

UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS/DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN VEGETAL

Tema: “Efecto del tipo y forma de fertilización sobre la inducción de resistencia al ataque de
Tetranychus urticae Koch en plantas de fresa”

Trabajo de investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en
Agronomía Mención Nutrición Vegetal

Autor: Ingeniera Valeria Paola Villacreses Pallo

Director: Ingeniera Rita Cumandá Santana Mayorga. M.Sc.

Ambato – Ecuador

2023

A la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias.

El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación, presidido por el Ingeniero Patricio Núñez Ph.D., e integrado por los señores: Ingeniero, Carlos Luis Vásquez Freytez Ph.D., e Ingeniero, Mg. Luis Alfredo Villacís Aldaz, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “Efecto del tipo y forma de fertilización sobre la inducción de resistencia al ataque de *Tetranychus urticae* Koch en plantas de fresa”, aprobado por la Unidad Académica de Titulación, elaborado y presentado por la señora Ingeniera Valeria Paola Villacreses Pallo, para optar por el Grado Académico de Magister en Agronomía Mención Nutrición Vegetal; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ingeniero, Oscar Patricio Núñez Torres Ph.D.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ingeniero, Carlos Luis Vásquez Freytez Ph.D.
Miembro del Tribunal

Ingeniero, Luis Alfredo Villacís Aldaz, Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación, presentado con el tema: “Efecto del tipo y forma de fertilización sobre la inducción de resistencia al ataque de *Tetranychus urticae* Koch en plantas de fresa”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniera Valeria Paola Villacreses Pallo, Autora bajo la Dirección de la Ingeniera Rita Cumandá Santana Mayorga, Magister, Directora del Trabajo de Investigación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Valeria Paola Villacreses Pallo

C.C. 1804782827

AUTORA

Ing. Rita Cumandá Santana Mayorga M.Sc

C.C. 1802778421

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ing. Valeria Paola Villacreses Pallo

C.C. 1803249547

AUTORA

DEDICATORIA

A Dios, por las bendiciones recibidas a lo largo de mi existir, por ser él quien me permite a diario seguir adelante para cumplir cada uno de mis sueños y cada meta trazada en mi vida.

A mi amado esposo Paúl por ser siempre mi apoyo incondicional en cada paso que dé, juntos vamos alcanzando logros que parecían estar tan lejos, eres y serás mi complemento ideal, gracias por tu paciencia y comprensión a lo largo del tiempo que estamos juntos, te amo.

A mis hermosas hijas, Paula Emilia y Paulette Isabella, por ser el motor principal en mi vida, ustedes con su presencia llenan de amor y felicidad mi existencia, haciendo que vea lo mejor de la vida. Cada logro que consiga será por y para ustedes mis amores, los amo y quiero que siempre vean que la mejor herramienta para salir adelante es el estudio.

A mis padres por estar apoyándome en cada paso importante que quiero dar, por ser mis guías y consejeros en cada peldaño que quiero escalar. Gracias por estar siempre que los necesito.

A mis entrañables hermanos, Byron, Lenin, Kerly, Anthony, Lore y Jacqueline, por ayudarme y brindarme su apoyo cada uno a su manera, decirles que lo que uno se propone en la vida se puede lograr con esfuerzo y perseverancia, en especial a Kerly por ser mi amiga, confidente y estar siempre a mi lado en cada momento de mi vida, gracias hermana. Los amo.

A mis cuñadas Andrea y Sandra, por ser unas mujeres que siempre han brindado su ayuda incondicional para mi vida y la de mi pequeña familia. Los quiero mucho

A mi suegra, por estar presta siempre para apoyarme, guiarme aconsejarme y cuidar del regalo más preciado que Dios me dio, MI HIJAS.

Al ingeniero Alberto Gutiérrez y doña Nancy Morales por hacer de su morada la de mi familia y no dejarnos nunca solos, apoyándonos en cada paso que demos, por ser ese ejemplo de perseverancia y rectitud. Dios les pague, por tanto.

A mi tía María Villacreses, por estar presente en cada etapa de mi vida y enseñarme que todo se puede lograr, pero haciendo bien las cosas. Le quiero mucho.

A mis pequeños y hermosos sobrinos, Génesis, Sofía, José, Josué, David, Danita, Julián, Zoe, María y Dylan, que llegaron a los hogares de mis hermanos para llenar de alegría y felicidad sus vidas, los amo muchísimo y espero Dios cuide de ustedes siempre mis pequeños.

AGRADECIMIENTO

Mi reconocimiento a la Universidad Técnica de Ambato, de manera muy especial al departamento de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

A mi tutor Ing. Mg. Rita Santana, por su acompañamiento como directora de tesis, de manera especial al Doctor Carlos Vásquez PhD, por aportar con sus conocimientos y saberes para la realización de este trabajo de investigación, así como también a los Ingenieros Luis Villacís, Luciano Valle y Alexandra Camino por la ayuda brindada para culminar este proceso. .A todos los docentes quienes supieron en su determinado momento asesorarme para que los resultados alcanzados en el trabajo de investigación sean fructíferos. Sin ustedes no hubiera sido posible estar terminando hoy esta etapa de mi carrera.

A mis compañeros y amigos de grupo los ingenieros Edison Cuvi, Carlos Mendoza y Katherinne Valenzuela, gracias por el apoyo incondicional y desinteresado que me brindaron.

ÍNDICE GENERAL

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
Resumen Ejecutivo.....	xii
Abstract	xiv
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general	3
CAPÍTULO II	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	4
2.2. El cultivo de fresa.....	4
CAPÍTULO III.....	12
MARCO METODOLÓGICO	12
3.1. Ubicación del ensayo.....	12
3.2. Equipos y materiales	12
3.3. Tipo de investigación	12
3.4. Prueba de hipótesis	13
3.5.2. Colecta e identificación del ácaro	13
3.5.3. Parámetros biológicos de T. urticae	14
3.5.4. Preferencia de T. urticae en cultivares de fresa.....	15
3.5.5. Extracción de polifenoles y flavonoides totales.....	15
3.6. Procesamiento de la información y análisis estadístico	16
3.7. Variables respuesta.....	17
CAPÍTULO IV.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18

4.1. Oviposición de <i>T. urticae</i> por efecto de la fertilización en plantas de fresa variedad Albión	18
4.2. Longevidad de <i>T. urticae</i> por efecto de la fertilización en plantas de fresa variedad Albión	19
4.3. Estudio de la antixenosis en plantas de fresa variedad Albión sometidas a diferentes tipos de fertilización	20
4.4. Contenido de fenoles y flavonoides totales en plantas de fresa variedad Albión sometidas a diferentes tipos de fertilización.....	24
CAPÍTULO V	27
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	27
5.1. Conclusiones	27
5.3. BIBLIOGRAFÍA	29
5.4. ANEXOS	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variación del número promedio de <i>T. urticae</i> por hoja en plantas de fresa variedad Albión tratadas con diferentes fuentes y formas de fertilización	23
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países a nivel mundial con relación al área cosechada (A), Producción (B) y rendimiento de fresa (C) a nivel mundial).....	5
Figura 2. Producción (A) y rendimiento (B) de fresa en los principales países productores de América durante el año 2021.....	6
Figura 3. Producción y rendimiento de fresa en Ecuador entre 2018-2021.....	7
Figura 4. Oviposición promedio de hembras de <i>T. urticae</i> criadas en hojas de fresa sometidas a diferentes formas de fertilización.....	19
Figura 5. Longevidad de hembras de <i>T. urticae</i> criadas en hojas de fresa sometidas a diferentes formas de fertilización.....	20
Figura 6. Efecto de la fertilización sobre el número de <i>Tetranychus urticae</i> encontrados en plantas de fresa variedad Albión.....	21
Figura 7. Variación de las poblaciones de <i>T. urticae</i> en plantas de fresa variedad Albión a lo largo de los muestreos durante el ensayo.....	22
Figura 8. Contenido de fenoles totales (expresados en mg de ácido gálico por gramo de hoja) en plantas de fresa tratadas con diferentes formas de fertilización.....	25
Figura 9. Contenido de fenoles totales (expresados en mg de quercitina por gramo de hoja) en plantas de fresa tratadas con diferentes formas de fertilización.....	25

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS/ DIRECCIÓN DE
POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN NUTRICIÓN
VEGETAL

TEMA: EFECTO DEL TIPO Y FORMA DE FERTILIZACIÓN SOBRE LA
INDUCCIÓN DE RESISTENCIA AL ATAQUE DE *TETRANYCHUS URTICAE*
KOCH EN PLANTAS DE FRESA

AUTOR: Ing, Valeria Paola Villacreses Pallo

DIRECTOR: Ing. Rita Cumandá Santana Mayorga

FECHA: Veintiocho de marzo del 2022

Resumen Ejecutivo

Tetranychus urticae Koch constituye la especie más frecuentemente encontrado en la mayoría de las zonas productoras de fresa a nivel mundial y produce daño en el cultivo. Debido al daño que causa en el cultivo, es necesario buscar alternativas para disminuir el uso de productos químicos, entre las que resaltan el aprovechamiento de la resistencia natural de las plantas. En esta investigación se evaluó el efecto del tipo y forma de fertilización sobre la inducción de resistencia al ataque de *Tetranychus urticae* Koch en plantas de fresa variedad Albión. Se evaluó el efecto de cuatro tipos de fertilización (F1: 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar; F2: 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía edáfica; F3: 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicados por vía edáfica y F4: 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicados por vía foliar) sobre la oviposición, longevidad y antixenosis en *T. urticae* sobre plantas de fresa variedad Albión. La oviposición no fue afectada por la fertilización y varió desde 5.3 huevos/hembra en plantas que fueron tratadas con el tratamiento F3 hasta 6.4 huevos/hembra en plantas tratadas con F4. Contrariamente, la longevidad de las hembras de *T. urticae* fue influenciada por la fertilización siendo significativamente menor cuando las hembras fueron criadas en hojas de plantas que

fueron tratadas con F3. Adicionalmente, se observó efecto del tipo de fertilización y de la fecha de muestreo sobre el número de ácaros presentes en plantas de fresa variedad Albión, observándose que la menor preferencia mostrada por *T. urticae* fue observada en plantas tratadas con F3, en las cuales se encontraron 0.67 ácaros/hoja, seguido de plantas fertilizadas con F1, donde el número de ácaros fue de 1.18 individuos/hoja y en plantas tratadas con el F4 con 1.64 ácaros/hoja. También la fertilización afectó el contenido tanto de fenoles como flavonoides totales. De acuerdo con los resultados, el biofertilizante mejoró la absorción de los nutrientes, haciéndolos más eficientes en la activación de los mecanismos de resistencia de la planta, por lo cual podría ser usado para aprovechar los beneficios no solo en la fertilización del cultivo sino también de su potencial uso para el manejo de plagas de importancia económica.

Palabras clave: fenoles, fertilización, flavonoides, resistencia de la planta, Tetranychidae.

Abstract

The two-spotted mite, *Tetranychus urticae* Koch is included among the phytophagous mites most frequently found in most strawberry-producing areas worldwide and it is capable of damaging the crop. Due to the damage caused in this crop, the need to look for alternatives to reduce the use of chemical products is highlighted, among which the use of natural enemies in biological control programs and the use of the natural resistance of plants stand out. In this research, the effect of the type and form of fertilization on the induction of resistance to the attack of *Tetranychus urticae* Koch in Albion variety strawberry plants were evaluated. The effect of four types of fertilization was evaluated (F1: 100% inorganic NPK fertilization at the recommended dose applied on leaf; F2: 100% inorganic NPK fertilization at the recommended dose applied in soil; F3: 50% fertilization inorganic NPK + biofertilizer applied in soil and F4: 50% of inorganic NPK fertilization + biofertilizer applied on leaf) on oviposition, longevity and antixenosis in *T. urticae* in strawberry plants variety Albion. These parameters were compared with the content of total polyphenols and flavonoids. Oviposition was not affected by fertilization and varied from 5.3 eggs/female in plants that were treated with the F3 treatment to 6.4 eggs/female in plants treated with F4. On the contrary, the longevity of *T. urticae* females was influenced by fertilization, being significantly lower when the females were reared on leaves of plants that were treated with F3. Additionally, an effect of the type of fertilization and the sampling date was observed on the number of mites present in strawberry plants of Albion, observing that the lower preference shown by *T. urticae* was observed in plants treated with F3, in which found 0.67 mites/leaf, followed by plants fertilized with F1, where the number of mites was 1.18 individuals/leaf and in plants treated with F4 with 1.64 mites/leaf. Fertilization also affected the content of both phenols and total flavonoids. According to the results, the biofertilizer improved the absorption of nutrients, making them more efficient in activating the resistance mechanisms of the plant, for which it could be used to take advantage of the benefits not only in crop fertilization but also in its potential use for pest management of economic importance.

