

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“RESISTENCIA DE *Tetranychus urticae* (ACARI: TETRANYCHIDAE)  
AL SPIRODICLOFEN EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA”**

**Tesis para optar el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**JUAN CARLOS FLORES BERNEDO**

**LIMA - PERÚ**

**2020**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“RESISTENCIA DE *Tetranychus urticae* (ACARI: TETRANYCHIDAE) AL  
SPIRODICLOFEN EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA”**

**JUAN CARLOS FLORES BERNEDO**

Tesis para optar el Título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....  
Ph. D. Hugo Soplín Villacorta  
**PRESIDENTE**

.....  
Dr. Javier Alberto Vásquez Castro  
**ASESOR**

.....  
Ing. Mg. Sc. German Elías Joyo Coronado  
**MIEMBRO**

.....  
Ph. D. Jorge Ramón Castillo Valiente  
**MIEMBRO**

LIMA - PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

A Dios en primer lugar, por darme la capacidad y permitirme siempre continuar a pesar de que a veces sea un largo camino hacia mis objetivos.

A mi abuelita Juana Castañeda Chuquilín, por siempre confiar en mí y estar conmigo en todo momento, por su amor y sus consejos en mi vida en general.

A mis padres Jenny Bernedo Chuquilín y Walter Flores Galarza por su gran apoyo y por estar siempre pendientes de mí durante toda mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación no pudo haberse logrado sin el apoyo y colaboración de las siguientes personas:

En primer lugar, agradezco al Dr. Javier Alberto Vásquez Castro, mi asesor y profesor, por su guía, consejos, sugerencias y ayuda desinteresada; pero sobre todo por ser una gran persona y estar siempre dispuesto a compartir sus conocimientos y experiencias.

A todos los productores de fresa de los campos donde se realizó el estudio, que se encuentran en los distritos de Aucallama, Chancay, Huaral y Santa Rosa de Quives; por su amabilidad y apoyo a la investigación brindando información de cómo manejan sus campos y sus experiencias propias.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	2
2.1. Situación actual de la producción de fresa .....	2
2.1.1. Exportación de fresa peruana.....	4
2.2. Aspectos generales de <i>T. urticae</i> (C.L. Koch, 1836) .....	4
2.3. <i>T. urticae</i> como plaga del cultivo de fresa.....	6
2.3.1. Daños producidos por <i>T. urticae</i> en el cultivo de fresa.....	6
2.4. Control de <i>T. urticae</i> en fresa .....	8
2.4.1. Control químico .....	8
2.5. Resistencia .....	10
2.6. Aspectos generales del Spirodiclofen .....	11
2.6.1. Casos de resistencia al Spirodiclofen .....	12
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	14
3.1. Recolección de la raza susceptible de referencia de <i>T. urticae</i> .....	14
3.2. Crianza de la raza susceptible de referencia de <i>T. urticae</i> en laboratorio .....	14
3.3. Bioensayos en la raza susceptible de referencia .....	16
3.3.1. Acaricida .....	16
3.3.2. Selección del material vegetal .....	16
3.3.3. Tratamientos .....	16
3.4. Recolección de las poblaciones de <i>T. urticae</i> provenientes de las zonas en estudio ....	20
3.5. Bioensayos de las cuatro poblaciones en estudio de <i>T. urticae</i> .....	21
3.6. Método de evaluación de los bioensayos .....	22
3.7. Análisis estadístico .....	22
3.8. Diseño experimental.....	22
3.9. Entrevistas a productores.....	22
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	23
4.1. Caracterización de la línea base de susceptibilidad de <i>T. urticae</i> .....	23
4.2. Caracterización de la resistencia de <i>T. urticae</i> al Spirodiclofen.....	26
a. Población de Huaral .....	27
b. Población de Aucallama.....	28

c. Población de Chancay .....	28
d. Población de Santa Rosa de Quives .....	29
4.3. Consideraciones finales .....	29
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	31
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	32
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	42

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Superficie cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra de fresa en Perú...	2
<b>Cuadro 2:</b> Volumen de producción de fresa, por provincias, 2012-2017 (t) .....	3
<b>Cuadro 3:</b> Área de cosecha de producción de fresa, por provincia, 2012-2017 (ha) .....	3
<b>Cuadro 4:</b> Valor FOB y Peso Neto de las exportaciones de fresa del Perú (2008-2010).....	4
<b>Cuadro 5:</b> Ingredientes activos autorizados para el control de <i>T. urticae</i> en el cultivo de fresa en Perú .....	9
<b>Cuadro 6:</b> Características del producto comercial de Spirodiclofen .....	12
<b>Cuadro 7:</b> Mortalidad de la raza susceptible de referencia a cuatro concentraciones del ingrediente activo Spirodiclofen .....	23
<b>Cuadro 8:</b> Mortalidad de la raza susceptible de referencia a siete concentraciones del ingrediente activo Spirodiclofen .....	24
<b>Cuadro 9:</b> Análisis Probit para la caracterización toxicológica de la raza susceptible de referencia de <i>T. urticae</i> al Spirodiclofen .....	25
<b>Cuadro 10:</b> Mortalidad (%) de la raza susceptible de referencia y de cuatro poblaciones provenientes de las zonas en estudio, de <i>T. urticae</i> , con la $CL_{50}$ del Spirodiclofen ( $0,0056 \text{ mL L}^{-1}$ ) obtenida en la raza susceptible de referencia .....	26
<b>Cuadro 11:</b> Mortalidad (%) de la raza susceptible de referencia y de cuatro poblaciones provenientes de las zonas en estudio, de <i>T. urticae</i> , con la $CL_{95}$ del Spirodiclofen ( $0,1008 \text{ mL L}^{-1}$ ) obtenida en la raza susceptible de referencia. ....	27
<b>Cuadro 12:</b> Límite Máximo de Residuos (LMR) de distintos acaricidas para el cultivo de fresa en USA y Japón.....	29
<b>Cuadro 13:</b> Respuestas a la pregunta 1 de la entrevista.....	46
<b>Cuadro 14:</b> Respuestas a la pregunta 2 de la entrevista.....	47
<b>Cuadro 15:</b> Respuestas a la pregunta 3 de la entrevista.....	47
<b>Cuadro 16:</b> Respuestas a la pregunta 4 de la entrevista.....	48
<b>Cuadro 17:</b> Respuestas a la pregunta 5 de la entrevista.....	48
<b>Cuadro 18:</b> Respuestas a la pregunta 6 de la entrevista.....	49
<b>Cuadro 19:</b> Respuestas a la pregunta 7 de la entrevista.....	49
<b>Cuadro 20:</b> Respuestas a la pregunta 8 de la entrevista.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ciclo de vida de <i>T. urticae</i> .....	5
<b>Figura 2:</b> Ejemplos de lesiones punteadas en hojas de fresa (foto a y b) y telaraña producida por <i>T. urticae</i> (foto c) .....	7
<b>Figura 3:</b> Modelo de táper de crianza para la crianza de <i>T. urticae</i> .....	15
<b>Figura 4:</b> Población de <i>T. urticae</i> en hojas de <i>A. wilkesiana</i> .....	15
<b>Figura 5:</b> Cámara bioclimática (Climacell) .....	16
<b>Figura 6:</b> Instrumentos para la realización de bioensayos .....	17
<b>Figura 7:</b> Solución madre .....	17
<b>Figura 8:</b> Solución madre junto a las cuatro dosis de Spirodiclofen utilizadas en la prueba exploratoria .....	18
<b>Figura 9:</b> Solución madre junto a las siete dosis de Spirodiclofen utilizadas en el bioensayo ....	18
<b>Figura 10:</b> Táperes de crianza etiquetados luego de la aplicación e infestación de ácaros .....	19
<b>Figura 11:</b> Cultivo de fresa ( <i>Fragaria x ananassa</i> ) var. San Andreas ubicado en Aucallama ....	20
<b>Figura 12:</b> Cultivo de fresa ( <i>Fragaria x ananassa</i> ) var. San Andreas ubicado en Chancay .....	20
<b>Figura 13:</b> Cultivo de fresa ( <i>Fragaria x ananassa</i> ) var. San Andreas ubicado en Huaral .....	21
<b>Figura 14:</b> Cultivo de fresa ( <i>Fragaria x ananassa</i> ) var. San Andreas ubicado en Santa Rosa de Quives .....	21
<b>Figura 15:</b> Población de <i>T. urticae</i> en hojas de fresa .....	22
<b>Figura 16:</b> Curva de regresión dosis/mortalidad del Spirodiclofen sobre la raza susceptible de referencia de <i>T. urticae</i> .....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1:</b> Resultado del análisis estadístico Probit para la población susceptible.....	42
<b>ANEXO 2:</b> Análisis de varianza de la variable “% de mortalidad” producida por la CL <sub>50</sub> del Spirodiclofen en cuatro distintas poblaciones de <i>T. urticae</i> .....	44
<b>ANEXO 3:</b> Análisis de varianza de la variable “% de mortalidad” producida por la CL <sub>95</sub> del Spirodiclofen en cuatro distintas poblaciones de <i>T. urticae</i> .....	45
<b>ANEXO 4:</b> Entrevista a los productores de fresa de cada distrito .....	46
<b>ANEXO 5:</b> Secuencia de productos utilizados por el productor de Huaral para el control de <i>T. urticae</i> en el cultivo de fresa var. San Andreas, en la campaña Junio-Noviembre del 2019 .....	51

## RESUMEN

Se evaluó la resistencia de *Tetranychus urticae* (C.L. Koch, 1836) al acaricida Spirodiclofen, mediante la realización de bioensayos toxicológicos bajo condiciones de laboratorio. En la presente investigación se colectaron individuos adultos de *T. urticae* procedentes de campos de fresa de los distritos de Aucallama, Chancay, Huaral y Santa Rosa de Quives en el departamento de Lima. Se utilizó como raza susceptible de referencia a una población procedente del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), colectada en plantas de *Acalypha wilkesiana*, de donde se tiene la certeza de no haberse realizado aplicaciones químicas. Las muestras de ácaros se trasladaron al Laboratorio de Toxicología de la UNALM, donde se sometieron a bioensayos para determinar la susceptibilidad al Spirodiclofen. En primer lugar, se estimó la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub> en la raza susceptible de referencia. Luego se aplicaron dichas concentraciones sobre las poblaciones de campo estudiadas. Posteriormente, los resultados fueron sometidos al análisis de varianza y comparación de medias por el método Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Las cuatro poblaciones evaluadas no mostraron diferencias estadísticamente significativas frente a la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub> establecidas para la población susceptible, lo cual sugiere que las poblaciones estudiadas de *T. urticae* son susceptibles al Spirodiclofen, no evidenciándose problemas de resistencia. Es por ello que se recomienda el uso de Spirodiclofen como una herramienta para el control de *T. urticae* en dichas locaciones al ser susceptible a este ingrediente activo.

**Palabras claves:** Fresa, acaricida, dosis diagnóstica, CL<sub>50</sub>, CL<sub>95</sub>.

## ABSTRACT

*Tetranychus urticae* (C.L. Koch, 1836) resistance to Spirodiclofen acaricide was evaluated by performing toxicological bioassays under laboratory conditions. In the present investigation, adult individuals of *T. urticae* were collected from strawberry fields in the districts of Aucallama, Chancay, Huaral and Santa Rosa de Quives in the department of Lima. It was used as a susceptible breed of reference to a population from the campus of the National Agrarian University La Molina (UNALM), collected in *Acalypha wilkesiana* plants, where it is certain that no chemical applications have been made. The mite samples were transferred to the UNALM Toxicology Laboratory, where they underwent bioassays to determine susceptibility to Spirodiclofen. First, the LC<sub>50</sub> and LC<sub>95</sub> were estimated in the susceptible reference breed. These concentrations were then applied to the field populations studied. Subsequently, the results were subjected to analysis of variance and comparison of means by the Tukey method ( $\alpha=0,05$ ). The four populations evaluated showed no statistically significant differences against the LC<sub>50</sub> and LC<sub>95</sub> established for the susceptible population, which suggests that the studied populations of *T. urticae* are susceptible to Spirodiclofen, with no evidence of resistance problems. That is why it is recommended to use Spirodiclofen as a tool for the control of *T. urticae* in these locations, being susceptible to this active ingredient.

