

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFEECTO DE BUPROFEZIN, PYRIPROXIFEN Y ACEITE MINERAL EN
POSTCOSECHA SOBRE ESCAMA DE SAN JOSÉ EN MANZANO**

EUGENIO ASIAIN BARRERA

Santiago, Chile
2013

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**EFECTO DE BUPROFEZIN, PYRIPROXIFEN Y ACEITE MINERAL EN
POSTCOSECHA SOBRE ESCAMA DE SAN JOSÉ EN MANZANO**

**BUPROFEZIN, PYRIPROXYFEN AND MINERAL OIL EFFECT ON SAN JOSÉ
SCALEIN APPLE TREE AT POSTHARVEST**

EUGENIO ASIAIN BARRERA

Santiago, Chile
2013

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFECTO DE BUPROFEZIN, PYRIPROXIFEN Y ACEITE MINERAL EN
POSTCOSECHA SOBRE ESCAMA DE SAN JOSÉ EN MANZANO**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

Mención: Sanidad Vegetal

EUGENIO ASIAIN BARRERA

Profesor Guía	Calificaciones
Sr. Luis Sazo R. Ingeniero Agrónomo.	6,5
Profesores Evaluadores	
Sr. Tomislav Curkovic S. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,7
Sr. Fernando Santibañez Q. Ingeniero Agrónomo, Dr. Es. Sci.	6,5

Santiago, Chile
2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia, especialmente a mi mamá Nancy Barrera, mis hermanas Victoria Asiain y María José Asiain y a mi abuela Marta Gonzalez, por su apoyo constante e incondicional para el desarrollo de esta memoria, y en general por todo este periodo universitario. Durante momentos de dificultad familiar, académica y emocional me sentí plenamente apoyado y hoy puedo mirar atrás e identificar lo fundamental de su labor.

Agradezco a amigos de universidad Pia McKenzie, Felipe Ventura, Andrea Maulén, Juan Pablo Bravo y Felipe Ferreira por colaborar con su tiempo, consuelo, ánimo, alegría y sobre todo amistad, ya que a pesar de los momentos buenos y malos vividos, el cariño sigue vigente y sé que puedo contar con ellos en momentos de dificultad y necesidad. También debo mencionar la colaboración del equipo de trabajo del laboratorio de entomología frutal, quienes me brindaron todo su apoyo y en muchas ocasiones su tiempo.

También agradezco a Dios por sobre todo. El ha sido mi soporte en estos tres años de conocerle y pilar fundamental de llegar al final de este proceso. Realmente Dios es quien permitió que finalizara este proceso ya que si no fuera por Él seguramente no hubiese acabado. Dios es quien me ha hecho una nueva persona y mirar la vida de una forma totalmente diferente, me ha enseñado nuevas perspectivas, ha sanado y sigue sanando mi corazón y me permite afrontar los nuevos desafíos que están porvenir, dejando en claro que lo principal no es ser un gran profesional, sino un gran hombre.

Finalmente agradezco a todos aquellos a quienes Dios a puesto en mi camino y la hermosa familia de Cenlimi que me ha regalado.

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
Palabras clave:	2
ABSTRACT	3
Key Words:.....	3
INTRODUCCIÓN	4
Objetivo general.....	10
Objetivo específico.....	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Ubicación y caracterización del predio.....	11
Materiales.....	11
Método	11
Diseño experimental.....	123
Análisis estadístico.....	133
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	144
CONCLUSIÓN	177
BIBLIOGRAFÍA	188
ANEXOS	212

RESUMEN

Durante el otoño e invierno de la temporada 2011-2012, sobre juveniles de escama de San José en manzanos var. Royal Gala, se estudió la acción de los insecticidas reguladores de crecimiento pyriproxyfen (Admiral 10 EC al 0,06%) y buprofezin (Applaud 25 WP al 0,1%) aplicados solos y en combinación con aceite mineral (ELF Purespray 15 E al 1,5%), y además una aplicación de aceite mineral al 2%.

El ensayo consistió en la aspersión de los insecticidas sobre 48 árboles de manzano severamente infestados, pertenecientes a una parcela sin uso comercial en el sector del Olivar, VI Región, Chile. Las aplicaciones se realizaron en otoño, posterior al cese de nacimientos de ninfas de la tercera generación, con una motopulverizadora con pitón, con 250 lb/pulg² y 3500 L/ha.

Las evaluaciones de los tratamientos se realizaron 48 días después de hechas las aplicaciones, sobre ramillas de último crecimiento, en el Laboratorio de Entomología frutal Luciano Campos Street de la Facultad de Cs. Agronómicas de la Universidad de Chile. Se determinó la mortalidad de los estados juveniles (gorrita negra y gorrita gris) y se expresó en porcentaje.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones; la unidad experimental fue de dos árboles contiguos, de los cuales se colectó una muestra compuesta de 30 ramillas para determinar la mortalidad sobre 1000 individuos/repeticion. Los resultados se expresaron en porcentaje de ninfas muertas y se normalizaron mediante transformación angular de Bliss. Posteriormente se sometieron a ANDEVA y prueba de comparaciones múltiples de Duncan para separación de promedios, cuando las diferencias fueron significativas ($P \leq 0,05$).

Se concluyó que la aplicación de buprofezin y pyriproxyfen sobre juveniles de escama de San José ejercieron un control parcial en manzanos en otoño. Además, buprofezin mezclado con aceite mineral al 1,5% controló de modo similar a una aplicación de aceite mineral al 2,0%, y la mezcla de pyriproxyfen más aceite mineral al 1,5% ejerció un control mayor que el tratamiento de aceite mineral 2,0%.

Palabras clave: *Diaspidiotus perniciosus*.
Insecticidas Reguladores de Crecimiento.
Estados juveniles.

ABSTRACT

During autumn and winter of the 2011-2012 season, a study was carried out on the effect of growth regulator insecticides pyriproxyfen (Admiral 10 EC 0.06%), buprofezin (Applaud 25 WP 0.1), both applied alone and combined with mineral oil (ELF Purespray 15E 1.5%), besides one mineral oil (2%) spray on San Jose scale nymphs affecting 'Royal Gala' apple trees.

The test consisted in spraying the insecticides on 48 severely infested apple trees of a non-commercial orchard at the Olivar locality, Region VI, Chile. Applications were done in the autumn after cessation of third generation nymph emergence with a sprayer machine with handgun, using 250 psi and 3,500 L/ha.

