervienen las condiciones ambientales y el hospedero.

A pesar de los avances descritos, permanece limitada la información sobre el comportamiento de un extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* aplicado directamente sobre orquídeas infestadas con *Tetranychus urticae* bajo condiciones in situ. La evidencia directa de Yavar et al. (2023) procede de bioensayos con adultos bajo condiciones controladas y evalúa toxicidad y repelencia mediante sistemas experimentales diferentes de una aplicación sobre plantas completas. Los estudios ecuatorianos disponibles han evaluado extractos o aceites de otras especies vegetales y otros hospederos, mientras que los trabajos recientes realizados en invernadero muestran que la respuesta poblacional puede diferir de la obtenida en laboratorio.

La presente investigación aborda este vacío mediante la comparación de 0, 25 y 50% de extracto hidroalcohólico de *M. charantia* sobre *T. urticae* en orquídeas, con seguimiento de la infestación durante octubre y noviembre de 2025. El aporte del estudio no consiste en demostrar previamente un mecanismo acaricida o repelente,

sino en determinar experimentalmente si las concentraciones evaluadas modifican la población del ácaro respecto al tratamiento testigo y si su aplicación genera alteraciones visibles en las plantas hospedantes.

2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación

2.2.1 Orquídeas como sistema hospedero

La familia *Orchidaceae* comprende uno de los grupos de angiospermas con mayor diversidad taxonómica y morfológica. Sus representantes ocupan ambientes terrestres, litófitos y epífitos, y presentan diferencias marcadas en arquitectura foliar, sistema radical, pseudobulbos, tejidos de reserva y estrategias de adaptación al déficit hídrico. Desde el punto de vista ornamental, géneros como *Phalaenopsis*, *Cattleya*, *Oncidium*, *Dendrobium* y sus híbridos concentran una parte importante de la producción comercial. En particular, *Phalaenopsis* domina segmentos internacionales de plantas en maceta debido a la duración de la floración, diversidad de colores y adaptación al cultivo protegido. Liyama et al. (2024) y Han et al. (2025) señalan que el desarrollo de cultivares ornamentales combina selección de atributos florales con caracteres asociados con tolerancia a factores ambientales y resistencia a agentes bióticos. **(Anexo A)**

El comportamiento de una orquídea como hospedero de artrópodos fitófagos está condicionado por propiedades físicas y químicas del tejido vegetal. El espesor de la lámina foliar, dureza de la epidermis, presencia de ceras superficiales, densidad estomática, pubescencia, contenido de agua y composición de metabolitos secundarios pueden modificar el establecimiento, desplazamiento, alimentación y reproducción de los ácaros. Este principio resulta particularmente relevante para *Tetranychus urticae*, porque su desempeño biológico no es constante entre plantas hospederas. Ahmed et al. (2024) demostraron que la morfología foliar y el contenido de polifenoles modificaron el desarrollo y los parámetros reproductivos de *T. urticae* en pepino, fresa, berenjena y tomate. Las tasas de desarrollo y reproducción fueron mayores sobre pepino y fresa que sobre berenjena y tomate, lo que confirma que la identidad del hospedero modifica la dinámica de la población.

Este efecto del hospedero adquiere relevancia cuando se interpretan ensayos realizados con extractos botánicos. Una concentración que reduzca *T. urticae* sobre

fresa, tomate o berenjena no necesariamente producirá la misma respuesta en una orquídea. La superficie foliar determina la cantidad de formulación retenida después de la pulverización y puede alterar la distribución del líquido, el secado y el contacto del ácaro con los componentes del extracto. En orquídeas con hojas coriáceas y superficies cerosas, la cobertura obtenida mediante aspersión puede diferir de la observada sobre especies con hojas delgadas. En consecuencia, el hospedero forma parte del sistema experimental y no debe considerarse únicamente como soporte físico del ácaro.

Las condiciones de cultivo también modifican el estado fisiológico de las orquídeas. Han et al. (2025) identifican temperatura, radiación, disponibilidad de agua, fertilización y características del sustrato entre las variables que determinan el crecimiento y la calidad de *Phalaenopsis*. Bello-Castañeda et al. (2023), al revisar sistemas de propagación bajo invernadero, señalaron igualmente la importancia de las propiedades del sustrato y del manejo ambiental para el establecimiento y desarrollo de *Orchidaceae*. Estas variables pueden modificar indirectamente la susceptibilidad al daño ocasionado por artrópodos y la capacidad de recuperación de los tejidos después de una infestación.

El valor ornamental de estas plantas introduce otra consideración. En cultivos destinados a producción alimentaria, el efecto de una plaga suele expresarse mediante pérdida de rendimiento; en orquídeas, una lesión foliar o floral puede reducir la calidad comercial aun cuando no provoque la muerte de la planta. Clorosis, punteado, bronceado, deformaciones, necrosis o pérdida de flores constituyen alteraciones relevantes en especies ornamentales. Por este motivo, cualquier tratamiento aplicado directamente sobre orquídeas debe valorarse simultáneamente por su efecto sobre el organismo objetivo y por la ausencia de lesiones atribuibles a la formulación.

La producción ornamental también ha sido señalada como un sistema con exposición frecuente a plaguicidas. Chwoyka et al. (2024) analizaron plantas ornamentales comercializadas en Europa y encontraron residuos de múltiples ingredientes activos, incluidos insecticidas y fungicidas, lo que evidencia la intensidad del manejo fitosanitario en este sector. Aunque estos resultados no pueden trasladarse directamente al manejo de orquídeas en Ecuador, respaldan la necesidad de

investigar estrategias que reduzcan la dependencia exclusiva de productos sintéticos y que puedan integrarse con medidas culturales y biológicas.

En la presente investigación, las orquídeas deben entenderse como una parte activa de la interacción hospedero-ácaro-extracto-ambiente. Las diferencias en fisiología y superficie foliar pueden modificar tanto el crecimiento de *T. urticae* como la exposición efectiva al extracto de *Momordica charantia*. Esta relación justifica evaluar el preparado directamente sobre las plantas y bajo condiciones in situ, en lugar de extrapolar resultados obtenidos únicamente mediante discos foliares o bioensayos de laboratorio.

2.2.2 *Tetranychus urticae*: características biológicas y daño

Tetranychus urticae Koch pertenece a la familia *Tetranychidae* y constituye una de las especies de ácaros fitófagos con mayor amplitud de hospederos. Su capacidad para colonizar especies hortícolas, frutales, ornamentales y arvenses se relaciona con una elevada plasticidad fisiológica y conductual. Parmagnani et al. (2023) describen a *T. urticae* como una especie polífaga asociada con más de un millar de especies vegetales y cuya alimentación modifica directamente la estructura y el funcionamiento fotosintético del tejido foliar. **(Anexo B)**

El ciclo biológico comprende huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto. La larva posee tres pares de patas, mientras que ninfas y adultos presentan cuatro pares. Entre los estados móviles pueden ocurrir periodos quiescentes asociados con la muda. La duración de cada fase depende de la temperatura, calidad del hospedero, humedad y condiciones de alimentación. La capacidad de completar varias generaciones durante periodos relativamente cortos favorece incrementos rápidos de población cuando las condiciones ambientales y nutricionales son compatibles con el desarrollo del ácaro.

La reproducción presenta características que contribuyen a su capacidad de colonización. *T. urticae* posee reproducción arrenotóquia: los huevos fecundados originan principalmente hembras y los no fecundados originan machos. La elevada fecundidad, el corto intervalo generacional y la posibilidad de establecimiento a partir de poblaciones reducidas facilitan la formación de focos de infestación. Estas características también favorecen la selección rápida de genotipos resistentes cuando una población es expuesta repetidamente al mismo acaricida. Adesanya et al. (2021)

identifican el ciclo corto, la alta fecundidad y el sistema reproductivo entre los factores biológicos que explican la rapidez con que *T. urticae* desarrolla resistencia.

La alimentación ocurre mediante estructuras bucales especializadas capaces de perforar células vegetales y extraer su contenido. El daño inicial puede observarse como pequeños puntos cloróticos que posteriormente confluyen en zonas decoloradas o bronceadas. Parmagnani et al. (2023) demostraron que la alimentación del ácaro afecta tejidos fotosintéticos y altera componentes relacionados con clorofilas y carotenoides. Conforme aumenta la densidad poblacional, disminuye el área foliar funcional y se modifica la capacidad fotosintética de la planta.

Otro rasgo característico es la producción de seda. Las colonias forman redes sobre la superficie vegetal que facilitan la permanencia de los individuos y contribuyen a proteger huevos y estadios móviles. En infestaciones elevadas, la telaraña puede extenderse entre hojas y otros órganos. Desde la perspectiva ornamental, la presencia visible de estas estructuras reduce la calidad estética antes de que ocurra un deterioro fisiológico severo.

La magnitud del daño no depende únicamente del número de individuos. Ahmed et al. (2024) comprobaron que las características morfológicas y químicas del hospedero afectan duración del desarrollo, fecundidad y parámetros poblacionales. Por tanto, un mismo conteo inicial puede evolucionar de manera diferente entre especies o cultivares. Este aspecto impide considerar una densidad determinada como equivalente en todos los hospederos y sustenta la evaluación directa en la orquídea utilizada como unidad experimental.

La respuesta conductual del ácaro también influye en su permanencia sobre superficies tratadas. Gaudet, Faraone y Hillier (2023) demostraron mediante electrotarsografía y bioensayos de elección que *T. urticae* detecta diferentes ácidos orgánicos, aldehídos y componentes de aceites esenciales. Sustancias como eucaliptol, timol y linalool generaron respuestas sensoriales y conductuales, indicando que el contacto químico con el hospedero puede modificar la selección de áreas de alimentación.

Para esta tesis, la biología de *T. urticae* determina la forma de interpretar la reducción de la infestación. Una disminución del número de individuos después de aplicar un extracto puede originarse por mortalidad, desplazamiento, menor alimentación,

reducción de la oviposición o una combinación de estos procesos. Si el diseño no diferencia experimentalmente estos mecanismos, el resultado debe expresarse como reducción de la infestación o de la densidad poblacional, evitando atribuirlo exclusivamente a repelencia o toxicidad.

2.2.3 Respuesta de *Tetranychus urticae* a acaricidas

El control de *T. urticae* depende con frecuencia de acaricidas dirigidos a diferentes procesos fisiológicos, como transmisión nerviosa, respiración mitocondrial, síntesis de lípidos, desarrollo embrionario o muda. La eficacia inicial de estos compuestos puede disminuir cuando las poblaciones se someten reiteradamente a presión de selección. Adesanya et al. (2021) señalan que *T. urticae* presenta una capacidad particularmente elevada para evolucionar resistencia debido a su amplitud de hospederos, corto ciclo generacional, fecundidad, reproducción arrenotóquia y diversidad de mecanismos de detoxificación.

La resistencia puede originarse mediante alteraciones en el sitio donde actúa el acaricida o por un aumento en la capacidad de metabolizar y eliminar el compuesto. De Rouck et al. (2023) distinguen mecanismos de resistencia asociados con modificaciones de proteínas diana y mecanismos metabólicos relacionados con familias enzimáticas de detoxificación. La combinación de ambos procesos puede generar niveles de resistencia superiores a los derivados de un único mecanismo. El desarrollo de herramientas genómicas y funcionales ha permitido identificar genes y mutaciones relacionados con estos fenotipos, aunque la expresión de la resistencia puede variar entre poblaciones.