Keywords: phenols, fertilization, flavonoids, plant resistance, Tetranychidae.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.Introducción

El cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa*) tiene un fuerte impacto socioeconómico en países de América del Sur, donde desde el período de la colonización se extendió el cultivo de *Fragaria chiloensis* y luego fue reemplazado por los cultivares traídos desde California, los cuales mostraron una gran adaptabilidad a varios tipos de ambiente y actualmente se siembra en todos los países suramericanos, excepto en las Guayanas (Kirschbaum et al., 2017). Por lo general se cultiva en pequeñas extensiones haciendo uso de mano de obra familiar y potencialmente se pueden obtener buenos ingresos a partir de su explotación (Duarte et al. 2020).

Aunque los principales países productores en América son Estados Unidos y México, este cultivo también es producido en Colombia, Venezuela, Chile, Perú, Brasil y Ecuador (FAO 2020). En el caso de Ecuador, la mayor producción de fresa se concentra en las provincias de Pichincha y Tungurahua, la cual es destinada al consumo interno y a la exportación a Estados Unidos, Holanda y España (Vasquez et al. 2018), sin embargo, su producción es amenazada por problemas de ataque de plagas, incluyendo la incidencia del ácaro.

Entre los ácaros fitófagos, *Tetranychus urticae* Koch o ácaro de dos manchas constituye la especie más frecuentemente encontrado en la mayoría de las zonas productoras, sin embargo, se han también se han reportado otras especies de tetraníquidos como *Tetranychus cinnabarinus* y *Eotetranychus lewisi*, las cuales son capaces de producir daño en el cultivo (Vásquez et al. 2016).

El ácaro de dos manchas ha sido reconocido como uno de los principales problemas en este cultivo debido a su capacidad de alimentarse sobre una amplia variedad de especies de plantas y adaptarse a diferentes condiciones climáticas, lo cual potencia su capacidad de reproducción y consecuentemente de afectar el rendimiento hasta en un 80% (Castilho et al. 2015, Vásquez et al. 2016). Esta alta incidencia hace que se requiera de la aplicación frecuente de acaricidas, pudiendo acarrear problemas a la salud del productor y de los consumidores, además de daños al ambiente (Yazici et al., 2020).

En consideración con lo antes señalado se pone de manifiesto la necesidad de buscar alternativas que permitan disminuir el uso de estos productos químicos, entre las que resaltan el uso de enemigos naturales en programas de control biológico y el aprovechamiento de la resistencia natural de las plantas (Kloth et al., 2012; Li et al., 2021). De acuerdo con Kloth et al. (2012), la resistencia de plantas constituye uno de los pilares en el manejo de plagas con enfoque ambientalista, cuyo impacto depende del rango de plantas hospedantes del herbívoro, puesto que mientras los herbívoros de hábito especialista pueden evolucionar y hacerse resistentes a las sustancias tóxicas de la planta, los de hábito generalista pueden incrementar sus poblaciones en un rango de hospedantes mucho mayor que producen menor cantidad de aleloquímicos.

La resistencia inducida está mediada por microorganismos beneficiosos que viven en la rizosfera los cuales, por un lado, pueden mejorar la nutrición de la planta y, por el otro promover las defensas en la planta, haciéndola que pueda contrarrestar el ataque de patógenos y plagas (Romera et al., 2019). En este sentido varios estudios han demostrado que existen varios géneros de la microbiota asociada con la rizosfera, tales como hongos micorrízicos y *Rhizobium*, que influyen en la absorción de fósforo y nitrógeno en las plantas, mientras que otros pueden mejorar la nutrición de las plantas puesto que liberan compuestos solubilizadores de nutrientes o pueden provocar alteraciones de la fisiología y arquitectura de las raíces (Dreyer et al., 2019; Wang et al., 2017).

Según estudios realizados por Borges y Sandalio (2015), lograron demostrar que la fertilización con nitrógeno afecta las interacciones entre las plantas y algunos patógenos, promoviendo así la resistencia de las plantas. Adicionalmente, el uso de amonio (NH_4^+) como fertilizante en cítricos ha provocado la inducción de la resistencia contra el estrés causado por condiciones abióticas (Llorens et al., 2017). Por otra parte, aunque las altas dosis de potasio promueven el incremento del rendimiento en plantas de soya, también pueden promover los parámetros biológicos de insectos que se alimentan de esta planta, puesto que *Chrysodeixis includens* incrementó el consumo de hojas y disminuyó el tiempo larval cuando las plantas fueron tratadas con más de 130 kg/ha de potasio (Chen, 2014).

1.2. Justificación

Los resultados de la presente investigación ofrecen alternativas de aprovechamiento de la resistencia natural de las plantas de fresa mediante el manejo de la fertilización de manera de promover un control de ácaros plaga con un menor número de aplicaciones de acaricidas, lo cual promoverá un mayor cuidado del ambiente y la salud, tanto del agricultor como del consumidor.

Dado que, en Ecuador, los agricultores acostumbran a manejar las poblaciones de las plagas casi exclusivamente con productos químicos, los resultados de esta investigación sirven de base para abrir una nueva línea de investigación, la resistencia de plantas, la cual podría ser aplicada en otros cultivos de importancia en la zona. Con ello, se podría hacer una agricultura más respetuosa del ambiente y de la salud del hombre y la fauna silvestre, lo que podría asegurar la sustentabilidad de la producción agrícola.

Hasta el presente, no existen estudios que evalúen el efecto de la fertilización sobre la inducción de resistencia al ataque de *T. urticae* en plantas de fresa, en tal sentido, en el presente estudio se plantean los siguientes objetivos:

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del tipo y forma de fertilización sobre la inducción de resistencia al ataque de *Tetranychus urticae* Koch en plantas de fresa

1.3.2. Objetivo(s) específico(s)

1. Determinar la tasa de oviposición de *Tetranychus urticae* en plantas de fresa por efecto del tipo y forma de aplicación del fertilizante
2. Evaluar la supervivencia de las hembras de *Tetranychus urticae* en plantas de fresa por efecto del tipo y forma de aplicación del fertilizante
3. Evaluar la antixenosis o no preferencia de las hembras de *Tetranychus urticae* en plantas de fresa por efecto del tipo y forma de aplicación del fertilizante

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.El cultivo de fresa

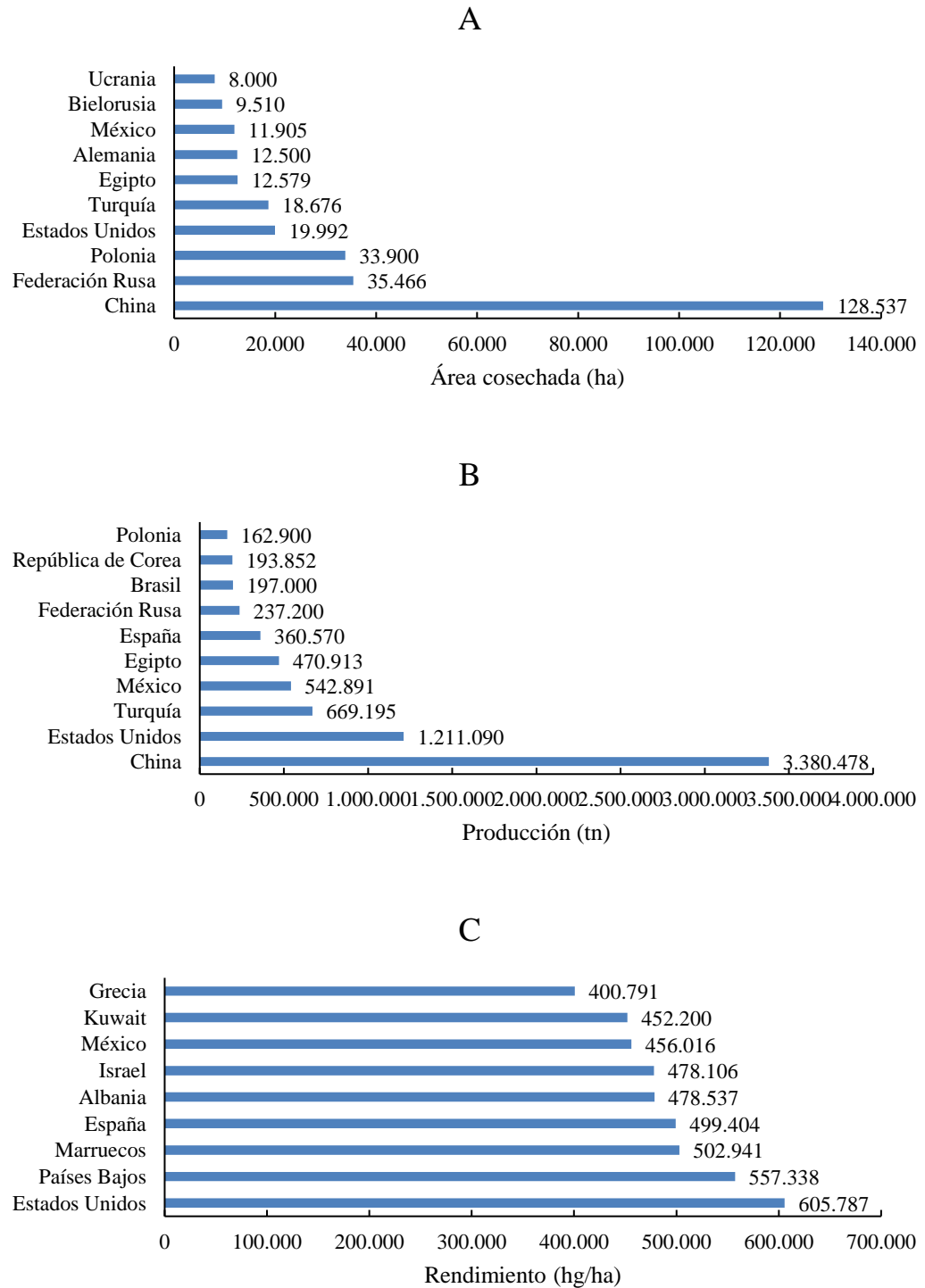
La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es un cultivo perteneciente a la familia Rosaceae que se caracteriza por presentar un fruto carnoso clasificado como un fruto agregado muy apetecido por su sabor y por ser una excelente fuente de vitaminas, potasio, fibra y azúcares y comparado con otras bayas, contienen un mayor porcentaje de vitamina C, fenoles y flavonoides (Khalid et al., 2013).

La principal especie de fresa cultivada, *Fragaria x ananassa*, es un híbrido de dos especies nativas, *Fragaria chiloensis* y *Fragaria virginiana*, en la cual se ha investigado la genética de la mayoría de las características de importancia hortícola y se han caracterizado y clonado varios genes que se expresan en gran medida durante la maduración de la fruta e incluso se han desarrollado sistemas de marcadores para el mapeo de enlaces genéticos para el rasgo de neutralidad del día y otras características de la fruta (Hancock et al., 2008). Los mejoradores de fresas se centran en mejorar las adaptaciones locales, la calidad de la fruta, la productividad y la resistencia a las enfermedades causadas por los principales patógenos a nivel mundial: *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum* spp., *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora fragariae* y *Verticillium albo-atrum* (Hancock et al., 2008).