Treatment evaluations were done 48 days after applications on last growth twigs at the Luciano Campos Fruit Crop Entomology Laboratory of the College of Agricultural Sciences, University of Chile. Nymph mortality (black and white cap nymphs) was measured and expressed as percentage.

A completely randomized experimental design was used with six treatments and four replications. The experimental unit consisted of two adjacent trees from which a sample of 20 twigs was obtained to determine mortality in 1000 individuals/replication. Results were expressed as dead nymph percentage and normalized by Bliss angular transformation. Later, they were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test for average separation when differences were significant.

It was concluded that the application of buprofezin and pyriproxyfen on San Jose nymphs resulted in a partial control in apple trees in the autumn. Furthermore, buprofezin mixed with mineral oil 1.5% had an effect similar to one application of mineral oil at 2.0%, and the mixture of pyriproxyfen with mineral oil at 1.5% obtained a greater control than that obtained with mineral oil at 2.0%.

Key Words: *Diaspidiotus perniciosus*
Growth regulator insecticides
nymphs

INTRODUCCIÓN

Chile, es uno de los principales países productores y exportadores de manzanas en el mundo. En el año 2008 se ubicó dentro de los diez primeros países productores a nivel mundial y se estableció como el principal productor y exportador del hemisferio sur, siendo a la vez, el tercero a nivel de superficie en dicho hemisferio (Navarrete, 2010).

Durante el año 2011, Chile logró mantenerse dentro de los principales países exportadores de esta industria ubicándose en el 5° lugar a nivel mundial, y siendo el 2° mayor generador de divisas en la fruticultura chilena. Además, durante el mismo año los niveles de producción permanecieron cercanos a 1,58 millones de toneladas, de las cuales 800.834 toneladas fueron exportadas (50,4% del total), logrando un rendimiento promedio de 44,5 ton/ha y un retorno US\$FOB de 667,2 millones producto de exportaciones (Bravo, 2012). Según estas cifras existen motivos para mantener la producción de manzanas dentro de la élite mundial, y además, es importante que la industria continúe superándose en calidad e innovación para que permanezca competitiva.

La escama de San José, *Diaspidiotus perniciosus* Comstock (Hemiptera: Diaspididae) presenta gran relevancia en Chile. Una de las razones es su polifagia, presentándose en un gran número de especies frutales, ornamentales y arbóreas. Así, el manzano, peral, cerezo, duraznero, damasco, ciruelo, árboles de nuez, berries, árboles y arbustos ornamentales son hospederos de esta plaga (Alston *et al.*, 2011). Además, otro factor que indica su relevancia es que se le considera plaga clave. Esto porque se presenta prácticamente en todas las temporadas, posee una amplia distribución y puede llegar a causar la muerte de los órganos afectados, e inclusive a la planta misma (Fig. 1) (Sazo y Campos, 1986).

Según el SAG (2012), sólo cuatro países latinoamericanos (Ecuador, Costa Rica, Cuba y Panamá) presentan registro cuarentenario asociado a la escama de San José. Esto supondría que no existe una limitante comercial asociada a la plaga para la industria frutícola, ya que los principales mercados de destino de la fruta nacional son los países del hemisferio norte. Sin embargo, durante la inspección de postcosecha, muchos lotes han sido rechazados por abundancia, es decir, por sobrepasar el límite establecido del 4% de fruta con presencia del insecto (Arancibia, 2008). Es más, si un lote es rechazado debido a un solo productor, independiente de la relevancia que este tenga en el volumen de cajas inspeccionadas, todo productor partícipe del lote también es rechazado (Galdámez, 2009), generando entonces una problemática de carácter nacional, ya que los mercados exigen frutas sanas, con óptima calidad cosmética y fitosanitaria (Navarrete, 2010).

De este modo, considerando los antecedentes previos, se observó que en la temporada 2008-2009 el 21,6% de los rechazos entomológicos se adjudicó a la escama de San José (Galdámez, 2009) y para la temporada 2011 este insecto contó con el 22% del total de rechazos por plagas (Sazo, 2011). Así, entre los años 2008 y 2012, la escama de San José se convirtió en la tercera causa de rechazo en las exportaciones de fruta fresca por presencia

de plagas (Seguel, 2012). En el caso del manzano, Sazo (2011) estableció que algunas empresas exportadoras de manzana sufrieron hasta un 37% de rechazos producto de la escama en cuestión. Por este motivo, Sazo (2011) lo catalogó como un asunto grave con especial énfasis en mercados latinoamericanos, debido a lo estrictos que son con esta plaga. Por lo tanto, estos datos reflejan que el trabajo en el control de esta especie no ha sido el adecuado.

Diaspidiotus perniciosus es originaria de China, en las montañas que separan dicho país con su vecino Mongolia. Se le atribuye al señor Lick de San José, California, el haber llevado material infestado del duraznero chino de flor a inicios de la década de 1870, lo que llevó a la diseminación de la plaga por todo el valle de la ciudad norteamericana y consecuentemente a su diseminación mundial a través del comercio de material vegetal (Peairs and Merrill, 1916). Para el caso de Chile, esta escama fue registrada por primera vez en 1931, donde fue declarada plaga nacional pero no se contuvo apropiadamente, razón por la cual, hace tres décadas (1986) su registro se hallaba desde la III hasta la IX Región (Sazo y Campos, 1986), siendo este territorio expandido y registrando una distribución desde la II hasta la X Región (Lemus, 2004).

La escama de San José desarrolla su ciclo de vida principalmente sobre la madera, por lo tanto, su diseminación involucra en gran medida al material de vivero infestado. En cuanto a la dispersión, ésta se asocia al viento, que arrastra las ninfas de primer estado desde los focos de infestación cercanos y también a aves e insectos que se posan sobre ramas infestadas (Arancibia, 2008).

Los árboles una vez infestados, presentan un decaimiento en el vigor, crecimiento y productividad. En niveles altos de infestación, las ramillas se ven encostradas a causa de la escama, y tanto ramillas como ramas principales, pueden secarse completamente. Ahora bien, en la fruta, en especial sobre manzanas, la mayor presencia se encuentra en la cavidad calicinal, dañando cosméticamente la fruta mediante una apariencia manchada o moteada ya que cada escama produce una coloración rojiza en su alrededor (Fig. 2) (Welty, 2009).