Los citocromos P450 representan un componente importante de esta respuesta metabólica. Tsakireli et al. (2024) evaluaron poblaciones susceptibles y resistentes de *T. urticae* y demostraron la participación de enzimas de las subfamilias CYP392A y CYP392D en el metabolismo de diferentes acaricidas. CYP392D2 y CYP392D8 estuvieron asociados con resistencia y presentaron actividad metabólica frente a compuestos específicos. Los resultados muestran que el ácaro no depende de una única vía bioquímica para enfrentar la exposición química.

La magnitud del problema puede observarse en poblaciones de campo. Han et al. (2024) evaluaron cinco poblaciones recolectadas en rosas y hortalizas en China y registraron niveles elevados de resistencia frente a varios acaricidas. Para algunos

productos, las razones de resistencia alcanzaron valores de centenas o más de mil veces respecto a poblaciones susceptibles. El estudio también identificó correlaciones positivas entre la resistencia a diferentes acaricidas, situación que dificulta el manejo cuando se alternan productos sin considerar mecanismos de acción y resistencia cruzada.

Kim et al. (2024) destacan que la evaluación de resistencia requiere bioensayos estandarizados y una adecuada definición de estadio biológico, concentración, tiempo de exposición y criterio de mortalidad. Estos elementos son igualmente pertinentes para productos botánicos, porque la respuesta de *T. urticae* cambia con el método de exposición. Una concentración aplicada por contacto directo no es equivalente a una exposición residual, fumigante o mediante tejido tratado.

El desarrollo de resistencia no implica que los acaricidas sintéticos deban excluirse de los programas de manejo. La evidencia reciente respalda su utilización dentro de esquemas de rotación, integración con control biológico y reducción de aplicaciones innecesarias. El problema se presenta cuando una población es sometida de manera repetitiva a ingredientes activos con el mismo mecanismo de acción. De Rouck et al. (2023) y Adesanya et al. (2021) coinciden en que la caracterización de los mecanismos de resistencia debe incorporarse a las estrategias de manejo para reducir la velocidad de selección.

La investigación de extractos botánicos se inserta en este contexto como una línea complementaria. Ngegba et al. (2022) señalan que los plaguicidas botánicos contienen mezclas de metabolitos con actividades diversas y que su desarrollo debe considerar eficacia, estandarización, estabilidad y seguridad. No corresponde asumir que una mezcla vegetal impedirá automáticamente la resistencia; sin embargo, su composición multicomponente y sus posibles efectos sobre diferentes procesos biológicos justifican investigar su integración en programas de manejo.

En esta tesis, el extracto de *M. charantia* no se plantea como sustituto universal de los acaricidas. La evaluación busca establecer si las concentraciones de 25 y 50% modifican la infestación respecto al tratamiento de 0% bajo las condiciones específicas del estudio. El resultado proporcionará evidencia para valorar su posible incorporación posterior a estrategias de manejo, pero cualquier recomendación dependerá de la eficacia observada, la fitotoxicidad y la reproducibilidad del efecto.

2.2.4 *Momordica charantia*: distribución y aprovechamiento

Momordica charantia L. pertenece a la familia *Cucurbitaceae* y se desarrolla como una planta trepadora herbácea en regiones tropicales y subtropicales. La especie produce frutos caracterizados por una superficie verrugosa y un sabor intensamente amargo asociado con su composición química. Aunque se cultiva como alimento en diferentes regiones de Asia, África y América, también puede establecerse espontáneamente en áreas perturbadas, bordes de caminos, terrenos agrícolas y espacios con vegetación secundaria. **(Anexo C)**

En Ecuador, la distribución de *M. charantia* ha sido estudiada específicamente por Rizzo et al. (2023). Los autores analizaron registros de herbarios y bases de datos y determinaron que se trata de una especie introducida, actualmente ampliamente distribuida en el territorio ecuatoriano. El primer registro histórico identificado correspondió a la región Costa y la especie se ha extendido hacia diferentes áreas del país. El análisis mostró una fuerte asociación con ambientes perturbados y determinó un riesgo de invasión que debe considerarse en su manejo.

Esta condición posee implicaciones directas para su aprovechamiento. La disponibilidad de biomasa de una planta introducida puede facilitar la obtención de materia prima para estudios fitoquímicos, pero su utilización no debe promover la dispersión de semillas o el establecimiento de nuevas poblaciones. La recolección con fines experimentales debe documentar lugar de procedencia, órgano vegetal utilizado, estado de desarrollo y condiciones de procesamiento, porque estos factores pueden modificar la concentración de metabolitos.

El aprovechamiento de *M. charantia* se ha concentrado principalmente en aplicaciones alimentarias y relacionadas con productos bioactivos. Massounga Bora et al. (2023) revisaron polisacáridos, proteínas y triterpenoides aislados de la especie y destacaron que frutos, semillas y otros tejidos contienen fracciones químicamente diferenciadas. Las metodologías de aislamiento y purificación condicionan la composición del producto obtenido, por lo cual no resulta correcto considerar “extracto de *M. charantia*” como una matriz química uniforme.

Zhan et al. (2023) analizaron específicamente los polisacáridos de *M. charantia* y señalaron que su recuperación puede efectuarse mediante extracción acuosa, ácida, alcalina, asistida por ultrasonido, enzimática y otras estrategias de separación. Las

diferencias entre procedimientos producen variaciones en rendimiento y características estructurales. Este principio puede extenderse conceptualmente al estudio de otros grupos de metabolitos: el tipo de solvente determina qué fracciones presentan mayor probabilidad de transferirse desde el tejido vegetal hacia el extracto.

El interés fitosanitario de la especie cuenta con evidencia directa reciente. Yavar et al. (2022) evaluaron extractos etanólico y hexánico del fruto de *M. charantia* contra adultos de *T. urticae*. Ambos extractos produjeron respuestas dependientes de la concentración, y el etanólico presentó actividad fumigante y repelente. El análisis químico identificó 16 compuestos, con presencia de monoterpenoides como óxido de linalool, óxido de limoneno y 8-hidroxilinalool. Este antecedente establece una relación directa entre la especie vegetal y el ácaro evaluado en la presente tesis, aunque las condiciones de exposición difieren del ensayo in situ sobre orquídeas.

El aprovechamiento agronómico de *M. charantia* debe diferenciarse de su utilización tradicional o alimentaria. La presencia de determinados metabolitos no demuestra por sí misma eficacia acaricida. Para establecer una aplicación fitosanitaria se requiere relacionar materia prima, procedimiento de extracción, concentración, forma de aplicación y respuesta biológica cuantificada. La presente investigación aborda precisamente esa secuencia al evaluar un extracto hidroalcohólico en dos concentraciones sobre una población de *T. urticae* establecida en orquídeas.

2.2.5 Composición fitoquímica de *Momordica charantia*

La composición química de *M. charantia* es compleja y varía entre frutos, hojas, semillas y otros tejidos. Las investigaciones recientes describen polisacáridos, proteínas, péptidos, compuestos fenólicos y una diversidad de triterpenoides, entre otros constituyentes. Esta heterogeneidad es relevante para la preparación de extractos porque cada grupo presenta propiedades de solubilidad y estabilidad diferentes. Massounga Bora et al. (2023) destacan que los compuestos bioactivos de la especie deben analizarse en función de la parte vegetal utilizada y del procedimiento de aislamiento, ya que estas condiciones determinan la composición final de la fracción recuperada.

Los triterpenoides constituyen uno de los grupos característicos del género *Momordica*. Su diversidad estructural ha motivado investigaciones farmacológicas y químicas, particularmente sobre derivados cucurbitano. Sin embargo, para una

investigación fitosanitaria debe evitarse asignar a toda la fracción triterpénica una actividad acaricida general. La presencia de un compuesto en la planta no implica que se encuentre en concentración suficiente en un extracto hidroalcohólico ni que alcance al organismo objetivo después de la pulverización.

Los polisacáridos representan otra fracción importante. Zhan et al. (2023) describieron polisacáridos hidrosolubles con pesos moleculares variables y señalaron que el método de extracción modifica rendimiento, estructura y propiedades de las fracciones obtenidas. Hu et al. (2024) reportaron que los polisacáridos de *M. charantia* pueden contener galactosa, ácido galacturónico, xilosa, ramnosa y manosa, con un amplio intervalo de peso molecular. Estos compuestos poseen interés biológico, pero su función dentro de un extracto aplicado contra ácaros no debe confundirse con la actividad de componentes de menor peso molecular o mayor volatilidad.

La selección de un solvente hidroalcohólico responde precisamente a la necesidad de recuperar un espectro químico diferente al obtenido exclusivamente con agua. Una mezcla de agua y etanol presenta una polaridad intermedia y puede solubilizar componentes con distinta afinidad por cada fase. La proporción de etanol influye sobre qué metabolitos son extraídos y, por tanto, modifica la identidad química del preparado. Mungwari et al. (2025) señalan que la polaridad del solvente, la relación sólido:líquido, el tamaño de partícula y las condiciones de extracción constituyen variables determinantes para recuperar compuestos bioactivos de matrices vegetales.

Para la interacción con *T. urticae*, el antecedente de Yavar et al. (2022) es particularmente pertinente porque trabajó con el fruto de *M. charantia* y comparó extractos etanólico y hexánico. La actividad observada fue diferente según el sistema de exposición y el solvente empleado. En el extracto del fruto se identificaron monoterpenoides, y los autores asociaron la actividad observada con esta fracción química. No obstante, dicha asociación no permite afirmar que el extracto empleado en esta tesis posea idéntica composición, puesto que las condiciones de materia prima, solvente y procesamiento pueden ser distintas.

Esta distinción es metodológicamente necesaria. Si en la presente investigación no se realiza cromatografía, espectrometría o una caracterización fitoquímica específica, los resultados deben atribuirse al extracto hidroalcohólico de *M. charantia* como matriz completa y no a momordicinas, monoterpenos, flavonoides u otros compuestos

individuales. Relacionar el efecto con un metabolito particular requeriría demostrar su presencia y concentración en la formulación aplicada.

Desde la perspectiva biotecnológica, la composición fitoquímica proporciona el fundamento para estudiar la biomasa vegetal como fuente de sustancias bioactivas, mientras que el bioensayo permite determinar si esa composición se traduce en una respuesta sobre el organismo objetivo. La relación entre ambas etapas constituye la base para posteriores procesos de fraccionamiento, identificación de compuestos y estandarización del extracto.

2.2.6 Extracción hidroalcohólica por maceración

La extracción sólido-líquido tiene como finalidad transferir compuestos solubles desde una matriz vegetal hacia un solvente. La eficiencia del proceso depende de la afinidad química entre los componentes y el medio extractor, el gradiente de concentración, tamaño de las partículas, proporción sólido:solvente, temperatura, tiempo y agitación. En matrices vegetales, la reducción de tamaño aumenta el área de contacto, mientras que el solvente penetra los tejidos y favorece la difusión de los solutos hacia la fase líquida. Mungwari et al. (2025) describen estos principios dentro de las técnicas convencionales de recuperación de compuestos bioactivos y señalan que, aunque la maceración requiere tiempos relativamente prolongados, posee ventajas asociadas con simplicidad operativa y baja demanda de equipamiento.

La maceración consiste en mantener el material vegetal en contacto con el solvente durante un periodo definido, generalmente protegido de condiciones que favorezcan degradación. El proceso no debe describirse únicamente como “dejar reposar” la muestra; implica fenómenos de humectación, penetración del solvente, solubilización y difusión. La agitación periódica puede reducir gradientes de concentración alrededor de las partículas y favorecer la transferencia de masa.