**Key words:** Strawberry, acaricide, diagnostic dose, LC<sub>50</sub>, LC<sub>95</sub>.

## I. INTRODUCCIÓN

La fresa, *Fragaria x ananassa* (Duch.), es una planta rastrera perenne valorada por sus frutos de exquisito sabor y rico en vitaminas y minerales, los cuales son muy apetecidos en el mercado extranjero y nacional. Tradicionalmente la producción de fresa se ha concentrado en diversas localidades del ‘norte chico’ de Lima, sin embargo, la superficie cultivada se ha ido extendiendo llegando hasta aproximadamente 2,000 ha (Redagícola, 2017). La producción mundial pasó de 4,5 millones de toneladas en el año 2000 a 8,1 millones de toneladas en el 2014 (FAOSTAT, 2017), confirmando la intensificación de su producción.

Una de las plagas más importantes en la producción de fresa es la araña roja (*T. urticae*), la cual se puede considerar como la principal plaga en este cultivo (Karlec et al., 2017). Familiarizarse con una plaga como esta, que puede causar daños económicos en los sistemas de producción es un primer paso importante en un programa de manejo integrado de plagas (Flint, 2012).

El control químico es un recurso importante para el combate de *T. urticae*, sin embargo se vuelve cada vez menos eficiente debido a la facilidad con la que este ácaro desarrolla resistencia a los productos químicos, esto se debe a su ciclo de vida corto, progenie abundante y partenogénesis arrenotoca, pudiendo desarrollar dicha resistencia y, por ende, su control se ha vuelto problemático en muchas áreas del mundo (Van Leeuwen et al., 2010).

Por ello se ve en la necesidad de realizar ensayos que nos muestren los niveles de resistencia de esta plaga a los acaricidas, tales como el Spirodiclofen. Este acaricida relativamente nuevo, el cual se viene utilizando en diversos cultivos en los últimos años, inhibe la síntesis de lípidos en la plaga. Surge entonces la duda si las poblaciones de *T. urticae* de distintas regiones de la Costa peruana son resistentes a este ingrediente activo. Esta investigación, además, tiene importancia ya que forma parte de un conjunto de estudios realizados en el Laboratorio de Toxicología de Plaguicidas de la Universidad Nacional Agraria La Molina sobre la resistencia de varias especies de ácaros a distintos ingredientes activos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Situación actual de la producción de fresa

El departamento de Lima es el principal productor, sobresaliendo el valle de Chancay - Huaral y Huaura, seguido por el valle de Cañete y el resto distribuidos en pequeñas áreas en Arequipa, Ancash, Moquegua, La Libertad, Cuzco, entre otros departamentos. La fresa es una especie de amplia difusión en la costa de nuestro país y en los últimos años también en la sierra. Su fruto tiene bastante demanda en el mercado internacional, sobre todo en el hemisferio norte y Perú cuenta con la ventaja de producir en contra estación cuando más demanda hay de este fruto en Norteamérica y Europa (Olivera, 2012).

En el cuadro 1 encontramos la superficie cosechada, producción, rendimiento y precio al productor de fresa en Perú durante el período 2015 al 2016.

**Cuadro 1:** Superficie cosechada, producción, rendimiento y precio en chacra de fresa en Perú.

Región	Superficie cosechada (ha)		Producción (t)		Rendimiento (t/ha)		Precio al productor (S./t)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
<b>Apurímac</b>	9	18	67	180	7	10	4418	3807
<b>Arequipa</b>	12	35	55	272	5	8	3121	4071
<b>Huánuco</b>	8	11	58	84	7	8	1994	3027
<b>La Libertad</b>	24	19	480	385	20	20	1722	2232
<b>Lima</b>	1111	1162	23632	23990	21	21	1542	1907
<b>Lima Metropolitana</b>	26	29	535	660	21	23	1480	1712
<b>Pasco</b>	20	6	430	120	22	20	3581	3000

Fuente: Minagri, 2016

La Región Lima posee el 94 % de la producción total anual de fresa, cultivo que se comercializa principalmente en el mercado limeño, según el Sistema de Abastecimiento y Precios (SISAP), elaborado por la Oficina de Estudios Económicos y estadísticos del Ministerio de Agricultura (Minag). De acuerdo con los indicadores del Minag, la producción

de fresa a nivel regional en el 2011 estuvo encabezada por la provincia de Huaral con 11,522 TM, seguida por la provincia de Huaura con 7,063 TM, siendo las variedades más requeridas: “aroma” y “camarosa” (Agencia Agraria de Noticias, 2012).

En el cuadro 2 encontramos la producción de fresas en las principales provincias productoras del departamento de Lima entre los años 2012-2017.

**Cuadro 2:** Volumen de producción de fresa, por provincias, 2012-2017 (t)

<b>Provincia</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Huaral	16252	14502	13112	11085	9554	11056
Huaura	6177	6094	11540	6792	7698	5220
Barranca	4679	6109	5535	2913	3873	5422
Cañete	1761	2470	3246	2427	2445	1089
Canta	577	516	407	415	420	430
<b>Total</b>	<b>29446</b>	<b>2961</b>	<b>33840</b>	<b>23632</b>	<b>23990</b>	<b>23217</b>

Fuente: Minagri, 2017

En el cuadro 3 se presenta el área cosechada de producción de fresas (ha) durante los años 2012-2017 de las principales provincias productoras de Lima.

**Cuadro 3:** Área de cosecha de producción de fresa, por provincia, 2012-2017 (ha)

<b>Provincia</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
Huaral	891	917	673	948	978	913
Huaura	496	619	651	677	660	609
Barranca	225	266	231	409	146	211
Cañete	172	107	262	230	95	148
Canta	53	31	43	62	47	58

Fuente: Minagri, 2017

Según Redagrícola (2017) la razón por la que el volumen de producción de fresa se concentra principalmente en las provincias de Huaral, Huaura, Barranca, Cañete y Canta es debido a que en dichas provincias el clima que se presente es ideal para el buen desarrollo de las plantas, aprovechando las condiciones de agua, aspecto agroclimático y la fertilidad de los suelos.

### 2.1.1. Exportación de fresas peruana

La fresa peruana se exporta desde hace muchos años a mercados como Estados Unidos, Canadá, Países bajos y Europa, sin embargo, hasta hace unos años la única opción era la versión congelada. Esta situación está cambiando progresivamente debido a que otros países productores dejan un espacio vacío en el mercado entre los meses de octubre, noviembre y principios de diciembre, una ventana comercial que podría ser aprovechada por Perú como productor y exportador potencial de esta fruta, que tiene un pico de producción justo en ese periodo (Agencia Agraria de Noticias, 2016).

En el cuadro 4 podemos observar las exportaciones de fresa el 2010 crecieron 62 % con respecto al 2009. El 2010 alcanzaron un valor US\$ FOB 5,5 millones, frente a US\$ FOB 3,4 millones el 2009.

Los precios también mejoraron en un 13 % con respecto al año anterior. El 2010 Estados Unidos se ubicó como el primer cliente con el 28 % del total de las exportaciones de fresa de nuestro país, seguido de Canadá con el 25 % y luego Bélgica con el 17 % (Olivera, 2012).

**Cuadro 4:** Valor FOB y Peso Neto de las exportaciones de fresa del Perú (2008-2010)

Año	Valor FOB US\$ Mil	Ton
2010	5496	4174
2009	3393	2922
2008	3647	2704

Fuente: Olivera, 2012

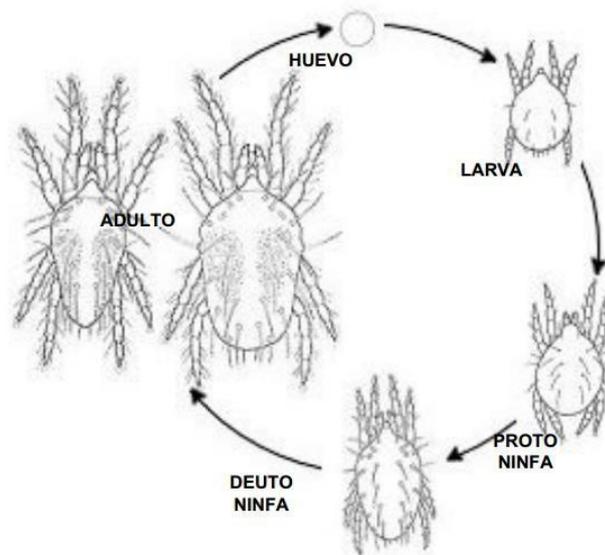
### 2.2. Aspectos generales de *T. urticae* (C.L. Koch, 1836)

*T. urticae* o también conocido como ácaro de dos puntos, es una de las plagas más importantes en muchos sistemas de cultivo en todo el mundo y la especie más polífaga dentro de la familia Tetranychidae, se alimenta de más de 1,100 especies de plantas que pertenecen a más de 140 familias. Es una plaga importante en la producción en invernaderos y cultivos de campo, pudiendo afectar gravemente cultivos como tomates, pimientos, pepinos, maíz, manzanas, uvas, cítricos y fresas (Migeon y Dorkeld, 2010; Grbić et al., 2011).

Los individuos de *T. urticae* se caracterizan por tener dos manchas en el dorso (idiosoma dorsal), de coloración verde o marrón y patas de color blanco o amarillo. Presentan

dimorfismo sexual, ya que los machos son más pequeños que las hembras. Una característica importante de esta especie es que es capaz de formar una red (telaraña) en las plantas en las que crece. Estos ácaros se alimentan inicialmente de las hojas de la parte inferior de las plantas, pero luego pueden colonizar el resto de ellas a medida que la población crece. El daño que causan se observa en forma de manchas cloróticas y, en algunos casos, el bronceado de las hojas y la defoliación (Hoy, 2011).

Según Meena et al. (2013), el ciclo de vida de la familia Tetranychidae incluye las etapas de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (Figura 1), entre las cuales generalmente ocurre un estado inactivo.



**Figura 1:** Ciclo de vida de *T. urticae*.

Fuente: Homoagrícola, 2012.

La duración del ciclo biológico de *T. urticae* depende de la temperatura, la humedad relativa y la planta huésped en la que se desarrolla. En condiciones de temperatura entre 25 y 30 °C, puede completar su ciclo en tres a cinco días (Grbić et al., 2011; Tehri, 2014).

Los huevos presentan un diámetro de aproximadamente 0,13 mm. Las larvas son de forma esférica u ovalada, generalmente de color amarillo verdoso con tres pares de patas, y su tamaño es de aproximadamente 0,16 mm de longitud. Las protoninfas tienen una forma ovalada y un color verde pálido. Se distinguen de las larvas por tener cuatro pares de patas, y su longitud es de aproximadamente 0,2 mm. En el caso de las deutoninfas, alcanzan una

longitud de aproximadamente 0,3 mm y tienen un color amarillo o marrón claro. Por otro lado, los adultos tienen una forma globular u ovalada y varían de color verde pálido a amarillo rojizo; los adultos presentan dos manchas rojas o marrones oscuras en ambos lados del abdomen. Los machos son más pequeños que las hembras, con longitudes de 0,4 y 0,5 mm, respectivamente (Meena et al., 2013).

