



INFORME TECNICO FINAL V3

Nombre del proyecto	Desarrollo de métodos de control de chanchitos blancos (Hemiptera: Pseudococcidae) con feromonas sexuales para una fruticultura sustentable en un escenario de cambio climático.
Código del proyecto	PYT-2017-0140
Informe final	Si
Período informado (considerar todo el período de ejecución)	Abril 2020 al 28 febrero 2021
Fecha de entrega	16 agosto 2021

Nombre coordinador	Tania Zaviezo Palacios
Firma	

CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES GENERALES	3
2.	EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO	3
3.	RESUMEN EJECUTIVO	4
4.	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	6
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE).....	6
6.	RESULTADOS ESPERADOS (RE).....	7
7.	CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO	51
8.	ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO	54
9.	POTENCIAL IMPACTO.....	55
10.	CAMBIOS EN EL ENTORNO.....	56
11.	DIFUSIÓN	57
12.	PRODUCTORES PARTICIPANTES	59
13.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	60
14.	CONCLUSIONES	62
15.	RECOMENDACIONES	62
16.	ANEXOS	63
17.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	84

1. ANTECEDENTES GENERALES

Nombre Ejecutor:	Pontificia Universidad Católica de Chile
Nombre(s) Asociado(s):	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G.
Coordinador del Proyecto:	Tania Zaviezo Palacios
Regiones de ejecución:	Metropolitana, V y VI
Fecha de inicio iniciativa:	1 abril 2017
Fecha término Iniciativa:	28 febrero 2021

2. EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL PROYECTO

Costo total del proyecto	
Aporte total FIA	
Aporte Contraparte	Pecuniario
	No Pecuniario
	Total

Acumulados a la Fecha	
Aportes FIA del proyecto	
1. Total de aportes FIA entregados	
2. Total de aportes FIA gastados	
3. Saldo real disponible (Nº1 – Nº2) de aportes FIA	
Aportes Contraparte del proyecto	
1. Aportes Contraparte programado	Pecuniario
	No Pecuniario
2. Total de aportes Contraparte gastados	Pecuniario
	No Pecuniario
3. Saldo real disponible (Nº1 – Nº2) de aportes Contraparte	Pecuniario
	No Pecuniario

3. RESUMEN EJECUTIVO

3.1 Resumen del período no informado

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante el período comprendido entre el último informe técnico de avance y el informe final. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

Durante los meses de octubre 2020 a enero 2021, se realizó un ensayo adicional probando otro método de control mediante feromonas denominado trampeo masivo. Se logró una reducción del 94% en las capturas en las trampas de feromonas de *P. calceolariae* ($H = 24.9$; $p < 0,0001$) en manzanos, y de 50% para *P. viburni* en las trampas de feromonas en mandarinas.

Se analizaron los datos de todo el proyecto.

Se envió una publicación científica, que fue publicada mayo 2021.

Se elaboraron los protocolos y prototipos de los métodos de control.

Se realizó la grabación del video divulgativo de los resultados del proyecto.

3.2 Resumen del proyecto

Informar de manera resumida las principales actividades realizadas y los principales resultados obtenidos durante todo el período de ejecución del proyecto. Entregar valores cuantitativos y cualitativos.

El primer objetivo del proyecto fue: Determinar la duración del ciclo de desarrollo de *Pseudococcus calceolariae*, *Pseudococcus viburni* y *Pseudococcus longispinus* bajo condiciones de alta temperatura, para incorporar modificaciones en protocolos de monitoreo y control en escenarios de cambio climático”. Para ello se realizaron ensayos a 40, 35 y 30°C, y luego se adicionó a 28°C. Los resultados mostraron que a 40°C los huevos de las tres especies se deshidratan y no emergen ninfas. A 35°C hay muy poca eclosión de huevos y las ninfas móviles que emergen viven solo algunos días, sin completar su desarrollo. A 30°C y 28°C los huevos eclosionan y las ninfas emergidas se desarrollan lentamente en las tres especies. Con respecto a la fertilidad de hembras, a 30°C y 28°C *P. longispinus* presentó menor fertilidad, seguida por *P. viburni* y *P. calceolariae*. En relación con la duración ciclo de vida de las hembras obtenidas en la progenie, *P. viburni* presentó un ciclo más extendido que las otras dos especies en ambas temperaturas, las que presentaron un ciclo similar. *P. calceolariae* a 30°C produjo un mayor número hembras, mientras que *P. longispinus* el menor. De acuerdo a estos resultados, en un escenario de cambio climático con mayores temperaturas la especie predominante de chanchitos blancos sería *P. calceolariae*.

El segundo objetivo fue “Desarrollar y establecer protocolos de uso del método de control de *P. calceolariae* mediante disrupción sexual en huertos de manzanos y cítricos”. Para ello se realizaron ensayos comparando el tratamiento de disrupción sexual con un control (sin la aplicación de feromonas) en dos huertos con infestación media de *P. calceolariae*: uno de manzanos (manejo orgánico) y otro de mandarinos (manejo convencional), ubicados en la Región de O'Higgins (San Fernando) y Región

Metropolitana (Pomaire) respectivamente. El ensayo se llevó a cabo en tres temporadas, una primera donde se aplicaron los tratamientos (2017 – 2018), luego hubo una segunda temporada (2019 – 2020) donde se dejaron los dispensadores colgados, pero sin renovar, de manera que se ver el largo del efecto. Luego se repitió el tratamiento en la 3era temporada (2020 – 2021), con una dosis mayor. Previo a los ensayos, se sintetizó las feromonas requeridas y fueron formuladas usando SPLAT como matriz de liberación. Los ensayos en manzanos en la primera temporada mostraron que la aplicación del tratamiento de disrupción sexual (DS) redujo en promedio un 90% las capturas de machos en comparación con el control. En la segunda temporada las capturas en DS nuevamente fueron significativamente menores en DS que en control. En la tercera temporada, después de aplicación los tratamientos nuevamente, no se detectaron capturas de machos las parcelas DS, pero si en las parcelas control, siguiendo la dinámica observada en las temporadas anteriores.

En mandarinos, luego de la instalación del tratamiento de DS en la primera temporada las capturas de machos fueron 10 veces menores en DS que en el control. En la segunda temporada, sin renovación de las feromonas, las capturas de machos fueron muy bajas, pero 10 veces menores en DS que en los controles. Luego de aplicar los tratamientos en la tercera temporada las parcelas DS capturaron significativamente menos machos que las parcelas control. Los resultados observados en este objetivo validan la técnica de disrupción como un método de control efectivo, sin los riesgos a la salud de los trabajadores y los consumidores, no generando residuos en la fruta, amigable con el medio ambiente, altamente selectivo y compatible con el Manejo Integrado de Plagas y la producción orgánica.