El cultivo de fresa es producido en más de 80 países con una producción que continúa aumentando, particularmente en Asia, América del Norte y Central y África del Norte, con un aumento correspondiente de la demanda en muchas partes del mundo (Simpson, 2018). China como el país con la mayor producción y con la mayor superficie cosechada, seguido de Estados Unidos de América, Turquía, México, Egipto y España para el año 2021 (Fig. 1). A pesar de que China constituye el principal productor a nivel mundial, los mayores rendimientos son ostentados por Estados Unidos de América y Países Bajos con 605.787 y 557.338 hg/ha, respectivamente (Fig. 1 C). El desarrollo de la industria de la fresa en California en el siglo XX fue seguido por una rápida expansión en muchas otras partes del mundo, incluida la región del Mediterráneo, América Central y del Sur, Australia y China. En todas estas regiones, fue posible identificar las áreas donde la combinación de días cortos con temperaturas

cálidas o suaves permitía producir altos rendimientos durante una temporada larga (Simpson, 2018).

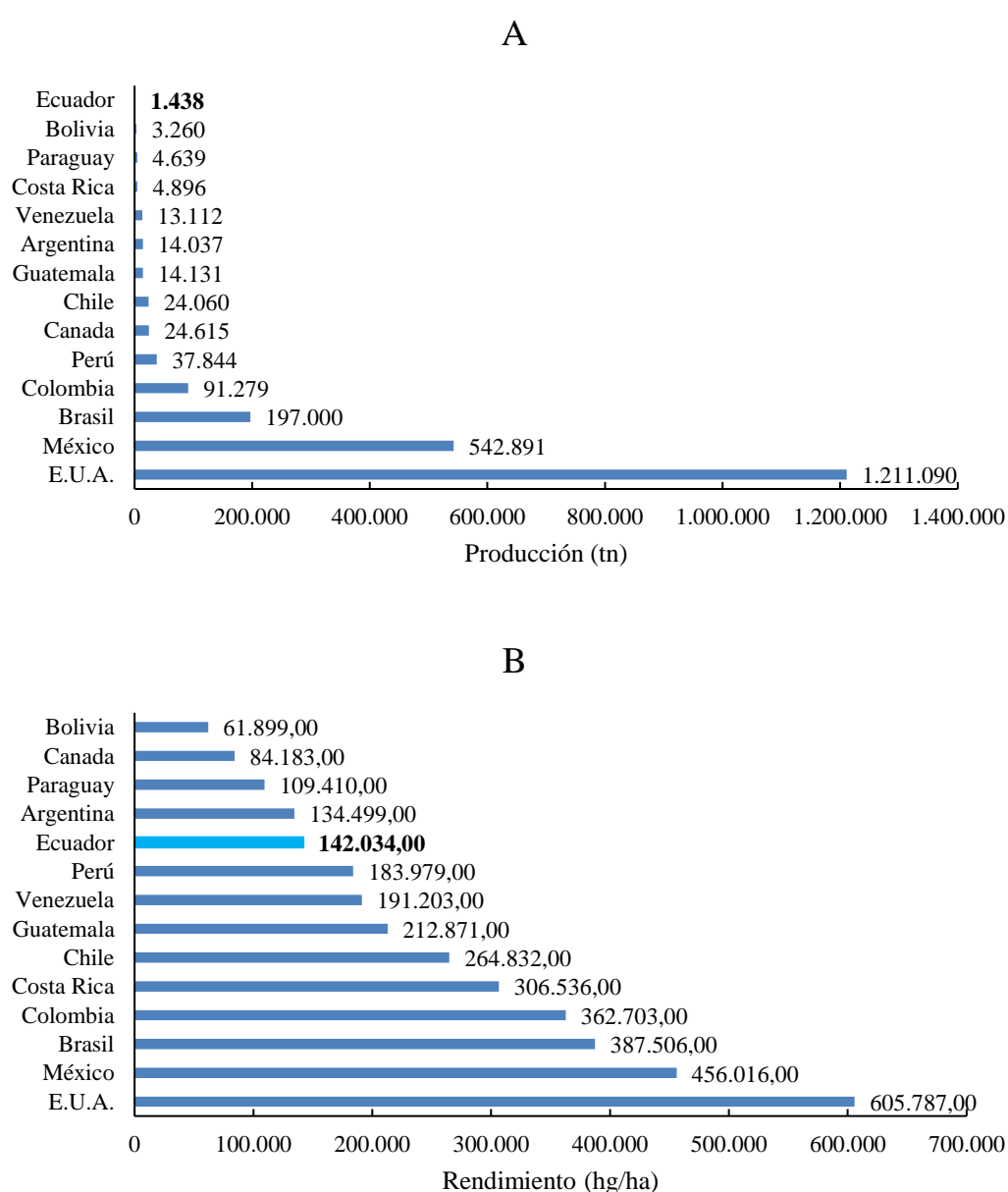
Figura 1. Principales países a nivel mundial con relación al área cosechada (A), Producción (B) y rendimiento de fresa (C) a nivel mundial)



En relación con la producción y rendimiento en el continente americano, se tiene que, durante el 2021, Estados Unidos muestra los mayores valores tanto en producción como en rendimiento, seguido de México, Brasil y Colombia, mientras que Ecuador ocupa el décimo lugar en rendimiento y el décimo cuarto lugar en la producción con valores de 142.034 hg/ha y 1.438 tn, respectivamente (Fig. 2 A-B).

Figura 2. Producción (A) y rendimiento (B) de fresa en los principales países productores de América durante el año 2021

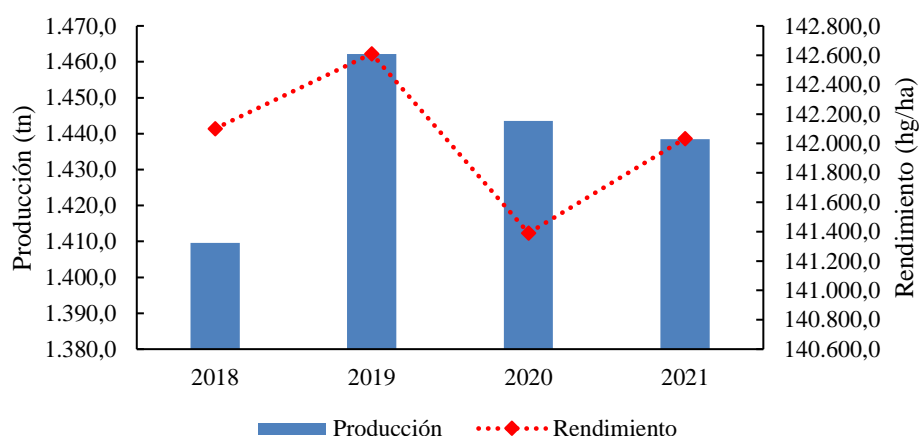
Fuente: FAOSTAT (2023)



Finalmente, al analizar el comportamiento de la producción y rendimiento en Ecuador, ambas variables han mostrado variabilidad desde el 2018 hasta el 2021 según datos de FAO (2023), puesto que en cuanto a producción puesto que en 2019 se observó un importante incremento con relación al año precedente, sin embargo, en 2020 y 2021 ocurrió un ligero descenso, así mismo, el rendimiento también mostró una tendencia a la disminución después del 2019 (Fig. 3).

Figura 3. Producción y rendimiento de fresa en Ecuador entre 2018-2021

Fuente: FAOSTAT (2023)



2.2. La fertilización en fresa

Agehara (2021) evaluaron la respuesta a diferentes dosis de nitrógeno en términos del crecimiento de la altura de planta, rendimiento y la calidad de la fruta en los cultivares Florida Radiance y Florida127. Se evaluaron las dosis de 0,56; 0,84; 1,12 y 1,40 kg/ha d – 1) al inicio de la temporada de crecimiento del cultivo y 0,22; 0,67; 1,12; 1,57 y 2,02 kg/ha en la segunda temporada de crecimiento. En el primer ensayo, el incremento de la dosis de nitrógeno provocó el aumento del rendimiento entre 56 y 65% en ambos cultivares, mostrándose una respuesta lineal en Florida Radiance, mientras que en Florida127 fue cuadrática con picos a las dosis de 1,21 y 1,57 kg/ha. De acuerdo con los resultados, la optimización de la fertilización con nitrógeno al inicio de la temporada es una estrategia de producción importante para mejorar la rentabilidad de la producción de fresas y además el manejo de las dosis del nitrógeno podría mejorar

la eficiencia del uso de fertilizantes al mismo tiempo que mejora la calidad de la fruta y disminuye el riesgo de contaminación ambiental.

Ojeda-Real et al. (2009) evaluaron el efecto de la fertilización con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ como fuente de nitrógeno sobre la calidad del fruto en dos fechas de cosecha, para lo cual analizaron el contenido de sólidos solubles totales, carbohidratos solubles, aminoácidos, ácidos orgánicos y compuestos volátiles del fruto y observaron que los frutos provenientes de plantas fertilizadas mostraron mayores contenidos de ésteres, carbohidratos solubles y aminoácidos, mientras que la concentración de hexanal fue mayor a medida que incrementó la dosis. Estos autores señalaron que la mayor disponibilidad de nitrógeno en plantas de fresa influyó sobre la calidad de los frutos, en términos de sabor y aroma, altos niveles de carbohidratos solubles y ésteres fueron obtenidos con dosis medias de nitrato.

En general, la fertilización con potasio ha sido poco estudiada en fresa, lo que dificulta las estrategias de manejo para aumentar el rendimiento y comprender el uso de este nutriente en este cultivo, y más aún su papel en la resistencia. En un estudio realizado por Schwarz et al. (2018) con el objetivo de evaluar la influencia de fuentes y dosis de fertilizantes potásicos sobre el rendimiento y características agronómicas del fruto en el cultivar Camarosa, En el ensayo usaron tres fuentes de potasio (sulfato de potasio, nitrato de potasio y cloruro de potasio) a dosis de 0, 60, 120, 180, 240 y 300 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ y observaron que el rendimiento, el peso promedio del fruto y el número de frutos por planta aumentaron linealmente con la dosis independientemente del origen de la fuente. De acuerdo con los autores, la aplicación de potasio, sin importar la fuente, provocó un incremento en el rendimiento y el número de frutos por planta, sin embargo, las dosis mayores a 183 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ indujo disminución del peso del fruto, lo que sugiere usar dosis menores para optimizar los rendimientos.

2.3.La fertilización y su papel en la inducción de la resistencia

La información relacionada al efecto de la fertilización sobre la inducción de la resistencia de plantas está más enfocada al ataque de patógenos.

Varios estudios han demostrado que la fertilización con nitrógeno provoca un aumento de la resistencia de la planta hospedante, tal como fue evidenciado en plantas de tomate, las cuales mostraron mayor resistencia al ataque de *Fusarium oxysporum* f. sp.

lycopersici y *Botrytis cinerea* (Mur et al., 2017). De acuerdo con estos autores, el nitrógeno puede hacer que la planta reconfigure su metabolismo primario y secundario y así influye en la biosíntesis de aminoácidos que subsecuentemente afectan la expresión de los genes de defensa, expresándose en la síntesis de alcaloides y otros compuestos fenólicos.

Con relación al potasio (K), este es uno de los nutrientes esenciales para la planta debido a que participa en el metabolismo de la planta, afectando su rendimiento y estudios recientes han demostrado que cumple un papel importante en la inducción de las defensas de la planta contra varios patógenos entre los que se incluyen el agente causal de la pudrición de la vaina y de antracnosis (Dordas, 2009). La inducción de resistencia de la planta contra enfermedades por efecto de la aplicación de potasio ocurre por este provoca variaciones en el metabolismo primario, en la actividad hormonal y enzimática, lo cual induce a la formación de compuestos que actúan en contra de los patógenos reduciendo la incidencia de enfermedades en tallos, hojas y raíces de los cultivos (Amtmann et al., 2008; Zörb et al., 2014).