Una mezcla hidroalcohólica combina las propiedades del agua y del etanol. Modificar la proporción entre ambos cambia la polaridad global y, en consecuencia, la fracción de metabolitos recuperada. Esto explica por qué extractos acuosos, hidroalcohólicos, etanólicos y obtenidos con solventes apolares no deben considerarse equivalentes. En *M. charantia*, las revisiones de Zhan et al. (2023), Massounga Bora et al. (2023) y Hu et al. (2024) muestran que el método de extracción influye sobre rendimiento y composición de diferentes fracciones bioactivas.

El tamaño de partícula constituye otro factor de control. Un material triturado o pulverizado presenta mayor superficie específica que un tejido entero, lo cual puede acelerar la transferencia. Sin embargo, una molienda excesiva también puede dificultar la filtración y aumentar la cantidad de sólidos finos en el extracto. Por esta razón, la descripción metodológica debe indicar el estado de la materia prima y, cuando sea posible, el tamaño o método de molienda.

Después de la maceración se requiere separar la fase líquida del residuo vegetal. Mungwari et al. (2025) incluyen filtración, recuperación de solvente y concentración entre las operaciones posteriores a la extracción. Estas etapas son especialmente importantes cuando el preparado se aplicará sobre organismos vivos. El contenido residual de etanol debe conocerse o controlarse, porque una concentración elevada del solvente puede modificar por sí misma la respuesta del ácaro o la integridad de los tejidos de la orquídea.

El antecedente de Yavar et al. (2022) demuestra que un extracto etanólico de *M. charantia* puede generar actividad sobre *T. urticae*, pero no autoriza a transferir automáticamente sus condiciones experimentales a otro procedimiento. Cada protocolo debe indicar masa vegetal, órgano utilizado, solvente y concentración, relación sólido:líquido, tiempo, temperatura, agitación, filtración, reducción de solvente y almacenamiento.

En la presente tesis, la extracción hidroalcohólica constituye una etapa crítica porque define el material que posteriormente se diluye al 25 y 50%. La reproducibilidad del estudio dependerá de que el extracto madre sea obtenido bajo condiciones documentadas. Si variables como concentración de etanol, relación sólido:solvente o temperatura cambian entre lotes, las formulaciones nominalmente iguales podrían presentar composiciones químicas distintas y la comparación biológica perdería consistencia.

2.2.7 Concentración del extracto y respuesta biológica

La concentración expresa la cantidad de extracto presente en una formulación y constituye una de las variables principales en bioensayos con productos botánicos. Sin embargo, una concentración mayor no garantiza automáticamente un incremento proporcional de la respuesta. La relación concentración–efecto puede presentar regiones con incremento rápido, mesetas, umbrales o incluso disminución de eficacia

debido a problemas de solubilidad, cobertura, estabilidad o comportamiento del organismo.

Yavar et al. (2022) observaron un incremento de mortalidad y repelencia de *T. urticae* al aumentar la concentración de extractos de *M. charantia*. El extracto hexánico alcanzó 75,56% de mortalidad por contacto en la concentración más alta evaluada, mientras que el extracto etanólico produjo 79,89% de mortalidad mediante exposición fumigante. La repelencia del extracto etanólico alcanzó 80% después de 5 h bajo las condiciones del bioensayo. Estos resultados demuestran una respuesta dependiente de concentración en ese sistema experimental, pero no establecen que la misma relación ocurra en orquídeas tratadas por aspersión.

La forma de exposición modifica sustancialmente la respuesta. Un ácaro puede entrar en contacto directo con gotas recién aplicadas, desplazarse sobre residuos secos, ingerir contenido celular de tejido tratado o percibir compuestos volátiles. Cada ruta implica una dosis efectiva distinta. Por ello, la concentración nominal de una formulación no equivale necesariamente a la dosis que recibe cada individuo.

Zhu et al. (2024) mostraron esta complejidad al evaluar 38 aceites esenciales contra *T. urticae*. Trece presentaron actividad acaricida y 18 redujeron la oviposición. El aceite esencial de limón produjo 99,15% de inhibición de la puesta, mientras que otros materiales mostraron combinaciones diferentes de toxicidad e inhibición reproductiva. Los autores evidenciaron que un producto con actividad moderada sobre mortalidad puede producir una respuesta marcada sobre otro componente del ciclo poblacional.

Prasannakumar et al. (2023) obtuvieron igualmente respuestas diferenciadas entre extractos botánicos al evaluar varias plagas chupadoras. En *T. urticae*, el extracto de *Sapindus mukorossi* presentó actividad acaricida, mientras que otros extractos con actividad frente a insectos no produjeron la misma respuesta sobre el ácaro. Esto confirma que la actividad no depende solamente de la concentración, sino de la compatibilidad entre composición química y fisiología del organismo objetivo.

La evaluación de concentraciones también debe considerar la planta hospedera. Una dosis capaz de reducir la población del ácaro puede provocar lesiones foliares si el extracto, el solvente o un componente de la formulación resulta fitotóxico. El objetivo experimental no consiste, por tanto, en identificar simplemente la mayor

concentración, sino en determinar aquella que produzca una reducción medible de la infestación sin comprometer los tejidos de la orquídea.

Para interpretar los tratamientos de 0, 25 y 50% propuestos en esta investigación debe evitarse asumir de antemano una relación lineal. El tratamiento de 0% establece el comportamiento de referencia; los niveles de 25 y 50% permiten determinar si existe respuesta frente al extracto y si el incremento de concentración modifica la magnitud del efecto. Si ambos tratamientos producen respuestas estadísticamente semejantes, no correspondería afirmar que 50% es superior únicamente por contener más extracto.

La concentración, en consecuencia, debe analizarse junto con tiempo de exposición, densidad inicial de ácaros, características del hospedero y estabilidad de la formulación. Esta perspectiva permite interpretar la respuesta como resultado de un sistema biológico y no como una propiedad aislada de la cantidad de extracto utilizada.

2.2.8 Formulación y aplicación sobre el hospedero

La formulación constituye el enlace entre el extracto obtenido en laboratorio y su exposición efectiva al organismo objetivo. Un extracto puede presentar actividad biológica en una prueba directa y, sin embargo, mostrar menor respuesta cuando se diluye, almacena o pulveriza sobre una superficie vegetal. La eficacia de una formulación depende de dispersión, homogeneidad, estabilidad, capacidad de humectar la hoja, retención, tamaño de gota y disponibilidad de los componentes activos.

Ngegba et al. (2022) destacan que uno de los principales desafíos de los plaguicidas botánicos es transformar un extracto químicamente activo en una preparación reproducible y aplicable en condiciones agrícolas. La variabilidad de materia prima, baja estabilidad de algunos metabolitos y dificultades de solubilidad pueden reducir la consistencia de la respuesta.

Cuando existen compuestos con baja afinidad por el agua, el uso de tensioactivos puede facilitar su dispersión. Los tensioactivos disminuyen la tensión interfacial y favorecen la formación y estabilidad de sistemas dispersos. Rana et al. (2023) revisaron el empleo de microemulsiones como vehículos de plaguicidas y señalaron que los tensioactivos no iónicos se utilizan frecuentemente para favorecer estabilidad

y distribución. Sin embargo, una microemulsión, una nanoemulsión y una emulsión convencional poseen características fisicoquímicas diferentes y no deben utilizarse como términos intercambiables.

Singh y Pulikkal (2022) describen que la reducción del tamaño de gota en nanoemulsiones puede modificar estabilidad, dispersión y disponibilidad de aceites esenciales. La preparación requiere controlar concentración del tensioactivo, método de homogenización, energía aplicada y composición de las fases. Aunque la presente investigación no utiliza necesariamente una nanoemulsión, estos principios muestran que la formulación puede modificar la actividad observada incluso cuando la concentración del ingrediente botánico permanece constante.

Hadji et al. (2023) señalan que la estabilidad limitada constituye una restricción recurrente de los extractos botánicos destinados al manejo de plagas. La separación de fases, precipitación de componentes o pérdida de sustancias volátiles puede modificar la concentración efectiva durante el almacenamiento y la aplicación. Por ello, una formulación experimental debe prepararse y manipularse mediante un protocolo uniforme.

El método de aplicación condiciona la cobertura sobre el hospedero. En pulverizaciones foliares, volumen, presión, distancia de aplicación, tamaño de gota y posición de la superficie tratada afectan la cantidad depositada. Para *T. urticae* resulta particularmente importante alcanzar las zonas donde se concentra la población. Si los individuos permanecen predominantemente en superficies protegidas o en el envés foliar, una cobertura limitada puede disminuir la exposición aun cuando la concentración nominal sea suficiente.

Herrera-Gorocica et al. (2024) evaluaron aceites esenciales al 0,2% v/v contra *T. urticae* en invernadero y encontraron diferencias entre formulaciones, con mortalidades de 50–55% para adultos y ninfas con aceite de orégano mexicano y reducción de la densidad poblacional con los tratamientos. El estudio demuestra que la respuesta observada sobre plantas completas integra toxicidad intrínseca y desempeño de la aplicación.

Para la presente investigación, las formulaciones de 0, 25 y 50% deben conservar el mismo vehículo y condiciones de aplicación, de manera que la concentración de *M. charantia* sea la principal diferencia entre tratamientos. Si se utiliza un coadyuvante o

emulsificante, debe mantenerse constante y estar presente en el testigo correspondiente cuando el diseño lo permita. De este modo se reduce el riesgo de atribuir al extracto un efecto originado por otro componente de la formulación.

2.2.9 Variables ambientales y persistencia del tratamiento

La evaluación in situ introduce factores ambientales que no están presentes o se mantienen constantes en un bioensayo de laboratorio. Temperatura, humedad relativa, radiación, lluvia, riego, ventilación y estado hídrico de la planta pueden afectar simultáneamente al ácaro, al hospedero y al extracto. Por esta razón, la variación poblacional registrada después de una aplicación no debe interpretarse únicamente como resultado de la concentración.

La temperatura modifica directamente la velocidad de desarrollo de *T. urticae*. Ahmed et al. (2024) demostraron que el desempeño del ácaro depende de la interacción entre hospedero y condiciones de cría. En su experimento, mantenido a 30 ± 1 °C y $65 \pm 5\%$ de humedad relativa, la duración de los estadios y la fecundidad variaron entre plantas hospederas. Este resultado ilustra que los parámetros biológicos medidos bajo condiciones controladas describen una respuesta específica de ese ambiente y no constituyen valores constantes de la especie.

Las orquídeas también responden a la variación ambiental. Han et al. (2025) identifican temperatura, luz, agua, nutrición y sustrato como factores determinantes del crecimiento de *Phalaenopsis*. Una planta sometida a estrés hídrico, exceso de radiación o temperaturas fuera de su intervalo de cultivo puede mostrar clorosis, deshidratación o cambios fisiológicos que podrían confundirse con fitotoxicidad si no se consideran las condiciones ambientales.

La persistencia de un producto botánico depende de la estabilidad de sus constituyentes. Compuestos volátiles pueden perderse después de la aplicación, mientras que otros pueden degradarse por oxidación, temperatura o exposición a radiación. Singh y Pulikkal (2022) describen la volatilidad, hidrofobicidad y limitada estabilidad como factores que restringen el comportamiento de formulaciones basadas en aceites esenciales. Hadji et al. (2023) señalan problemas semejantes para extractos botánicos y explican por qué la tecnología de formulación se utiliza para mejorar su permanencia.

El agua constituye otro factor relevante. Una precipitación o riego foliar poco después de la aplicación puede remover parte del depósito, mientras que una humedad relativa elevada puede modificar el tiempo de secado. En condiciones in situ, estos procesos generan variabilidad entre aplicaciones. Cuando no es posible controlarlos, deben al menos registrarse para interpretar episodios de reducción o recuperación de la población.