El tercer objetivo específico fue “Desarrollar y establecer protocolos de uso del método de control mediante atracticidas para *P. viburni*, *P. calceolariae* y *P. longispinus* en conjunto”. Primero se hicieron pruebas de laboratorio para verificar que la mezcla de feromonas de las tres especies produce atracción para machos de las tres especies y no se repelencia. Estos ensayos mostraron que no hubo repelencia en ninguna de las especies frente a la mezcla de feromonas. Los ensayos de atracticidas en campo, se llevaron a cabo en naranjos, vid de mesa y arándanos, en huertos que tuvieran la menos dos de las especies presentes, y se hicieron en dos temporadas seguidas. Los resultados fueron diversos, dependiendo de la especie frutal y la especie de chanchito blanco. Durante la última temporada se llevó a cabo un ensayo de trampeo masivo en manzanos y mandarinas. El mayor efecto con estas estrategias se tuvo en manzanos con el enfoque de trampeo masivo para *P. calceolariae* (94% reducción en capturas de machos), seguido por *P. longispinus*. Luego, la estrategia de atracticida en naranjo con las mismas dos especies. Se obtuvo 50% de disminución en poblaciones de machos de *P. viburni* en vid con atracticida y mandarinas con trampeo masivo. Globalmente los menores efectos se obtuvieron en arándanos, lo que podría deberse a la forma de cultivo (en túneles) en combinación con infestaciones altas poblaciones en el entorno.

En relación con el objetivo específico 4, difusión y transferencia de los resultados, se hicieron tres charlas de difusión al Comité de Cítricos, que estuvieron dirigidas a productores y 4 presentaciones a Congresos Nacionales e Internacionales. Se publicó en el Diario Financiero un artículo de difusión y 2 publicaciones científicas. Finalmente se realizó un video informando los resultados del proyecto, el cual se encuentra en el canal de You Tube de la Facultad.

4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Desarrollar métodos de control de chanchitos blancos (Hemiptera: Pseudococcidae) mediante feromonas

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE)

5.1 Porcentaje de Avance

Nº OE	Descripción del OE	% de avance al término del proyecto ¹
1	Determinar la duración del ciclo de desarrollo de <i>P. calceolariae</i> , <i>P. viburni</i> y <i>P. longispinus</i> bajo condiciones de alta temperatura, para incorporar modificaciones en protocolos de monitoreo y control en escenarios de cambio climático.	100
2	Desarrollar y establecer protocolos de uso del método de control de <i>P. calceolariae</i> mediante disrupción sexual en huertos de manzanos y cítricos.	100
3	Desarrollar y establecer protocolos de uso del método de control mediante atracticidas para <i>P. viburni</i> , <i>P. calceolariae</i> y <i>P. longispinus</i> en conjunto.	86.7
4	Difundir y transferir los resultados obtenidos en el proyecto.	100

¹ Para obtener el porcentaje de avance de cada Objetivo específico (OE) se promedian los porcentajes de avances de los resultados esperados ligados a cada objetivo específico para obtener el porcentaje de avance de éste último

6. RESULTADOS ESPERADOS (RE)

Para cada resultado esperado debe completar la descripción del cumplimiento y la documentación de respaldo.

6.1 Cuantificación del avance de los RE al término del proyecto

El porcentaje de cumplimiento es el porcentaje de avance del resultado en relación con la línea base y la meta planteada. Se determina en función de los valores obtenidos en las mediciones realizadas para cada indicador de resultado.

El porcentaje de avance de un resultado no se define según el grado de avance que han tenido las actividades asociadas éste. Acorde a esta lógica, se puede realizar por completo una actividad sin lograr el resultado esperado que fue especificado en el Plan Operativo. En otros casos se puede estar en la mitad de la actividad y ya haber logrado el 100% del resultado esperado.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
1	1	Determinación del tiempo de desarrollo de tres especies de chanchitos blancos: P. calceolariae, P. viburni y P. longispinus en condiciones de cambio climático	Número de estimaciones de tiempo de desarrollo en función de las temperaturas	Estimaciones temperatura x especies	No existe	9 estimaciones de tiempo de desarrollo (3 especies x 3 temperatura)	Diciembre 2017	12 estimaciones de tiempo de desarrollo (3 especies x 4 temperatura)	19/9/2019	>100

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

A partir de individuos colectados en terreno, se iniciaron las crías de las tres especies de chanchitos blancos en estudio, de las cuales se obtuvo el material biológico para los ensayos. Se seleccionaron hembras adultas con masas de huevos en el caso de las especies ovíparas, *P. viburni* y *P. calceolariae*, y hembras adultas previvíparas en *P. longispinus* (especie vivípara). Las hembras se traspasaron al sustrato de cría, que fue papas con brotes etiolados, en cajas individuales (Anexo Ia). Inicialmente, se realizaron ensayos a las temperaturas de 30, 35 y 40°C, y posteriormente se agregó un ensayo a 28°C. Por cada temperatura se efectuaron 50 repeticiones de cada especie de chanchito blanco. La unidad experimental correspondió a una hembra a inicio de oviposición o parición, dependiendo si era especie ovípara o vivípara. Las hembras se dispusieron de una cámara bioclimática por temperatura (Anexo Ib). Las evaluaciones de las distintas especies se hicieron en diferentes momentos y cámaras para evitar contaminación cruzada. Los parámetros evaluados fueron: (1) tiempo de desarrollo de cada estado (huevo hasta adulto); (2) mortalidad por estado y (3) fertilidad de las hembras. Para el tiempo de desarrollo de cada estado se realizaron observaciones día por medio mediante una lupa estereoscópica binocular, registrando el número y estado de desarrollo de la progenie de cada hembra, hasta observar su completo desarrollo. Con estos datos se construyó la curva de desarrollo de cada especie para cada temperatura evaluada. La mortalidad se estimó como porcentaje individuos muertos en cada estado (número al iniciar el estado, número en el estado siguiente). La fertilidad de hembras se evaluó como el número de ninfas neonatas de cada hembra inicial. Adicionalmente, se estimó el (4) porcentaje de éxito de cada réplica, medido como el número de réplicas que completó el ciclo (obtención de hembra adulta en la descendencia) y el promedio de hembras adultas generadas para cada especie y temperatura evaluada.