Figura 1. Árbol de manzano muerto por ataque de escama de San José. (Fuente: Utah State University)



Figura 2. Escama de San José sobre manzanas. (Fuente: Red Agrícola)

Puesto que tiene un aparato bucal chupador, al insertar su estilete para alimentarse, libera una toxina causando una coloración rojiza localizada (Besin, 2010). En el caso de huertos jóvenes sin tratamiento y baja infestación, puede producir dentro de dos a tres años la muerte de ramas y ramillas, e inclusive la muerte total del hospedero (Sazo y Campos, 1986). Además, a nivel de “packing”, la presencia de la plaga genera costos altísimos de procesamiento, haciéndolos extremadamente lentos y con riesgos muy grandes de rechazo, involucrando reprocesos onerosos y que afectan la calidad y condición de la fruta al ser manipulada excesivamente (Seguel, 2012).

Se sabe que el desarrollo de los Diaspíridos, se verifica a través de metamorfosis diferenciada para ambos sexos. Así, la hembra pasa sólo por dos estados juveniles antes de alcanzar la madurez sexual en el tercer estadio, conservando siempre su aspecto juvenil bajo el escudo y por eso se le califica como hembra “neoténica” (Fig. 3). El macho en cambio pasa por 4 estados previo a su emergencia como imago (2 ninfales y los estados de pre-pupa y pupa), conservando características de insecto adulto (Charlin y Sazo, 1988) (Fig. 4).



Figura 3. Hembra adulta de escama de San José y su escudo (Fuente: INIA, La Cruz)



Figura 4. Pupa y Macho adulto de escama de San José (Fuente: Luis Sazo Rodriguez)

Se le denomina ninfa de primer estado, a aquella cuyo desarrollo se encuentra comprendido entre el nacimiento y la primera muda. Dentro de este período puede identificarse la ninfa móvil o larva migratoria (Fig. 5), gorrita blanca y gorrita negra. A continuación, ocurre la primera muda y a partir de este momento se le conoce como ninfa de segundo estado o gorrita gris, estadio que evidencia las primeras diferencias entre hembra y macho, donde este último comienza a alargarse conjuntamente con su escudo, mientras la hembra continúa con su aspecto circular. Ya en el tercer estado se hace evidente tal diferencia, dando paso al desarrollo diferenciado de ambos hasta su madurez sexual (Charlin y Sazo, 1988).



Figura 5. Hembra moribunda y ninfas móviles de escama de San José (Fuente: INIA, La Cruz)

En Chile se producen tres generaciones durante el año, donde el primer nacimiento de ninfas ocurre entre fines de octubre y comienzos de noviembre; el segundo ocurre próximo a la 2° semana de enero y el tercero durante el mes de marzo, prolongándose incluso hasta junio en condiciones muy favorables. No obstante, en zonas muy cálidas como el valle del Aconcagua (V Región), se pueden registrar hasta cuatro generaciones por temporada (Sazo y Campos, 1986). Cabe destacar que las temperaturas medias inciden sobre la fenología del insecto, causando algunas variaciones en la composición biológica entre un año y otro, aunque no de manera esencial, por lo que no se evidencia la presencia o ausencia de una generación más en una determinada localidad (González, 1981).

El monitoreo del insecto, se realiza a través de trampas de feromona, las cuales consisten en un atrayente sintetizado que contiene una de las moléculas secretadas por la hembra para atraer al macho. Así también, otro método que permite conocer el momento adecuado para ejercer el control es la cinta doble adhesiva, que captura a las ninfas móviles que se desplazan sobre la madera (Besin, 2010).

El control de la escama de San José se realiza mediante el empleo de insecticidas, puesto que el control biológico en Chile no logra ser efectivo en un sistema productivo intervenido¹(Sazo, 2012). Por lo anterior, las medidas preventivas cobran un gran valor. Previo al establecimiento del huerto es indispensable contar con plantas libres de la plaga, por ello es importante la sanidad desde el vivero y respetar los tratamientos pre-plantación. Además, una vez detectado el insecto es posible disminuir su población mediante control cultural a través de la eliminación de las ramas y ramillas infestadas (Sazo y Campos, 1986).

Dado que inverna como gorrilla negra (80%) y el resto como gorrilla gris (ninfa de segundo estado), así como hembras grávidas (Charlin y Sazo, 1988), la mayoría de los controles de esta plaga están enfocados a salidas de invierno o comienzos de primavera, evitando el desarrollo de los estados ninfales (gorrilla negra principalmente) y la parición de la próxima generación en el caso de las hembras grávidas.

El primer paso en el control de la escama de San José es aplicar, en estado latente, aceite mineral en receso o previo a la emergencia de los brotes, más un insecticida contra los estados ninfales de la primera generación (Welty, 2009; Besin, 2010; Alston *et al.*, 2011). En segunda instancia, insecticidas como clorpirifos, diazinon o metidation sobre ninfas migratorias y gorrilla blanca, como tratamiento complementario durante primavera y/o verano (Sazo y Campos, 1986), sin embargo, un tratamiento tardío en primavera dirigido a ninfas migratorias puede prevenir infestaciones de los frutos (Alston *et al.*, 2011).

Adicionalmente, existe una tercera oportunidad de controlar esta plaga durante el otoño. La emergencia de ninfas de escama de San José se inicia desde mediados del mes de octubre y se prolonga durante toda la temporada hasta el mes de abril. Sin embargo, se observa un descenso de nacimiento en diciembre y en febrero-marzo (Charlin y Sazo, 1988). Este último descenso es el período previo al nuevo aumento de ninfas migratorias de abril, donde es posible realizar una nueva aplicación habiendo gran cantidad de juveniles, con el fin de controlar la plaga sin mediar con los tiempos de carencia y disminuyendo la infestación de individuos para el receso. González (1981) señala que, el otoño otorga la posibilidad de elegir entre dos a tres semanas para controlar de acuerdo a las condiciones del huerto. Además, los tratamientos en esta fecha sorprenden a un mayor número de estados migratorios e inmaduros en comparación con los correspondientes de invierno, por lo cual se puede lograr una mayor eficiencia de control.