Esta especie es arrenotoca, lo que aumenta la probabilidad de que una hembra se aparee con su descendencia. Según algunos autores, su alta variabilidad genética le permite adaptarse rápidamente y aumenta su probabilidad de expresar mutaciones favorables (Grbić et al., 2011; Tehri, 2014).

### **2.3. *T. urticae* como plaga del cultivo de fresa**

El ácaro de dos puntos es considerado la plaga más importante en el cultivo de fresa, llegando a afectar gravemente su producción al estar presente durante todo el ciclo del cultivo, razón por la cual se deben tomar las medidas de control pertinentes (Días et al., 2012; González-Domínguez et al., 2015).

#### **2.3.1. Daños producidos por *T. urticae* en el cultivo de fresa**

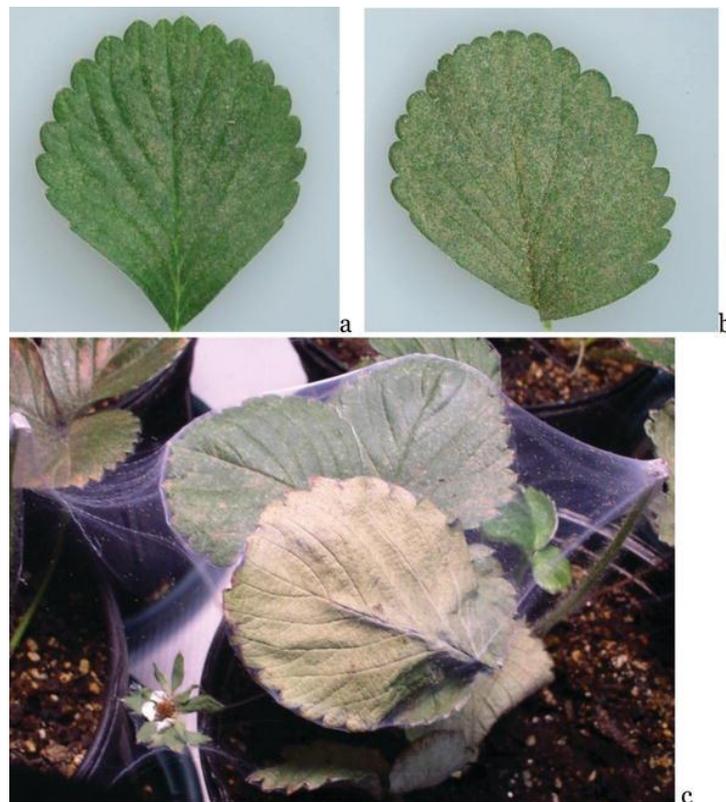
Diversos autores señalan que *T. urticae* es una de las plagas que más daños ocasiona al cultivo de fresa perjudicando su rendimiento y ocasionando pérdidas considerables, demostrando la importancia que tiene su control (Villegas-Elizalde et al., 2010; Lemus-Soriano et al., 2017).

Al igual que otros ácaros, *T. urticae*, con sus partes bucales penetra las células de las plantas, el daño consiste en la remoción del contenido celular para luego ingerir el contenido líquido de las células, la célula queda prácticamente vacía, con escaso contenido de material intracelular y da un aspecto de hoja con puntuaciones cloróticas y bronceadas. Cada minuto, entre una a dos docenas de células pueden ser destruidas de esta manera. Los primeros síntomas visibles son pequeñas manchas blanquecinas, principalmente alrededor de la nervadura central y venas más grandes. Cuando estos puntos se fusionan, las celdas vacías forman un área de aspecto blanquecino o plateado transparente en las hojas. *T. urticae* se alimenta, principalmente, del contenido de las células del mesófilo, donde reduce significativamente la resistencia estomática, la tasa fotosintética y respiratoria, así como el

crecimiento, la floración y el potencial productivo de los cultivos (Crop Science, 2010; Nicastro et al., 2010; Goff et al., 2014).

La pérdida de la superficie fotosintética, sumado a la disminución de la transpiración conduce a la reducción del rendimiento; mientras que, en ataques más severos, la planta se atrofia y muere (Crop Science, 2010). Por otro lado, cuando las infestaciones son muy altas, *T. urticae* puede atacar las flores y frutos (Lemus-Soriano et al., 2017).

La telaraña que forma esta especie, le proporciona protección contra los predadores y también ayuda a mantener condiciones favorables de temperatura y humedad para los ácaros. La presencia de esta tela evidencia una población muy alta y generalmente el daño económico ya ha ocurrido (Figura 1) (Liburd y Rhodes, 2019).



**Figura 2:** Ejemplos de lesiones punteadas en hojas de fresa (foto a y b) y telaraña producida por *T. urticae* (foto c).

Fuente: Liburd y Rhodes, 2019.

## **2.4. Control de *T. urticae* en fresa**

La reducción de las poblaciones de araña roja requiere la utilización de diversos métodos o técnicas de control. En Estados Unidos, Nyoike y Liburd (2013) estudiaron el impacto de los ácaros en el rendimiento comercial de las fresas cultivadas en Florida, reportando reducción significativa en el rendimiento cuando las plantas alcanzaron 80 ácaros por hoja en la campaña 2008/2009, y 50 ácaros por hoja en la campaña 2009/2010. Por ello, es necesario la búsqueda de tácticas de control viables, entre las que destacan el control químico y control biológico.

Dentro de las prácticas para el manejo del cultivo de fresa, el control de *T. urticae* ha recibido más atención, principalmente por la búsqueda de alternativas al control químico convencional. Una de las estrategias para controlar esta plaga, es el control biológico, mediante el uso de ácaros predadores y plaguicidas de origen natural. Lo cual está orientado a la producción de fruta libre de residuos tóxicos y saludables para los consumidores (Bernardi et al., 2013).

La familia Phytoseiidae ha recibido considerable atención en los últimos 45 años debido al potencial de estos ácaros como agentes de control biológico de una amplia gama de plagas agrícolas, como arañitas rojas, trips y queresas (Ghazi y Amano, 2016). Siendo una de las especies más importantes, *Phytoseiulus persimilis* debido a su elevada capacidad de predación (Chacón-Hernández et al., 2017).

Sin embargo, la mayoría de productores de fresa utiliza el control químico como única estrategia para el control de *T. urticae* (Bernardi et al., 2013).

### **2.4.1. Control Químico**

Los acaricidas químicos son las principales herramientas utilizadas para controlar esta plaga (Landeros et al., 2010; López et al., 2014; Bernardi et al., 2015).

La decisión para aplicar un acaricida químico debe basarse en un correcto monitoreo de la plaga y cuando su población alcanza el umbral de acción (U.A.) y no de manera preventiva o por la observación exclusiva de síntomas (Aguilar-Fenollosa et al., 2014).

Para las aplicaciones es recomendable usar bombas de mochila con motor con el sistema de aplicación por turbulencia, que permite que las plantas expongan el envés de las hojas y que el acaricida sea depositado directamente sobre la plaga. La aspersión se dirige de tal manera que haya un cubrimiento completo del follaje, principalmente de la parte inferior de las hojas (Bújanos et al., 2018).

Es posible disminuir el riesgo de evolución de la resistencia a ingredientes activos, rotando diferentes moléculas de acuerdo a su modo de acción (MoA), siendo esta la mejor estrategia para el control químico de la araña (Intagri, 2017). Varios acaricidas han sido estudiados a fin de evaluar su eficacia contra *T. urticae*, entre los que destacan la Abamectina, Spirodiclofen, Bifenazato y el Spiromesifen (Huerta-Pérez et al., 2017).

En el cuadro 5 se presenta una lista de ingredientes activos y el grupo al que pertenece de acuerdo a su modo de acción (IRAC, 2019), registrados para el control de *T. urticae* en el cultivo de fresa, en Perú (SENASA, 2018).

**Cuadro 5:** Ingredientes activos autorizados para el control de *T. urticae* en el cultivo de fresa en Perú.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Grupo (MoA)</b>
Abamectina	6
Azufre	UN
Benzoato	6
Bifenazato	20D
Cyflumetofen	25A
Emamectin	6
Etoxazole	10B
Farnesol, Nerolidol, Geraniol, Citronellol	-
Matrine	-
Pyridaben	21A
Spirodiclofen	23

Fuente: SENASA, 2018; IRAC, 2019.

## 2.5. Resistencia

El comité de acción de resistencia a los insecticidas (IRAC) define la resistencia a los insecticidas como un cambio heredable en la sensibilidad de una población de insectos plaga, que se refleja en repetidos fallos de un producto insecticida, utilizado correctamente, para alcanzar los niveles de control esperados (IRAC, 2019).

A esta situación puede llegarse por el uso indiscriminado o por el mal uso de un acaricida, lo cual puede provocar modificaciones en la composición genética de la población de la plaga. Por ejemplo, cuando se aplican sub-dosis de un acaricida o diferentes moléculas con el mismo modo de acción.

El problema de la resistencia es real, pues existen muchos estudios publicados en la literatura científica internacional que han demostrado la existencia de ese fenómeno en ácaros plaga del cultivo de fresa (Villegas-Elizalde et al., 2010; Bi et al., 2016; Yalçın et al., 2018).

*T. urticae* ha mostrado gran capacidad para desarrollar resistencia a los productos agroquímicos, en poco tiempo, incluso después de algunas cuantas aplicaciones, lo cual es un problema importante en el control de esta plaga. Esta capacidad es debido a algunos factores, los cuales son (1) Una amplia variación genética heredable en la respuesta a la presión selectiva por acaricidas; (2) una elevada tasa reproductiva, dado que cada hembra puede depositar 10-20 huevecillos por día; (3) un tiempo generacional de 7 días a 27 °C; (4) mecanismos fisiológicos tales como: reducciones en la penetración cuticular, alteraciones en el sitio de acción y aumento del metabolismo de desintoxicación (Crop Science, 2010; Van Leeuwen et al., 2010; Cazaux et al., 2014; Mohankumar, 2014).

El desarrollo de resistencia a los acaricidas conducirá a un aumento aún mayor de la aplicación de acaricidas, elevando el riesgo de exposición química a artrópodos beneficiosos no objetivo y causará el fracaso completo de las estrategias para el manejo de las plagas. Además, podrían surgir problemas de residuos de pesticidas en los alimentos debido al uso de dosis altas. Por lo tanto, existe una necesidad crítica de revelar los mecanismos subyacentes de la adaptación a los acaricidas, y aplicar este conocimiento para las prácticas de manejo de plagas en el campo (Van Leeuwen et al., 2010; Ilias et al., 2014; Piraneo et al., 2015; Adesanya et al., 2018).

Se sabe que la evolución de la resistencia es muy rápida, llevando a la pérdida de eficacia de un acaricida en un periodo de dos a cuatro años, desde el lanzamiento comercial del producto químico (Grbić et al., 2011; Mohankumar, 2014). En los ecosistemas agrícolas, la rotación de diversos pesticidas con modos de acción diferentes, se constituye en la mejor estrategia para retardar la evolución de la resistencia a los pesticidas (Goodhue et al., 2011; Piraneo et al., 2015; Zhu et al., 2016).

Así, se han desarrollado y continúan desarrollándose nuevas estrategias de combate de insectos y ácaros plaga para tratar de resolver diferentes necesidades de manejo, como la búsqueda de alternativas de nuevos tipos de plaguicidas. Estos nuevos plaguicidas deben ser selectivos, biodegradables en productos no tóxicos y compatibles con los programas de manejo integrado de plagas (Gupta y Dikshit, 2010; Vásquez et al., 2016).

Los ácaros destacan por ser los artrópodos con mayor número de casos de resistencia a pesticidas en el mundo. Según APRD (2019) hasta el momento se han registrado 517 casos de resistencia de *T. urticae* a 96 ingredientes activos en diferentes países. Sin embargo, en Perú no existen publicaciones científicas sobre la resistencia de *T. urticae* a los acaricidas químicos.