Se observó que a 40°C los huevos de las tres especies se deshidratan y no emergen ninfas. A 35°C hay muy poca eclosión de huevos y las ninfas móviles que emergen viven solo algunos días, pero no continúan su desarrollo y finalmente mueren (detalle en Anexo II). Por otra parte, a 30°C, los huevos eclosionan y las ninfas emergidas se desarrollan lentamente en las tres especies. Lo cual también se aprecia a 28°C (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Tiempo de desarrollo (días) a 30°C

Especie	Crawler - Ninfa 1	Ninfa 2	Ninfa 3	Adultas
<i>P. calceolariae</i>	12,0 ± 8,4	9,0 ± 6,3	14,5 ± 10,2	12,1 ± 6,0
<i>P. longispinus</i>	11,5 ± 8,1	16,0 ± 11,3	3,0 ± 2,1	18,7 ± 10,9
<i>P. viburni</i>	15,5 ± 10,9	8,5 ± 6,0	14,5 ± 10,2	18,6 ± 10,8

Tabla 2. Tiempo de desarrollo (días) a 28°C

Especie	Crawler - Ninfa 1	Ninfa 2	Ninfa 3	Adultas
<i>P. calceolariae</i>	10,5 ± 7,4	31,5 ± 22,2	11, 7 ± 8,2	11,6 ± 8,1
<i>P. longispinus</i>	26,5 ± 18,7	2,5 ± 1,7	23,0 ± 16,2	20,0 ± 15,5
<i>P. viburni</i>	14,5 ± 10,2	27,5 ± 19,4	22,0 ± 15,5	10,0 ± 7,0

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

La duración de los estados pre adultos fue afectada por las temperaturas, la duración de los *crawlers* (ninfas neonatas) – N1 para *P. longispinus* fue más corta a mayor temperatura, sin observarse grandes diferencias entre *P. calceolariae* y *P. viburni* en ambas temperaturas. En el caso de N2, *P. calceolariae* y *P. viburni* tomaron más tiempo en desarrollarse a menor temperatura (28°C), sin ser el caso de *P. longispinus*. El estado N3 y adultas no presentaron tendencias a nivel de especies o temperaturas, no obstante, fue posible apreciar que el tiempo de desarrollo que toma llegar de N3 a hembra adulta fluctúa entre los 10 y 20 días.

Con respecto a la fertilidad de las hembras, a ambas temperaturas *P. longispinus* presentó la menor fertilidad y *P. calceolariae* la mayor (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio fertilidad de hembras

T°	Especie	Promedio <i>crawlers</i> (ninfas neonatas)
30	<i>P. calceolariae</i>	62,5 ± 42,9
	<i>P. longispinus</i>	26,4 ± 19,5
	<i>P. viburni</i>	40,8 ± 37,7
28	<i>P. calceolariae</i>	99,9 ± 68,2
	<i>P. longispinus</i>	6,8 ± 6,7
	<i>P. viburni</i>	71,6 ± 38,6

Con respecto a la duración del ciclo de vida de las hembras obtenidas en la progenie, se observó que *P. viburni* presentó un ciclo más extendido que las otras dos especies, para ambas temperaturas. Tanto *P. calceolariae* como *P. longispinus* presentaron una duración de ciclo más similar, tendencia que se repite para ambas temperaturas (Tabla 4).

Tabla 4. Duración ciclo de vida hembras adultas obtenidas en la progenie

T°	Especie	Ciclo de vida (días)
30	<i>P. calceolariae</i>	43,6 ± 4,4
	<i>P. longispinus</i>	43,7 ± 10,8
	<i>P. viburni</i>	54,4 ± 12,5
28	<i>P. calceolariae</i>	66,2 ± 9,9
	<i>P. longispinus</i>	61,5 ± 26,2
	<i>P. viburni</i>	81,0 ± 25,5

En cuanto al éxito en el desarrollo de progenie (réplicas cuya descendencia tuvo hembras que terminaron su ciclo), para ambas temperaturas la especie con mayor porcentaje fue *P. calceolariae*, siendo también la especie que obtuvo el mayor número promedio de hembras por réplica. *P. longispinus* fue la especie que presentó un menor porcentaje de éxito en el desarrollo a 30°C, seguido por *P. viburni*. A 28°C tanto *P. longispinus* como *P. viburni* presentaron el mismo porcentaje, menor que *P. calceolariae* (Tabla 5).

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Tabla 5. Porcentaje éxito en el desarrollo

T°	Especie	N° réplicas con hembras adultas	Réplicas que completaron ciclo (%)	N° promedio de hembras obtenidas por réplica
30	<i>P. longispinus</i>	9	18	3,2
	<i>P. calceolariae</i>	15	44	4,9
	<i>P. viburni</i>	20	39	6,4
28	<i>P. longispinus</i>	2	20	1,0
	<i>P. calceolariae</i>	4	30	1,8
	<i>P. viburni</i>	2	20	1,5

Los resultados de mortalidad por estado de desarrollo fueron mayores para N2 a ambas temperaturas y en todas las especies, no observándose tendencias diferenciadoras entre las especies (Anexo III).

En la Figura 1, se presentan las curvas de desarrollo poblacional para las tres especies a 30°C y 28°C, en donde las flechas representan cuando ocurre el 50% del estado. A 30°C el estado *crawler* – N1 presentó su peak de desarrollo alrededor de los 10 días para *P. calceolariae* y *P. viburni*, presentándose una leve diferencia con *P. longispinus*, el cual tardó más tiempo. Esta tendencia se mantuvo para los estados N2 y N3. De igual forma, a 28°C *P. longispinus* tomó más tiempo en desarrollar el estado *crawler* – N1 (25 días aproximadamente), en contraste con *P. calceolariae* y *P. viburni* para los cuales su desarrollo tomó alrededor de 12 y 16 días respectivamente. Esta tendencia se mantuvo para el estado N2, sin embargo, en N3 se observó que se igualan en tiempo.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