Los insecticidas comúnmente utilizados para el control de esta plaga son aceites minerales y organofosforados (clorpirifos, diazinon y metidation entre otros). El primer grupo actúa formando una película sobre los órganos vegetales y el insecto, traduciendo en la muerte por asfixia (Davidson *et al.*, 1991; Bentley *et al.*, 2000b). En el segundo grupo los insecticidas ejercen su acción tóxica a nivel sináptico, donde al enlazarse de forma covalente con la acetilcolinesterasa inhiben su actividad enzimática normal de hidrólisis de acetilcolina, lo que da como resultado la acumulación excesiva de este neurotransmisor y en consecuencia una acumulación sostenida en los órganos efectores colinérgicos (Baddi y Varela, 2008). Sin embargo, existen argumentos en contra del uso de los insecticidas organofosforados, ya que poseen un alto nivel de toxicidad a mamíferos y una creciente resistencia de los organismos objetivos frente a estos agroquímicos.

Cañas (2010), estudió la resistencia de *Diaspidiotus perniciosus* a clorpirifos, y observó que dos huertos comerciales presentaban elevados factores de resistencia en comparación a un huerto casero exento de aplicaciones de pesticidas. Estos resultados concluyeron un alto nivel de resistencia a clorpirifos en las dos poblaciones comerciales. Según lo anterior, se han buscado alternativas válidas para el reemplazo de organofosforados evitando la resistencia anteriormente mencionada.

Una de las alternativas presentes son los insecticidas reguladores de crecimiento (IRC). Estos tienen ventajas por actuar en sitios activos diferentes, sobre funciones metabólicas específicas de los insectos y que, por lo tanto, tienen una alta selectividad sobre las especies que no son objeto de control. Poseen una larga residualidad, lo cual facilita su exposición si hay una buena cobertura del árbol y, aunque tienen un costo mayor, resulta en una mejor

relación costo/beneficio producto de su efecto residual (Lobos, 2010). Dos ejemplos de este grupo de insecticidas son pyriproxyfen, insecticida mimético de la hormona juvenil, que actúa en la regulación del crecimiento acelerando la muda del individuo y buprofezin, que también actúa en la regulación del crecimiento, perteneciendo al grupo de inhibidores de la biosíntesis de quitina sobre homópteros (IRAC, 2012). En el primer caso el producto desequilibra la acción hormonal que gobierna el desarrollo de los insectos acelerando el paso de un estadio al siguiente, en cambio la segunda opción impide el depósito de quitina luego de producido el cambio de estadio. En ambas alternativas por deformidad, menor fertilidad del adulto o por incapacidad de continuar su ciclo, el individuo muere (Lobos, 2010).

En un ensayo en el que se utilizó acetamiprid, clorpirifos, phosmet y pyriproxyfen para evaluar su efecto residual sobre escama de San José, se evidenció que pyriproxifen aplicado en manzanos bajo condiciones de campo limitó el desarrollo de las ninfas una vez establecidas (Sanhueza, 2011). En otro caso, Sazo *et al* (2008) mencionan que en bajos niveles de infestación de escama de San José sobre manzanos, una aplicación de pyriproxifen dirigida a las ninfas de primera generación reduce el número de ninfas fijadas en ramillas, y que su efecto fue similar al obtenido en una aplicación tradicional de clorpirifos.

Además, Pener (2002) establece que los IRC, incluyendo pyriproxyfen y buprofezin, son considerados de bajo riesgo debido a su baja toxicidad en mamíferos y alta selectividad frente a especies de plagas que son objeto de control. Estos datos dan pauta para la utilización de alternativas frente al control de la escama, estableciendo lo que Rodríguez y Silva (2003) llaman manejo por ataque múltiple, que consiste en cambiar el tipo de insecticida para que la población objeto de control no tenga tiempo de desarrollar resistencia, aplicándolos en mezcla o rotación.

Pyriproxifen ha mostrado ejercer buen control sobre esta plaga, con resultados similares a una aplicación de aceite mineral sobre ninfas móviles (Beers y Himmel, 2002) y resulta interesante evaluar su acción en postcosecha debido a que ofrece una alternativa ante la resistencia a clorpirifos, un período prolongado de protección y no existe problemática respecto de la carencia del producto. Del mismo modo es interesante constatar cuál es el grado de control ejercido por buprofezin en postcosecha (que también cuenta con registro para el control de la escama), tomando en cuenta también que ninguno de los dos productos mencionados eleva los costos normales de aplicación.

También, es importante considerar que el periodo de postcosecha (abril en adelante) no interfiere ni genera efecto detrimental sobre los enemigos naturales, ya que estos se encuentran protegidos ¹(Sazo, 2012). Arancibia (2008) agrega que, se hace indispensable retomar los tratamientos de postcosecha ya que los carozos de cosecha temprana muestran

¹ Sazo, L. 2012, nov. Entomología Frutal. [Entrevista personal]. Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

dificultad para combatir la plaga, lo cual pudiese replicarse en manzanos. Además, evitar que llegue un gran número de individuos de la escama al receso disminuye la carga para la siguiente temporada, ya que se actúa sobre los estadios más vulnerables.

Finalmente, producto del elevado nivel de rechazos, de la creciente resistencia a los insecticidas comúnmente utilizados, de la búsqueda de nuevas moléculas que sean acorde a las actuales exigencias medio ambientales y de optimizar el manejo de la plaga en períodos que se han tenido en menor consideración, se estudió la acción de aceite mineral y los insecticidas reguladores de crecimiento pyriproxifen y buprofezin, en el control de juveniles de primer y segundo estado de escama de San José en manzanos var, Royal Gala.

Objetivo general

Evaluar la acción de buprofezin y pyriproxifen, aplicados solos y en combinación con aceite mineral, sobre estados juveniles de escama de San José en manzanos en postcosecha.

Objetivo específico

Determinar la efectividad de buprofezin y pyriproxifen sobre estados juveniles de *Diaspidiotus perniciosus* aplicados solos y en combinación con aceite mineral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización del predio

El ensayo se realizó en un huerto de manzanos variedad Royal Gala sin uso comercial, plantado a 4x3 m, infestado con *D. perniciosus* y ubicado en el sector del Olivar, VI región de Chile. La evaluación se realizó en el laboratorio de Entomología Frutal, Luciano Campos Street, del Departamento de Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales

Se utilizó una motopulverizadora Fabrizio Lévera de 220 L, con pitón, equipada con bomba de membrana Comet de 40 L/min, una presión de 250 lib/pul² y un volumen de 3500 L/ha. También, para el mismo fin se utilizaron trajes impermeables, mascarillas, guantes, material volumétrico, cinta de marcación, agua y los insecticidas pyriproxifen (Admiral 10 EC), buprofezin (Applaud 25 WP) y aceite mineral (ELF Purespray 15 E).