## **2.6. Aspectos generales de Spirodiclofen**

El desarrollo de compuestos que actúan sobre nuevos objetivos bioquímicos y fisiológicos ha sido un aspecto importante de la investigación con acaricidas. Es por ello que el Spirodiclofen ha sido introducido recientemente, perteneciendo a la clase química de los cetoenoles o ácidos tetrónicos (FAO, 2009).

De Liñán (2015), afirma que el ingrediente activo Spirodiclofen tiene una sustancia activa llamada Ketoenol, con actividad acaricida e insecticida, de amplio espectro y recomendado para su aplicación vía aspersion al follaje.

El Spirodiclofen interfiere con la formación de ácidos grasos. Actúa sobre la enzima acetil-CoA carboxilasa (ACCasa), siendo esta, clave en la síntesis y metabolismo de lípidos. La ACCasa cataliza la carboxilación de acetil-CoA a malonil-CoA. La catálisis depende de la biotina y procede a través de dos semirreacciones separadas: la primera biotina es carboxilada, seguida de la transferencia del grupo carboxilo de la carboxibiotina al aceptor

de acil-CoA. Los ácidos tetrónicos interfieren específicamente con la reacción parcial de la carboxiltransferasa, donde actúan como inhibidores competitivos del acetil coenzima A e inhibidores no competitivos con respecto al sustrato de biotina carboxilasa ATP (Cheng et al., 2013; Zu et al., 2013; Lümmer et al., 2014).

Este producto actúa por contacto sobre todos los estados de desarrollo de los ácaros: huevos, larvas, ninfas, estados de reposo y hembras adultas, excepto machos adultos, los cuales morirán después de haber completado su ciclo de vida sin haberse apareado. Se caracteriza por su prolongado efecto acaricida debido a su lipofilia que le permite adherirse a las capas cerosas de la superficie de los tejidos vegetales, proporcionándole también una buena resistencia al lavado por lluvias posteriores a su aplicación. Una vez que la plaga entra en contacto con el producto se observa una reducción en la oviposición, reducción que se incrementa con el tiempo. En los individuos afectados se observa la presencia de patas flácidas, hinchamiento de cuerpo y las hembras adultas mueren por la acumulación de huevos en su interior (Bayer, 2010).

A pesar de ser un plaguicida relativamente nuevo, ocupa el segundo lugar en las ventas de acaricidas, alcanzando, en 2013, la cifra de 456 millones de dólares a nivel mundial (Sparks y Nauen, 2015). En Perú, este acaricida se comercializa bajo el nombre de SPIROSIL® 250 SC (Silvestre Perú S.A.C) (Cuadro 6), siendo el único producto comercial registrado en Perú para el control de *T. urticae* en fresa (*Fragaria x ananassa*).

**Cuadro 6:** Características del producto comercial de Spirodiclofen.

Nombre comercial	SPIROSIL
Formulación	SC (Suspensión Concentrada )
Concentración	250g L <sup>-1</sup>
Toxicidad	Aguda oral DL50 > 2,000 mg kg-1 de Peso Vivo
	Aguda dermal DL50 > 4,000 mg kg-1 de Peso Vivo
Clasificación Toxicológica	Moderadamente peligroso. Dañino.

Fuente: Silvestre

### 2.6.1. Casos de resistencia a Spirodiclofen

Farahani et al. (2018) realizaron estudios de susceptibilidad al Spirodiclofen en Irán, en dos poblaciones de *T. urticae* provenientes de dos ciudades distintas, una de Karaj y otra de

Mahallat. Este estudio se debió a las continuas quejas por parte de muchos agricultores sobre la eficacia de los acaricidas utilizados para el control de *T. urticae* (Mohammadzadeh et al., 2014). Los resultados obtenidos demostraron que la población proveniente de Mahallat había desarrollado resistencia al Spirodiclofen, alcanzando una razón de resistencia de 22x. Por otro lado, la población de Karaj aún se mantenía susceptible. Estudios previos realizados por Demaeght et al. (2013) mostraron que la razón de resistencia llegó a 680x en Mahallat. Es posible que la reducción en el empleo del Spirodiclofen y su rotación con otros acaricidas de diferente modo de acción haya ocasionado la reducción en la intensidad de la resistencia a este ingrediente activo, evidenciándose así, que la resistencia es dinámica, pudiendo incrementar o disminuir su intensidad en el tiempo en función de las estrategias para el manejo de plaguicidas.

Turan et al. (2016) realizaron estudios para determinar la susceptibilidad de *T. urticae* al Spirodiclofen, recolectando 20 poblaciones en cultivos de melón bajo invernadero en el distrito de Kumluca, provincia de Antalya, Turquía. Se encontró resistencia moderada al Spirodiclofen en todas las poblaciones estudiadas. Este acaricida es de uso común en los invernaderos de esa región y eso favoreció la evolución de la resistencia, encontrándose una razón de resistencia (RR) entre 5 y 19x. Estos autores recomendaron rotar acaricidas con diferentes modos de acción en lugar de usar una sola molécula de manera frecuente y consecutiva.

Ferreira et al. (2015), realizaron estudios para evaluar la resistencia a la Abamectina en cuatro poblaciones brasileñas de *T. urticae*. Además, estudiaron la resistencia cruzada a nueve acaricidas, entre ellos el Spirodiclofen. Las poblaciones fueron procedentes de Piracicaba, Petrolina, Bonito y Brejão. Como resultado obtuvieron diferentes niveles de resistencia, de 1, 2, 390 y 400x, respectivamente. Además, no hubo resistencia cruzada entre los acaricidas Spiromesifen y Spirodiclofen a pesar de tener el mismo modo de acción.

En Perú, no existen reportes en la literatura científica sobre la resistencia de *T. urticae* a los acaricidas. Por lo tanto, el presente trabajo adquiere relevancia por tratarse del primer estudio de resistencia de *T. urticae* en Perú.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el “Laboratorio de Toxicología de Plaguicidas” de La Universidad Nacional Agraria La Molina, entre los meses de enero y noviembre del 2019.

#### 3.1. Recolección de la raza susceptible de referencia de *T. urticae*

Se recolectaron 300 individuos aproximadamente, entre adultos y ninfas, para cada población, tanto la susceptible como las de campo. Como raza susceptible de referencia se utilizaron individuos que fueron recolectados de plantas de acalifa (*Acalypha wilkesiana* Müll. Arg.), las cuales se encuentran en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en donde se tiene la certeza de que no se realizaron aplicaciones de plaguicidas. Para la identificación de la especie, los individuos machos fueron montados en láminas portaobjetos y fueron identificados por el profesor Javier Vásquez Castro, utilizando las llaves dicotómicas para identificación de las especies de la familia Tetranychidae (NAPPO, 2014; Seeman y Beard, 2011).

#### 3.2. Crianza de la raza susceptible de referencia de *T. urticae* en laboratorio

Las hojas de *A. wilkesiana* conteniendo los ‘ácaros plaga’ fueron transportadas en bolsas plásticas al Laboratorio de Toxicología de Plaguicidas La Universidad Nacional Agraria La Molina, en donde se realizaron posteriormente los bioensayos.

Para la crianza de los ácaros se utilizó el método de McMurtry y Scriven (1965) modificado, el cual consistió en usar táperes de plástico (14.5 x 14.5 x 4.5 cm) en cuya base se acondicionó una esponja rectangular de 1 cm de espesor saturada con agua potable y encima de ella papel toalla. Sobre el papel toalla se colocó una hoja de *A. wilkesiana* fresca (previamente lavada y recortada en forma rectangular de 6 x 5 cm) de tal forma que el envés esté hacia arriba. En los bordes de las hojas se colocaron tiras de papel toalla de 2 cm de ancho, las cuales con la difusión del agua proveniente de la esponja se humedecieron, formando una barrera física que impidió a los ácaros fugar del área de crianza (Figura 3).



**Figura 3:** Modelo de táper de crianza para la crianza de *T. urticae*.

Fuente: Elaboración propia.

Todos los ácaros fueron trasladados de las hojas de *A. wilkesiana* (Figura 4) a los táperes de crianza con ayuda de un estereoscopio y un pincel pelo de marta N°0.



**Figura 4:** Población de *T. urticae* en hojas de *A. wilkesiana*.

Fuente: Elaboración propia.

Los táperes de crianza con las hojas que contenían los ácaros fueron acondicionados en la cámara bioclimática (Climacell) a condiciones óptimas; 27 °C de temperatura, humedad relativa de 60-70 % y fotoperiodo de 14:10 (Figura 5). Se reprodujeron hasta la generación F1 o F2, para la obtención de hembras adultas de 5 días de edad aproximadamente, las cuales fueron utilizadas en los bioensayos.



**Figura 5:** Cámara bioclimática (Climacell).

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Bioensayos en la raza de susceptible de referencia**

#### **3.3.1. Acaricida**

Spirodiclofen (Spirosil® 250 SC). El Spirodiclofen está registrado para el control de *T. urticae* en fresa (*Fragaria x ananassa*) (SENASA, 2018).

#### **3.3.2. Selección del material vegetal**

Se utilizaron plantas de *A. wilkesiana*. Las hojas recolectadas tuvieron aproximadamente 22 a 40 días de edad.

#### **3.3.3. Tratamientos**

Las soluciones acaricidas se prepararon en vasos precipitados de 1 L de capacidad, con ayuda de una pipeta graduada, una pera de succión y una bagueta o varilla de agitación (Figura 6).



**Figura 6:** Instrumentos para la realización de bioensayos.

Fuente: Elaboración propia.

Las preparaciones de las concentraciones se realizaron a partir de una solución madre (Figura 7), la cual es una solución más concentrada que sirve de base para hacer otras soluciones de menor concentración a través de diluciones. La solución madre que se usó, fue preparada en base a la dosis de etiqueta, la cual es de  $100 \text{ mL cil}^{-1}$  o su equivalente  $0,5 \text{ mL L}^{-1}$ .



**Figura 7:** Solución madre.

Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente los bioensayos se realizaron con la raza susceptible de referencia, utilizándose cuatro dosis, equivalentes al 20, 10, 1 y 0,1 % de la dosis de etiqueta (Figura 8). Con esta prueba exploratoria, se encontraron las dosis más alta y más baja, con las cuales se obtuvieron mortalidades de 99 y 1 %, respectivamente (ventana de respuesta biológica).



**Figura 8:** Solución madre junto a las cuatro dosis de Spirodiclofen utilizadas en la prueba exploratoria.

Fuente: Elaboración propia.

Entre las dosis máxima y mínima determinadas en el ensayo preliminar, se establecieron cinco dosis logarítmicas. Quedando así establecidas las dosis a utilizar en el ensayo definitivo, las cuales fueron, 0,0005; 0,001; 0,003; 0,007; 0,02; 0,04 y 0,1 mL L<sup>-1</sup>. A partir de la solución madre, mencionada con anterioridad, se realizaron una serie de diluciones para obtener las dosis indicadas líneas arriba (Figura 9).



**Figura 9:** Solución madre junto a las siete dosis de Spirodiclofen utilizadas en el bioensayo.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ensayo anterior se sometieron al análisis Probit y se obtuvo la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub>.

La aplicación del acaricida fue por aspersión, utilizando un pulverizador eléctrico (National, Electric Sprayer MS-10), tratando de simular la forma de uso del plaguicida. La aplicación se realizó de forma directa sobre las hojas de *A. wilkesiana*, a una distancia aproximada de 30 cm. La duración de la aplicación para cada hoja fue de 8 s, debido a que con ese tiempo se comprobó que se obtenía una óptima cobertura sin llegar al escurrimiento.