La diferencia entre resultados de laboratorio y plantas completas ha sido documentada para acaricidas botánicos. Cua-Basulto et al. (2023) observaron mortalidades elevadas en bioensayos de laboratorio con formulaciones vegetales, mientras que bajo invernadero la expresión de la respuesta se analizó como reducción de densidad poblacional a lo largo del tiempo. Los tratamientos redujeron la población de *T. urticae* en más de 50% durante 21 días, pero también produjeron diferentes efectos residuales sobre el ácaro depredador *Amblyseius swirskii*.

Este último aspecto indica que persistencia no debe interpretarse exclusivamente como una propiedad favorable. Una formulación que permanece durante más tiempo puede aumentar la exposición del organismo objetivo, pero también de organismos no objetivo y tejidos vegetales. Pan et al. (2023), al revisar nanobiopesticidas, señalan que aumentar estabilidad y liberación controlada requiere evaluar paralelamente comportamiento ambiental y seguridad.

En el estudio realizado durante octubre y noviembre de 2025, temperatura y humedad relativa deben utilizarse como información contextual para interpretar la evolución de *T. urticae*. No corresponden a tratamientos experimentales, salvo que hayan sido manipuladas, pero su registro permite identificar si cambios poblacionales coinciden con variaciones ambientales. Esta distinción fortalece la interpretación sin atribuir causalidad a variables que no fueron controladas.

2.2.10 Criterios para valorar la respuesta del extracto

La respuesta de *T. urticae* a un extracto vegetal puede expresarse mediante distintas variables y cada una representa un proceso biológico diferente. Mortalidad, reducción de densidad, repelencia, oviposición, supervivencia de huevos, fecundidad y tasa de crecimiento poblacional no son indicadores equivalentes. La selección del criterio debe responder al objetivo experimental y al procedimiento de observación utilizado.

La mortalidad requiere demostrar que un individuo estaba vivo antes o durante la exposición y posteriormente no presenta respuesta compatible con supervivencia. Este criterio es frecuente en bioensayos de contacto. Yavar et al. (2022) registraron mortalidad de *T. urticae* 24 h después de la exposición a extractos de *M. charantia* y evaluaron separadamente toxicidad por contacto, fumigación y repelencia. Esa separación permitió atribuir cada respuesta al bioensayo correspondiente.

La repelencia requiere un diseño que permita elección o desplazamiento entre zonas tratadas y no tratadas. Gaudet et al. (2023) utilizaron bioensayos conductuales junto con registros electrofisiológicos para identificar respuestas frente a diferentes compuestos. Por tanto, una disminución de individuos sobre una planta no debe denominarse automáticamente repelencia, porque también puede derivarse de mortalidad, migración inespecífica, reducción de reproducción o variación natural de la población.

La oviposición constituye otro indicador sensible. Zhu et al. (2024) demostraron que determinados aceites esenciales inhibieron la puesta de huevos aun cuando su toxicidad directa no fue necesariamente la mayor. El aceite de limón alcanzó 99,15% de inhibición de oviposición en las condiciones evaluadas. Este resultado muestra que un tratamiento puede disminuir el crecimiento futuro de la población sin producir mortalidad inmediata elevada.

En ensayos sobre plantas completas, la densidad de individuos vivos constituye una variable especialmente útil porque integra la evolución de la población en el hospedero. Herrera-Gorocica et al. (2024) y Cua-Basulto et al. (2023) utilizaron cambios en densidad poblacional para valorar tratamientos bajo condiciones de invernadero. Este indicador resulta compatible con un estudio in situ cuando el objetivo es determinar manejo de la infestación y no describir un mecanismo toxicológico específico.

La comparación debe considerar el valor inicial. Dos tratamientos pueden terminar con el mismo número de ácaros y, sin embargo, haber partido de densidades diferentes. Por ello, registrar la infestación antes de aplicar las formulaciones permite evaluar la trayectoria de cada unidad experimental. Cuando las mismas plantas se observan repetidamente, el tiempo constituye una dimensión del experimento y debe analizarse junto con el tratamiento.

La fitotoxicidad constituye un criterio paralelo. Una concentración que reduzca *T. urticae* pero produzca necrosis, clorosis, deformación, caída de hojas o alteración floral no puede valorarse únicamente por su efecto acarológico. En plantas ornamentales, incluso lesiones que no comprometen la supervivencia pueden reducir su calidad. Este aspecto resulta especialmente importante en orquídeas debido al valor visual de hojas y flores.

La selectividad ecológica completa la valoración. Cua-Basulto et al. (2023) mostraron que acaricidas botánicos capaces de reducir *T. urticae* también generaron mortalidad residual en *Amblyseius swirskii*. Este resultado demuestra que el origen vegetal de una formulación no garantiza ausencia de efectos sobre organismos benéficos.

Para la presente tesis, el criterio principal debe ser la variación de la infestación de *T. urticae* entre 0, 25 y 50% de extracto hidroalcohólico, considerando los conteos iniciales y posteriores. La interpretación puede complementarse con fitotoxicidad visible y variables ambientales. Si no se realizaron bioensayos independientes de elección, fumigación o toxicidad directa, las conclusiones deben mantenerse en términos de reducción poblacional o manejo de la infestación. Esta formulación conserva correspondencia entre diseño, variables y alcance de los resultados.

CAPÍTULO III: Diseño metodológico

3.1 Tipo y diseño de investigación

Según el contexto en el que se desarrolló, la investigación fue de campo, debido a que la evaluación se efectuó directamente sobre plantas de orquídeas infestadas con *Tetranychus urticae* Koch, mantenidas bajo las condiciones ambientales del sitio experimental. La toma de datos se realizó durante los meses de octubre y noviembre de 2025, sin trasladar las unidades experimentales a condiciones controladas de laboratorio. Este planteamiento permitió evaluar la respuesta del ácaro frente al extracto de *Momordica charantia* L. considerando las variaciones propias del ambiente donde se encontraban las plantas, particularmente temperatura y humedad relativa.

De acuerdo con su finalidad, la investigación fue aplicada, puesto que evaluó el uso de un extracto hidroalcohólico de *M. charantia* como alternativa para el manejo de *T. urticae* en orquídeas. El estudio no se limitó a describir la presencia de la plaga, sino que examinó experimentalmente la respuesta de su población después de aplicar concentraciones definidas del extracto vegetal.

De acuerdo con su objetivo gnoseológico, la investigación fue descriptiva y explicativa. Fue descriptiva porque permitió cuantificar la infestación de *T. urticae* en las unidades experimentales, registrar su evolución durante el periodo de evaluación y describir posibles alteraciones visibles en las plantas tratadas. Fue explicativa porque se manipuló deliberadamente la concentración del extracto hidroalcohólico de *M. charantia* para determinar su efecto sobre la población del ácaro. En este caso, la concentración del extracto constituyó la variable independiente, mientras que la infestación de *T. urticae*, expresada mediante el número de individuos vivos y la reducción poblacional, correspondió a la variable dependiente.

El estudio presentó un enfoque cuantitativo, debido a que la respuesta experimental se determinó mediante conteos de individuos de *T. urticae*, porcentajes de reducción de la infestación y comparación estadística entre los tratamientos. Las concentraciones evaluadas fueron 0, 25 y 50 %, donde el tratamiento al 0 % correspondió al testigo y permitió establecer la variación poblacional en ausencia del extracto de *M. charantia*.

El diseño de investigación fue experimental, debido a que se manipuló la variable independiente mediante la aplicación de diferentes concentraciones del extracto

hidroalcohólico y se determinó posteriormente la respuesta de *T. urticae*. Las unidades experimentales fueron asignadas a los tratamientos establecidos y se mantuvieron, en lo posible, bajo condiciones semejantes de manejo. La incorporación del tratamiento testigo permitió comparar la evolución natural de la infestación con la respuesta observada en las plantas tratadas con 0, 25 y 50 % del extracto.

3.2 La población

3.2.1 Características de la población

La población estuvo conformada por plantas de orquídeas mantenidas en el Orquideario del Jardín Botánico de Guayaquil, principalmente de los géneros *Oncidium spp.* y *Phalaenopsis spp.*, con presencia de *Tetranychus urticae* Koch. Las plantas permanecieron bajo condiciones ambientales propias del sitio durante el periodo experimental comprendido entre octubre y noviembre de 2025.

3.2.2 Delimitación de la población

La población accesible estuvo constituida por 40 plantas de orquídea disponibles en el área de estudio y que presentaban condiciones adecuadas para la evaluación de *T. urticae*. Se consideraron plantas que permanecieran durante todo el ensayo y que permitieran realizar los conteos de la población del ácaro antes y después de la aplicación de los tratamientos.

3.2.3 Proceso de selección de la muestra

La selección de la muestra fue no probabilística e intencional, considerando plantas con presencia o infestación establecida de *T. urticae* y condiciones vegetativas adecuadas para el ensayo. Posteriormente, las plantas seleccionadas fueron distribuidas entre los tratamientos de 0, 25 y 50 % de extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L., manteniéndose cada planta como unidad experimental durante todo el periodo de evaluación.

3.3 Los métodos y las técnicas

3.3.1 Recursos

Recursos bibliográficos

- Libros
- Sitios web
- Tesis
- Revistas científicas

- Artículos científicos

Recursos institucionales

- Laboratorios de la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la UNEMI
- Orquideario del Jardín Botánico de Guayaquil.

Recursos materiales

Los materiales utilizados en el trabajo experimental se describen a continuación:

Materia prima

- Achochilla (*Momordica charantia* L.).
- Plantas de orquídeas de los géneros *Oncidium* spp. y *Phalaenopsis* spp.
- Individuos de *Tetranychus urticae* Koch.

Insumos

- Etanol al 70 %.
- Agua destilada.
- Agua para lavado del material vegetal.
- Papel filtro.
- Guantes de nitrilo.
- Mascarillas.
- Etiquetas adhesivas.
- Papel absorbente.

Materiales de proceso

- Vasos de precipitación.
- Probetas graduadas.
- Matraces Erlenmeyer.
- Embudos de plástico.
- Caja Petri.
- Frasco de vidrio ámbar.
- Recipientes para maceración.
- Bandejas para secado del material vegetal.
- Tijeras o cuchillos de acero inoxidable.
- Atomizadores manuales.
- Pipetas graduadas.
- Micropipetas y puntas.

- Tubos o recipientes para preparación de las diluciones.
- Marcadores permanentes.
- Lupas de observación.
- Placas o recipientes auxiliares para el conteo de ácaros.

Equipos de proceso y medición

- Balanza digital.
- Molino o triturador de material vegetal.
- Estufa o equipo de deshidratación, si fue utilizado durante las 72 h de secado.
- Estereomicroscopio o microscopio para observación y conteo de *T. urticae*.
- Termómetro ambiental.
- Higrómetro o termohigrómetro para el registro de temperatura y humedad relativa.

3.3.2 Métodos y técnicas empleados

La investigación se desarrolló en tres fases: propagación de *Tetranychus urticae* Koch en las orquídeas, obtención del extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. y preparación/aplicación de las formulaciones experimentales. La materia vegetal de *M. charantia* fue recolectada en poblaciones silvestres localizadas en Guayaquil y Jujan; posteriormente se sometió a deshidratación durante 72 h, pulverización y maceración con etanol al 70%, empleando una relación de 200 g de material vegetal por 1000 mL de solvente.