En laboratorio se empleó lupa estereoscópica Nikon SM2-2T de 10X, tijeras de podar, bolsas plásticas y aguja entomológica.

Método

Este ensayo se estableció en un huerto con un ataque severo de *D. perniciosus*, donde todos los árboles presentaron un alto nivel de infestación en ramas madres, ramas laterales y ramillas de la temporada, haciendo innecesaria una clasificación según niveles de infestación. Esto se debió a que los árboles se encontraban en una pequeña parcela que no presentaba tratamientos previos para el control de esta plaga.



Figura 6. Ramilla de manzano severamente infestada, utilizada en la evaluación, donde se aprecia una gran población de gorrilas negras.

Los tratamientos ensayados se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos (i.a.), productos comerciales y concentraciones utilizadas en el ensayo.

Tratamiento	Producto(s) comercial(es)	Concentración
Testigo	Agua	-
Aceite mineral	ELF Purespray 15 E	2%
Buprofezin	Applaud 25 WP	0,1%
Buprofezin + Aceite mineral	Applaud 25 WP + ELF Purespray 15 E	0,1% + 1,5%
Pyriproxyfen	Admiral 10 EC	0,06%
Pyriproxyfen + Aceite mineral	Admiral 10 EC + ELF Purespray 15 E	0,06% + 1,5%

Para ello se seleccionaron 48 árboles de infestación semejante, se marcaron las unidades experimentales y luego se sortearon los tratamientos. La aplicación se hizo el día 8 de mayo de 2012, una vez concluido el nacimiento de ninfas móviles de la tercera generación, y se empleó 4,2 litros por planta. La fecha de aplicación fue determinada mediante monitoreo usando cinta doble adhesiva para la captura de ninfas móviles.

La evaluación se inició 48 días después de la aplicación (25 de junio), y se prolongó por un periodo de tres semanas, almacenando las muestras en frío. Se trabajó sobre una muestra compuesta, que contenía 30 ramillas provenientes de la zona media entre dos árboles contiguos. Posteriormente, se hizo un recuento considerando un máximo de 50 individuos por ramilla. Así, se determinó la mortalidad sobre una población de 1000 individuos por repetición, donde cada insecto que se hallase turgente y de coloración amarillo limón se consideró vivo, de lo contrario, fue considerado muerto. El criterio de turgencia se definió mediante el uso de aguja entomológica.

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar (DCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental correspondió a dos árboles contiguos y la unidad muestral fue una ramilla de la última temporada de crecimiento proveniente de la zona media (mitad interna de cada árbol) entre los dos árboles contiguos.

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron en porcentaje de ninfas muertas fijadas sobre la base de mil individuos, normalizando los datos mediante transformación angular o de Bliss. Los datos obtenidos fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza del 95% y en caso de existir diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiple de Duncan.

Todos los resultados se analizaron mediante el programa estadístico Infostat, versión 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio se presentan a continuación, en el cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentajes de la mortalidad de estados juveniles de escama de San José, fijados en ramillas de última temporada luego de tratamientos de pyriproxyfen, buprofezin y aceite mineral en postcosecha.

Tratamiento	Producto(s) comercial(es)	Mortalidad
Testigo	Agua	27,45 a
Buprofezin	Applaud 25 WP	50,98 b
Pyriproxyfen	Admiral 10 EC	54,20 b
Aceite mineral	ELF Purespray 15 E	87,33 c
Buprofezin + Aceite mineral	Applaud 25 WP + ELF Purespray 15 E	91,68 cd
Pyriproxyfen + Aceite mineral	Admiral 10 EC + ELF Purespray 15 E	95,00 d

Promedios con letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según test de Duncan ($P > 0,05$)

Los resultados muestran diferencias según el análisis de comparaciones múltiples, estableciendo cuatro niveles de mortalidad.

El testigo (27,45%) expresa diferencias estadísticamente significativas en comparación con el resto de los tratamientos. Esto indica que los resultados de las aplicaciones de los reguladores de crecimiento y el aceite mineral, tienen un efecto de control sobre la escama de San José en manzanos.

El valor de mortalidad en el testigo concuerda con resultados de investigaciones precedentes. González (1981) observó 18,7% de mortalidad en uno de sus ensayos, Pless *et al.*, (1995) hallaron valores más elevados, donde obtuvieron cerca del 25% y Lurie *et al.*, (1998) registraron un 34%. Estos valores de mortalidad pueden parecer elevados en relación a otras plagas, pero una de las razones más lógicas es que se deba a la alta tasa de natalidad de la especie, ya que cada hembra puede parir cerca de 400 ninfas (Rice and Jones, 1997), las cuales están sometidas a una alta mortalidad natural. Debido a la alta natalidad, González (1981) establece la necesidad de realizar tratamientos complementarios en una temporada, pues un pequeño margen puede restablecer la población ya tratada.

El segundo nivel de mortalidad pertenece a los insecticidas reguladores de crecimiento aplicados solos. Se observa que, tanto buprofezin (50,98%) como pyriproxyfen (54,20%) comparten promedios similares, demostrando que, a pesar de la diferencia específica en sus mecanismos de acción, no reflejan una diferencia estadísticamente significativa entre sí.

El tercer nivel lo compone el aceite mineral (87,33%) y su mezcla con buprofezin (91,68%), de modo que el último nivel pertenece a la mezcla de aceite mineral más

pyriproxyfen (95,00%), estableciéndolo como aquel tratamiento que otorgó el nivel más alto de control.

Además, el valor obtenido por el tratamiento de mayor porcentaje de control (aceite mineral 1,5% + pyriproxyfen 0,06%), es similar al registrado por un tratamiento estándar comercial (aceite mineral 2% + clorpirifos 0,07 %) realizado por el laboratorio de entomología frutal de la Universidad de Chile, el cual no formó parte de este ensayo. El tratamiento estándar comercial se realizó en el mismo campo, bajo las mismas condiciones y en la misma fecha de aplicación, el cual evidenció un 96,4% de mortalidad.