Inmediatamente después de realizarse la aplicación, las hojas se dejaron secar a temperatura ambiente durante varios minutos. Una vez secas, las hojas fueron transferidas a los táperes de crianza, en donde fueron acondicionadas de la misma forma que la crianza masal. El mismo procedimiento se siguió con el testigo, con la diferencia que únicamente se asperjó agua destilada.

Con un pincel pelo de marta No. 0 se colocaron 10 hembras adultas con edades entre 5 y 10 días sobre la superficie de cada hoja tratada. Se utilizaron 50 ácaros por dosis y la misma cantidad para el testigo. Las tapas de los táperes fueron recortados y cubiertos con tela organza a fin de permitir la aireación en su interior (Figura 10).



**Figura 10:** Táperes de crianza etiquetados luego de la aplicación e infestación de ácaros.  
Fuente: Elaboración propia.

Las hojas conteniendo los ácaros fueron acondicionados en cámara bioclimática (Climacell) a las mismas condiciones óptimas que se describieron en la crianza y fueron mantenidas allí durante 72 horas, momento en el cual se procedió a evaluar la mortalidad.

### 3.4. Recolección de las poblaciones de *T. urticae* provenientes de las zonas en estudio

Las poblaciones de campo se recolectaron de cuatro distritos, ubicados en las provincias de Huaral y Canta, de productores de fresa var. San Andreas ubicados en: Aucallama (145 m.s.n.m; 11°34'44.7"S, 77°11'40.7"W) (Figura 11), Chancay (44 m.s.n.m; 11°32'42.1"S, 77°16'40.5"W) (Figura 12), Huaral (188 m.s.n.m; 11°33'08.6"S, 77°12'06.9"W) (Figura 13) y Santa Rosa de Quives (940 m.s.n.m; 11°42'11.0"S, 76°56'23.7"W) (Figura 14).



**Figura 11:** Cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) var. San Andreas ubicado en Aucallama.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 12:** Cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) var. San Andreas ubicado en Chancay.  
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 13:** Cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) var. San Andreas ubicado en Huaral.

Fuente: Elaboración propia.

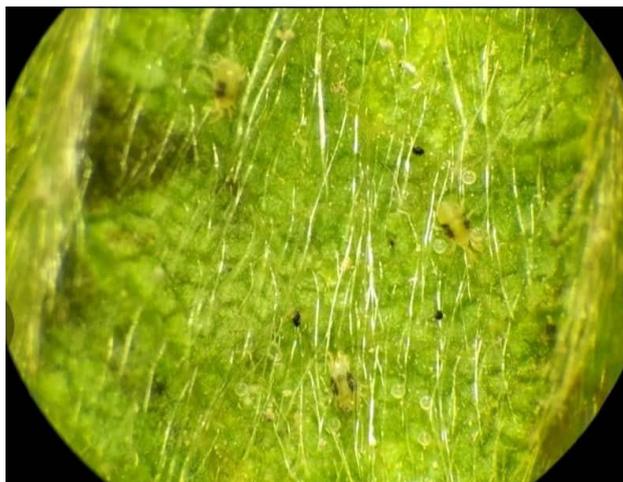


**Figura 14:** Cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) var. San Andreas ubicado en Santa Rosa de Quives.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Bioensayos de las cuatro poblaciones en estudio de *T. urticae*

Las hojas de fresa con el ‘ácaro plaga’ (Figura 15) de cada zona de estudio fueron llevadas al laboratorio de toxicología de plaguicidas de la UNALM, en donde se procedió a criarlas hasta obtener la F1. Para los bioensayos se utilizaron hembras adultas con edades entre 5 a 10 días. Los experimentos se realizaron con la CL<sub>50</sub> (0,0056 mL L<sup>-1</sup>) y la CL<sub>95</sub> (0,1008 mL L<sup>-1</sup>) del Spirodiclofen obtenidas en la raza susceptible de referencia, a fin de obtener la mortalidad que ocasione estas dosis en cada una de las poblaciones de *T. urticae* de las zonas en estudio. Las preparaciones del plaguicida, aplicaciones del mismo y procedimientos luego de las aplicaciones fueron similares a los descritos en los bioensayos de la raza susceptible de referencia.



**Figura 15:** Población de *T. urticae* en hojas de fresa.

Fuente: Elaboración propia.

### **3.6. Método de evaluación de los bioensayos**

Después de 72 horas de exposición al acaricida se evaluó la mortalidad, considerándose muertos aquellos individuos incapaces de locomoverse al ser estimulados por el toque de un pincel.

### **3.7. Análisis estadístico**

Para estimar la  $CL_{50}$  y  $CL_{95}$  se realizó el análisis Probit mediante el uso del programa PoloSuite (LeOra Software, 1997).

### **3.8. Diseño experimental**

El diseño experimental que se usó fue completamente al azar con 5 repeticiones. Los datos de mortalidad obtenidos en cada población fueron sometidos a un análisis de varianza y a un test de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 95 %.

### **3.9. Entrevistas a productores**

Se realizaron entrevistas a los productores dueños de los campos de fresa en donde se colectaron las poblaciones de *T. urticae* para el estudio de resistencia al Spirodiclofen. Ver cuestionario en el Anexo 4.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Caracterización de la línea base de susceptibilidad de *T. urticae*

En el cuadro 7 se presentan los resultados del porcentaje de mortalidad de la prueba exploratoria con cuatro concentraciones de Spirodiclofen, la cual tuvo como fin encontrar la concentración mínima que ocasione la mortalidad más baja por encima de 0 % y la concentración máxima que ocasione la mortalidad más alta por debajo de 100 %. Como se puede observar, estas concentraciones representan el 0,1; 1; 10 y 20 % de la dosis de etiqueta, las cuales equivalen a 0,0005; 0,005; 0,05 y 0,1 mL L<sup>-1</sup>, respectivamente. La dosis de etiqueta indicada en la ficha técnica del producto Spirosil® 250 SC para el control de *T. urticae* en el cultivo de fresa es de 100 mL cil<sup>-1</sup> o su equivalente 0,5 mL L<sup>-1</sup>.

**Cuadro 7:** Mortalidad de la raza susceptible de referencia a cuatro concentraciones del ingrediente activo Spirodiclofen.

Dosis (mL L <sup>-1</sup> )	Número de individuos	Número de muertos	% de mortalidad
Testigo	50	2	4
0,0005	50	6	12
0,005	50	33	66
0,05	50	42	84
0,1	50	45	90

Las concentraciones que se escogieron para continuar con la caracterización de la línea base de susceptibilidad fueron 0,0005 y 0,1 mL L<sup>-1</sup>, debido a que estas causaron mortalidad de 12 y 90 %, respectivamente. Permitiendo utilizar otras concentraciones equidistantes en una escala logarítmica a fin de estimar la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub>.

Las siete concentraciones obtenidas para la caracterización de la línea base de susceptibilidad de *T. urticae* al Spirodiclofen fueron, 0,0005; 0,001; 0,003; 0,007; 0,02; 0,04 y 0,1 mL L<sup>-1</sup>, las cuales representan el 0,1; 0,2; 0,6; 1,4; 4; 8 y 20 % de la dosis de etiqueta, respectivamente. La mortalidad de *T. urticae* debido a la aplicación de las concentraciones antes mencionadas se presentan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8:** Mortalidad de la raza susceptible de referencia a siete concentraciones del ingrediente activo Spirodiclofen.

Dosis (mL L <sup>-1</sup> )	Número de individuos	Número de muertos	% de mortalidad
Testigo	50	1	2
0,0005	50	5	10
0,001	50	6	12
0,003	50	16	32
0,007	50	32	64
0,02	50	40	80
0,04	50	43	86
0,1	50	46	92

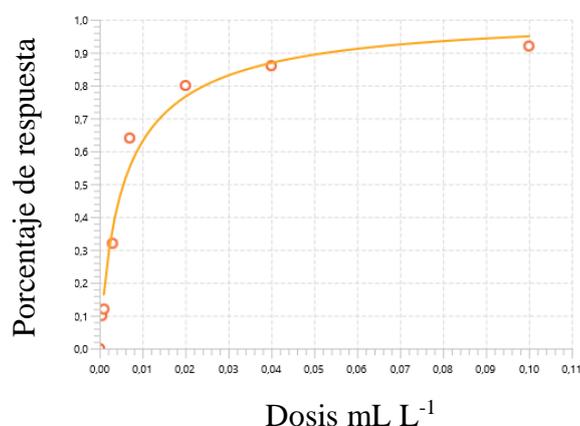
Los resultados obtenidos de la tabla anterior se sometieron al análisis Probit mediante el programa PoloSuite (LeOra Software, 1997) (Anexo 1). En el Cuadro 9 se presentan los resultados del análisis Probit. El valor de CL<sub>50</sub> fue de 0,0056 mL L<sup>-1</sup>, mientras que el intervalo de confianza al 95 % de probabilidad estuvo entre 0,004 y 0,008 mL L<sup>-1</sup>; eso significa, que existe una probabilidad de 95 % de que la CL<sub>50</sub> se sitúe entre ambos valores, los cuales están muy cercanos a la CL<sub>50</sub> estimada por el análisis Probit. El valor de CL<sub>95</sub> fue de 0,1008 mL L<sup>-1</sup>, mientras que el intervalo de confianza al 95 % de probabilidad estuvo entre 0,057 y 0,227 mL L<sup>-1</sup>; eso significa, que existe una probabilidad de 95 % de que la CL<sub>95</sub> se sitúe entre ambos valores, los cuales son más distantes a la CL<sub>95</sub> estimada por el análisis Probit. Estos resultados son típicos en experimentos toxicológicos, en donde los intervalos de confianza dibujan curvas hiperbólicas respecto a la línea de regresión dosis-mortalidad, aproximándose a la CL<sub>50</sub> y distanciándose en los extremos de la curva, por ejemplo, la CL<sub>10</sub> o la CL<sub>95</sub>. Si en caso, el coeficiente angular de cualquier pendiente es menor de 1,96 la regresión no es significativa y el tratamiento no tiene efecto, por lo que el conjunto de datos debe excluirse de un análisis posterior. En este experimento, se obtuvo un

coeficiente angular de 11,2; siendo este mayor a 1,96, demostrando que la regresión es significativa y el tratamiento tiene efecto. El valor de Chi cuadrado fue 4,0943; el cual al ser comparado con el valor tabulado de 11,1 (con 5 grados de libertad) resulta ser menor, por lo que indica que es una representación satisfactoria de los datos del experimento. En cuanto a la heterogeneidad, esta resulta de dividir el Chi cuadrado entre los grados de libertad; resultando en un valor de 0,8189. En bioensayos con artrópodos se recomienda que el valor de heterogeneidad no supere a 4 (Robertson et al., 2017), como obtenido en el presente estudio. La Figura 16 nos muestra la curva de regresión dosis/mortalidad de la raza susceptible de referencia de *T. urticae*, se puede observar que a ligeros incrementos de concentración se obtienen respuestas de mortalidad importantes. Esta curva demuestra la elevada sensibilidad y eficiencia del método de bioensayo para evaluar la susceptibilidad de *T. urticae* al Spirodiclofen.

**Cuadro 9:** Análisis Probit para la caracterización toxicológica de la raza susceptible de referencia de *T. urticae* al Spirodiclofen

Población	CL <sub>50</sub> (IC 95 %)	CL <sub>95</sub> (IC 95 %)	Coefficiente angular ±EE	X <sup>2</sup>	gl	Heterogeneidad
Susceptible	0,0056 (0,004-0,008)	0,1008 (0,057-0,227)	11,2±0,12	4,0943	5	0,8189

CL<sub>50</sub>: Concentración letal media (mL L<sup>-1</sup>); CL<sub>95</sub>: Concentración letal 95 (mL L<sup>-1</sup>); IC 95 %: Intervalo de confianza al 95 %; EE: Error estándar de la media; X<sup>2</sup>: Chi cuadrado; gl: grados de libertad.