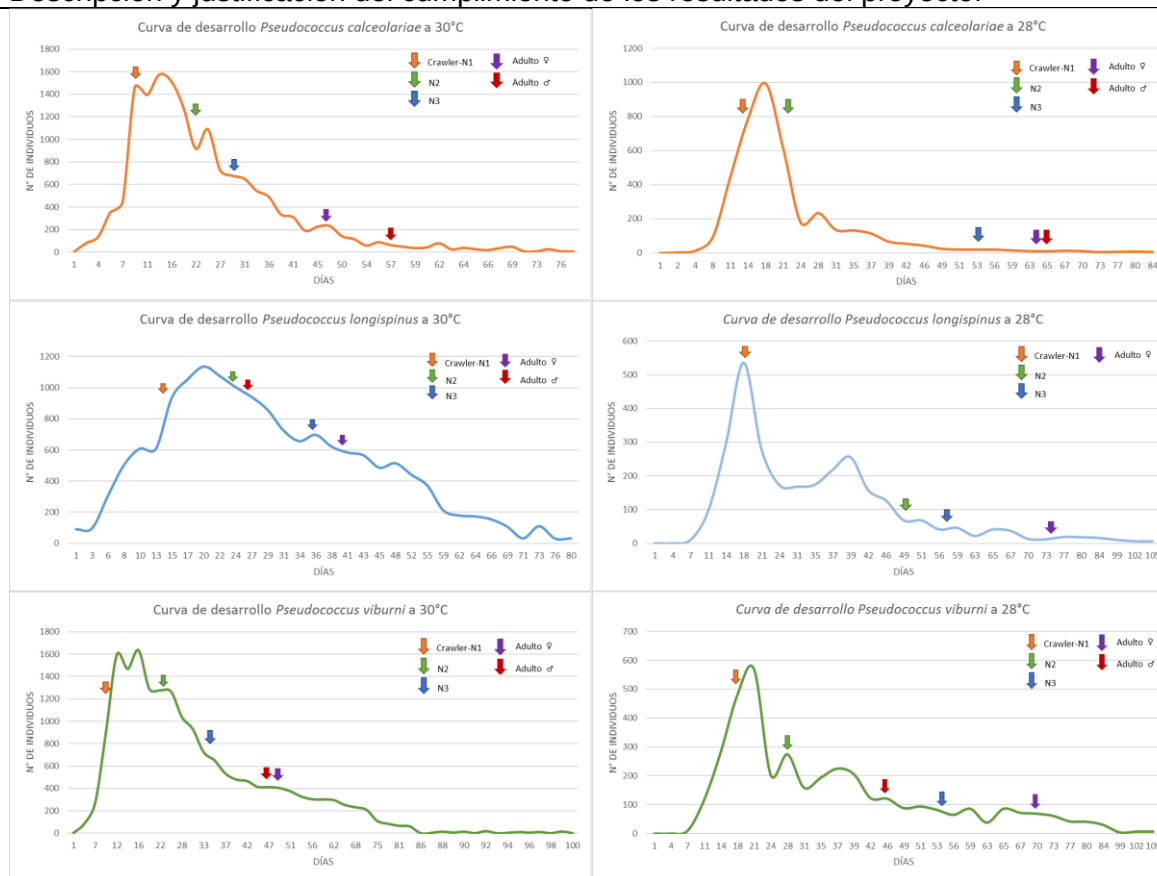


Figura 1. Curva desarrollo *P. calceolariae*, *P. longispinus* y *P. viburni* a 30°C y 28°C.

Los resultados en su conjunto sugieren que *P. calceolariae* presentaría una mayor tolerancia y desarrollo a temperaturas más elevadas.

Documentación de respaldo (indique en que n° de anexo se encuentra)

Anexo I. Detalle del sustrato de crianza de los chanchitos blancos y su ubicación en la cámara bioclimática.

Anexo II. Resumen resultados desarrollo de las especies de chanchitos blancos a 35°C y 40°C.

Anexo III. Promedio de mortalidad por cada estado (%).

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumpli- miento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
2	2	Control de <i>P. calceolariae</i> con feromona para disrupción sexual en huertos de manzanos y cítricos	Porcentaje de disminución de las poblaciones	(Pobl. Sin disrupción – pobl Con disrupción)/ Pobl. Sin disrupción	Promedio para plaguicidas usados actualmente 50%	60%	Mayo 2019	90.6%	abril 2020	>100

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Para el logro de los objetivos específicos 2 y 3, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, entidad colaboradora, sintetizó la feromona requerida, tanto para las trampas de feromona como para los ensayos de disrupción, atracticida y trampeo masivo. Estos trabajos de síntesis fueron ejecutados principalmente entre el 1 de junio al 30 de noviembre de 2017. Los protocolos de síntesis siguieron aquellos establecidos en el laboratorio y que han sido publicados anteriormente (Figura 2, Anexo IV). En total se sintetizaron un total de 40 gramos de la feromona de *P. calceolariae*.

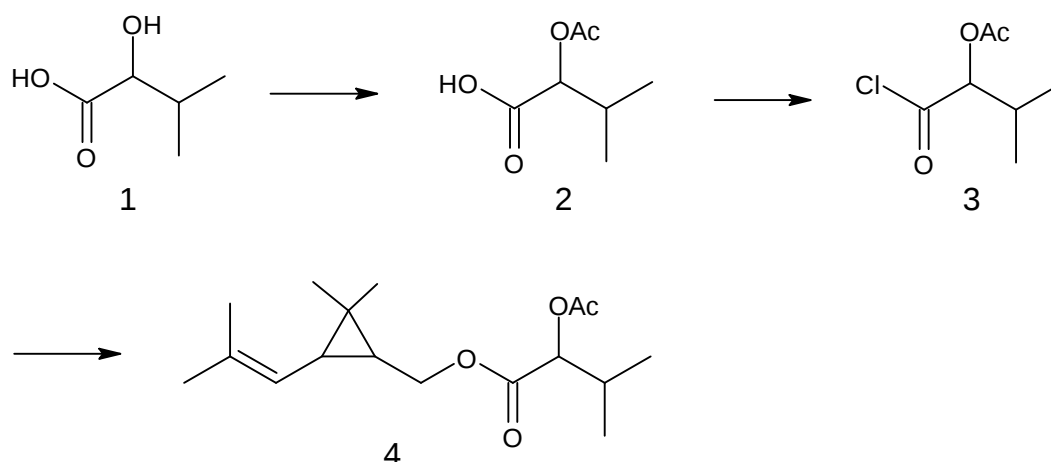


Figura 2. Esquema de los pasos de síntesis de la feromona de *Pseudococcus calceolariae*

Durante el periodo comprendido entre abril a septiembre del 2017, se inició la prospección de huertos para seleccionar los sitios de ensayo de disrupción. Para ello se visitaron varios huertos en búsqueda de aquellos que tuvieran *P. calceolariae* y se seleccionó dos huertos con infestación media de esta plaga: uno de manzanos (manejo orgánico) y otro de mandarinos (manejo convencional), ubicados en la Sexta Región (San Fernando) y Región Metropolitana (Pomaire) respectivamente. En cada uno se instalaron 10 trampas de feromonas para detectar el vuelo de machos y se inició el monitoreo visual de 12 plantas alrededor de cada una de las trampas, para así verificar la presencia y la fenología de la especie de chanchito blanco en estudio. Estas actividades se mantuvieron durante todo el desarrollo del experimento.

En cada huerto se seleccionaron 10 sectores de 0,1 ha cada uno (unidad experimental), donde 5 de ellos fueron tratados con feromona para confusión y 5 de control (sin feromona). La aplicación se hizo usando una “pistola de aplicación” que permitió aplicar la matriz (SPLAT) en forma de “gotas” de 1 g aprox. sobre un trozo de cartón, y estos se colgaron en los árboles (Figura 3a) o directo en el tronco (Figura 3b). La dosis de feromona utilizada en la primera temporada fue de 6,32 g/ha y en la segunda temporada de 9,35 g/ha. Se dispuso un total de 750 emisores (cartones)/ha en ambas temporadas.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.



Figura 3. Modo de aplicación de la feromona.

(a) cartón colgado del árbol (b) aplicación directo al tronco.