El monitoreo de la plaga hizo posible inferir una estimación de la distribución de los estadios hallados al momento de efectuar la aplicación, así la aspersion durante el cese del nacimiento de ninfas permitió encontrar mayoritariamente juveniles de primer estado, los cuales eran el principal interés de control. Posteriormente, al momento de evaluar el ensayo se obtuvo una mayor claridad de la composición biológica. De este modo, se estimó que entre un 7 a un 10% correspondió a hembras grávidas, de lo cual se infiere que el porcentaje restante perteneció a estados juveniles. De este último grupo (juveniles), los estadios de ninfa migratoria y gorrita blanca fueron marginales, hubo pocas gorritas grises y las gorritas negras marcaron una amplia mayoría.

Durante la evaluación era frecuente observar un gran número de hembras grávidas parasitadas y sus exoesqueletos rotos, como también fecas del parasitoide *Aphytis aonidiae* e inclusive al parasitoide mismo, además de otras especies que componían la microfauna presente en las ramillas evaluadas, a raíz de la inexistencia de algún control agrícola sobre los árboles de la parcela en tratamiento, lo que permitió su supervivencia.

En relación a los IRC y aceite mineral, Sazo *et al.*, (2008) ya habían establecido que sobre un bajo nivel de infestación, una aplicación de aceite mineral o pyriproxyfen logran reducir el número de ninfas fijadas en ramillas, obteniendo un efecto similar a una aplicación de clorpirifos. En otro estudio elaborado en ciruelos, Bentley *et al.*, (2000a) mencionan que tanto el aceite mineral (Volck supreme oil u Orchex 692), como buprofezin (Applaud 70W) y pyriproxyfen (Esteem 2,9EC) ejercen control sobre la escama de San José. También añaden, que una aplicación de reguladores de crecimiento el año previo a la aplicación de aceite mineral, se obtiene menor nivel de infestación de los frutos durante la cosecha en comparación a un tratamiento solo de agua el año previo a la aplicación de aceite mineral, sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas. Además, Bentley *et al.*, (2000b) establecen que una aplicación de aceite mineral solo funciona adecuadamente para ciruelos tardíos, sin la necesidad de adiciones de organofosforados o reguladores de crecimiento a un nivel bajo de infestación. Esta información difiere de lo registrado por este ensayo, pues se trabajó con un nivel alto de infestación, en el cual el aceite mineral evidenció diferencias estadísticamente significativas en comparación a la mezcla de aceite mineral más pyriproxyfen.

Langley *et al.*, (1990) describen que la aplicación de aceite de canola (aceite vegetal) aumenta la vulnerabilidad de la mosca tsetse (*Glossina morsitans morsitans*) mezclándolo

con una pequeña dosis de pyriproxyfen, estableciendo que el aceite puede facilitar la penetración del regulador de crecimiento a través de la cutícula del insecto. Esta teoría, podría ser válida también para este ensayo, pues la mezcla de mayor porcentaje de control resulta de la combinación de aceite mineral (no vegetal) más pyriproxyfen. Sin embargo, no es posible generalizar en función de los reguladores de crecimiento, ya que los resultados muestran que la mezcla de aceite mineral más buprofezin no se diferenció del tratamiento de aceite mineral por sí sólo.

También cabe señalar, que tanto buprofezin como pyriproxyfen evidenciaron similitud en su nivel de control, lo que manifiesta que de ser una alternativa válida, es posible alternarlos debido a sus diferentes sitios de acción. Además, uno de los beneficios de los insecticidas reguladores de crecimiento es que aún no se ha detectado resistencia para la escama de San José, hecho que sí tiene registro para la escama roja de California (*Aonidiella aurantii*), donde Eliahu *et al.*, (2007) determinaron que existe una leve resistencia a pyriproxyfen, pero que aún faltan estudios que sean más concluyentes.

Una razón por la cual no se obtuvo mayores porcentajes de control, pudiese ser el enconstramiento producido por un sinnúmero de generaciones precedentes que protegen a las ninfas que se encuentran bajo esta costra, pues varias de ellas fueron halladas fijándose bajo el escudo de hembras muertas de generaciones predecesoras, imposibilitando que el producto aplicado llegase a estas, lo cual supone un probable foco de reinfestación. Este hecho también fue detectado por ²Curkovic (2012) en ensayos de control de escama blanca de la hiedra.

Por último, González (1981) menciona que en inviernos suaves la población es más heterogénea que en aquellos más fríos donde se concentra la población de gorrilas negras, disminuyendo las gorrilas blancas. Por otra parte, Sazo y Campos (1986) establecen que la población invernal de gorrilas grises varía entre 8-12%, acelerando notoriamente su desarrollo a partir de la segunda quincena de agosto, dando paso a una composición de la población marcada por los juveniles de segundo estado. En este ensayo parte de la población estaba compuesta por gorrilas grises ($4,46 \pm 2,99$ %), las que mantuvieron un porcentaje homogéneo tanto en presencia, como su control entre los tratamientos, evidenciando una acción similar a la ejercida por los IRC y el aceite mineral sobre las ninfas de primer estado. Así, en relación al mecanismo de acción, Sanhueza (2011) observó que pyriproxyfen inhibió la metamorfosis de las ninfas, impidiendo que las gorrilas negras dieran origen a ninfas de segundo estado, logrando un nivel muy bajo de gorrilas grises.

² Curkovic, T. 2012, dic. Entomología Frutal. [Entrevista personal]. Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

CONCLUSIÓN

Aplicaciones de buprofezin (Applaud 25 WP al 0,1%) y pyriproxyfen (Admiral 10 EC al 0,06%) en otoño ejercen un control parcial de los estados juveniles de escama de San José.

La mezcla de buprofezin con aceite mineral al 1,5% en otoño, controla en forma efectiva esta plaga con resultados similares a aceite mineral al 2,0%.

La combinación de pyriproxyfen más aceite mineral al 1,5% en otoño, ejerce un control mayor que un tratamiento de aceite mineral al 2,0%, resultando ser el de mayor porcentaje de control entre los tratamientos evaluados.