Aunque estudios previos han demostrado el potencial efecto de la fertilización sobre el manejo de plagas, los resultados mostrados no son concluyentes (Allah Abd et al., 2022; Chau & Heong, 2005; Y. Chen et al., 2008). Por una parte, no se observó efecto de las diferentes dosis de nitrógeno sobre el número de ácaros en plantas de geranio, mientras que altas dosis de fósforo promovieron mayor número de ácaros después de ocho semanas de aplicación (Chen et al., 2008). Contrariamente, otros estudios verificaron que estos mismos nutrientes pueden provocar disminución de insectos chupadores (Allah Abd et al., 2022; Chau & Heong, 2005). Con relación al papel del potasio en la resistencia de la planta, la mayoría de los estudios establece que el potasio juega un rol importante en la reducción de la incidencia de plagas debido a que está relacionado con rutas de las fitohormonas involucradas en los mecanismos de defensa de la planta (Amtmann et al., 2008). A pesar de la importancia del ácaro rojo de las palmeras en la disminución de la producción de coco en el Caribe, hasta el presente existe poca información disponible sobre cómo las prácticas culturales pueden afectar las poblaciones del ácaro rojo de las palmeras de modo de incluirlas en programas de manejo integrado de las poblaciones de la plaga.

2.4. La resistencia de plantas y su aprovechamiento en un contexto de manejo de plagas

Con relación a la protección de cultivos, es importante diferenciar entre resistencia y tolerancia, como estrategias de defensa de plantas. La resistencia se refiere a aquellas características químicas y/o morfológicas de planta que limitan la alimentación y/o reproducción de los herbívoros y, por lo tanto, disminuyen el nivel de daño, mientras que la tolerancia ocurre cuando las características de la planta reducen los efectos negativos del daño de los herbívoros en el rendimiento de los cultivos (Mitchell et al., 2016).

Aunque los mecanismos de resistencia mediante los cuales la planta afectan a las plagas pueden variar de acuerdo con el estado fenológico de la planta y la etapa de desarrollo de la plaga, en general se reconocen las siguientes formas: la no preferencia de la planta como sustrato oviposición (antixenosis) con la consecuente disminución del potencial biótico (alimentación, reproducción, ciclo biológico), lo cual ocurre porque la planta no es atractiva para que el herbívoro se establezca y por reducción de la palatabilidad de la planta (Mitchell et al., 2016).

Algunos estudios demuestran el efecto de la resistencia de planta al ataque de diferentes herbívoros. Ruiz Díaz et al. (2018) observaron tasas variables de supervivencia, mortalidad y repelencia de *T. urticae* por efecto de la variedad del cultivo, mostrándose la mayor supervivencia (76.78%) en la variedad Cereza, seguido por la variedad La-1959 y Paloma (70.92 y 70.03%) durante 4 días de observación, mientras que la mayor mortalidad fue observada en las variedades Toro, Pegaso y Monte Carlos con 18.28, 16.14 y 12.86%, respectivamente. De acuerdo con los autores, la mayor tasa de mortalidad en algunas variedades demuestra que estas son menos adecuadas para el desarrollo poblacional del ácaro, lo que la categoriza como una variedad resistente.

De acuerdo con Golizadeh et al. (2017), los parámetros de la historia de vida de los ácaros fitófagos son herramientas útiles para evaluar la resistencia o la susceptibilidad de las plantas hospedantes, incluidos los diferentes cultivares. Estos autores compararon los parámetros de biológicos de *T. urticae* en 10 cultivares de rosas (Bella Vita, Cool Water, Dolce Vita, Maroussia, Orange Juice, Pink Promise, Roulette, Tea, Valentine y Persian yellow), obteniendo que la tasa de supervivencia de los ácaros

varió del 66,5 % en Bella Vita al 85,9 % en Persian Yellow, mientras que el tiempo de desarrollo osciló entre 9,35 días en Orange Juice y 12,30 días en Bella Vita y la mayor tasa de fecundidad fue registrada en Pink Promise. Las diferencias observadas en los cultivares de rosa muestran un potencial de usarse para el manejo integrado de plagas de *T. urticae* en cultivos de rosas ornamentales.

Adicionalmente, la resistencia se puede manifestar como una barrera física que incluye la densidad de tricomas, la lignificación de la pared celular, deposición de sílice, estructura de la cutícula, las espinas y los pelos y también la defensa química, la cual se divide en constitutiva que está preformada e inducida (Koch et al., 2016). Con relación a la resistencia inducida, esta se define como el incremento de la resistencia en plantas en respuesta a un estímulo extrínseco, biótico o abiótico, sin que ocurran alteraciones en el genoma de la planta y además se caracteriza porque se puede manifestar en sitio de ataque del agente biológico o de manera sistémica en toda la planta y es conocida como resistencia sistémica adquirida (Do Vale et al., 2001). Así, Gao et al. (2018) encontraron que la aplicación de potasio (K) provocó disminución de la incidencia de *Heterodera glycines* debido a que el potasio promovió la liberación de ácido cinámico, ácido ferúlico y ácido salicílico los cuales mostraron tener una acción antagónica sobre el nematodo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1.Ubicación del ensayo

El ensayo de campo para evaluar el efecto del tipo y forma de fertilización sobre la inducción de la resistencia de plantas de fresa al ataque de *Tetranychus urticae* fue realizado en una granja comercial ubicada en la parroquia Quinchicoto, cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua (1° 38' 33"S; 78° 65' 00" W), situado a una altura promedio de 3.368 msnm, con una temperatura media entre 12 y 14° C.

3.2.Equipos y materiales

Fertilizantes NPK

Biofertilizantes

Plantas de fresa variedad Albión

Líquido de Hoyer

Láminas porta y cubreobjeto

Placas Petri

Fundas plásticas

Reactivo de Folin Ciocalteu, Na₂CO₃, ácido gálico, cloruro de Aluminio, Quercetina, AlCl₃, NaOH

Espectrofotómetro UV-VIS

Centrífuga

3.3.Tipo de investigación

Este estudio fue conducido bajo un enfoque de investigación experimental, en la cual el investigador manipula de manera intencionada la variable independiente para analizar su efecto sobre una variable dependiente y para lo cual se establece uno o más tratamientos más un grupo control los cuales son asignados de manera aleatoria probabilística (Ramos-Galarza, 2021).

3.4.Prueba de hipótesis

H_0 = El tipo y forma de la fertilización no tiene un efecto en la inducción de la resistencia de las plantas de fresa contra el ataque del ácaro de dos manchas

H_1 = El tipo y forma de la fertilización tiene un efecto en la inducción de la resistencia de las plantas de fresa contra el ataque del ácaro de dos manchas

3.5.Recolección de información

3.5.1. Tratamientos de fertilización aplicados

- 1- 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar (F1)
- 2- 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía edáfica (F2)
- 3- 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía edáfica (F3)
- 4- 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía foliar (F4)

Se utilizó el bioestimulante Agrostemin a dosis de 2.5 g/L. Agrostemin es un producto hecho a base de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*) y cuya composición química consiste en macro y micronutrientes (biológicamente acomplexados por aminoácidos), más precursores de las hormonas vegetales (auxinas, giberelinas citoquininas, entre otras) (Edifarm, 2023)

Para iniciar el ensayo, se prepararon usaron plantas de fresa de 2 años, sembradas en sistema de camas levantadas de la variedad Albión. Durante en ensayo, se aplicaron riegos cada 4 días durante. Los diferentes tratamientos de fertilización fueron aplicados al inicio del ensayo

3.5.2. Colecta e identificación del ácaro

Los ácaros de dos manchas fueron recolectados de plantas de mora que crecían en las inmediaciones del sitio del ensayo. Las muestras de hojas que mostraban síntomas de alimentación por *T. urticae* fueron colectadas, colocadas en fundas plásticas de cierre hermético internamente cubiertas con papel toalla y llevadas al laboratorio de

Biotecnología. En el laboratorio cada muestra fue examinada bajo aumento de un microscopio estereoscópico. Para la corroboración de la especie se prepararon láminas con especímenes machos y hembras usando líquido de Hoyer. La determinación del género fue hecha mediante la utilización de la clave taxonómica de Gutiérrez (1985) y la especie fue determinada por comparación de la morfología del edeago (Ochoa et al., 1994).

3.5.3. Parámetros biológicos de *T. urticae*

Para evaluar el efecto de la fertilización sobre los parámetros biológicos de *T. urticae* (oviposición y supervivencia), se prepararon unidades de cría para la obtención de individuos de edad homogénea, siguiendo la metodología de Pazmiño et al. (2018). Cada unidad de cría consistió en una cápsula de Petri (9 cm de diámetro) que contenía una almohadilla de poliuretano de 1 cm de espesor y humedecida con agua destilada y sobre cada unidad de cría fueron colocados tres discos de hoja de fresa (2 cm de diámetro) con el envés hacia arriba, sobre las cuales fueron colocados cinco hembras y dos machos para promover la cópula y asegurar la producción de huevos.

Después de 24 h las hembras y machos fueron descartados y se registró el número de huevos, los cuales fueron dejados sobre las unidades de cría hasta la emergencia de los adultos y se hizo el seguimiento de la tasa de oviposición diaria y total. Cada hembra recién emergida (< 24 h de edad) fue colocada individualmente en una unidad de cría previamente identificada y observada cada 24 h para determinar período de preoviposición (tiempo transcurrido entre la emergencia de la hembra hasta el momento de la primera oviposición), así como el tiempo de oviposición (tiempo desde la primera oviposición hasta el último huevo) y el período de postoviposición (tiempo desde que coloca el último huevo hasta la muerte de la hembra). Este ensayo fue realizado en el laboratorio ($18.0 \pm 1^\circ\text{C}$, $55.0 \pm 10\%$ HR). Para cada tratamiento fueron usadas 20 unidades de cría, que representaron las replicaciones.

Adicionalmente se contabilizó el tiempo transcurrido desde la emergencia de la hembra hasta la muerte de las hembras de *T. urticae* para determinar la supervivencia por efecto de la fertilización de plantas de fresa. Los datos fueron expresados en días promedio.

3.5.4. Preferencia de *T. urticae* en cultivares de fresa

Para el estudio de preferencia de *T. urticae* en plantas de fresa tratadas con diferentes formas de fertilización (antixenosis) fueron seleccionadas cinco plantas de cada tratamiento, las cuales fueron etiquetadas con la respectiva simbología para ser identificadas con facilidad. Cada grupo de plantas de fresa fue colocado frente a una planta de pepino dulce infestada de ácaros a una distancia de 25 cm y se observó la migración de los ácaros desde la planta de pepino dulce (hospedante) a las plantas de fresa (receptoras) cada 3 días durante 30 días, resultando en 10 fechas de muestreo.

3.5.5. Extracción de polifenoles y flavonoides totales

La cuantificación de polifenoles totales se hizo con el método colorimétrico de Folin Ciocalteu descrito por Kong et al. (2012) con modificaciones. La curva de calibración fue hecha usando ácido gálico (AG) como estándar de referencia. Se mezclaron 50 μL del extracto obtenido con 100 μL de reactivo Folin-Ciocalteu 2 N y se dejó reposar durante 5 min a 20 °C. Posteriormente se agregó 1 mL de Na_2CO_3 , se aforó a 5 mL con agua Milli-Q y se dejó reposar durante dos horas en la oscuridad para que ocurriera la reacción evidenciada con la formación de un color azul. Finalmente, se midió la absorbancia de la disolución a 760 nm utilizando un espectrofotómetro UV-VIS (Thermo Scientific- Evolution 201). El contenido de PFT en la muestra se determinó mediante la fórmula: $PFT = \frac{A_{760} - b_1}{m_1} \times FD$ y la curva de calibrado preparada a partir del estándar de ácido gálico (AG).

Donde:

PFT: Polifenoles totales expresados en mg AG/g de muestra,

A_{760} : Absorbancia medida a 760 nm,

m_1 y b_1 : Pendiente e intercepto de la recta de regresión del calibrado con AG.

FD: Factor de dilución que depende de la alícuota tomada del extracto, la cantidad de hoja utilizada y el volumen de aforo del extracto inicial

La cuantificación de FnT se hizo mediante el método colorimétrico usando Cloruro de Aluminio y Quercetina (QT) como estándar descrito por Kong et al. (2012) con modificaciones. Se mezclaron 250 μL del extracto con 150 μL de NaNO_2 al 5% p/v, se dejó reposar durante 6 min y se adicionaron 300 μL de AlCl_3 al 10% p/v. Después de 5 min, se añadió 1 mL de NaOH 1 M y se aforó a 5 mL con agua Milli-Q. El

contenido de FnT en la muestra se determinó mediante la fórmula $FnT = \frac{A_{510} - b_2}{m_2} \times FD$ y la curva de calibrado preparada a partir del estándar de QT.