Para determinar el efecto del tratamiento de confusión sexual se realizaron las siguientes evaluaciones:

- I. **Capturas de machos en trampas de monitoreo:** En el centro de cada unidad experimental se colocó una trampa de feromonas de *P. calceolariae*, con el fin de verificar la disminución de capturas de machos y el efecto de disrupción. Las 20 trampas de feromona fueron instaladas en septiembre de 2017 en forma previa a las aplicaciones de los tratamientos, y luego repuestas para las temporadas siguientes según se indica en el Anexo V. Las trampas fueron del tipo delta con piso removible (Feromonas Chile). Se revisaron quincenalmente en primavera, verano y otoño, y mensualmente en los inviernos, desde la fecha de instalación hasta el fin de los ensayos (tres temporadas completas). Se utilizó septas con feromonas fabricadas por la PUCV cargadas con 50 μ g de la mezcla racémica de chrysanthemyl 2-acetoxy-3-methylbutanoate.
- II. **Abundancia de chanchitos blancos:** para esto se realizaron monitoreos visuales en busca de huevos, ninfas y hembras, en las 12 plantas centrales de cada unidad experimental registrando número de individuos y ubicación en la planta (tronco, ramas, hojas y frutos). Estos monitoreos se hicieron cada 15 días durante primavera y verano.
- III. **Infestación de frutos:** se determinó la presencia de chanchitos blancos en la fruta de las 12 plantas centrales de cada unidad experimental, estableciéndose así la incidencia de frutos infestados (% de frutos infestados).
- IV. **Fecundidad de hembras:** Se colectaron hembras adultas de los sectores con y sin disrupción, las que se llevaron al laboratorio, y se pusieron sobre papas etioladas para que continuaran su desarrollo. Regularmente se revisaron para determinar en laboratorio la producción de huevos, de manera de estimar su apareamiento. Sin embargo, por las bajas poblaciones, solo se pudo evaluar unas pocas hembras.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

La instalación del primer tratamiento de interrupción se realizó en diciembre del 2017, lo que se mantuvo en el campo hasta su renovación a fines de agosto e inicios de septiembre del 2019. Las fechas de instalación del tratamiento de interrupción sexual en cada campo y temporada se detalla en el Anexo VI.

Los recuentos de machos en las trampas (machos x trampa⁻¹ x día⁻¹) se analizaron para los distintos periodos mediante modelos lineales generalizados (GLM) con distribución de errores de Poisson y enlace log, con el tratamiento y la fecha como variables predictoras. Cuando se compararon más de dos medias, se utilizó la prueba LSD. Para los periodos o fechas con una densidad muy baja y muchos recuentos iguales a 0, se utilizó el ANDEVA no paramétrico de Kruskal-Wallis. Los periodos comparados fueron: antes de la aplicación de feromonas en la primera temporada (septiembre a diciembre de 2017), primera temporada después de las aplicaciones del tratamiento (enero a abril de 2018), primera temporada de invierno (mayo a julio de 2018), segunda temporada de crecimiento (septiembre de 2018 a abril de 2019 en el caso de las manzanas y solo de septiembre a diciembre de 2018 en el caso de las mandarinas debido a los bajísimos recuentos posteriores), segunda temporada de invierno (mayo a julio de 2019), tercera temporada de cultivo después de la segunda aplicación de feromonas (septiembre de 2019 a marzo de 2020). También se compararon las capturas de machos al principio de la tercera temporada de crecimiento, después de renovar los dispensadores de las trampas, pero antes de la segunda aplicación de feromonas, utilizando el GLM (distribución de errores de Poisson y enlace log) con el tratamiento como variable independiente. La densidad de población de chanchitos blancos en las plantas (chanchitos x planta⁻¹) por temporada se comparó mediante Kruskal-Wallis no paramétrico, ya que las poblaciones fueron siempre muy bajas o nulas en muchas ocasiones. Los daños por causa de los chanchitos blancos se analizaron sólo para las manzanas en la temporada 2017 - 2018, utilizando GLM con distribución de error binomial y enlace logit para la infestación de frutos y distribución de error Poisson y enlace log para los insectos por fruto. Para la temporada 2019 - 2020 en manzanas y para mandarinas solo se encontraron unos pocos insectos en los frutos, por lo que no se realizaron análisis estadísticos.

Resultados en manzanos:

En la primera temporada, producto de la aplicación del tratamiento de interrupción sexual (DS), se observó una caída importante en la captura de machos (promedio 90%), manteniéndose a niveles muy por debajo de lo que ocurre en las unidades experimentales sin interrupción. Aquí, las poblaciones fueron mayores y el tratamiento se realizó cuando estas iban en aumento (Fig. 4A). Las poblaciones de machos en el periodo previo a los tratamientos fueron similares en los lugares con y sin aplicaciones (DS = 4.79 ± 0.52 , control = 4.30 ± 0.52 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹). En este periodo hubo un efecto del tiempo ($F_{5, 48} = 108.02$, $p < 0.0001$), con las mayores capturas justo antes de los tratamientos. En el resto de la temporada (enero – abril 2018), las capturas fueron menores en general, pero significativamente menores en las unidades experimentales con DS ($F_{1, 66} = 45.76$, $p < 0.0001$), pero sin un efecto de fecha ($F_{1, 66} = 0.43$, $p = 0.856$) o de tratamiento x fecha ($F_{1, 66} = 0.29$, $p = 0.938$). Para este periodo las capturas en los controles fueron 10 veces las de los tratamientos DS (promedio enero – abril: DS = 0.22 ± 0.1 , control = 3.06 ± 0.3 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹; (Fig. 4A). En este periodo, un mes después de la aplicación de feromonas, el ID (índice de interrupción) fue 97% (“trap shutdown”), y permaneció alrededor del 90% por el resto de la temporada (Figura 4). En otoño – invierno de la primera temporada, se observaron resultados similares, con un efecto del tratamiento ($F_{1, 32} = 5.04$, $p = 0.032$), pero no de la fecha ($F_{3, 32} = 1.08$, $p = 0.372$) ni de tratamiento x fecha ($F_{3, 32} = 0.24$, $p = 0.865$). Las capturas de machos en esta época fueron muy bajas, pero aun así fueron 7 veces

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

mayores en los controles que en las parcelas con feromonas (Fig. 4A). Esta disminución de la población de machos no se vio reflejada en el caso de los monitoreos de hembras y ninfas en las plantas que en manzanos las poblaciones en las parcelas con tratamiento con feromona fueron similares a las de sin feromona (Tabla 6).

Durante la temporada 2018 – 2019, no se renovaron las aplicaciones de las feromonas y gracias a esto se pudo evaluar por cuanto tiempo el efecto persistió. Durante esta temporada de crecimiento (septiembre 2018 – abril 2019), las capturas en las parcelas control fueron significativamente mayores que en las de DS (promedio DS = 0.16 ± 0.1 , control 0.98 ± 0.2 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹, Figura 5B, $p = 0.003$). También hubo un efecto de la fecha ($F_{13, 54} = 3.18$, $p = 0.001$), pero no de tratamiento x fecha ($F_{13, 54} = 0.21$, $p = 0.998$). Las capturas fueron mayores en diciembre (similar a la primera temporada), y menores en octubre y abril (Figura 4B). El promedio del ID fue de 73% para este período (Figura 5). Durante el invierno de esta temporada las capturas de machos fueron muy bajas y similares para ambos tratamientos (DS = 0.02 ± 0.1 y Control 0.04 ± 0.1 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹, Figura 4B), y tampoco hubo un efecto de fecha o de tratamiento x fecha ($p > 0.8$ para todos). En esta temporada las poblaciones según monitoreo fueron muy bajas y similares para las parcelas con tratamiento con feromona y sin feromona (Tabla 6).