**Figura 16:** Curva de regresión dosis/mortalidad del Spirodiclofen sobre la raza susceptible de referencia de *T. urticae*.

Fuente: PoloSuite (LeOra Software, 1997).

#### 4.2. Caracterización de la resistencia de *T. urticae* al Spirodiclofen

El análisis de varianza se realizó con los valores de mortalidad de la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub> de la raza susceptible de referencia y la mortalidad encontrada en las poblaciones estudiadas con esas mismas concentraciones: Aucallama, Chancay, Huaral y Santa Rosa de Quives. En los Cuadros 10 y 11 se muestran los resultados de las pruebas de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), donde las cuatro poblaciones evaluadas no mostraron diferencias estadísticamente significativas frente a la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub> establecidas para la población susceptible, lo cual significa que las poblaciones estudiadas de *T. urticae* son susceptibles al Spirodiclofen. Los valores de mortalidad en todas las poblaciones estudiadas, estuvieron muy cercanas al 50 y 95 % con la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub> obtenida para la raza susceptible de referencia, respectivamente.

**Cuadro 10:** Mortalidad (%) de la raza susceptible de referencia y de cuatro poblaciones provenientes de las zonas en estudio, de *T. urticae*, con la CL<sub>50</sub> del Spirodiclofen (0,0056 mL L<sup>-1</sup>) obtenida en la raza susceptible de referencia.

Población	Número de individuos	Mortalidad (%)	significancia	E.E.
Susceptible	50	50	A	1,32
Huaral	50	49	A	1,32
Aucallama	50	49	A	1,32
Santa Rosa de Quives	50	48	A	1,32
Chancay	50	46	A	1,32

Comparación de medias – Prueba de Tukey al 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). E.E.: Error estándar de la media.

**Cuadro 11:** Mortalidad (%) de la raza susceptible de referencia y de cuatro poblaciones provenientes de las zonas en estudio, de *T. urticae*, con la CL<sub>95</sub> del Spirodiclofen (0,1008 mL L<sup>-1</sup>) obtenida en la raza susceptible de referencia.

Población	Número de individuos	Mortalidad (%)	significancia	E.E.
Susceptible	50	95	A	1,83
Huaral	50	97	A	1,83
Aucallama	50	97	A	1,83
Santa Rosa de Quives	50	96	A	1,83
Chancay	50	94	A	1,83

Comparación de medias – Prueba de Tukey al 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). E.E.: Error estándar de la media.

Estos resultados confirman la susceptibilidad de las cuatro poblaciones estudiadas al Spirodiclofen. Sin embargo, es importante entender el motivo de estos resultados, por ello la aplicación de entrevistas (Anexo 4) a los productores de fresa de las cuatro localidades fue fundamental para entender los factores que produjeron esta condición de susceptibilidad al acaricida estudiado.

#### **a. Población de Huaral**

El factor determinante en esta localidad fue el manejo del cultivo, ya que el productor de esta zona realizó rotaciones en el tiempo con productos que poseían distintos modos de acción (Anexo 5). En la presente campaña Junio-Noviembre, el productor realizó diez aplicaciones para el control de *T. urticae*, utilizando la siguiente secuencia: Bifenazato, Spirodiclofen, Abamectina, Etoxazole, Cyflumetofen, Abamectina, Etoxazole, Bifenazato, Abamectina y Spiromesifen; evitando siempre el uso secuencial de dos ingredientes activos que posean el mismo modo de acción. Marčić (2012) sostiene que la recomendación para retardar el desarrollo de resistencia incluye acciones tales como la rotación y la mezcla de compuestos con modos de acción diferentes. La rotación con productos de modo de acción

distinto es un método necesario y que el productor de esta zona tiene siempre presente para el control de esta plaga, es por ello que a pesar de haberse usado el producto Spirodiclofen una vez, no se detectó resistencia.

#### **b. Población de Aucallama**

El factor que predominó en esta localidad fue el desconocimiento del producto, el productor no conocía el producto Spirosil® 250 SC, ni otro producto que contenga el ingrediente activo Spirodiclofen, a pesar de que en tiendas de plaguicidas aledañas si se encuentre a la venta. Sus aplicaciones se basaban prácticamente en productos a base de Abamectina, razón por la cual la población es susceptible al Spirodiclofen.

#### **c. Población de Chancay**

En este caso el factor que determinó la susceptibilidad de *T. urticae* al Spirodiclofen fue el destino comercial de la fresa, la cual tiene como mercado principal EE.UU. y Japón. Para Japón el Límite Máximo de Residuo (LMR) es de 2 mg kg<sup>-1</sup>, sin embargo, no sucede lo mismo con EE.UU. (Cuadro 12). En dicho país el Spirodiclofen no tiene LMR para el cultivo de fresa, por lo tanto, no se puede utilizar. Como la producción de Chancay es enviada indistintamente a Japón y EE.UU., las empresas exportadoras de la zona han decidido no utilizar el Spirodiclofen en el cultivo. Estas empresas, Arcor de Perú S.A., Gofresh S.A.C y Agro Laure S.A.C se encargan de acopiar y exportar la fresa del valle de Chancay, exigiendo a los agricultores el cumplimiento de una serie de normas, entre las cuales está la utilización de plaguicidas autorizados en el mercado de destino. De esa forma, el Spirodiclofen no está permitido para los agricultores que proveen su fruta a las empresas exportadoras. Así, la población de *T. urticae* se mantendrá susceptible al Spirodiclofen debido a la ausencia de presión selectiva. Sin embargo, utilizan otros ingredientes activos como: Abamectina, Etoxazole, Bifenazato y Spiromesifen.

**Cuadro 12:** Límite Máximo de Residuos (LMR) de distintos acaricidas para el cultivo de fresa en USA y Japón

Principio Activo	LMR	
	USA (mg kg <sup>-1</sup> )	Japón (mg kg <sup>-1</sup> )
Spirodiclofen	-	2
Spiromesifen	2	2
Abamectina	0,05	0,2
Etoxazole	0,5	0,5
Bifenazato	1,5	5
Cyflumetofen	0,6	2

Fuente: BCGlobal; The Japan Food Chemical Research Foundation.

#### d. Población de Santa Rosa de Quives

En este lugar al igual que en Aucallama, los agricultores no conocen el producto Spirosil<sup>®</sup> 250 SC ni ningún otro que tenga el ingrediente activo Spirodiclofen. Se pudo constatar que este desconocimiento por parte de los agricultores, se debe a que en las tiendas de plaguicidas del valle no se vende ningún acaricida a base de Spirodiclofen.

Cabe resaltar que el productor utilizó algunas veces el producto Spiromek<sup>®</sup> el cual contiene el ingrediente activo Spiromesifen, teniendo este, el mismo modo de acción que el Spirodiclofen. Ferreira et al. (2015) encontraron que aparentemente no había resistencia cruzada entre los acaricidas Spiromesifen y Spirodiclofen a pesar de tener el mismo modo de acción. Esto puede explicar en parte la susceptibilidad de *T. urticae* al Spirodiclofen; sin embargo, es probablemente también que el Spiromesifen haya sido usado pocas veces en Santa Rosa de Quives.

#### 4.3. Consideraciones finales

La disminución de la presión de selección para resistencia debe formar parte de los programas de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Siendo la rotación de plaguicidas con modo de acción distintos la estrategia principal. Sin embargo, al no encontrar resistencia al Spirodiclofen en las poblaciones estudiadas, el producto puede ser utilizado como una herramienta viable en el control de *T. urticae* en dichas localidades. Además, al tratarse de un producto prácticamente desconocido por los agricultores, se debe tener en cuenta algunas de sus características a fin de conseguir una elevada eficacia en el control de la plaga, cuando

los agricultores empiecen a utilizar el Spirodiclofen en el cultivo de fresa en los valles estudiados.

Montoya et al. (2017) obtuvieron resultados en donde la actividad del Spirodiclofen sobre hembras adultas fue lenta, lo que además fue reforzado por los estudios de Marčić et al. (2009) y Ribeiro (2014) quienes afirmaron que la mortalidad ocasionada por el Spirodiclofen es menor en las primeras 48 horas en relación a otras moléculas como el Propargita, Spiromesifen, Milbemectina. Este es un punto importante para comprender como funciona el Spirodiclofen, pues la mortalidad del mayor porcentaje de la población tratada se alcanza a las 72 horas aproximadamente. Por lo tanto, es necesario tener esto presente para no caer en el error de asumir que el producto tiene baja eficacia cuando las evaluaciones se realizan uno o dos días después de la aplicación. El momento ideal para realizar las evaluaciones de eficacia sería a partir del tercer día después de la aplicación.

Otro punto a tomar en cuenta es que el Spirodiclofen es activo contra todos los estados de desarrollo: huevo, larva, ninfa, estado de reposo y hembra adulta, excepto machos adultos. Mostrando una alta actividad contra las hembras, al disminuir su fecundidad y fertilidad después del contacto tarsal (Bayer, 2010). Debido a esta característica, se puede cometer el error de calificar al Spirodiclofen como un acaricida ineficaz, solo por el hecho de encontrar machos sobrevivientes varios días después de la aplicación. A pesar que el Spirodiclofen no tiene actividad sobre machos, estos no tendrán con quien aparearse, no habiendo así, reproducción y provocando la reducción drástica de la población en el tiempo.

Al ser un producto que funciona por contacto, la aplicación debe llegar al lugar donde se encuentra *T. urticae*, es decir, el envés de las hojas, principalmente las del tercio inferior de la planta. Por lo tanto, es muy importante realizar investigaciones que busquen el equipo de pulverización y el método de aplicación más eficiente, que consigan depositar las gotas que contienen el ingrediente activo sobre el objetivo de la aplicación.

## V. CONCLUSIONES

1. La población de *T. urticae* del distrito de Aucallama no es resistente al Spirodiclofen.
2. La población de *T. urticae* del distrito de Chancay no es resistente al Spirodiclofen.
3. La población de *T. urticae* del distrito de Huaral no es resistente al Spirodiclofen.
4. La población de *T. urticae* del distrito de Santa Rosa de Quives no es resistente al Spirodiclofen.

## VI. RECOMENDACIONES

1. En general, el ingrediente activo Spirodiclofen es una herramienta viable para el control de *T. urticae*. Se debería usar como una alternativa en la rotación de ingredientes activos junto con otros productos de modo de acción distinta, teniendo en cuenta sus características que se han de tener en cuenta si se quiere empezar a usar este acaricida.
2. A pesar de no haberse encontrado resistencia al Spirodiclofen, se recomienda continuar con el monitoreo de la resistencia de *T. urticae* a este ingrediente activo, pues el fenómeno de resistencia es dinámico y es probable que con el transcurrir del tiempo se pueda tener problemas de pérdida de eficacia del Spirodiclofen debido a su uso inadecuado.
3. Se recomienda realizar estudios de monitoreo de la resistencia de poblaciones de *T. urticae* a otros acaricidas como la Abamectina, Bifenazato, Etoxazole y Cyflumetofen, los cuales son actualmente utilizados por los productores de fresa.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adesanya, AW; Morales, MA; Walsh, DB; Lavine, LC; Lavine, MD; Zhu, F. 2018. Mechanisms of resistance to three mite growth inhibitors of *Tetranychus urticae* in hops. Bulletin of Entomological Research 108(1):23-34.