Donde:

F_{nT}: Flavonoides totales expresados en mg QT/g de muestra,

A₅₁₀: Absorbancia medida a 510 nm,

m₂ y *b₂*: Pendiente e intercepto de la recta de regresión del calibrado con QT,

FD: Factor de dilución que depende de la alícuota tomada del extracto, la cantidad de hoja utilizada y el volumen de aforo del extracto inicial

Para la optimización de la extracción de polifenoles y flavonoides totales se evaluó el nivel de extracción de estos compuestos usando muestras de 0,5 y 5 g del polvo de hojas sometidos 24 y 96 h de maceración, respectivamente.

Con el fin de evitar de utilizar la menor cantidad de tejido foliar, se utilizó 0,1 g de muestra junto con 1 mL del disolvente evaluado en un tubo de microcentrífuga (2 mL). A continuación, se aplicaron los métodos de extracción a 40, 50 y 60 °C durante 5, 10, 20 y 30 min. Posteriormente, la mezcla fue centrifugada a 3869 rpm (BUNSEN FINSEN) durante 5 min, el sobrenadante fue evaporado a estufa a 40°C durante 150 min. El residuo fue transferido cuantitativamente a 5 mL con agua Milli-Q y conservado a 4°C hasta su posterior análisis. Este procedimiento fue repetido sucesivamente, colocando en cada ciclo solvente fresco al material que va quedando de la extracción anterior hasta que la cantidad extraída de polifenoles y flavonoides totales sea mínima comparada con la obtenida durante el ciclo anterior.

3.6. Procesamiento de la información y análisis estadístico

El estudio sobre antixenosis fue conducido bajo un diseño completamente al azar con arreglo de tratamientos factorial con el tipo de fertilización como primer factor y la fecha de muestreo como segundo factor. El contenido de fenoles y flavonoides fue analizado como un diseño completamente al azar. Todas las variables bajo estudio fueron sometidas a análisis de varianza (ANOVA) y aquellas variables que mostraron diferencias significativas fueron sometidas a prueba de medias según Tukey ($p < 0,01$) utilizando el paquete estadístico Statistix versión 10.0 para Windows.

3.7. Variables respuesta

- 3.7.1. **Tasa de oviposición:** referido como el número promedio de huevos colocados por cada hembra por día
- 3.7.2. **Longevidad:** es el número de días que logra sobrevivir cada ácaro cuando es sometido a las condiciones de fertilización evaluadas en el presente estudio
- 3.7.3. **No preferencia:** también conocida como antixenosis y se refiere a la preferencia o no que demuestra un ácaro para colonizar una planta de manera de usarlo como sustrato de alimentación u oviposición.
- 3.7.4. **Fenoles:** se midió el contenido de estos compuestos fenólicos en plantas de fresa sometidas a los diferentes regímenes de fertilización para determinar su efecto sobre los parámetros biológicos del ácaro.
- 3.7.5. **Flavonoides:** se midió el contenido de flavonoides en plantas de fresa sometidas a los diferentes regímenes de fertilización para determinar su efecto sobre los parámetros biológicos del ácaro.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

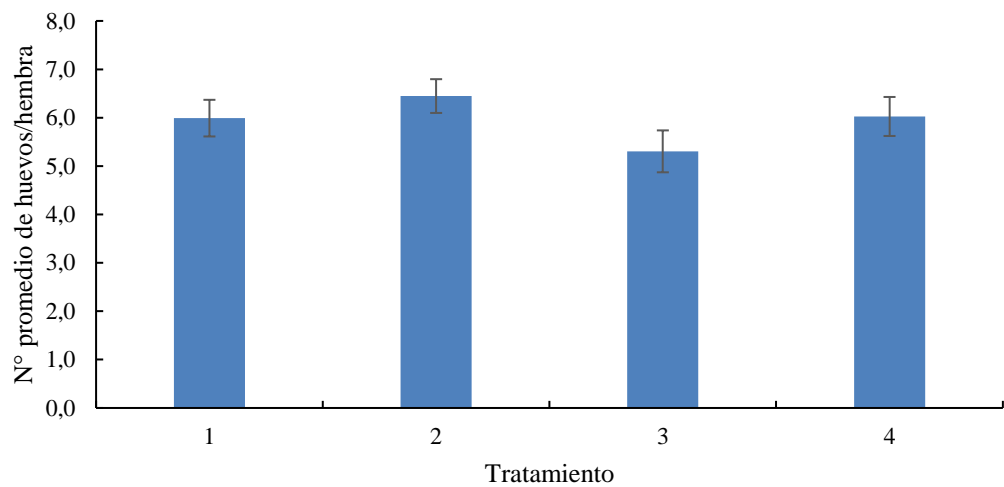
4.1. Oviposición de *T. urticae* por efecto de la fertilización en plantas de fresa variedad Albión

No se observó efecto de la fertilización de plantas de fresa sobre la oviposición en hembras de *T. urticae* ($p < 0.1977$; $F = 1.60$; $g.l. = 3$) (Fig. 4). En términos promedios, la oviposición varió desde 5.3 huevos/hembra en plantas que fueron tratadas con el 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía edáfica hasta 6.4 huevos/hembra en plantas tratadas con 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía foliar.

El efecto de la fertilización de la planta sobre los parámetros biológicos de *T. urticae* ha sido estudiado en diferentes investigaciones. Por una parte, Damghani et al. (2021) demostraron que el mayor tiempo de desarrollo fue observado en ácaros criados sobre plantas fertilizadas con sulfato de potasio al 60%, mientras que el menor tiempo fue alcanzado en plantas fertilizadas con nitrato de amonio al 30% y urea al 60%. Así mismo, la oviposición en hembras de *T. urticae* fue significativamente mayor cuando fue criado en plantas fertilizadas con diferentes concentraciones de nitrato de amonio.

Por otra parte, Sousa et al. (2021) estudiaron los parámetros biológicos de *T. urticae* en plantas de fresa fertilizadas con diferentes dosis y fuentes de fertilizantes orgánicos (Bokashi compost, Pengergetic®, solución de gallinaza hervida al 2.5%, 5%, 75% y 10% y control) y observaron que el ciclo biológico fue más corto, con mayor longevidad y número y viabilidad de huevos cuando fueron criados en plantas fertilizadas con Bokashi. Así mismo, el contenido de compuestos fenólicos a nivel foliar se correlacionó positivamente con la duración de las fases inmaduras y negativamente con la densidad poblacional registrada en invernadero.

Figura 4. Oviposición promedio de hembras de *T. urticae* criadas en hojas de fresa sometidas a diferentes formas de fertilización

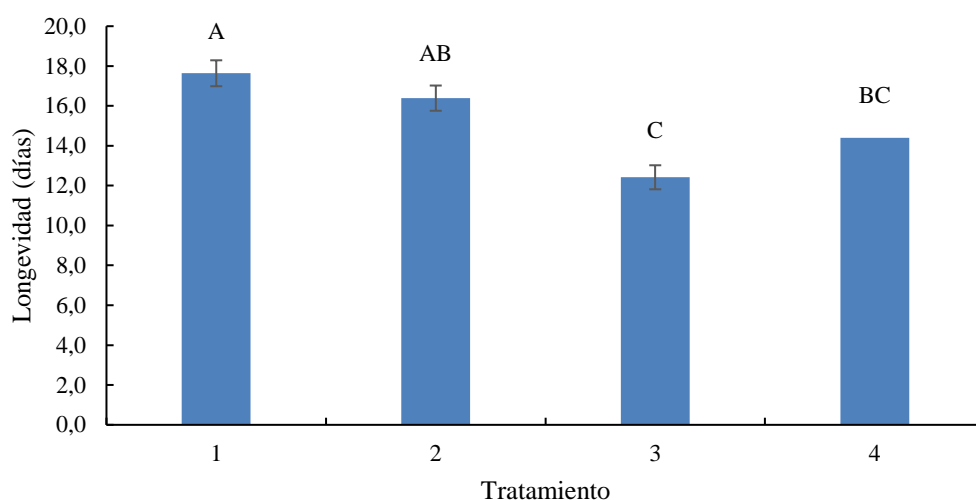


4.2. Longevidad de *T. urticae* por efecto de la fertilización en plantas de fresa variedad Albión

La longevidad de las hembras de *T. urticae* fue influenciada por la fertilización de plantas de fresa variedad Albión siendo significativamente menor cuando las hembras fueron criadas en hojas de plantas que fueron tratadas con el 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía edáfica, seguida de aquellas hembras criadas en plantas de tratadas con 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía foliar. Contrariamente, los mayores valores de longevidad fueron 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar y 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía edáfica (Fig. 5).

Estudios previos han demostrado el efecto de los metabolitos secundarios sobre los parámetros biológicos de especies de Tetranychidae, sin embargo, el efecto de estos compuestos químicos, así como los niveles de nitrógeno sobre el desarrollo y reproducción debe ser más ampliamente estudiado (Bazazzadeh et al., 2020).

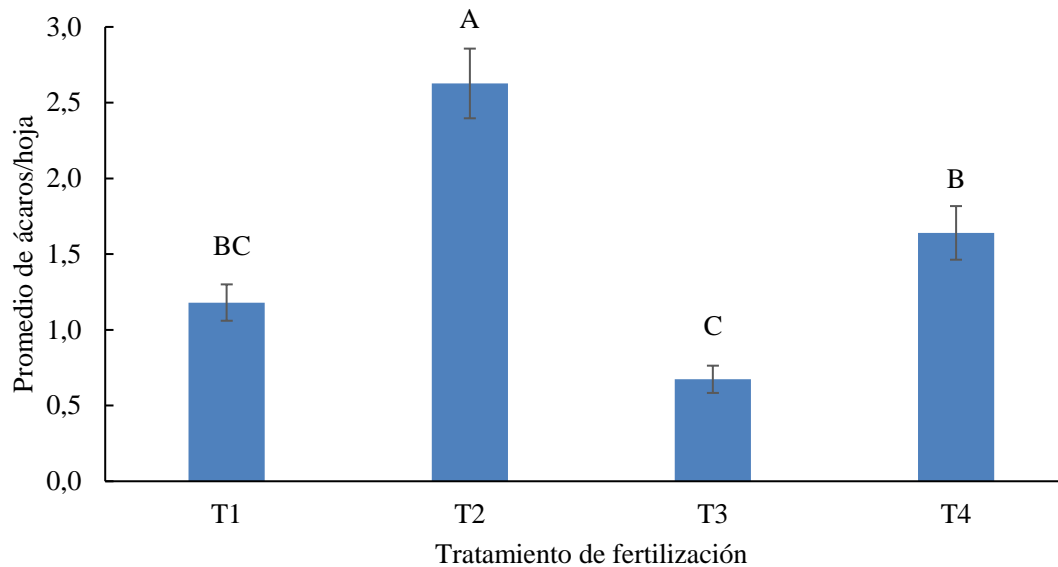
Figura 5. Longevidad de hembras de *T. urticae* criadas en hojas de fresa sometidas a diferentes formas de fertilización



4.3. Estudio de la antixenosis en plantas de fresa variedad Albión sometidas a diferentes tipos de fertilización

Se observó efecto del tipo de fertilización ($p < 0.01$; $F = 13.99$; g.l. = 9) y de la fecha de muestreo ($p < 0.01$; $F = 29.87$; g.l. = 3) sobre el número de ácaros presentes en plantas de fresa variedad Albión (Fig. 6). Con relación al efecto del tipo y forma de fertilización se encontró que la menor preferencia mostrada por *T. urticae* fue observada en plantas tratadas con 50% de fertilización inorgánica NPK más biofertilizante aplicados por vía edáfica, en las cuales se encontraron 0.67 ácaros/hoja, seguido de plantas fertilizadas con 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar, donde el número de ácaros fue de 1.18 individuos/hoja y en plantas tratadas con el 50% de fertilización inorgánica NPK más biofertilizante aplicados por vía foliar con 1.64 ácaros/hoja, mientras que cuando las plantas fertilizadas con el 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía edáfica se observó el mayor número de ácaros (2.62 individuos/hoja).