Recolección y preparación de *Momordica charantia*

La materia vegetal de *M. charantia* L. fue seleccionada a partir de plantas silvestres recolectadas en los sectores establecidos para el estudio. El material se lavó para eliminar suciedad superficial y se dejó escurrir antes de someterlo al proceso de deshidratación durante 72 h. Finalizado este periodo, el material seco fue reducido de tamaño y pulverizado hasta obtener partículas suficientemente pequeñas para favorecer el contacto con el solvente durante la extracción.

Obtención del extracto hidroalcohólico

Para la obtención del extracto se empleó el método de maceración sólido-líquido con etanol al 70%. Se pesaron 200 g de material vegetal pulverizado y se adicionaron 1000 mL de solución hidroalcohólica, correspondiente a una relación de 1:5 (m/v). La

mezcla se mantuvo en un recipiente cerrado durante el periodo establecido para la maceración, protegida de la exposición directa a la luz. Posteriormente, el extracto líquido fue separado del residuo vegetal mediante filtración y conservado en recipientes cerrados hasta la preparación de las concentraciones experimentales.

La maceración fue seleccionada por constituir una técnica de extracción de baja complejidad operacional que favorece la transferencia de metabolitos solubles desde la matriz vegetal hacia una mezcla hidroalcohólica. El empleo de etanol al 70% permite obtener una fracción con compuestos de diferente polaridad presentes en *M. charantia*. **(ANEXO D)**

Preparación de las formulaciones

A partir del extracto hidroalcohólico obtenido se prepararon las formulaciones experimentales correspondientes a 0, 25 y 50%. Para cada tratamiento se empleó el mismo procedimiento de preparación, modificando únicamente la proporción de extracto incorporada. **(ANEXO E)**

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento Concentración Descripción		
T0	0 %	Testigo, sin extracto de <i>M. charantia</i>
T1	25 %	Formulación con 25 % de extracto hidroalcohólico
T2	50 %	Formulación con 50 % de extracto hidroalcohólico

El tratamiento T0 se utilizó como referencia para determinar la evolución de la infestación en ausencia del extracto vegetal

Propagación de *Tetranychus urticae*

La primera fase experimental estuvo orientada al establecimiento de *T. urticae* sobre las plantas de orquídea. Se seleccionaron plantas disponibles en el Orquideario del Jardín Botánico de Guayaquil pertenecientes principalmente a los géneros *Oncidium* spp. y *Phalaenopsis* spp. Los ácaros fueron transferidos o mantenidos sobre las plantas hasta establecer poblaciones observables que permitieran realizar el conteo inicial previo a la aplicación de los tratamientos.

Antes de iniciar las aplicaciones se verificó la presencia de individuos vivos de *T. urticae* sobre las hojas seleccionadas y se registró la infestación inicial. Este conteo

constituyó la línea base para comparar la evolución posterior de la población del ácaro.

Aplicación de los tratamientos

Las formulaciones correspondientes a 0, 25 y 50% fueron aplicadas directamente sobre las plantas infestadas mediante pulverización, procurando una distribución homogénea sobre la superficie foliar y especialmente en las áreas donde se observó presencia de *T. urticae*. Cada planta recibió únicamente el tratamiento asignado y se mantuvo identificada durante todo el periodo experimental.

La aplicación se efectuó bajo las condiciones ambientales existentes en el orquideario, evitando modificar artificialmente temperatura o humedad relativa. Para minimizar interferencias entre tratamientos, se utilizaron recipientes o atomizadores identificados de manera independiente. **(ANEXO F)**

Evaluación de la infestación de *Tetranychus urticae*

La técnica principal para evaluar la respuesta fue el **conteo de individuos de *T. urticae*** presentes en las unidades de observación seleccionadas. Se realizó un registro inicial antes de la aplicación y conteos posteriores durante el periodo experimental comprendido entre octubre y noviembre de 2025.

Los datos se expresaron como número de individuos vivos por unidad de observación y se compararon entre los tratamientos de 0, 25 y 50%. Para mantener uniformidad, las mismas hojas o áreas foliares identificadas al inicio del ensayo debieron ser utilizadas, siempre que su estado permitiera continuar con el seguimiento.

Evaluación de fitotoxicidad

Paralelamente al seguimiento de la población de ácaros, se efectuó una inspección visual de las plantas con el propósito de identificar posibles alteraciones asociadas con las formulaciones. Se observaron principalmente cambios en coloración, presencia de manchas, clorosis, necrosis, marchitez, deformaciones o deterioro de estructuras foliares y florales.

La evaluación de fitotoxicidad resulta necesaria porque una concentración que reduzca la infestación de *T. urticae* no puede considerarse apropiada si produce daños visibles en la planta hospedera.

3.4 Procesamiento estadístico de la información.

Para el procesamiento estadístico se utilizará la totalidad de los datos obtenidos durante el ensayo, correspondientes a las plantas de orquídea incluidas en la

investigación y a los conteos de *Tetranychus urticae* Koch realizados durante octubre y noviembre de 2025. Debido a que las 40 plantas disponibles en el área experimental fueron consideradas dentro del estudio, no se requiere aplicar una fórmula para determinar tamaño muestral, ya que se trabajará con la totalidad de la población experimental accesible y no con una fracción seleccionada de ella.

Inicialmente se realizará un análisis descriptivo de la población de *T. urticae* mediante media, desviación estándar, mínimo, máximo y coeficiente de variación para cada tratamiento y momento de evaluación. Posteriormente, debido a que las mismas plantas fueron observadas en diferentes momentos, el análisis considerará los efectos de tratamiento (0, 25 y 50%), tiempo y la interacción tratamiento $\times$ tiempo. La planta será considerada la unidad experimental y las observaciones sucesivas realizadas sobre ella corresponderán a mediciones repetidas.

Por tratarse de datos de conteo, se evaluará la distribución y la presencia de sobredispersión. Cuando los datos presenten comportamiento compatible con una distribución normal y se cumplan los supuestos correspondientes, podrá emplearse un análisis de varianza para medidas repetidas. Si los conteos no cumplen dichos supuestos, se utilizará un modelo lineal generalizado mixto, considerando distribución Poisson o binomial negativa, según el ajuste de los datos. Cuando se detecten diferencias significativas entre tratamientos, se aplicarán comparaciones múltiples de medias o medias ajustadas con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Adicionalmente, se calculará el porcentaje de reducción de la infestación respecto al conteo inicial y se analizará su comportamiento en relación con el tratamiento testigo. La información sobre temperatura y humedad relativa se procesará mediante estadística descriptiva y se utilizará como variable complementaria para interpretar la evolución poblacional de *T. urticae*. El procesamiento estadístico se realizará mediante el programa InfoStat.

CAPÍTULO IV: Análisis y discusión de resultados

4.1 Obtención del extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. y preparación de las formulaciones.

El proceso de extracción permitió obtener el extracto hidroalcohólico de achochilla (*Momordica charantia* L.) utilizado posteriormente en el ensayo sobre las plantas de orquídea infestadas con *Tetranychus urticae* Koch. A partir del extracto obtenido se prepararon las concentraciones establecidas experimentalmente: 0, 25 y 50 %, correspondientes al tratamiento testigo y a las dos formulaciones con extracto vegetal, respectivamente. La Tabla 4 presenta la identificación de los tratamientos empleados durante el estudio.

Tabla 2. Tratamientos preparados a partir del extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L.

Tratamiento	Concentración de extracto	Descripción
T0	0 %	Testigo sin extracto de <i>M. charantia</i>
T1	25 %	Extracto hidroalcohólico de <i>M. charantia</i> al 25 %
T2	50 %	Extracto hidroalcohólico de <i>M. charantia</i> al 50 %

La preparación de las dos concentraciones permitió evaluar una respuesta biológica diferenciada frente al tratamiento sin extracto. El uso de una fracción hidroalcohólica resulta pertinente debido a que la naturaleza del solvente determina parcialmente el perfil de metabolitos recuperados desde el material vegetal y, en consecuencia, puede modificar su actividad biológica.

La relación entre *M. charantia* y *T. urticae* ha sido evaluada directamente por Yavar et al. (2023), quienes estudiaron extractos etanólico y hexánico del fruto de *M. charantia* sobre adultos de *T. urticae*. Los autores comprobaron que ambos extractos presentaron actividad biológica y que la respuesta aumentó con la concentración. En particular, el extracto etanólico alcanzó 79,89 % de mortalidad mediante exposición fumigante y hasta 80 % de repelencia, demostrando que los componentes

recuperados mediante un solvente alcohólico pueden presentar actividad frente a este ácaro.

No obstante, los resultados de Yavar et al. (2023) proceden de bioensayos realizados bajo condiciones controladas, mientras que en la presente investigación el extracto fue aplicado directamente sobre plantas de orquídea bajo condiciones in situ. Esta diferencia es relevante, puesto que la superficie foliar, el ambiente y la exposición del ácaro pueden modificar la respuesta de un extracto cuando se pasa de un bioensayo de laboratorio a una planta completa.

4.2 Efecto de las concentraciones de 0, 25 y 50 % sobre la población de *Tetranychus urticae*.

Antes de la aplicación de los tratamientos se confirmó la presencia de *T. urticae* en las plantas seleccionadas, estableciéndose el conteo inicial como referencia para evaluar la evolución posterior de la infestación. Durante el periodo experimental se observó una disminución progresiva de la población en las plantas tratadas con extracto hidroalcohólico de *M. charantia*. Tanto la concentración de 25 % como la de 50% fueron efectivas y, al finalizar el periodo de evaluación, no se detectaron individuos vivos de *T. urticae* en las unidades experimentales correspondientes a estos tratamientos.

Tabla 3. Población media de *Tetranychus urticae* en orquídeas tratadas con extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia*

Día de evaluación	T0 – 0%	T1 – 25%	T2 – 50%
Día 0	18,5 ± 3,2	19,2 ± 2,8	18,9 ± 3,1
Día 10	21,3 ± 4,0	10,7 ± 2,1	6,8 ± 1,9
Día 20	24,6 ± 4,5	4,2 ± 1,3	1,5 ± 0,8
Día 30	27,1 ± 5,1	1,0 ± 0,6	0,0 ± 0,0
Evaluación final	29,4 ± 5,8	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0

Durante los primeros 10 días se observó una disminución de la población en ambos tratamientos con extracto, aunque la respuesta fue más pronunciada en T2. La concentración de 25% disminuyó de 19,2 a 10,7 individuos, mientras que la

concentración de 50% pasó de 18,9 a 6,8 individuos. En contraste, el testigo aumentó de 18,5 a 21,3 individuos, confirmando que la reducción registrada en los tratamientos con extracto ocurrió mientras la población no tratada continuaba incrementándose. A los 20 días, T1 presentó una población media de $4,2 \pm 1,3$ individuos y T2 de $1,5 \pm 0,8$. Al día 30, la concentración de 50% alcanzó ausencia detectable de individuos vivos, mientras que en T1 permaneció una población media de $1,0 \pm 0,6$ individuos. En la evaluación final, ambas concentraciones registraron $0,0 \pm 0,0$ individuos, mientras que el testigo alcanzó $29,4 \pm 5,8$. Por tanto, el extracto presentó una respuesta progresiva asociada con el tiempo de exposición, y la concentración de 50% produjo una disminución más rápida de la población. **(ANEXO G (G1))**

La tendencia observada concuerda con Yavaar et al. (2023), quienes evaluaron extractos etanólico y hexánico del fruto de *M. charantia* contra adultos de *T. urticae* y determinaron que la mortalidad y la repelencia aumentaron conforme se incrementó la concentración. El extracto etanólico alcanzó 79,89% de mortalidad mediante fumigación, mientras que la repelencia llegó a 80% después de 5 h de exposición. Estos resultados proporcionan evidencia directa de actividad biológica de *M. charantia* frente al mismo ácaro evaluado en esta investigación.