Los resultados para la primera y segunda temporada fueron mejores de lo esperado, no solo por el nivel de disrupción, sino que además por la larga duración del efecto en terreno, lo que originalmente no se planteó como un objetivo, pero se desarrolló por la modificación que se hizo a la fecha de los ensayos (traslado de segunda temporada de experimento al tercer año).

A finales de agosto, después de renovar las feromonas en las trampas, pero previo a las aplicaciones, hubo un aumento de las capturas similar en el control y tratamiento de DS ($F_{1, 8} = 2.47$, $p = 0.16$, Fig. 4C). Después de la aplicación de los tratamientos de la temporada, no se detectaron capturas de machos en las parcelas DS (0.0 ± 0.0 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹) (“*trap shutdown*”), pero si en las parcelas control (0.68 ± 0.1 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹), siguiendo la dinámica observada en las temporadas anteriores (Fig. 4C). Significativamente menos machos fueron capturados en las parcelas DS en octubre, y luego desde diciembre a febrero ($H > 4.36$; $p < 0.05$ para todos). El ID promedio para este periodo fue de 92 % (Figura 5). En esta temporada las poblaciones según monitoreo fueron muy bajas, pero con una tendencia a ser menores en el tratamiento DS (Tabla 6).

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

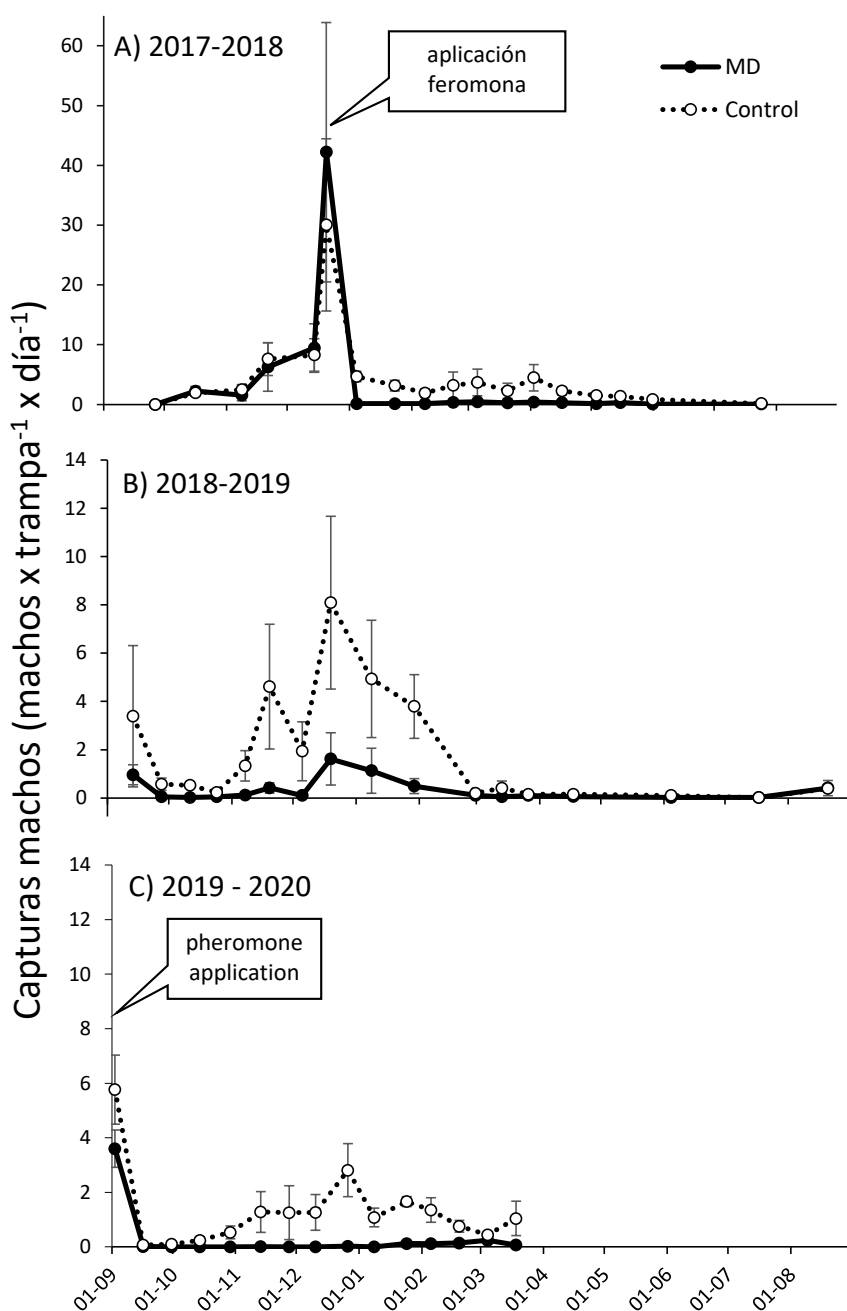


Figura 4. Capturas de machos de *P. calceolariae* en trampas de feromonas en manzanos temporada 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020. Se instalaron los disruptores el 20-12-2017 y 2-09-2019. MD = disruptión sexual; Control = testigo sin feromona. Notar que la escala de la primera temporada es diferente.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

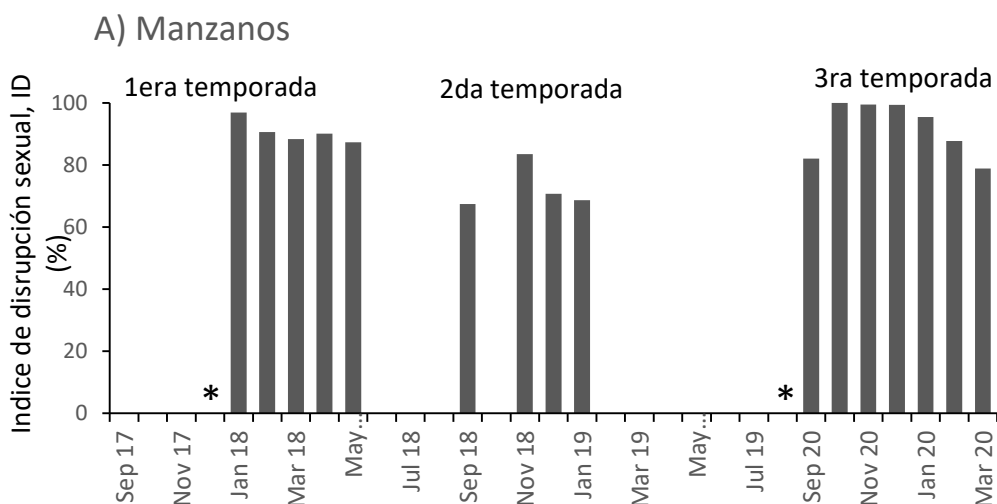


Figura 5. Índice de disruptión (%) calculado con las capturas/trampa/día en trampas de feromona en manzanos durante las temporadas 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020. Asteriscos indican momento de instalación disruptores (20-12-2017 y 2-09-2019).