BIBLIOGRAFÍA

Alston, D., Murray, M. and Reding, M. 2011. San José Scale (*Quadraspidiotus perniciosus*). (ENT-153-06), Utha Satet University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory. Utah, EEUU. 4p. Recuperado en: <<http://extension.usu.edu/files/publications/publication/san-jose-scale'97.pdf>> Consultado el 05 de Diciembre de 2011.

Annual Western Orchard Pest and Disease Management Conference. (76th, 9-11 de Enero del 2002, Portland, EEUU.) 2002. Effect of Esteem on San Jose Scale. Eds. Beers, E. and Himmel, P. Washington, EEUU: Tree fruit Research and Extesion Center. 6p. Recuperado en: <<http://entomology.tfrec.wsu.edu/wopdmc/2002PDFs/Rep02%20Chemical%20Beers2.pdf>> Consultado el 24 de Julio de 2012.

Arancibia, C. 2008. Observaciones de campo, plagas en carozos. Temporada 2008-2009. *Revista Frutícola*, (3): 24-28.

Baddi, M. y Varela, S. 2008. Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la salud y el medioambiente. *CULCyT*, 5(28): 5-17.

Bentley, W.; Rice, D.; Day, K. and Hernandez, C. 2000a. Managing San Jose Scale with dormant oils. *KAC Plant Protection Quarterly*, 10(2): 1-4.

Bentley, W.; Martin, L.; Rice, D.; Ribiero, B. and Day, K. 2000b. Futher investigation in the management of San Jose Scale with narrow range horticultural oil. *KAC Plant Protection Quarterly*, 10(4): 5-6.

Besin, R. 2010. San José Scale. (Entfact-204), Cooperative Extension Service, College of agriculture, University of Kentucky. [En línea]. Kentucky, EEUU. 2p. Recuperado en: <<http://www.ca.uky.edu/entomology/entfacts/ef204.asp>> Consultado el 13 de Agosto de 2011.

Bravo, J. 2012. Boletín Frutícola, Avance enero-septiembre 2012. Santiago, Chile: Oficina de Estudio y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 28p.

Cañas, B. 2010. Detección de la resistencia de *Diaspidiotus perniciosus* a clorpirifos en frutales. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 25p.

Charlin, R. y Sazo, L. 1988. Comparación etológica y morfológica de la escama del acacio y alamo *Diaspidiotus ancyclus* (Putnam) y la escama de San José *Quadraspidotus perniciosus* (Comst.). Revista Aconex, (22): 21-24.

Davidson, N. Dibble J. Flint, M. Marer, P. and Guide, A. 1991. Managing insects and mites with spray oils. Oakland, California, EEUU: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 47p.

Eliahu, M. Blumberg, D. Horowitz, A. and Ishaaya, I. 2007. Effect of pyriproxyfen on developing stage and embryogenesis of California Red Scale CRS), *Aonidiella aurantii*. Pest Management Science, (73): 743-746.

Galdámez, R. 2009. Protocolos cuarentenarios, Nuevas regulaciones para los distintos mercados de exportación. Revista Frutícola, (3): 8-12.

Gonzalez, R. 1981. Biología, ecología y control de la escama de San José en Chile: *Quadraspidotus perniciosus* (comst). Santiago, Chile: Universidad de Chile. 64p.

InfoStat, 2008. [En línea]. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado en: < <http://www.infostat.com.ar> > Consultado el 20 de Julio de 2012.

IRAC, 2012. IRAC MoA Clasification Scheme. (Version 7.2), Insecticide resistance Action Committee (IRAC) International MoA Working Group. 23p.

Langley, P. Felton, T. Stafford, K. and Oochi, H. 1990. Formulation of pyriproxyfen, a juvenile hormone mimic, for tsetse control. Medical and Veterinary Entomology, 4(2): 127-133.

Lemus, G. (eds.). 2004. El Cultivo del Nogal (*Juglans regia*). [En línea]. La Pintana, Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 46p. Recuperado en: <http://es.scribd.com/doc/53003153/44/Escama-de-San-Jose-Quadraspidotus-perniciosus> Consultado el: 21 de diciembre del 2012.

Lobos, E. 2010. Insecticidas reguladores de crecimiento (IGR's). Consideraciones para su uso en la protección de cultivos. (Infoplagas n°6), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) UEE San Francisco y Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. San Francisco, Córdoba, Argentina. 2p.

Lurie, S. Fallik, E. Klein, J. Kozar, F. and Kovac, K. 1998. Postharvest heat treatment of apples to control of San Jose Scale (*Quadraspidotus perniciosus* Costock) and blue mold (*Penicillium expansum* Link) and mantein fruit firmness. HortScience, 123(1): 110-114.

Navarrete, J. 2010. Manzanos. [En Línea]. Centro de Competitividad del Maule, Universidad de Talca. Talca, Chile. 34p. Recuperado en <http://www.centrodecompetitividaddelmaule.cl/pdf/cluster_potencialesManzanos> Consultado el: 02 julio del 2012.

Peairs, L. y Merrill, J. 1916. The San José Scale (*Aspidiotus perniciosus* Comstock). (Bulletin n° 214), Agricultural Experiment Station, Kansas State Agricultural College. Topeka, Kansas, EEUU. 28p.

Pener, M. 2002. Insect Growth Regulators. (cap. 168, pp. 397-401). *En: Pimentel, D.* Encyclopedia of Pest Management. Volumen I. New York, EEUU. 929p.

Pless, C.; Deyton, D. and Sams, C. 1995. Control of San Jose Scale, and European Red Mite on Dormant Fruit Trees with Soybean Oil. *HortScience*, 30(1): 94-97.

Rice, R.E. and R.A. Jones. 1997. Control of San Jose Scale in stone fruits. *KAC Plant Protection Quarterly*, 7: 4-6.

Rodriguez, J. y Silva, G. 2003. Manejo de la resistencia a insecticidas. (pp.263-289). *En: Silva, G. y Hepp, R. (eds.).* Bases para el manejo racional de insecticidas. Chillán, Chile: Facultad de Agronomía, Universidad de cocepción, Fundación para la Innovación Agraria (FIA). 310p.

SAG, 2012. Requisitos fitosanitarios para exportaciones de productos agrícolas y forestales. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Chile. Recuperado en: <http://www2.sag.gob.cl/reqmercado/consulta_agricola.asp?t_x=1> Consultado el 02 de Enero de 2012.