La respuesta progresiva también es compatible con los resultados de Zhu et al. (2024), quienes observaron que la mortalidad de *T. urticae* aumentó conforme se prolongó el periodo de exposición a diferentes aceites esenciales. Los autores identificaron 13 aceites con actividad acaricida y comprobaron que algunos tratamientos presentaron simultáneamente toxicidad e inhibición de la oviposición. Este comportamiento confirma que el efecto de los productos botánicos puede expresarse gradualmente y mediante más de un mecanismo biológico.

4.3 Reducción de la infestación de *Tetranychus urticae* y comparación de los tratamientos.

La reducción de la infestación se calculó tomando como referencia la población inicial registrada en cada tratamiento. Los resultados muestran diferencias en la velocidad con la que las concentraciones de 25% y 50% disminuyeron la población de *T. urticae*. En el día 10, T1 alcanzó una reducción de 44,27%, mientras que T2 presentó 64,02%. Esta diferencia se mantuvo durante las evaluaciones posteriores, alcanzándose al día 20 reducciones de 78,13% y 92,06%, respectivamente.

Tabla 4. Reducción de la población de *Tetranychus urticae* respecto al conteo inicial

Día de evaluación	T1–25%	T2–50%
Día 10	44,27%	64,02%
Día 20	78,13%	92,06%
Día 30	94,79%	100,00%
Evaluación final	100,00%	100,00%

Al día 30, T2 alcanzó una reducción de 100,00%, mientras que T1 presentó 94,79%. En la evaluación final, ambas concentraciones registraron una reducción de 100,00% respecto a sus respectivas poblaciones iniciales. Por su parte, el tratamiento testigo presentó el comportamiento contrario, pues la población aumentó aproximadamente 58,92% entre el inicio y el final del estudio. **(ANEXO G (G2))**

Los resultados permiten establecer que ambas concentraciones fueron efectivas bajo las condiciones evaluadas, pero presentaron diferencias en la velocidad de control. La concentración de 50% alcanzó ausencia detectable de *T. urticae* al día 30, mientras que la de 25% necesitó un periodo mayor para alcanzar el mismo resultado final. Por consiguiente, el principal elemento diferenciador entre T1 y T2 no fue el nivel final de reducción, que fue 100% en ambos casos. sino el tiempo requerido para alcanzarlo. **(ANEXO G (G3))**

Este comportamiento es concordante con Yavaar et al. (2023), quienes encontraron una relación concentración-respuesta en extractos de *M. charantia* aplicados sobre *T. urticae*, con mayor mortalidad y repelencia a las concentraciones superiores. No obstante, los autores trabajaron bajo condiciones controladas mediante bioensayos de contacto, fumigación y repelencia, mientras que la presente investigación se desarrolló sobre plantas completas bajo condiciones in situ. Esta diferencia metodológica puede explicar que la respuesta obtenida en las orquídeas se expresara progresivamente durante varios días.

Herrera-Gorocica et al. (2024), al evaluar aceites esenciales contra *T. urticae* en condiciones de invernadero, también encontraron disminuciones significativas de la densidad poblacional. El aceite de orégano mexicano produjo entre 50% y 55% de mortalidad de adultos y ninfas, mientras que todos los aceites evaluados redujeron significativamente la población del ácaro. Este antecedente respalda el uso de la disminución poblacional a través del tiempo como criterio de eficacia cuando los productos se aplican directamente sobre plantas.

Cua-Basulto et al. (2023) reportaron igualmente que acaricidas botánicos formulados con aceites vegetales provocaron más de 95% y 80% de mortalidad de adultos de *T. urticae* en laboratorio y 100% de mortalidad de huevos; cuando estos productos fueron evaluados en plantas de berenjena bajo invernadero, la población disminuyó más de 50% durante 21 días. Los autores demostraron así que la expresión de la eficacia puede variar entre condiciones controladas y aplicaciones sobre plantas completas.

Además, Zhu et al. (2024) comprobaron que determinados aceites esenciales pueden afectar tanto la supervivencia como la oviposición de *T. urticae*. El aceite de limón presentó 99,15% de inhibición de la oviposición y algunos aceites con toxicidad moderada mostraron una elevada capacidad para limitar la expansión poblacional. Por ello, la reducción observada en la presente investigación no debe atribuirse exclusivamente a mortalidad directa; puede responder a la combinación de efectos letales, subletales y conductuales.

En consecuencia, resulta más preciso señalar que las concentraciones de 25% y 50% lograron control total de la infestación al finalizar el periodo experimental, evitando emplear el término “erradicación”, debido a que el diseño no permite demostrar que la población haya sido eliminada permanentemente del área. Desde el punto de vista práctico, la concentración de 25% adquiere interés porque alcanzó finalmente el mismo nivel de reducción utilizando una menor proporción de extracto; sin embargo, T2 presentó la ventaja de alcanzar el control total en menor tiempo. La selección entre ambas deberá considerar conjuntamente la significancia estadística, velocidad de respuesta, cantidad de extracto requerida y fitotoxicidad.

4.4 Respuesta de las orquídeas a la aplicación del extracto.

Durante el periodo experimental, las plantas tratadas con extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* al 25% y 50% no presentaron síntomas visibles de fitotoxicidad. En todos los indicadores evaluados se registró un valor de 0 en la escala empleada, correspondiente a ausencia de lesión foliar. No se observaron clorosis, necrosis, marchitez, epinastia, hiponastia, deformaciones ni alteraciones visibles en las estructuras florales. Estos resultados indican que, bajo las condiciones del ensayo, ambas concentraciones fueron compatibles con las orquídeas evaluadas.

La ausencia de lesiones visibles en las orquídeas tratadas con extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. constituye un resultado relevante, debido a que las concentraciones de 25% y 50% lograron reducir la infestación de *Tetranychus urticae* sin provocar clorosis, necrosis, marchitez, manchas foliares, epinastia, hiponastia, deformaciones o alteraciones visibles en las estructuras florales. Bajo las condiciones del ensayo, estos resultados indican que ambas concentraciones fueron compatibles con los tejidos de las orquídeas durante el periodo de evaluación.

Este comportamiento coincide con lo reportado por Deka et al. (2022), quienes evaluaron extractos acuosos de cinco especies vegetales para el control del ácaro rojo *Oligonychus coffeae* en plantas de té. Los autores aplicaron concentraciones de 10, 20 y 40 g/L y evaluaron fitotoxicidad antes del tratamiento y a los 3, 7 y 14 días posteriores, considerando síntomas como amarillamiento, reducción del crecimiento, necrosis, epinastia e hiponastia. En ninguno de los tratamientos se observaron daños visibles en las hojas, por lo que los extractos fueron clasificados como no fitotóxicos. Este antecedente respalda la importancia de valorar simultáneamente la eficacia acaricida y la integridad del tejido vegetal cuando se estudian productos botánicos aplicados directamente sobre el hospedero.

La ausencia de fitotoxicidad observada en las orquídeas también adquiere importancia al compararla con los resultados de Venzon et al. (2020), quienes evaluaron productos comerciales a base de neem para el control de *T. urticae* en perejil. En ese estudio, las concentraciones bajas resultaron eficaces sin producir fitotoxicidad, mientras que las concentraciones más elevadas ocasionaron síntomas leves en las plantas. Los autores destacaron que la selección de un producto botánico

no debe basarse únicamente en su efecto sobre la plaga, sino también en la respuesta de la planta a la concentración aplicada.

Una tendencia similar fue descrita por Barghout y Sammour (2023), quienes evaluaron aceites esenciales de *Rheum palmatum* y *Juniperus virginiana*, así como formulaciones en concentrados emulsificables y nanoemulsiones, contra *T. urticae*. La mayoría de las formulaciones no ocasionó síntomas de fitotoxicidad en las plantas tratadas, aunque algunas presentaciones sí produjeron efectos visibles. Además, las formulaciones mostraron elevada actividad sobre hembras y huevos de *T. urticae*. Estos resultados evidencian que la seguridad para el hospedero depende no solo de la especie vegetal utilizada como fuente del producto, sino también de la formulación, concentración y forma de aplicación.

En la presente investigación, la ausencia de lesiones aun con la concentración de 50% resulta especialmente relevante porque este tratamiento produjo una reducción más rápida de *T. urticae* y alcanzó ausencia detectable del ácaro antes que la concentración de 25%. Por tanto, dentro del intervalo evaluado no se evidenció un compromiso entre eficacia y daño visible sobre las plantas: el incremento de la concentración mejoró la velocidad de control sin que se observara un aumento paralelo de síntomas fitotóxicos.

No obstante, estos resultados deben interpretarse específicamente como ausencia de fitotoxicidad visible durante el periodo experimental. La inspección visual permite identificar alteraciones macroscópicas como clorosis, necrosis, marchitez o deformaciones, pero no permite descartar posibles modificaciones fisiológicas o bioquímicas que no produzcan síntomas externos. Para establecer una seguridad fisiológica más amplia sería necesario complementar futuros estudios con variables como contenido de clorofila, eficiencia fotosintética, conductancia estomática o crecimiento vegetativo.

La ausencia de lesiones presenta además una importancia particular en las orquídeas, debido a que su calidad depende en gran medida de la integridad visual de hojas y flores. A diferencia de cultivos donde el principal criterio productivo es el rendimiento, en especies ornamentales una alteración superficial puede disminuir su valor aun cuando no comprometa la supervivencia de la planta. En este sentido, que las concentraciones de 25% y 50% hayan logrado reducir la población de *T. urticae* sin producir síntomas visibles fortalece la posibilidad de considerar el extracto hidroalcohólico de *M. charantia* como alternativa para posteriores estudios de manejo

de esta plaga en orquídeas.

En conjunto, los resultados permiten establecer que, bajo las condiciones in situ y durante el periodo evaluado, las formulaciones de *M. charantia* al 25% y 50% presentaron compatibilidad visual con las orquídeas y efectividad frente a la infestación de *T. urticae*. La concentración de 50% destacó por alcanzar el control total en menor tiempo, mientras que la concentración de 25% logró finalmente el mismo nivel de reducción utilizando una menor proporción de extracto. La ausencia de fitotoxicidad visible en ambos tratamientos constituye, por tanto, un criterio adicional para valorar favorablemente su respuesta experimental, sin que ello implique todavía recomendar su aplicación fuera de las condiciones específicas estudiadas.

CAPÍTULO V: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- La obtención del extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L. permitió preparar satisfactoriamente las formulaciones experimentales de 25% y 50%, utilizadas posteriormente sobre las orquídeas infestadas con *Tetranychus urticae* Koch. Ambas concentraciones conservaron las condiciones requeridas para su aplicación y permitieron evaluar el efecto del extracto frente al tratamiento testigo sin *M. charantia*.
- Las concentraciones de 25% y 50% redujeron progresivamente la población de *T. urticae* durante el periodo de evaluación, en contraste con el tratamiento testigo, cuya población aumentó de $18,5 \pm 3,2$ a $29,4 \pm 5,8$ individuos. La concentración de 50% mostró una respuesta más rápida, al disminuir la población de $18,9 \pm 3,1$ individuos en el día 0 a ausencia detectable en el día 30; mientras que el tratamiento de 25% pasó de $19,2 \pm 2,8$ a $1,0 \pm 0,6$ individuos en el mismo periodo y alcanzó ausencia detectable en la evaluación final.
- La comparación de los tratamientos evidenció que ambas concentraciones alcanzaron 100% de reducción de la infestación al finalizar el ensayo; sin embargo, la concentración de 50% alcanzó este nivel de control en menor tiempo. La formulación de 25% presentó reducciones de 44,27%, 78,13% y 94,79% a los días 10, 20 y 30, respectivamente, mientras que la de 50% alcanzó 64,02%, 92,06% y 100,00% en los mismos momentos. Además, ninguna de las dos concentraciones produjo síntomas visibles de fitotoxicidad: clorosis, necrosis, marchitez, deformaciones o alteraciones florales, por lo que ambas resultaron compatibles con las orquídeas bajo las condiciones in situ evaluadas

5.2 Recomendaciones

- Evaluar concentraciones inferiores a 25% e intermedias entre 25% y 50%, con el propósito de establecer la concentración mínima efectiva y determinar con mayor precisión la relación concentración–respuesta del extracto

hidroalcohólico de *M. charantia* frente a *T. urticae*.