Tabla 6. Promedio de individuos por planta de *P. calceolariae* anual registrados mediante monitoreo visual en manzanos, temporadas 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020.

Temporada	Tratamientos		Kruskal-Wallis test
	DS chanchitos x planta ⁻¹ ± SE	Control	
Septiembre 2017 – abril 2018	0.27 ± 0.09	0.04 ± 0.01	H = 0.28; p = 0.59
Septiembre 2018 – abril 2019	0.59 ± 0.14	0.30 ± 0.08	H = 1.47; p = 0.22
Septiembre 2019 – Marzo 2020	0.03 ± 0.01	0.13 ± 0.04	H = 2.79; p = 0.09

Evaluaciones a cosecha

En la evaluación de la primera temporada, la infestación de frutos fue de $4 \pm 1\%$ en las parcelas DS y $2 \pm 1\%$ en los controles, sin diferencias significativas ($F_{1, 8} = 3.10$, $p = 0.12$). Las poblaciones detectadas en los frutos también fueron muy bajas y similares (DS = 0.06 ± 0.11 , control 0.05 ± 0.10 , $H = 0.39$, $p = 0.59$).

En la segunda evaluación a cosecha (02-04-2020), las poblaciones detectadas fueron menores

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

en comparación a la primera. En esta ocasión, de los 500 frutos cosechados e inspeccionados, solo se encontró dos ninfas de segundo estado de *P. calceolariae*.

Efecto tratamiento en fecundidad de hembras

De un total de 18 hembras colectadas en las parcelas control y 7 para parcelas con feromonas, solo generaron descendencia aquellas provenientes del tratamiento control. Un 22% de estas hembras fueron capaces de generar progenie con un promedio de 28,4 N1/hembra (rango 37 a 300 individuos). Las hembras recolectadas el 14 de octubre (cuarta fecha de muestreo) generaron mayor descendencia en comparación al resto (Anexo VII).

Resultados en Mandarinos

En la primera temporada, previo a la aplicación de los tratamientos, las capturas de machos eran altas, pero decreciendo (Fig. 6A). En este periodo hubo un efecto del tratamiento ($F_{1, 39} = 33.65$, $p < 0.0001$), fecha ($F_{4, 39} = 26.16$, $p < 0.0001$) y tratamiento x fecha ($F_{4, 39} = 5.52$, $p = 0.001$). Las parcelas que recibirían la DS tenían en promedio para el periodo mayores poblaciones que el control (septiembre – noviembre 2017 DS = 18.5 ± 0.9 ; control = 26.8 ± 1.1 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹). Sin embargo, justo previo a las aplicaciones de los tratamientos, las capturas fueron similares (DS = 9.4 ± 1.4 ; control = 10.9 ± 1.5 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹). Las capturas de machos decrecieron significativamente en este periodo previo a las aplicaciones, con las menores capturas en la última fecha (Fig. 6A). Luego de la instalación del tratamiento de DS en esta primera temporada (diciembre 2017 – abril 2018), las capturas fueron menores, pero con un efecto significativo del tratamiento ($F_{1, 70} = 16.24$, $p = 0.0001$), la fecha ($F_{8, 70} = 9.51$, $p < 0.0001$), pero no de tratamiento x fecha ($F_{8, 70} = 1.41$, $p = 0.206$). Las capturas de machos fueron 10 veces mayores en el control que en DS, con estas últimas con muy pocas capturas (“trap shutdown”). En este periodo, un mes después de las aplicaciones, el ID fue de 94% y luego se mantuvo sobre el 80% (Figura 7). Resultados similares se observaron para el otoño invierno de esta primera temporada (mayo – agosto 2018), con un efecto del tratamiento ($F_{1, 48} = 10.03$, $p = 0.003$), la fecha ($F_{5, 48} = 2.43$, $p = 0.049$), pero no de tratamiento x fecha ($F_{5, 48} = 0.07$, $p = 0.997$). Las capturas de machos fueron 5 veces más en el control que en DS (Fig. 6A).

En la segunda temporada, sin renovación de las feromonas, se encontró que las capturas fueron mucho menores que en la primera temporada, y mayormente concentradas en la primavera (Fig. 6B). Aun así, se encontró un efecto del tratamiento ($F_{1, 56} = 4.93$, $p = 0.031$), pero no de fecha ($F_{5, 56} = 0.39$, $p = 0.885$) o de tratamiento por fecha ($F_{6, 56} = 0.15$, $p = 0.989$). Las capturas de machos fueron muy bajas, pero de todas maneras 10 veces más altas en los controles que en DS (Septiembre – diciembre 2018 DS = 0.04 ± 0.04 ; control = 0.41 ± 0.13 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹) (Fig. 6B). Durante el invierno, las capturas en ambos tratamientos fueron bajas y similares (Fig. 6B), sin efectos de tratamiento, fecha o tratamiento x fecha ($p > 0.8$ para todas). Los resultados para la primera y segunda temporada fueron positivos, tanto por el nivel de disrupción como la duración del efecto en terreno. Sin embargo, no se pudo observar diferencias en las poblaciones en las plantas, dados lo muy bajos niveles poblacionales (Tabla 7).

A finales de agosto 2019, después de renovar los cebos en las trampas, pero previo a las aplicaciones de la 3era temporada, hubo un aumento en las capturas que fue similar en las parcelas DS y control (DS = 2.11 ± 0.7 ; control = 3.32 ± 0.8 machos x trampa⁻¹ x día⁻¹, $F_{1, 8} = 1.31$, $p = 0.29$; Figura 6B). Luego de aplicar los tratamientos, las capturas fueron muy bajas, con un pequeño aumento en los controles en octubre 2019 y marzo 2020 (Figura 6C). Para el periodo septiembre 2019 – marzo 2020, las parcelas DS tuvieron significativamente menos

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

machos que las parcelas control ($H = 40.94$; $p = 0.0005$). En octubre 2019, en el pequeño pick de capturas en el control, el ID fue de 98% (Figura 7). En esta temporada no se encontraron individuos en las plantas (Tabla 7).