Sanhueza, V. 2011. Efecto residual de acetamiprid, phosmet, clorpirifos y pyriproxifen sobre escama de San José en manzanas. Memoria Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 26p.

Sazo, L. y Campos, L. 1986. Reconocimiento, desarrollo y control de escama de San José en Chile. *Revista Aconex*, (13): 15-21.

Sazo, L., Araya, J. and Esparza, S. 2008. Control of San José Scale nymphs, *Diaspidiotus perniciosus* (Comstock), on almond and Apple orchards with pyriproxifen, phenoxycarb, chlorpyrifos, and mineral oil. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 68(3): 284-289.

Sazo. 2011. Luis Sazo y Escama de san José: “Se debe actuar pensando que la Escama está presente en todos los huertos”. [En línea]. *Red Agrícola*, (42). Recuperado en: <<http://www.redagricola.com/reportajes/fitosanidad/se-debe-actuar-pensando-que-la-escama-esta-presente-en-todos-los-huertos>> Consultado el 15 de Febrero de 2012.

Seguel, P. 2012. Escama de San José (*Diaspidiotus perniciosus*): Grave problema en huertos, procesos y exportación. *Revista Frutícola*, (1): 23-25.

Welty, C. 2009. San José Scale on fruit trees. (HYG 2039-09), Agriculture and natural resources, Department of entomology, The Ohio State University Extension. Ohio, EEUU. 3p. Recuperado en: < <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/2000/pdf/2039.pdf> > Consultado el 13 de agosto de 2011.

ANEXOS

Desarrollo de la especie

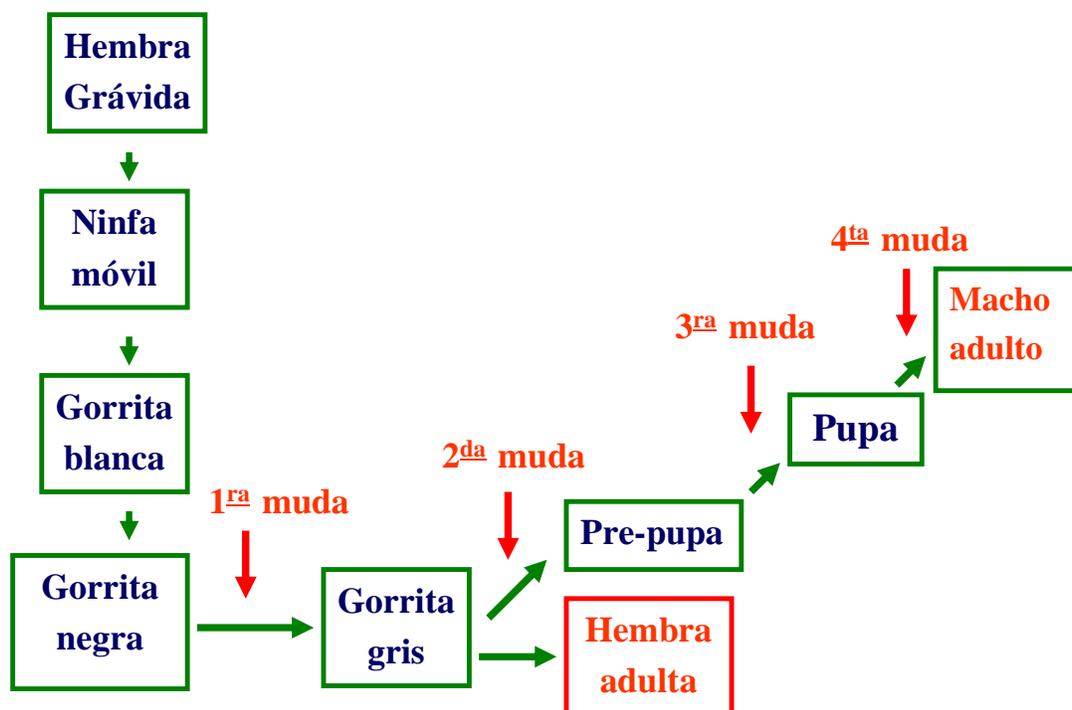


Diagrama que muestra el ciclo biológico de la Escama de San José (Fuente: Curso de entomología frutal, facultad de Cs Agronómicas, Universidad de Chile).

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Emergencia de machos												
Nacimiento de ninfas												

Fechas de la emergencia de machos y nacimiento de ninfas para las tres generaciones de la temporada en la zona central de Chile. (Fuente: Curso de Entomología frutal, Facultad de Cs Agronómicas, Universidad de Chile).

Resultados del recuento de juveniles de ESJ.

Muestra	Tratamiento	VT	MT	GBV	GBM	GNV	GNM	GGV	GGM
1	T0	755	245	-	-	748	239	7	6
2	T1	99	901	-	-	65	900	1	34
3	T2	490	510	-	-	474	487	16	23
4	T3	33	967	-	-	29	751	4	216
5	T4	470	530	1	-	449	515	20	15
6	T5	51	949	-	-	46	902	5	47
7	T4	426	574	-	-	414	553	12	21
8	T3	20	980	-	-	20	961	-	19
9	T2	513	487	-	-	500	458	13	29
10	T1	158	842	-	-	148	776	10	66
11	T5	3	997	-	-	2	969	1	28
12	T0	723	277	1	1	710	269	12	7
13	T4	436	564	-	-	409	541	27	23
14	T5	5	995	-	-	5	965	-	30
15	T0	726	274	2	-	701	250	24	23
16	T1	86	914	-	-	84	882	2	32
17	T2	538	462	-	-	518	434	20	28
18	T3	136	864	-	-	128	842	8	22
19	T5	141	859	-	-	126	760	15	90
20	T4	500	500	3	-	486	486	11	14
21	T0	698	302	-	-	677	293	21	9
22	T1	164	836	-	-	163	818	1	18
23	T2	420	580	-	-	415	573	5	7
24	T3	144	856	2	-	137	832	5	24

Las siglas mencionadas en la tabla son descritas a continuación. VT: vivas totales; MT: muertas totales; GBV: gorritas blancas vivas; GBM: gorritas blancas muertas; GNV: gorritas negras vivas; GNM: gorritas negras muertas; GGV: gorritas grises vivas; GGM: gorritas grises muertas.