- Ampliar el periodo de seguimiento después de alcanzar ausencia detectable del ácaro, para determinar la persistencia del efecto, el tiempo hasta una posible reinfestación y la necesidad de aplicaciones posteriores.
- Caracterizar químicamente el extracto hidroalcohólico de *M. charantia* mediante técnicas cromatográficas y espectrométricas, con el fin de identificar los principales metabolitos presentes y relacionarlos con la actividad observada sobre *T. urticae*.
- Validar las concentraciones de 25% y 50% en otros géneros o especies de orquídeas y comparar su respuesta con un acaricida de referencia, incorporando además indicadores fisiológicos de fitotoxicidad, debido a que la ausencia de lesiones visibles demuestra compatibilidad macroscópica, pero no permite descartar alteraciones fisiológicas no evidentes.

Bibliografía

- Adesanya, A. W., Lavine, M. D., Moural, T. W., Lavine, L. C., Zhu, F., & Walsh, D. B. (2021). Mechanisms and management of acaricide resistance for *Tetranychus urticae* in agroecosystems. *Journal of Pest Science*, 94(3), 639–663. DOI: 10.1007/s10340-021-01342-x.
- Ahmed, M. M., Ali, F. S., Afifi, A. A. M., & Gazoly, A. H. (2024). Host plant suitability for the biological performance of *Tetranychus urticae* Koch and its predator, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. *Phytoparasitica*, 52, 87. DOI: 10.1007/s12600-024-01202-1.
- Alpkent, Y. N., Ulusoy, S., & Ertürk, S. (2024). Acaricidal efficacy of aqueous extracts from different plants on *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 131(5), 1441–1449. DOI: 10.1007/s41348-024-00969-z.
- An, H., Tak, J.-H. (2022). Miticidal and repellent activity of thirty essential oils and their synergistic interaction with vanillin against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 182, 114872. DOI: 10.1016/j.indcrop.2022.114872.
- Barghout, M. E., & Sammour, E. A. (2023). How could the bioactivity of emulsifiable concentrate and nano-emulsion formulations of *Rheum palmatum* and *Juniperus virginiana* essential oils affect *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its bio-agent, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 56(14), 1045–1061. DOI: 10.1080/03235408.2023.2254675.
- Bello Castañeda, N., Coy Barrera, C. A., & Perez, M. M. (2023). Revisión sistemática sobre tipos de sustratos utilizados en la propagación de orquídeas bajo invernadero. *Revista Mutis*, 13(1), 1–18. DOI: 10.21789/22561498.1887.
- Cao, T. Q., Phong, N. V., Kim, J. H., Gao, D., Anh, H. L. T., Ngo, V.-D., Vinh, L. B., Koh, Y. S., & Yang, S. Y. (2021). Inhibitory effects of cucurbitane-type triterpenoids from *Momordica charantia* fruit on lipopolysaccharide-stimulated pro-inflammatory cytokine production in bone marrow-derived dendritic cells. *Molecules*, 26(15), 4444. DOI: 10.3390/molecules26154444.
- Cerna Chávez, E., Romero Pavón, L., Ochoa Fuentes, Y. M., Hernández Juárez, A., Orozco Plancarte, A., & Alvarado Navarro, R. (2023). Susceptibilidad de

- Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a acaricidas en rosal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(6), e3095. DOI: 10.29312/remexca.v14i6.3095.
- Chwoyka, C., Linhard, D., Durstberger, T., & Zaller, J. G. (2024). Ornamental plants as vectors of pesticide exposure and potential threat to biodiversity and human health. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 49079–49099. DOI: 10.1007/s11356-024-34363-x.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (2008). Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas. Editorial Corpoica.
- Cua-Basulto, M. E., Ruiz-Sánchez, E., Chan-Cupul, W., Reyes-Ramírez, A., Ballina-Gómez, H., Hernández-Núñez, E., Martín-Mex, R., Herrera-Gorocica, Á. M., & Ruiz-Jiménez, A. L. (2023). Effects of botanical acaricides on *Tetranychus urticae* and compatibility with the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 56(17), 1359–1371. DOI: 10.1080/03235408.2023.2289216.
- da Camara, C. A. G., de Araujo, C. A., de Moraes, M. M., de Melo, J. P. R., & Lucena, M. F. A. (2021). New sources of botanical acaricides from species of *Croton* with potential use in the integrated management of *Tetranychus urticae*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 20(3), 244–259. DOI: 10.37360/blacpma.21.20.3.19.
- De Rouck, S., Inak, E., Dermauw, W., & Van Leeuwen, T. (2023). A review of the molecular mechanisms of acaricide resistance in mites and ticks. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 159, 103981. DOI: 10.1016/j.ibmb.2023.103981.
- Deka, B., Babu, A., Baruah, C., & Sarkar, S. (2022). Plant extracts as potential acaricides for the management of red spider mite, *Oligonychus coffeae* Nietner (Acarina: Tetranychidae), in the tea ecosystem: An eco-friendly strategy. *Frontiers in Agronomy*, 4, 685568. DOI: 10.3389/fagro.2022.685568.
- Faraone, N., & Hillier, N. K. (2023). Assessing effects of a plant-derived pesticide on *Tetranychus urticae*, *Botrytis cinerea* and *Bombus impatiens*. *Phytoprotection*, 103(1), 42–51. <https://doi.org/10.7202/1105561ar>
- Gaudet, K., Faraone, N., & Hillier, N. K. (2023). Investigating chemoreception and behavioural responses of *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae)

- to organic acids, aldehydes and essential oil components. *Frontiers in Agronomy*, 5, 1212705. DOI: 10.3389/fagro.2023.1212705.
- Gómez, M. A. (2007). Evaluación de aceites esenciales vegetales para el control biocida en la agricultura sostenible, Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/items/0b10740d-83be-4aa4-83e3-3ba19e218753>
- Hadji, T. K. A. I., Senanayake, N. S., & Dharmasena, A. (2023). Formulation of botanical extracts as nanoemulsion: Towards sustainable pest management in agriculture—A review. *Tropical Agriculturist*, 171(1), 1–22. DOI: 10.4038/ta.v171i1.35.
- Han, C., Dong, F., Qi, Y., Wang, Y., Zhu, J., Li, B., Zhang, L., Lv, X., & Wang, J. (2025). The breeding, cultivation, and potential applications of ornamental orchids with a focus on *Phalaenopsis*—A brief review. *Plants*, 14(11), 1689. DOI: 10.3390/plants14111689.
- Han, Y., Zhang, Y.-C., Ye, W.-N., Wang, S.-M., Wang, X., & Gao, C.-F. (2024). Increasing resistance of *Tetranychus urticae* to common acaricides in China and risk assessment to spiromesifen. *Crop Protection*, 176, 106519. DOI: 10.1016/j.cropro.2023.106519.
- Herrera-Gorocica, Á. M., Sánchez-Contreras, M. de los Á., Hernández-Núñez, E., Ballina-Gómez, H. S., Latourniere-Moreno, L., & Ruiz-Sánchez, E. (2024). Effects of essential oils on mortality and population density of the whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) and the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) in the greenhouse. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 57(5), 371–386. DOI: 10.1080/03235408.2024.2347947.
- Hu, Z., Luo, Y., Wu, Y., Qin, D., Yang, F., Luo, F., & Lin, Q. (2024). Extraction, structures, biological effects and potential mechanisms of *Momordica charantia* polysaccharides: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 268, 131498. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2024.131498.
- Iiyama, C. M., Vilcherrez-Atoche, J. A., Germanà, M. A., Vendrame, W. A., & Cardoso, J. C. (2024). Breeding of ornamental orchids with focus on *Phalaenopsis*: Current approaches, tools, and challenges for this century. *Heredity*, 132(4), 163–178. DOI: 10.1038/s41437-024-00671-8.

- Jiménez Balarezo, L. P. (2023). *Efecto de extractos vegetales en el control de ácaros en condiciones de laboratorio*, Tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Kim, D.-I., Lee, J. H., Kim, K. M., & Kim, Y. C. (2024). A review of acaricide resistance mechanism and bioassay method for management of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Korean Journal of Applied Entomology*, 63(3), 265–278. DOI: 10.5656/KSAE.2024.08.0.038.
- Loyola Zapata, P. I. (2024). *Actividad acaricida y repelente de aceites esenciales contra araña bimaçada*, Tesis de Magíster en Ciencias Agronómicas, Universidad de Concepción. Repositorio Institucional de la Universidad de Concepción. <https://repositorio.udec.cl/items/6412af87-61ff-45aa-aedf-6e84a89177a1>
- Martins, H. P. F., Silva, G. L. d., Silva, E. P. d., Rojas, M. O. A. I., Gonçalves, F. J. T., Marques, I. S., Negreiros, M. V. d. S., Morais, V. A. d. L. L., Sousa, F. C. d., Cantanhede Filho, A. J., Gomes, B. d. A., Rodrigues Filho, E., França, S. M. d., Sousa, A. H. d., Lopes, L. M., Silva, G. N., & Barbosa, D. R. e. S. (2025). Multitarget acaricidal activity of essential oils from *Alpinia zerumbet* and *Mesosphaerum suaveolens* against *Tetranychus urticae*. *Insects*, 16(11), 1119. DOI: 10.3390/insects16111119.
- Massounga Bora, A. F., Kouame, K. J. E.-P., Li, X., Liu, L., & Pan, Y. (2023). New insights into the bioactive polysaccharides, proteins, and triterpenoids isolated from bitter melon (*Momordica charantia*) and their relevance for nutraceutical and food application: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 231, 123173. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.123173.
- Mungwari, C. P., King'ondur, C. K., Sigauke, P., & Obadele, B. A. (2025). Conventional and modern techniques for bioactive compounds recovery from plants: Review. *Scientific African*, 27, e02509. DOI: 10.1016/j.sciaf.2024.e02509.
- Ngegba, P. M., Cui, G., Khalid, M. Z., & Zhong, G. (2022). Use of botanical pesticides in agriculture as an alternative to synthetic pesticides. *Agriculture*, 12(5), 600. DOI: 10.3390/agriculture12050600.
- Pan, L., Zhang, H., Wang, Y., & Liu, Z. (2023). Insecticidal and synergistic mechanisms of essential oil components against agricultural pests. *Pest Management Science*, 79(8), 2845–2856. <https://doi.org/10.1002/ps.7451>