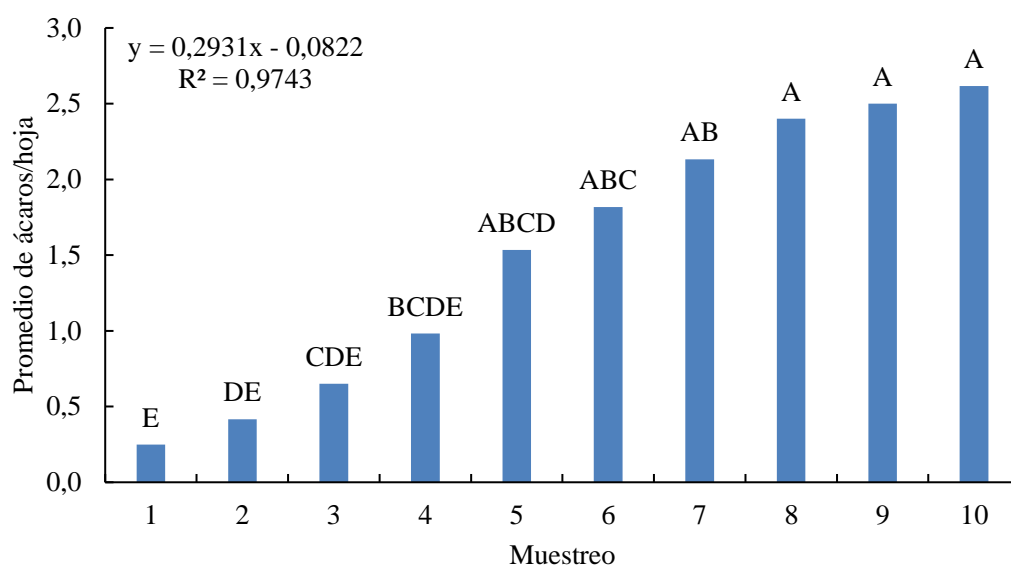
Figura 6. Efecto de la fertilización sobre el número de *Tetranychus urticae* encontrados en plantas de fresa variedad Albión



Así también se observó que el número de ácaros fue incrementando entre las diferentes fechas de muestreo, lo cual mostró diferencias significativas desde el primer muestreo con un valor promedio de 0.25 ácaros/hoja, el cual fue incrementando a 0.42; 0.65; 0.98 y 1.53 ácaros/hoja desde el segundo al quinto muestreo. Posteriormente, el número de ácaros/hoja continuó incrementado desde 1.8 hasta 2.6 individuos por hoja desde el sexto al décimo muestreo (Fig. 7).

Resultados similares fueron mostrados por Modarres Najafabadi et al. (2011) quienes señalaron que existió una respuesta positiva entre las aplicaciones de nitrógeno y el número de formas adultas o inmaduras de *T. urticae* en la mayoría de las fechas de muestreo, durante el crecimiento máximo de la población, observándose que la aplicación de 69 kg de nitrógeno por hectárea (150 kg ha Urea 46% N) promovió el aumento de las poblaciones del ácaro.

Figura 7. Variación de las poblaciones de *T. urticae* en plantas de fresa variedad Albión a lo largo de los muestreos durante el ensayo



Cuando se consideró el efecto combinado de la forma de fertilización a lo largo de las fechas de muestreo se observó que, en general, los máximos valores de densidad de *T. urticae* fueron registrados durante las últimas fechas de muestreo, sin embargo, se detectaron diferencias en el tiempo de aparición de las mayores poblaciones (Tabla 1). Así, en el tratamiento que recibió el 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar, las poblaciones del ácaro comenzaron a incrementarse a partir del octavo muestreo, a diferencia del tratamiento que recibió el 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía edáfica donde las poblaciones comenzaron a incrementar a partir del cuarto muestreo. Un resultado similar fue observado en plantas de fresa que fueron tratadas con el 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía foliar cuyas poblaciones comenzaron a incrementarse a partir del quinto muestreo, lo cual demuestra que *T. urticae* mostró mayor preferencia por estas plantas.

Tabla 1. Variación del número promedio de *T. urticae* por hoja en plantas de fresa variedad Albión tratadas con diferentes fuentes y formas de fertilización

Tratamiento de fertilización	Muestreo	Número promedio de ácaros/hoja
100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar	1	0.27±0.21 D
	2	0.33±0.24 D
	3	0.53± 0.34D
	4	1.06±0.40 CD
	5	1.33±0.41 CD
	6	1.33±0.41 CD
	7	1.53±0.41 BCD
	8	1.73±0.40 ABCD
	9	1.80±0.40 ABCD
	10	1.87±0.40 ABCD
100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía edáfica	1	0.47±0.24 D
	2	0.67±0.37 D
	3	1.20±0.38 CD
	4	1.73±0.52 ABCD
	5	2.13±0.60 ABCD
	6	2.87±0.77 ABCD
	7	3.80±0.81 ABC
	8	4.47±0.84 A
	9	4.33± 0.82 AB
	10	4.60±0.88 A
50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía edáfica	1	0.00±0.00 D
	2	0.13±0.13 D
	3	0.13±0.13 D
	4	0.13±0.13 D
	5	0.60±0.27 D
	6	0.80±0.26 D
	7	1.07±0.34 CD
	8	1.13±0.36 CD
	9	1.33±0.67 CD
	10	1.40±0.38 CD
50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía foliar	1	0.27±0.15 D
	2	0.53±0.19 D
	3	0.73±0.28 D
	4	1.00±0.40 CD
	5	2.07±0.60 ABCD
	6	2.27±0.69 ABCD
	7	2.13±0.68 ABCD
	8	2.27±0.59 ABCD
	9	2.53±0.67 ABCD
	10	2.60±0.65 ABCD

Un efecto contrario fue detectado en plantas que recibieron el 50% de fertilización inorgánica NPK + biofertilizante aplicado por vía edáfica, en las cuales las poblaciones de *T. urticae* se mantuvieron significativamente más bajas en comparación con el resto de los tratamientos.

4.4. Contenido de fenoles y flavonoides totales en plantas de fresa variedad

Albión sometidas a diferentes tipos de fertilización

El estudio del contenido de fenoles y flavonoides totales en hojas de fresa variedad Albión sometidas a diferentes formas de fertilización también mostró diferencias significativas ($p_{\text{fenoles}} < 0.01$; $F = 128.4$; $g.l. = 3$; $p_{\text{flavonoides}} < 0.01$; $F = 19.04$; $g.l. = 3$) (Figuras 8 y 9). Se encontró una relación lineal entre el contenido de fenoles totales y la forma de fertilización ($R^2 = 0.8984$), donde los mayores contenidos de este metabolito fueron detectados en plantas de fresa que recibieron la fertilización con el 50% de fertilización inorgánica más un biofertilizante aplicado tanto por vía edáfica como vía foliar, en las cuales el contenido de fenoles alcanzó 42.4 y 44.2 mg de ácido gálico/g de hoja de fresa. Estos valores fueron 41.7 y 35.5 % mayor cuando se comparó con el contenido de fenoles en plantas que recibieron el 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar y edáfica, respectivamente (Fig. 8).

En cuanto al contenido de flavonoides, se observó una tendencia similar a lo visto con el contenido de fenoles totales, puesto que, también se observó una relación lineal positiva entre el contenido de flavonoides totales y la forma de fertilización ($R^2 = 0.9556$), donde el mayor contenido de flavonoides fue encontrado en plantas de fresa que habían sido tratadas con el 50% de fertilización inorgánica más un biofertilizante aplicado tanto por vía edáfica como vía foliar. Estos valores resultaron ser 23.6 y 12.2 % mayor que en plantas que recibieron el 100% de fertilización inorgánica NPK a la dosis recomendada aplicado por vía foliar y edáfica, respectivamente (Fig. 9).

Figura 8. Contenido de fenoles totales (expresados en mg de ácido gálico por gramo de hoja) en plantas de fresa tratadas con diferentes formas de fertilización

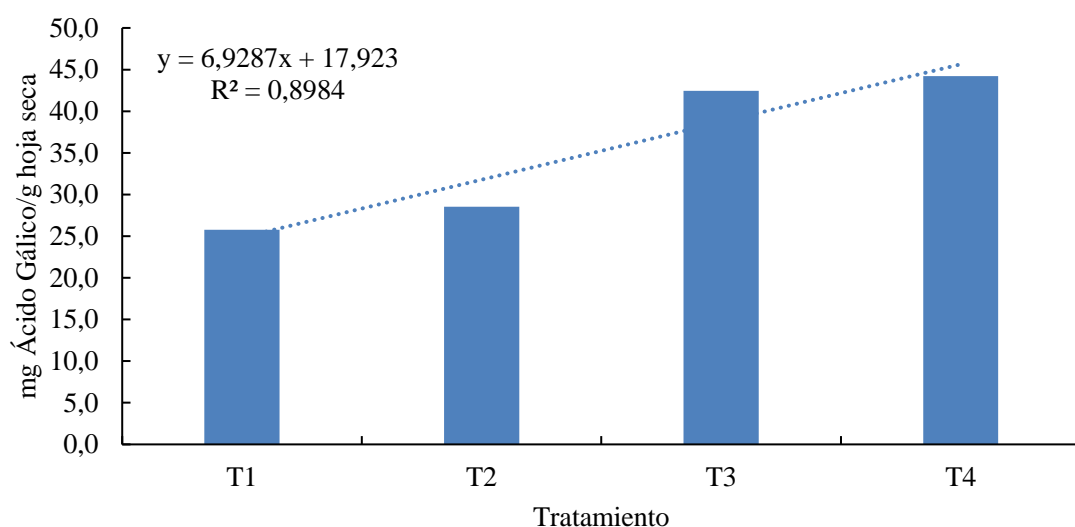
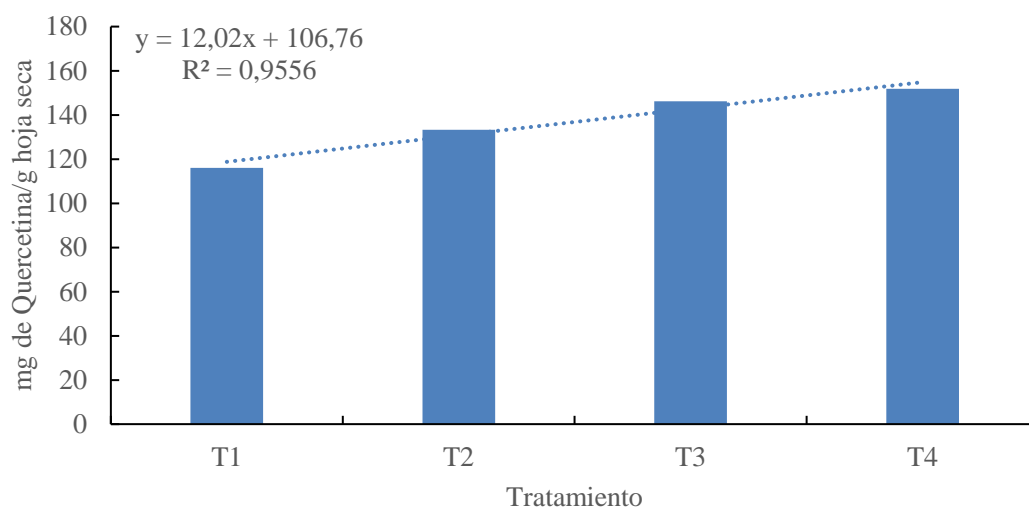


Figura 9. Contenido de fenoles totales (expresados en mg de quercetina por gramo de hoja) en plantas de fresa tratadas con diferentes formas de fertilización



Posiblemente los mejores resultados obtenidos con los tratamientos basados en el uso de biofertilizantes se deben a que este tipo de productos tienen un impacto positivo en la absorción de nutrientes de las plantas (Halpern et al., 2015). En este sentido, cuando Turan & Köse (2004) probaron los efectos de la aplicación foliar de tres biofertilizantes a base de algas marinas sobre la absorción de nutrientes en una vid observaron que este tipo de producto provocó una mejora significativa en las concentraciones de macronutrientes y micronutrientes en las hojas.