Agencia Agraria de Noticias. 2012. Lima primer productor de fresa a nivel nacional (en línea). Lima, Perú. Consultado 2 nov. 2019. Disponible en <https://agraria.pe/noticias/lima-primer-productor-de-fresa-a-nivel-nacional-3681>

Agencia Agraria de Noticias. 2016. Fresas peruanas tienen potencial para cubrir vacío dejado por otros productores (en línea). Consultado 2 nov. 2019. Disponible en <https://agraria.pe/noticias/fresas-peruanas-tienen-potencial-para-cubrir-vacio-11464>

Aguilar-Fenollosa, E; Pascual-Ruiz, S; Ibáñez-Gual, MV; Hurtado-Ruiz, M; Martínez-Ferrer, MT; Jacas, JA. 2014. Umbrales económicos para la araña roja *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) en mandarino. Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos (423):233-242.

APRD (Arthropod Pesticide Resistance Database). 2019. APRD: Base de datos de artrópodos resistentes a los pesticidas (en línea, sitio web). Consultado 13 nov. 2019. Disponible en <https://www.pesticideresistance.org/>

Bayer. 2010. Spirodiclofen (en línea). Terralia. Consultado 5 nov. 2019. Disponible en [http://www.terralia.com/vademecum\\_de\\_productos\\_fitosanitarios\\_y\\_nutricionales/index.php?proceso=registro&numero=5195&id\\_marca=19370&base=2010](http://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/index.php?proceso=registro&numero=5195&id_marca=19370&base=2010)

Bernardi, D; Botton, M; Silva, U; Bernardi, O; Malausa, T; Garcia, M; Nava, D. 2013. Effects of azadirachtin on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and its compatibility

with predatory mites (Acari: Phytoseiidae) on strawberry. Malden, United States, Pest Management 69(1): 75-80. Consultado 12 ene. 2019. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97492/1/Dori-ps3364.pdf>

Bernardi, D; Botton, M; Nava, DE; Zawadneak, MAC. 2015. Guia para identificação e monitoramento de pragas e seus inimigos naturais em morangueiro. Brasília, Brasil, Embrapa. 46 p.

Bi, JL; Niu, ZM; Yu, L; Toscano, NC. 2016. Resistance status of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* to selected acaricides on strawberries. Insect Science 23(1):88-93.

Bújanos, R; Marín, A; González, E; Villalobos, S; Díaz, L. 2018. Manejo de artrópodos-plaga del cultivo de la fresa en la región de El Bajío, México. Guanajuato, México, Inifap. 33 p.

Cazaux, M; Navarro, M; Bruinsma, KA; Zhurov, V; Negrave, T; Van Leeuwen, T; Grbic, V; Grbic, M. 2014. Application of Two-spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* for Plant-pest Interaction Studies. Journal of Visualized Experiments (89).

Chacón-Hernández, JC; Cerna-Chávez, E; Reyes-Zepeda, F; Gaona-García, G; Rocandio-Rodríguez, M; Landeros-Flores, J. 2017. Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot sobre cuatro estados de desarrollo de *Tetranychus urticae* Koch sobre discos de rosal. Southwestern Entomologist 42(2):485-492.

Cheng, JL; He, XR; Wang, ZC; Zhang, JG; Zhao, JH; Zhu, GN. 2013. Metabolism-based synthesis, biological evaluation and structure-activity relationship analysis of spirotetramat analogues as potential lipid biosynthesis inhibitors. Pest Management Science 69(10):1121-1130.

Crop Science. 2010. *Tetranychus urticae* (en línea). Consultado 17 ene. 2019. Disponible en <https://www.cropscience.bayer.com/en/crop-compendium/pests-diseases-weeds/pests/tetranychus-urticae>

De Liñán, C. 2015. Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales 2015. Madrid, España, Ediciones Agrotécnicas. 836 p.

Demaeght, P; Dermauw, W; Tsakireli, D; Khajehali, J; Nauen, R; Tirry, L; Van Leeuwen, T. 2013. Molecular analysis of resistance to acaricidal spirocyclic tetrone acids in *Tetranychus urticae*: CYP392E10 metabolizes spiropdiclofen, but not its corresponding enol. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 43(6):544–554.

Días, JPT; Filho, JD; Carmo, EL; Simoes, JC; Pádua, JG. 2012. Population fluctuation of spider mite *Tetranychus urticae* in different production systems of strawberry. *Acta Horticulturae* 926(926):625-630.

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). 2009. Spirodiclofen (en línea). p. 925. Consultado 13 ene. 2019. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/JMPR/Evaluation09/Spirodiclofen.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation09/Spirodiclofen.pdf)

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. Rendimiento y producción de fresa en Perú para el año 2014 (en línea). Consultado 1 ene. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

Farahani, S.; Bandani, A; Eslami, S. 2018. Comparison of susceptibility of two Iranian populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) to spiropdiclofen. Karaj, Iran, *Persian Journal of Acarology* 7(3): 279-287.

Ferreira, CBS; Andrade, FHN; Rodrigues, ARS; Siqueira, HAA; Gondim, MGC. 2015. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. *Crop Protection* 67(1):77-83.

Flint, ML. 2012. *IPM in Practice, 2nd Edition: Principles and Methods of Integrated Pest Management*. 2nd ed. Oakland, USA, University of California Agriculture and Natural Resources. 292 p.

Ghazi, NA; Amano, H. 2016. The use of the cannibalistic habit and elevated relative humidity to improve the storage and shipment of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology* 69(3):277-287.

Goff, GJ; Hance, T; Detrain, C; Deneubourg, J; Mailleux, A. 2014. Impact of living with kin/non-kin on the life history traits of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology* 63(1):37-47.

González-Domínguez, SG; Santillán-Galicia, MT; González-Hernández, V; Espinosa, JS; González-Hernández, H. 2015. Variability in damage caused by the mite *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) Koch on three varieties of strawberry. *Journal of Economic Entomology* 108(3):1371-1380.

Goodhue, RE; Bolda, M; Farnsworth, D; Williams, JC; Zalom, FG. 2011. Spotted wing drosophila infestation of California strawberries and raspberries: economic analysis of potential revenue losses and control costs. *Pest Management Science* 67(11):1396–1402.

Grbić, M.; Van Leeuwen, T.; Clark, RM.; Rombauts, S.; Rouzé, P.; Grbić, V.; Osborne, EJ.; Dermauw, W.; Ngoc, PC.; Ortego, F.; Hernández-Crespo, P.; Díaz, I.; Martínez, M.; Navajas, M.; Sucena, É.; Magalhães, S.; Nagy, L.; Pace, RM.; Djuranović, S.; Smagghe, G.; Iga, M.; Christiaens, O.; Veenstra, JA.; Ewer, J.; Villalobos, RM.; Hutter, JL.; Hudson, SD.; Vélez, M.; Yi, SV.; Zeng, J.; Pires-daSilva, A.; Roch, F.; Cazaux, M.; Navarro, M.; Zhurov, V.; Acevedo, G.; Bjelica, A.; Fawcett, JA.; Bonnet, E.; Martens, C.; Baele, G.; Wissler, L.; Sánchez-Rodríguez, A.; Tirry, L.; Blais, C.; Demeestere, K.; Henz, SR.; Gregory, TR.; Mathieu, J.; Verdon, L.; Farinelli, L.; Schmutz, J.; Lindquist, E.; Feyereisen, R.; Van de Peer, Y. 2011. The genome of *Tetranychus urticae* reveals herbivorous pest adaptations. *Nature*. 479(7374): 487-492.

Gupta, S; Dikshit, AK. 2010. Biopesticides: An ecofriendly approach for pest control. *Journal of Biopesticides* 3(1):186-188.

Hoy, M. 2011. *Agricultural Acarology: Introduction to Integrated Mite Management*. Boca Raton, USA, CRC Press. 430 p.

Huerta-Pérez, J.; Solís-Aguilar, JF; Tejeda-Reyes, MA; Ramírez-Alarcón, S; Luna-García, J; Alonso-Hernández, L; Díaz-Nájera, JF. 2017. Efectividad de acaricidas para el control de araña roja en rosa en Chiautzingo, Puebla. *Entomología mexicana* 4:358-362.

Ilias, A; Vontas, J; Tsagkarakou, A. 2014. Global distribution and origin of target site insecticide resistance mutations in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 48(1): 17–28.

Intagri. 2017. Manejo de la Araña de Dos Puntos en la Producción de Berries (en línea, sitio web). Consultado 4 nov. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-de-la-arania-de-dos-puntos-en-la-produccion-de-berries>

IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2019. Boletín IRAC 2019-v.9.3 (en línea). Consultado 11 nov. 2019. Disponible en <https://www.irc-online.org/documents/moa-classification/>

Karlec, F; Da Fonseca, AD; De Oliveira, ACB; Da Cunha, US. 2017. Development of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in different strawberry cultivars. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39(1):1-8.

Landeros, J; Ail, CE; Cerna, E; Ochoa, Y; Guevara, L; Aguirre, LA. 2010. Susceptibility and resistance mechanisms of *Tetranychus urticae* (Acariformes: Tetranychidae) in greenhouse roses. *Revista Colombiana de Entomología* 36(1):5-9.

Lemus-Soriano, BA; García-Barajas, J; Pérez-Aguilar, DA; Romero-García, A. 2017. Control del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae) con oximatrina en fresa. *Entomología Mexicana* 4:315-319.

LeOra Software. 1997. POLO-PC, A user's guide to probit or logit analysis.

Liburd, O; Rhodes, E. 2019. Management of Strawberry Insect and Mite Pests in Greenhouse and Field Crops. *In* Asao, T (ed.). *Strawberry, Pre- and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality*. Florida, USA, IntechOpen. p. 4.

López, LL; Guzmán-Ortíz, DLA; García, J; Chávez, CG; Peña-Cabriales, JJ. 2014. Consideraciones para mejorar la competitividad de la región “El Bajío” en la producción nacional de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(4):673-686.

- Lümmen, P; Khajehali, J; Luther, K; Van Leeuwen, T. 2014. The cyclic keto-enol insecticide spirotetramat inhibits insect and spider mite Acetyl-CoA carboxylases by interfering with the carboxyltransferase partial reaction. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 55:1-8.
- Marčić, D. 2012. Acaricides in modern management of plantfeeding mites. *Journal of Pest Science* 85(4):395-408.
- Marčić, D; Ogurlić, I; Perić, P. 2009. Effects of spiroadiclofen on the reproductive potential of two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) ovipositing females. *Archives of Biological Science* 61(4):777-785.
- McMurtry, JA; Scriven, GT. 1965. Insectary Production of Phytoseiid Mites. *Journal of Economic Entomology* 58:282-284.
- Meena, NK; Rampal; Barman, D; Medhi, RP. 2013. Biology and seasonal abundance of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, on orchids and rose. *Phytoparasitica* 41(5):597-609.
- Migeon, A; Dorkeld, F. 2010. Spider Mites Web: A Comprehensive Database for the Tetranychidae (en línea). Consultado 3 ene. 2019. Disponible en <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>
- Minagri. 2016. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera. Perú.
- Minagri. 2017. (en línea). Consultado 2 nov. 2019. Disponible en <https://www.gob.pe/busquedas?utf8=%E2%9C%93&search%5Bterms%5D=FRESA>
- Mohammadzadeh, M; Bandani, AR; Sabahi, Q. 2014. Comparison of susceptibility of two populations of *Tetranychus urticae* Koch to two acaricides, abamectin and propargite. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 47(17): 2112–2123.
- Mohankumar, S; Balakrishnan, N; Samiyappan, R. 2014. Biotechnological and molecular approaches in the management of non-insect pests of crop plants. *In Integrated Pest Management*. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier. p.337-369.

Montoya, A; Galano-Flores, G; Rodríguez, H; Franco, AA; Zanardi, OZ; Yamamoto, PT. 2017. Toxicidad de acaricidas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) en laboratorio. *Revista de Protección vegetal* 32(1):60-67.

NAPPO (North American Plant Protection Organisation). 2014. Morphological Identification of Spider Mites (Tetranychidae) Affecting Imported Fruits. Ottawa, Canada. 30 p.