- Pan, X., Guo, X., Zhai, T., Zhang, D., Rao, W., Cao, F., & Guan, X. (2023). Nanobiopesticides in sustainable agriculture: Developments, challenges, and perspectives. *Environmental Science: Nano*, 10, 41–61. DOI: 10.1039/D2EN00605G.
- Parmagnani, A. S., Mannino, G., Brillada, C., Novero, M., Dall'Osto, L., & Maffei, M. E. (2023). Biology of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*): Ultrastructure, photosynthesis, guanine transcriptomics, carotenoids and chlorophylls metabolism, and decoyinine as a potential acaricide. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1715. DOI: 10.3390/ijms24021715.
- Prasannakumar, N. R., Kumar, A., & Chander, S. (2023). Botanical biopesticides in sustainable agriculture: Current status and future prospects. *Journal of Pest Science*, 96(3), 1021–1038. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01601-x>
- Prasannakumar, N. R., Rao, V. K., Jyothi, N., Saroja, S., Lokesha, A. N., & Ramkumar, G. (2023). Evaluation of insecticidal properties of botanicals for sustainable management of sucking pests of horticultural crops. *Journal of Applied Entomology*, 147, 105–115. DOI: 10.1111/jen.13092.
- Rana, A. S., Nazeer, M., Abd El-Gawad, H. H., Inam, M., Ibrahim, M. M., El-Bahy, Z. M., & Nazar, M. F. (2023). Microemulsions as potential pesticidal carriers: A review. *Journal of Molecular Liquids*, 390, 122969. DOI: 10.1016/j.molliq.2023.122969.
https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=B6Gb fh4AAAAJ&citation_for_view=B6Gb fh4AAAAJ:u5HHmVD_uO8C.
- Rizzo, K., Herrera, I., Vargas, A., Cornejo, X., & López-Guillén, E. (2023). *Momordica charantia* (Cucurbitaceae) como maleza introducida en Ecuador: distribución espacio-temporal y riesgo de invasión. *Collectanea Botanica*, 42, e010. DOI: 10.3989/collectbot.2023.v42.010.
- Singh, I. R., & Pulikkal, A. K. (2022). Preparation, stability and biological activity of essential oil-based nano emulsions: A comprehensive review. *OpenNano*, 8, 100066. DOI: 10.1016/j.onano.2022.100066.
- Toapanta Ichina, J. E. (2021). *Evaluación de tres extractos vegetales para el control de ácaros (Tetranychus urticae Koch) en hojas de fresa (Fragaria × ananassa)*, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Ambato.

- Tsakireli, D., Vandenhoe, M., Pergantis, S. A., Riga, M., Balabanidou, V., De Rouck, S., Ray, J., Zimmer, C., Talmann, L., Van Leeuwen, T., & Vontas, J. (2024). The cytochrome P450 subfamilies CYP392A and CYP392D are key players in acaricide metabolism in *Tetranychus urticae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 204, 106031. DOI: 10.1016/j.pestbp.2024.106031.
- Venzon, M., Togni, P. H. B., Perez, A. L., & Oliveira, J. M. (2020). Control of two-spotted spider mites with neem-based products on a leafy vegetable. *Crop Protection*, 128, 105006. DOI: 10.1016/j.cropro.2019.105006.
- Yavar, M., Mirshekar, A., Khani, A., & Ramroudi, S. (2022). Study on the acaricidal effects of Karala (*Momordica charantia*) fruit extract against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental Animal Biology*, 11(2), 55–66. DOI: 10.30473/eab.2023.61827.1857.
- Zhan, K., Ji, X., & Luo, L. (2023). Recent progress in research on *Momordica charantia* polysaccharides: Extraction, purification, structural characteristics and bioactivities. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10, 58. DOI: 10.1186/s40538-023-00433-4.
- Zhu, Y., Wu, T., Hu, Q., He, W., Zheng, Y., Xie, Y., Rao, Q., & Liu, X. (2024). Plant essential oils: Dual action of toxicity and egg-laying inhibition on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), unveiling their potential as botanical pesticides. *Plants*, 13(6), 763. DOI: 10.3390/plants13060763.

Anexos

Anexo A: Géneros hospederos de orquídeas usados en el estudio.



1



2



3

Identificación de las plantas usadas en el estudio: 1. *Oncidium Cherry baby* (hibrida); 2. *Oncidium sp.* (nativa); 3. *Phalaenopsis sp.* (nativa)

Anexo B: *Tetranychus urticae* K.: afectación en hospederos



1



2



3



4

Detalle: 1. *Tetranychus urticae* Koch. (0,4 mm); 2. Colonia de *Tetranychus urticae* (estado protoninfa) envueltas en fina telaraña.; 3. Daño visible en hojas de *Oncidium* sp. 4. Afectación en hoja de *Phalaenopsis* sp.

Anexo C: CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS de *Momordica charantia* Koch.



DETALLE: Hojas, flor, frutos y semillas

TAXONOMIA

Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitaceae
Género: *Momordica*
Especie: *Momordica charantia*
Carlos Linneo

Anexo D: Proceso de elaboracion del extracto hidroalcoholico a base de *Momordica charantia*.



1



2



3



4



5



6

DETALLE DE LAS IMÁGENES:

1. Pesado del material deshidratado en bascula electrónica; 2. Molinillo eléctrico mostrando el proceso a realizarse en el material deshidratado; 3. Tarado de báscula electrónica; 4. Pesado total del material seco pulverizado.; 5. Envasado del material pulverizado con alcohol al 70%; 6. Sellado de la mezcla obtenida en recipiente plástico de 1000 ml.



7



8



9

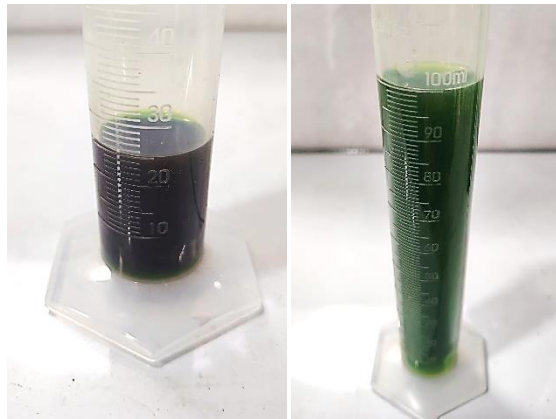


10

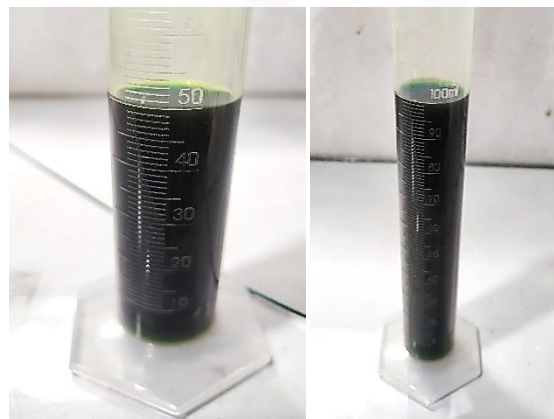
DETALLE DE LAS IMÁGENES:

7 y 8. Filtrado del material macerado durante 72 horas.; **9.** Envasado del producto filtrado en botella color ámbar.; **10.** Sellado de la botella de 1000 ml. de capacidad.

Anexo E: Tratamientos preparados a partir del extracto hidroalcohólico de *Momordica charantia* L.



1



2



3

- 1.** Extracto hidroalcohólico de *M. charantia* al 25%
- 2.** Extracto hidroalcohólico de *M. charantia* al 50%
- 3.** Tratamientos preparados a partir del extracto hidroalcohólico *Momordica charantia* L.

Anexo F: Aplicación del tratamiento en orquideas del extracto hidroalcoholico de *Momordica charantia*.



Grupos de estudio para evaluacion de un repelente a base de *Momordica charantia*, contra *Tetranychus urticae*: 1. grupo de control (agua destilada); 2. extracto hidroalcohólico al 25%; 3. extracto hidroalcohólico al 50%.

Anexo G: Analisis de la accion del extracto hidroalcoholico de *Momordica charantia*, contra *Tetranichus urticae*.

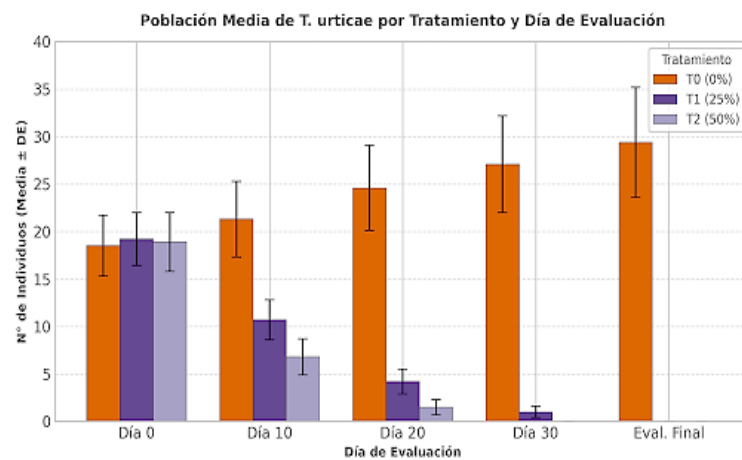


Gráfico 1 (G1):
Población media de *T. urticae* por tratamiento y tiempo de evaluación

Gráfico 2 (G2):
Evolución temporal de la población media de *Tetranychus urticae*.

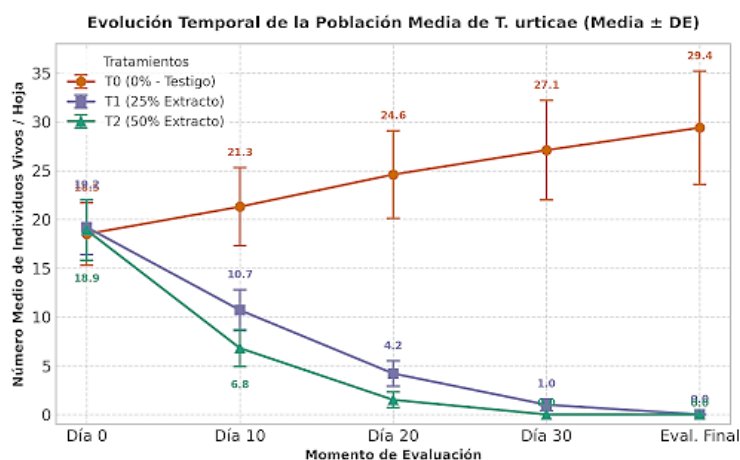
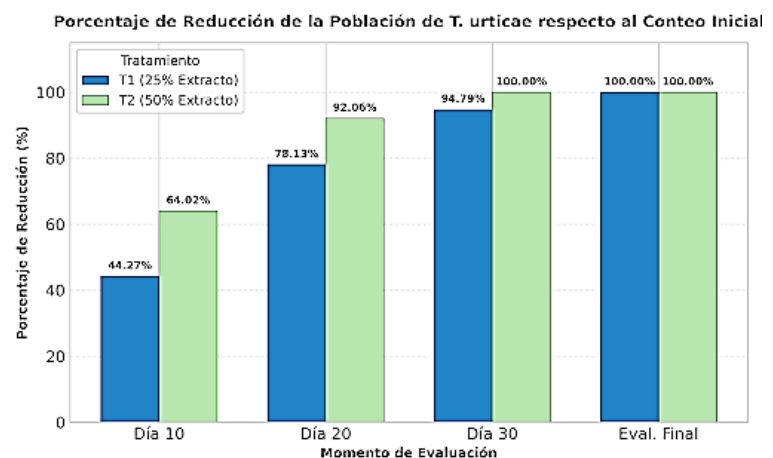


Gráfico 3 (G3):
Porcentaje de reducción de la infestación respecto al conteo inicial.

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