Rathore et al. (2009) encontraron que la aplicación foliar de un biofertilizante a base del alga roja *Kappaphycus alvarezii* promovió el incremento de la concentración de N, P, K y S hasta en un 36, 61, 49 y 93 %, respectivamente, en soja cultivada bajo condiciones de secano.

Con base en estos resultados, es posible sugerir que probablemente el uso un biofertilizante pudo promover una absorción más eficiente de los nutrientes aplicados, aún en cantidades menores a la dosis recomendada, mejorando así la fisiología de la planta y consecuentemente, pudo provocar la producción de metabolitos secundarios que promueven la resistencia natural con la que pudo afectar la biología del ácaro en plantas de fresa.

Los metabolitos secundarios producidos por las plantas, tales como terpenoides, alcaloides, flavonoides, entre otros, han demostrado ser efectivos en el control natural de ácaros fitófagos, por lo cual muchos extractos de plantas han sido usados como una estrategia sustentable para el control de ácaros (Singh & Saratchandra, 2005). Estos metabolitos que comúnmente se encuentran en forma de mezclas de sustancias activas pueden retrasar o prevenir el desarrollo de resistencias (Rattan, 2010).

Los compuestos fenólicos contribuyen significativamente a la resistencia de las plantas frente a plagas, patógenos y estrés abiótico, por lo que, en las últimas décadas, se ha incrementado el interés sobre los compuestos fenólicos debido a su importancia ecológica y fisiológica (Treutter, 2010).

Los estudios enfocados en la búsqueda de soluciones sustentables para el manejo de plagas y que a su vez garanticen la seguridad alimentaria con altos rendimientos están adquiriendo cada vez mayor importancia. Este objetivo puede lograrse mediante el establecimiento de un sistema de cultivo que tienda a reducir el uso de productos fitosanitarios químicos sintéticos, que afectan tanto la biodiversidad, así como los recursos hídricos, pero con uso eficiente de fertilizantes que no solo garanticen altos rendimientos, sino que promuevan la resistencia natural de los cultivos de manera que promuevan el uso de medidas alternativas para el control de plagas y enfermedades y que además favorezca la protección de la biodiversidad (Pergner & Lippert, 2023).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1. Conclusiones

La tasa de oviposición de *T. urticae* no fue afectada por la aplicación de diferentes formas de fertilización en plantas de fresa variedad Albión. Esto puede ser debido a que la variedad de fresa Albión no presenta mecanismos de resistencia que afectan este parámetro biológico del ácaro. Sin embargo, más estudios deben ser realizados.

Contrario a lo observado con la oviposición, la longevidad o tasa de supervivencia de *T. urticae* si fue afectada por la aplicación de diferentes formas de fertilización en plantas de fresa variedad Albión, siendo principalmente afectada cuando la fertilización fue aplicada en forma combinada con una fuente inorgánica más un biofertilizante, indistintamente si este fue aplicado vía edáfica como vía foliar. Este efecto se debió a que probablemente el biofertilizante mejoró la absorción de los nutrientes, haciéndolos más eficientes en la activación de los mecanismos de resistencia de la planta.

Por último, la forma de fertilización provocó cambios en la producción de metabolitos secundarios, tales como fenoles y flavonoides totales, los cuales mostraron mayores valores cuando la fertilización fue aplicada en forma combinada con una fuente inorgánica más un biofertilizante, indistintamente si este fue aplicado vía edáfica como vía foliar. Esta variación pudo haber provocado activación de mecanismos de defensa en la planta los cuales afectaron la biología de *T. urticae*.

5.2. Recomendaciones

Basados en los resultados obtenidos con el uso de biofertilizantes en combinación con fertilizantes inorgánicos convencionales se sugiere el uso de este tipo de fertilización de manera de reducir el uso de fertilizantes inorgánicos, lo cual favorece el uso eficiente de este tipo de producto y consecuentemente disminuye los efectos negativos sobre el suelo, las aguas y la biodiversidad.

Es recomendable repetir este tipo de experiencias en otros cultivos de importancia en la región de manera de comprobar los posibles efectos benéficos de este tipo de

estrategias en el manejo no solo de la fertilización del cultivo sino también de su potencial uso para el manejo de plagas de importancia económica.

BIBLIOGRAFÍA

- Agehara, S. (2021). Characterizing early-season nitrogen fertilization rate effects on growth, yield, and quality of strawberry. *Agronomy*, *11*(5), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11050905>
- Allah Abd, Y. N. M., Metwally, S. A. G., Refaei, B. M., Ibrahim, S. A., & El Sawaf, B. M. (2022). Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation and yield cantaloupe production in relation to inorganic fertilization. *Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute*, *5*(1), 19–28.
- Amtmann, A., Troufflard, S., & Armengaud, P. (2008). The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiologia Plantarum*, *133*(4), 682–691. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01075.x>
- Bazazzadeh, F., Shishehbor, P., Esfandiari, M., & Farahi, S. (2020). Development, reproduction and life table parameters of tetranychus turkestanii (Acari: Tetranychidae) on three different host plants. *Acarologia*, *60*(3), 643–655.
<https://doi.org/10.24349/acarologia/20204393>
- Bernardi, D., Araujo, E. S., Zawadneak, M. A. C., Botton, M., Mogor, A. F., & Garcia, M. S. (2013). Aphid Species and Population Dynamics Associated with Strawberry. *Neotropical Entomology*, *42*(6), 628–633.
<https://doi.org/10.1007/s13744-013-0153-1>
- Borges, A. A., & Sandalio, L. M. (2015). Induced resistance for plant resistance. *Frontiers in Plant Science*, *6*, 1–2. <https://doi.org/10.1038/nchembio.1520>
- Castilho, R. C., Duarte, V. S., de Moraes, G. J., Westrum, K., Trandem, N., Rocha, L. C. D., Delalibera, I., & Klingen, I. (2015). Two-spotted spider mite and its natural enemies on strawberry grown as protected and unprotected crops in Norway and Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, *66*(4), 509–528.
<https://doi.org/10.1007/s10493-015-9913-4>
- Chau, M. L., & Heong, K. (2005). Effects of organic fertilizers on insect pest and diseases of Rice. *Omonrice*, *13*, 26–33.
- Chen, X. (2014). *Effects of induced plant resistance and potassium fertilization rates*

on soybean looper (*Chrysodeixis includens*) development in Soybean [Louisiana State University].

http://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses%5Cnhttp://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/3355

Chen, Y., Ruberson, J. R., & Olson, D. M. (2008). Nitrogen fertilization rate affects feeding, larval performance, and oviposition preference of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, on cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 126(3), 244–255. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00662.x>

Damghani, M., Asadi, M., & Khanamani, M. (2021). Effect of different fertilizer regimes on life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on resistant bean cultivar. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(4), 853–863.

Do Vale, F. X. R., Parlevliet, J. E., & Zambolin, L. (2001). Concepts in plant disease resistance. *Fitopatologia Brasileira*, 26(3), 577–589. <https://doi.org/10.1590/s0100-41582001000300001>

Dordas, C. (2009). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture: a review. In E. et al Lichtfouse (Ed.), *Sustainable Agriculture* (pp. 443–459). Springer. <https://doi.org/10.1051/agro>

Dreyer, I., Spitz, O., Kanonenberg, K., Montag, K., Handrich, M. R., Ahmad, S., Schott-Verdugo, S., Navarro-Retamal, C., Rubio-Meléndez, M. E., Gomez-Porras, J. L., Riedelsberger, J., Molina-Montenegro, M. A., Succurro, A., Zuccaro, A., Gould, S. B., Bauer, P., Schmitt, L., & Gohlke, H. (2019). Nutrient exchange in arbuscular mycorrhizal symbiosis from a thermodynamic point of view. *New Phytologist*, 222(2), 1043–1053. <https://doi.org/10.1111/nph.15646>

Duarte, A. da F., de Bastos Pazini, J., Duarte, J. L. P., da Silva, L. R., & da Cunha, U. S. (2020). Compatibility of pesticides used in strawberry crops with predatory mites *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) and *Cosmolaelaps brevistilis* (Karg). *Ecotoxicology*, 29(2), 148–155. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02164-w>

- Gao, X., Zhang, S., Zhao, X., & Wu, Q. (2018). Potassium-induced plant resistance against soybean cyst nematode via root exudation of phenolic acids and plant pathogen-related genes. *PLoS ONE*, *13*(7), 1–13.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200903>
- Golizadeh, A., Ghavidel, S., Razmjou, J., Fathi, S. A. A., & Hassanpour, M. (2017). Comparative life table analysis of *Tetranychus urticae* koch (Acari: Tetranychidae) on ten rose cultivars. *Acarologia*, *57*(3), 607–616.
<https://doi.org/10.24349/acarologia/20174176>
- Gutierrez, J. (1985). Systematics. In W. Helle & M. Sabelis (Eds.), *Spider Mites: their biology, natural enemies and control* (pp. 75–90). Elsevier Science.
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 130, pp. 141–174). Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>
- Hancock, J. F., Sjulín, T. M., & Lobos, G. A. (2008). Strawberries. In J. F. Hancock (Ed.), *Temperate fruit crop breeding: Germplasm to genomics* (pp. 1–39). Springer, Kluwer Academic Publishers,. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6907-9-13>
- Karimi, K., Arzanlou, M., & Pertot, I. (2019). Weeds as potential inoculum reservoir for *Colletotrichum nymphaeae* causing strawberry anthracnose in Iran and Rep-PCR fingerprinting as useful marker to Differentiate *C. acutatum* complex on strawberry. *Frontiers in Microbiology*, *10*, 1–13.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00129>
- Khalid, S., Qureshi, K. M., Hafiz, I. A., Khan, K. S., & Shaukat, U. (2013). Effect of organic amendments on vegetative growth, fruit and yield quality of strawberry. *Pakistan Journal of Agricultural Resources*, *26*(2), 104–112.
- Kirschbaum, D. S., Vicente, C. E., Cano-Torres, M. A., Gambardella, M., Veizaga-Pinto, F. K., & Antunes, L. E. C. (2017). Strawberry in South America: From the Caribbean to Patagonia. *Acta Horticulturae*, *1156*, 947–956.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.140>

Kloth, K. J., Thoen, M. P. M., Bouwmeester, H. J., Jongma, M. A., & Dicke, M. (2012). Association mapping of plant resistance to insects. *Trends in Plant Science*, 17(5), 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.01.002>

Koch, K. G., Chapman, K., Louis, J., Heng-Moss, T., & Sarath, G. (2016). Plant tolerance: A unique approach to control hemipteran pests. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01363>

Li, Y. Y., Liu, M. X., Yuan, J. G., Okonkwo, T. T., Chen, H. Q., & Liu, H. (2021). Evaluation of a philic egg-consumption predatory thrips *Scolothrips takahashii* for control of the citrus red mite *Panonychus citri*. *Crop Protection*, 140, 105421. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105421>

Liburd, O., & Rhodes, E. (2019). Management of Strawberry Insect and Mite Pests in Greenhouse and Field Crops. In A. Toshiki & M. Asaduzzaman (Eds.), *Strawberry - Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality Monitoring* (pp. 1–21). InTech. <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>

Llorens, E., García-Agustín, P., Lapeña, L., & Sentelhas, P. C. (2017). Advances in induced resistance by natural compounds: towards new options for woody crop protection. *Sci. Entia Agricola*, 74(1), 90–100. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0012>

Mitchell, C., Brennan, R. M., Graham, J., & Karley, A. J. (2016). Plant defense against herbivorous pests: Exploiting resistance and tolerance traits for sustainable crop protection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01132>

Modarres Najafabadi, S. S., Shoushtari, R. V., Ali Zamani, A., Arbabi, M., & Farazmand, H. (2011). Effect of Nitrogen Fertilization on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) Populations on Common Bean Cultivars. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(5), 990–998.