Nicastro, RL; Sato, ME; Silva, MZ. 2010. Milbemectin resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): selection, stability and cross-resistance to abamectin. *Experimental and Applied Acarology* 50(3):231-241.

Nyoike, TW; Liburd, OE. 2013. Effect of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae), on marketable yields of field-grown strawberries in north-central Florida. *Journal of Economic Entomology* 106(4):1757-1766.

Olivera, J. 2012. Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) (en línea). Lima, Perú. Consultado 1 nov. 2019. Disponible en [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/752/1/Olivera-Cultivo\\_de\\_Fresa.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/752/1/Olivera-Cultivo_de_Fresa.pdf)

Piraneo, TG; Bull, J; Morales, MA; Lavine, LC; Walsh, DB; Zhu, F. 2015. Molecular mechanisms of *Tetranychus urticae* chemical adaptation in hop fields. *Scientific Reports* 5:17090.

Redagícola. 2017. La hora de las fresas (en línea). Consultado 2 ene. 2019. Disponible en <http://www.redagricola.com/pe/la-hora-las-fresas/>

Ribeiro, LP; Zanardi, OZ; Vendramim, JD; Yamamoto, PT. 2014. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and commercial pesticides against citrus red mite. *Experimental & Applied Acarology* 64(1):87-98.

Robertson, JL; Jones, MM; Olguin, E; Alberts, B. 2017. Bioassays with Arthropods. California, United States, CRC press. 194 p.

Seeman, OD; Beard, J. 2011. Identification of exotic pest and Australian native and naturalized species of *Tetranychus* (Acari: Tetranychidae). *Zootaxa* 2961:1-72.

Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA. (2018). Sistema Integrado de Gestión de Insumos Agropecuarios (SIGIA): Consulta del Registro de plaguicidas (en línea). Consultado 9 oct. 2019. Disponible en [https://servicios.senasa.gob.pe/SIGIAWeb/sigia\\_consulta\\_plaga.html](https://servicios.senasa.gob.pe/SIGIAWeb/sigia_consulta_plaga.html)

Sparks, TC; Nauen, R. 2015. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 121: 122-128.

Tehri, K. 2014. A review on reproductive strategies in two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch 1836 (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2(5):35–39.

Turan, İ; Yorulmaz, S; Ay, R. 2016. Resistance levels against abamectin and spiroticlofen of populations of *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae) collected from melons greenhouses in Kumluca district of Antalya Province. *The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University* 7:254-261

Van Leeuwen, T; Vontas, J; Tsagkarakou, A; Dermauw, W; Tirry, L. 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 40(8):563-572.

Vásquez, C; Balza, D; Jiménez, MA; Colmenárez, Y; Rios, Y. 2016. Use of plant extracts as an alternative control method against phytophagous mites in South America. *Current Topics in Phytochemistry* 13:35-41.

Villegas-Elizalde, S; Rodríguez-Maciél, JC; Anaya-Rosales, S; Sánchez-Arroyo, H; Hernández-Morales, J; Bujanos-Muñiz, R. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia* 44(1):75-81.

Yalçın, K.; Döker I.; Kazak C. 2018. Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* red form (Acari: Tetranychidae) collected from strawberry in southern Turkey: Bioassay and biochemical studies. *Systematic and Applied Acarology* 23(12):2279-2287.

Zhu, F; Lavine, L; O'neal, S; Lavine, M; Foss, C; Walsh, D. 2016. Insecticide resistance and management strategies in Urban Ecosystems. *Insects* 7(1)

Zu, X; Zhong, J; Luo, D; Tan, J; Zhang, Q; Wu, Y; Liu, J; Cao, R; Wen, G; Cao, D.  
2013. Chemical genetics of Acetyl-CoA Carboxylases. *Molecules* 18(2):1704-1719.

## VIII. ANEXOS

**ANEXO 1:** Resultado del análisis estadístico Probit para la población susceptible.

pob\_sus

Chi Square = 4,0943

Degrees of Freedom = 5

Heterogeneity = 0,8189

Parameters

	Parameter	Standard Error	T-Ratio
Intercept	2,9484	0,2685	10,9792
Slope	1,3082	0,1168	11,2037

Chi Square Goodness of fit test

X	N	Respond	Expected	Residual	Probability	Standard Error
0,0005	50	5	4,2673	0,7327	0,0853	0,3709
0,001	50	6	8,2244	-2,2244	0,1645	-0,8486
0,003	50	16	18,1207	-2,1207	0,3624	-0,6239
0,007	50	32	27,5734	4,4266	0,5515	1,2587
0,02	50	40	38,3012	1,6988	0,766	0,5675
0,04	50	43	43,4281	-0,4281	0,8686	-0,1792
0,1	50	46	47,4759	-1,4759	0,9495	-0,9534

Variance Covariance Matrix

	Intercept	Slope
Intercept	0,0721	0,0299
Slope	0,0299	0,0136

## Lethal Dose Matrix

LD	Lethal Dose	Limit	90%	95%	99%
50	0,0056	lower	0,004	0,004	0,003
		upper	0,007	0,008	0,009
95	0,1008	lower	0,064	0,057	0,045
		upper	0,185	0,227	0,439

Lethal Dose Preparation Ratio Limits 0.95

**ANEXO 2:** Análisis de varianza de la variable “% de mortalidad” producida por la CL<sub>50</sub> del Spirodiclofen en cuatro distintas poblaciones de *T. urticae*.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Mortalidad	50	0.11	0.03	8.60

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	92.00	4	23.00	1.33	0.2746
Población	92.00	4	23.00	1.33	0.2746
Error	780.00	45	17.33		
Total	872.00	49			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.29049**

Error: 17.33333 gl: 45

Población	Medias	n	E.E.
Susceptible	50.00	10	1.32 A
Huaral	49.00	10	1.32 A
Aucallama	49.00	10	1.32 A
SRdQ	48.00	10	1.32 A
Chancay	46.00	10	1.32 A

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

**ANEXO 3:** Análisis de varianza de la variable “% de mortalidad” producida por la CL<sub>95</sub> del Spiroclófen en cuatro distintas poblaciones de *T. urticae*.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Mortalidad	50	0.04	0.00	6.03

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	68.00	4	17.00	0.51	0.7286
Población	68.00	4	17.00	0.51	0.7286
Error	1500.00	45	33.33		
Total	1568.00	49			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.33659**

Error: 33.3333 gl: 45

Población	Medias	n	E.E.
Huaral	97.00	10	1.83 A
Aucallama	97.00	10	1.83 A
SRdQ	96.00	10	1.83 A
Susceptible	95.00	10	1.83 A
Chancay	94.00	10	1.83 A

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

#### ANEXO 4: Entrevista a los productores de fresa de cada distrito.

### 1. Instrumentación

Se empleó entrevistas a profundidad, para obtener información sobre el tema e identificar los factores que pudieron afectar para explicar los resultados obtenidos en la investigación. Las entrevistas fueron realizadas entre los días 21 y 25 de noviembre del 2019. La entrevista a profundidad tiene las siguientes preguntas:

1. ¿Ha utilizado alguna vez el producto Spirosil® 250 SC?
2. ¿Cuál es el motivo por el cuál no lo usa?
3. ¿Le funciona el producto Spirosil® 250 SC?
4. ¿Los productos que utiliza le funciona?
5. ¿A qué dosis utiliza los productos que aplica?
6. ¿De qué forma realiza sus aplicaciones?
7. ¿Su producción llega a exportarse?
8. ¿Considera que *T. urticae* puede llegar a afectar significativamente su producción?

### 4. Procedimiento

La entrevista se aplicó a cada productor de fresa en sus respectivos campos de cada uno de los cuatro distritos escogidos, se dialogó con cada productor para que pudiera responder las preguntas antes señaladas. Las respuestas dadas por los diferentes productores fueron anotadas con autorización previa de los mismos. Las conversaciones tuvieron una duración aproximada de veinte minutos.

### 5. Resultados

1. ¿Ha utilizado alguna vez el producto Spirosil® 250 SC?

**Cuadro 13:** Respuestas a la pregunta 1 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
No	No	Sí	No

2. ¿Cuál es el motivo por el cual no lo usa?

**Cuadro 14:** Respuestas a la pregunta 2 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
Nunca he oído hablar de él.	Porque no está permitido su uso aquí, debido a que nuestros compradores no permiten la presencia del producto en nuestra fresa.	-	No he oído de ese producto. Además en las casas insecticidas aledañas al valle no lo venden.

3. ¿Le funciona el producto Spirosil® 250 SC?

**Cuadro 15:** Respuestas a la pregunta 3 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
-	-	Sí, como todo producto. Sin embargo, lo utilizado sólo un par de veces. Hoy en día los productos que más se están utilizando en fresa para ácaro son: Bifenazato y Cyflumetofen.	-

4. ¿Los productos que utiliza le funciona?

**Cuadro 16:** Respuestas a la pregunta 4 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
Sí, porque evitamos que pase mucho tiempo antes de volver a aplicar. Mantenemos a un nivel bajo la araña.	Sí, mantenemos una aplicación más que nada en productos como: Abamectina, Etoxazole, Bifenazato, Spiromesifen.	Sí, sin embargo, los productos que actualmente pienso que son los mejores son Bifenazato y Cyflumetofen.	Sí, actualmente me encuentro usando productos como: Acarstin® (i.a.: Cyhexatin), Vertimec® (i.a.: Abamectina) y Konga® (i.a.: Etoxazole+Abamectina). Los cuales funcionan muy bien.

5. ¿A qué dosis utiliza la abamectina que utiliza?

**Cuadro 17:** Respuestas a la pregunta 5 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
Desde 300 hasta 400 mL cil <sup>-1</sup> .	Lo usamos a una dosis de 250-300 mL cil <sup>-1</sup> .	A una dosis de 250-300 mL cil <sup>-1</sup> .	La dosis para Abamectina que normalmente se usa es 250-300 mL cil <sup>-1</sup> . Aunque también dependerá de las evaluaciones.

6. ¿De qué forma realiza sus aplicaciones?

**Cuadro 18:** Respuestas a la pregunta 6 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
Lo ideal que se utiliza aquí son mochilas a motor.	La aplicación es con mochila a motor.	Para el control de arañita roja es necesario utilizar mochilas a motor para que el producto llegue al envés.	Utilizo un atomizador de espalda.

7. ¿Su producción llega a exportarse?

**Cuadro 19:** Respuestas a la pregunta 7 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
No	Sí, nuestros productos llegan a exportarse, es por ello que tenemos que debemos tener una muy buena producción.	No	No, es comercializado para un mercado local en este distrito de Santa Rosa.

8. ¿Considera que *T. urticae* puede llegar a afectar significativamente su producción?

**Cuadro 20:** Respuestas a la pregunta 8 de la entrevista.

Pedro Pizarra (Distrito: Aucallama)	Sr. Cueva (Distrito: Chancay)	William Melendez Quispe (Distrito: Huaral)	Rolando Yunca (Distrito: Santa Rosa de Quives)
Es el problema principal para los productores de Fresa incluyéndome.	Es el principal problema, sin embargo siempre mantenemos bajo sus daños a través del manejo que le damos.	Lo considera la plaga más importante en fresa, es por ello que no debemos descuidarnos nunca y estar rotando los productos para evitar que se genere la llamada resistencia.	Sí, si nos descuidamos podría llegar a afectar gravemente nuestra producción es por ello que siempre estamos evaluando para ver si el producto funciona y también para ver en qué momento aplicar.

**ANEXO 5:** Secuencia de productos utilizados por el productor de Huaral para el control de *T. urticae* en el cultivo de fresa var. San Andreas, en la campaña Junio-Noviembre del 2019.