- Mur, L. A. J., Simpson, C., Kumari, A., Gupta, A. K., & Gupta, K. J. (2017). Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. *Annals of Botany*, *119*(5), 703–709. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw179>
- Ochoa, R., Aguilar, H., & Vargas, C. (1994). *Phytophagous mites of Central America: An illustrated guide*. CATIE.
- Ojeda-Real, L. A., Lobit, P., Cárdenas-Navarro, R., Grageda-Cabrera, O., Farías-Rodríguez, R., Valencia-Cantero, E., & Macías-Rodríguez, L. (2009). Effect of nitrogen fertilization on quality markers of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Aromas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(6), 935–939. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3531>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Datos de cultivos*. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Pazmiño, P., Lema, G., Mendoza, D., Velástegui, G., & Vásquez, C. (2018). Parámetros biológicos de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) alimentados sobre dos cultivares de fresa en Ecuador. *Bioagro*, *30*(3), 229–234.
- Pergner, I., & Lippert, C. (2023). On the effects that motivate pesticide use in perspective of designing a cropping system without pesticides but with mineral fertilizer—a review. *Agronomy for Sustainable Development*, *43*(2), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00877-w>
- Petrasch, S., Knapp, S. J., van Kan, J. A. L., & Blanco-Ulate, B. (2019). Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Molecular Plant Pathology*, *20*(6), 877–892. <https://doi.org/10.1111/mpp.12794>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, *10*(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rathore, S. S., Chaudhary, D. R., Boricha, G. N., Ghosh, A., Bhatt, B. P., Zodape, S. T., & Patolia, J. S. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*, *75*(2), 351–355.

<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.10.009>

Rattan, R. S. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection*, 29(9), 913–920.

<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.008>

Romera, F. J., García, M. J., Lucena, C., Martínez-Medina, A., Aparicio, M. A., Ramos, J., Alcántara, E., Angulo, M., & Pérez-Vicente, R. (2019). Induced systemic resistance (ISR) and Fe deficiency responses in dicot plants. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00287>

Ruiz Díaz, Á. A., Malacara Herrera, I. del R., Cerna Chávez, E., Ochoa Fuentes, Y. M., Aguirre Uribe, L. A., & Landeros Flores, J. (2018). Comportamiento poblacional de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en variedades de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 961–969.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1505>

Sargent, D. J., Buti, M., Šurbanovski, N., Brurberg, M. B., Alsheikh, M., Kent, M. P., & Davik, J. (2019). Identification of QTLs for powdery mildew (*Podosphaera aphanis*; syn. *Sphaerotheca macularis* f. sp. *Fragariae*) susceptibility in cultivated strawberry (*Fragaria × ananassa*). *PLoS ONE*, 14(9), e0222829. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222829>

Schwarz, K., Vilela-Resende, J. T., Pierozan-Junior, C., Paula, J. T. De, Baier, J. E., De Souza-Silva, M. L., & Brendler-Oliveira, F. (2018). Yield and nutrition of greenhouse-grown strawberries (*Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier. cv. Camarosa) as affected by potassium fertilization. *Acta Agronomica*, 67(1), 114–119. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.59553>

Simpson, D. (2018). The Economic Importance of Strawberry Crops. In T. Hytönen, J. Graham, & R. Harrison (Eds.), *The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild Relatives, Compendium of Plant Genomes* (pp. 1–7). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9>

Singh, R. N., & Saratchandra, B. (2005). The Development of Botanical Products with Special Reference to Seri-Ecosystem. *Caspian Journal of Environmental*

Sciences, 3(1), 1–8.

- Sousa, V., Ventura, M. U., Hoshino, A. T., Hata, F. T., & Constantino, L. V. (2021). Development and population growth of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on strawberry fertilized with different doses and sources of organic fertilizers. *International Journal of Acarology*, 47(6), 528–535.
- Treutter, D. (2010). Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding—visions and constraints. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(3), 807–857. <https://doi.org/10.3390/ijms11030807>
- Turan, M., & Köse, C. (2004). Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 54(4), 213–220. <https://doi.org/10.1080/09064710410030311>
- Vásquez, C., Colmenárez, Y., Dávila, M., Pérez, M., Zurita, H., & Telechana, N. (2016). Phytophagous mites associated to *fragaria* spp., advances in pest management in South America. *Journal of Entomology*, 13, 110–121. <https://doi.org/10.3923/je.2016.110.121>
- Vasquez, C. L., Perez, M., & Telenchana, N. (2018). Biological parameters of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on strawberry cultivars in Ecuador. *Revista Chilena de Entomología*, 44(3), 271–278.
- Wang, W., Shi, J., Xie, Q., Jiang, Y., Yu, N., & Wang, E. (2017). Nutrient Exchange and Regulation in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Molecular Plant*, 10(9), 1147–1158. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.07.012>
- Yazici, A., Tiryaki, G. Y., & Ayvaz, H. (2020). Determination of pesticide residual levels in strawberry (*Fragaria*) by near-infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 1980–1989. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10211>
- Zörb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture - Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), 656–669. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008>

ANEXOS

1. Análisis de fenoles y flavonoides totales

Análisis de Varianza

Statistix 10,0
8/4/2023; 10:02:49

Completely Randomized AOV for TPP

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	3	2404,79	801,596	128,40	0,0000
Error	32	199,78	6,243		
Total	35	2604,57			

Grand Mean 35,244 CV 7,09

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	8,92	0,0002
O'Brien's Test	7,77	0,0005
Brown and Forsythe Test	2,19	0,1080

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratamien	3,0	208,26	0,0000
Error	16,5		

Component of variance for between groups 88,3725
Effective cell size 9,0

Tratamien	Mean
1	28,544
2	25,767
3	42,433
4	44,233
Observations per Mean	9
Standard Error of a Mean	0,8329
Std Error (Diff of 2 Means)	1,1779

Completely Randomized AOV for TFn

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	3	6803,3	2267,78	19,04	0,0000
Error	32	3811,4	119,11		
Total	35	10614,7			

Grand Mean 136,81 CV 7,98

Homogeneity of Variances	F	P
Levene's Test	7,31	0,0007
O'Brien's Test	6,37	0,0017
Brown and Forsythe Test	4,29	0,0118

Welch's Test for Mean Differences

Source	DF	F	P
Tratamien	3,0	63,43	0,0000

Error 13,9
 Component of variance for between groups 238,742
 Effective cell size 9,0

Tratamien	Mean
1	116,04
2	133,26
3	146,12
4	151,82
Observations per Mean	9
Standard Error of a Mean	3,6379
Std Error (Diff of 2 Means)	5,1447

Prueba de Medias

Statistix 10,0
 8/4/2023; 10:01:04

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TPP by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
4	44,233	A
3	42,433	A
1	28,544	B
2	25,767	B

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 1,1779
 Critical Q Value 4,769 Critical Value for Comparison 3,9718
 There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TFn by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
4	151,82	A
3	146,12	AB
2	133,26	BC
1	116,04	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 5,1447
 Critical Q Value 4,769 Critical Value for Comparison 17,348
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

2. Análisis de antixenosis

Análisis de varianza

Statistix 10,0
 8/4/2023; 10:21:04

Factorial AOV Table for Ind

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	3	310,67	103,558	29,87	0,0000
Muestreo	9	436,56	48,507	13,99	0,0000
Tratam*Muestreo	27	110,63	4,097	1,18	0,2427
Error	560	1941,60	3,467		
Total	599	2799,46			

Grand Mean 1,5300
 CV 121,70

Factorial AOV Table for Indsq

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratam	3	14,503	4,83433	28,79	0,0000
Muestreo	9	23,160	2,57338	15,33	0,0000
Tratam*Muestreo	27	4,176	0,15465	0,92	0,5818
Error	560	94,034	0,16792		
Total	599	135,873			

Grand Mean 1,9503
 CV 21,01

Prueba de medias

Statistix 10,0
 8/4/2023; 10:21:31

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Ind for Tratam

Tratam	Mean	Homogeneous Groups
2	2,6267	A
4	1,6400	B
1	1,1800	BC
3	0,6733	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,2150
 Critical Q Value 4,419 Critical Value for Comparison 0,6719
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Ind for Muestreo

Muestreo	Mean	Homogeneous Groups
10	2,6167	A
9	2,5000	A
8	2,4000	A
7	2,1333	AB
6	1,8167	ABC
5	1,5333	ABCD
4	0,9833	BCDE
3	0,6500	CDE
2	0,4167	DE
1	0,2500	E

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,3400
 Critical Q Value 5,145 Critical Value for Comparison 1,2367
 There are 5 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Ind for Tratam*Muestreo

Tratam	Muestreo	Mean	Homogeneous Groups
2	10	4,6000	A
2	8	4,4667	A
2	9	4,3333	AB
2	7	3,8000	ABC

2	6	2,8667	ABCD
4	10	2,6000	ABCD
4	9	2,5333	ABCD
4	6	2,2667	ABCD
4	8	2,2667	ABCD
2	5	2,1333	ABCD
4	7	2,1333	ABCD
4	5	2,0667	ABCD
1	10	1,8667	ABCD
1	9	1,8000	ABCD
2	4	1,7333	ABCD
1	8	1,7333	ABCD
1	7	1,5333	BCD
3	10	1,4000	CD
1	5	1,3333	CD
1	6	1,3333	CD
3	9	1,3333	CD
2	3	1,2000	CD
3	8	1,1333	CD
1	4	1,0667	CD
3	7	1,0667	CD
4	4	1,0000	CD
3	6	0,8000	D
4	3	0,7333	D
2	2	0,6667	D
3	5	0,6000	D
1	3	0,5333	D
4	2	0,5333	D
2	1	0,4667	D
1	2	0,3333	D
1	1	0,2667	D
4	1	0,2667	D
3	2	0,1333	D
3	3	0,1333	D
3	4	0,1333	D
3	1	0,0000	D

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6799
Critical Q Value 6,072 Critical Value for Comparison 2,9192
There are 4 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Indsq for Tratam

Tratam	Mean	Homogeneous Groups
2	2,1840	A
4	1,9756	B
1	1,8835	BC
3	1,7580	C

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0473
Critical Q Value 4,419 Critical Value for Comparison 0,1479
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Indsq for Muestreo

Muestreo	Mean	Homogeneous Groups
10	2,1975	A
9	2,1730	A
8	2,1489	A

7	2,0873	AB
6	2,0182	ABC
5	1,9575	ABCD
4	1,8293	BCDE
3	1,7506	CDE
2	1,6915	DE
1	1,6488	E

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0748
 Critical Q Value 5,145 Critical Value for Comparison 0,2722
 There are 5 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Indsq for Tratam*Muestreo

Tratam	Muestreo	Mean	Homogeneous Groups
2	10	2,5930	A
2	8	2,5702	AB
2	9	2,5471	ABC
2	7	2,4368	ABCD
2	6	2,2416	ABCDE
4	10	2,1946	ABCDEF
4	9	2,1761	ABCDEF
4	8	2,1251	ABCDEF
4	6	2,1102	ABCDEF
2	5	2,0936	ABCDEF
4	7	2,0783	ABCDEF
4	5	2,0732	ABCDEF
1	10	2,0570	ABCDEF
1	9	2,0403	ABCDEF
1	8	2,0254	ABCDEF
2	4	2,0113	ABCDEF
1	7	1,9732	ABCDEF
3	10	1,9455	BCDEF
3	9	1,9285	BCDEF
1	5	1,9231	CDEF
1	6	1,9231	CDEF
2	3	1,8919	DEF
3	8	1,8749	DEF
3	7	1,8608	DEF
1	4	1,8541	DEF
4	4	1,8348	DEF
3	6	1,7981	DEF
4	3	1,7770	EF
2	2	1,7479	EF
3	5	1,7401	EF
4	2	1,7304	EF
1	3	1,7162	EF
2	1	1,7067	EF
1	2	1,6707	EF
4	1	1,6558	EF
1	1	1,6514	EF
3	2	1,6172	EF
3	3	1,6172	EF
3	4	1,6172	EF
3	1	1,5811	F

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,1496
 Critical Q Value 6,072 Critical Value for Comparison 0,6424
 There are 6 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