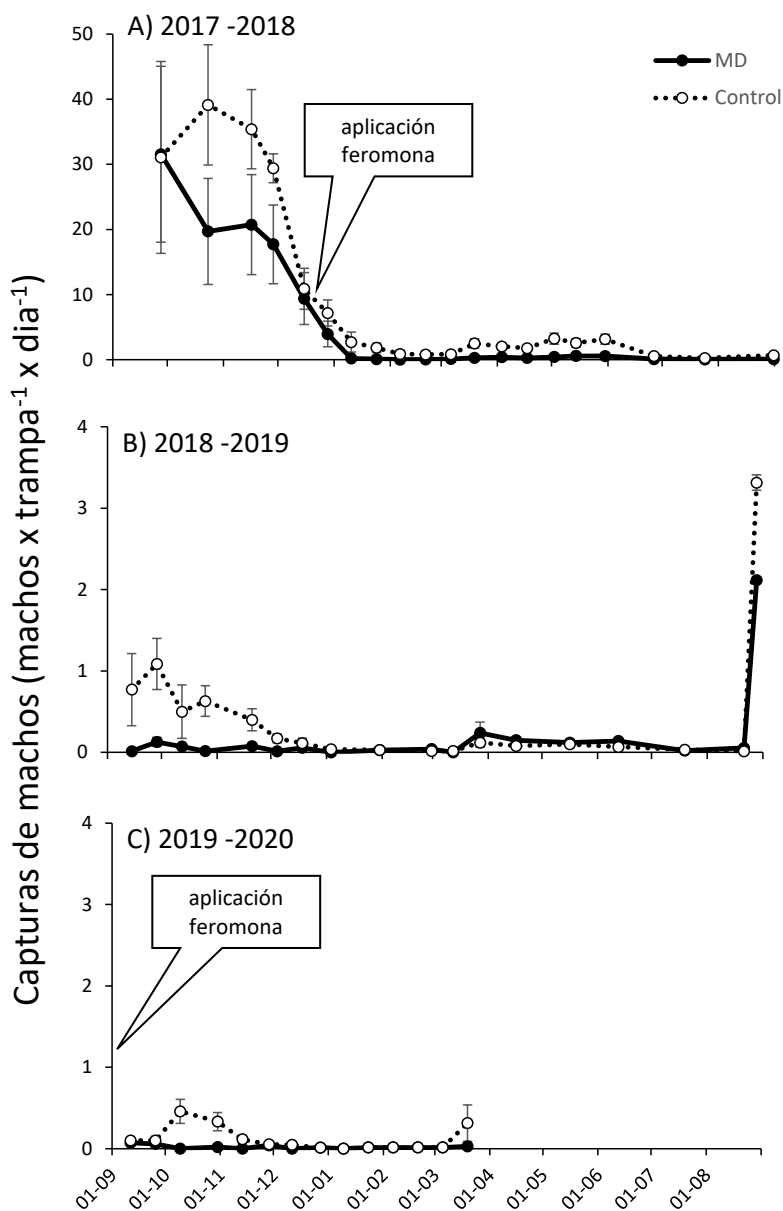


Figura 6. Captura de machos en trampas de feromona en cítricos, temporadas 2017-2018, 2018-2019 y 2020. La instalación de los disruptores fue el 19-12-2017 y 29-08-2019. MD = disruptión sexual; Control = testigo sin feromona. Notar que la escala de la primera temporada es diferente.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

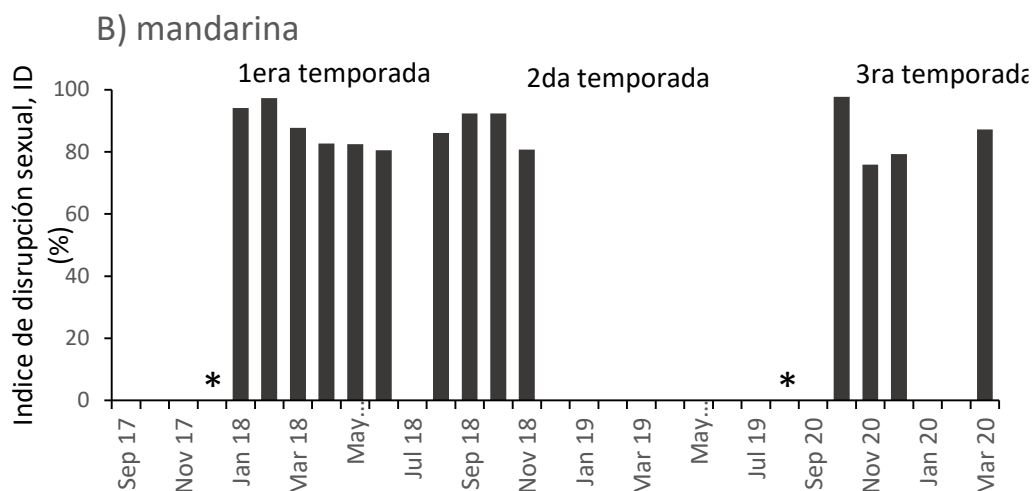


Figura 7. Índice de disrupción (%) calculado con las capturas/trampa/día en trampas de feromona en cítricos durante las temporadas 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020. Asteriscos indican momento de instalación disruptores (19-12-2017 y 29-08-2019).

Tabla 7. Promedio de individuos por planta de *P. calceolariae* registrados mediante monitoreo visual en cítricos, temporadas 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020.

Temporada	Tratamientos		Kruskal-Wallis test
	DS chanchitos x planta ⁻¹ ± SE	Control	
Septiembre 2017 - abril 2018	0.30 ± 0.08	0.31 ± 0.09	H* = 0.0; p = 0.96
Septiembre 2018 – abril 2019	0.02 ± 0.009	0.001 ± 0.001	H = 3.83; p = 0.05
Septiembre 2019 – marzo 2020	0.00 ± 0.0	0.00 ± 0.0	NA*

Evaluaciones a cosecha

En mandarinos, en la primera temporada, solo 4 frutos (de los 1200 inspeccionados) en parcelas control estaban infestados con un total de 10 individuos de *P. calceolariae*. Esto resultó en un 0.67% de infestación de fruta en los controles y 0% en DS. Interesantemente, hubo un 9% de infestación con *P. longispinus* en las parcelas control y DS.

Similar al caso de manzanos, estos resultados validan la técnica de disrupción como un método de control efectivo, sin los riesgos a la salud ni al medio ambiente, además de altamente selectivo.

Los resultados de este ensayo generaron la publicación científica: Ballesteros, C., A. Romero,

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

M.C. Castro, S. Miranda, J. Bergmann, T. Zaviezo. 2021. Mating disruption of *Pseudococcus calceolariae* (Maskell) (Hemiptera, Pseudococcidae) in fruit crops. *Insects*, 12, 343. <https://doi.org/10.3390/insects12040343>

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

Anexo IV. Protocolo de síntesis de la feromona de *Pseudococcus calceolariae*.

Anexo V. Fechas de instalación de trampas de feromonas en disrupción sexual

Anexo VI. Fechas de instalación de tratamiento de disrupción sexual

Anexo VII. Fecundidad de hembras en huerto de manzano

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
2	3	Protocolos de uso para el control de <i>P. calceolariae</i> mediante disrupción sexual en huertos de manzanos y cítricos	Protocolo desarrollado	Suma de protocolos desarrollados	No existe	2 Protocolos (manzanos y cítricos)	Junio 2020	1 Protocolo que incluye ambas especies frutales	Junio 2020	100

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

El protocolo de uso considera una introducción al método de Disrupción Sexual, modo de uso, eficacia del método de control, ventajas del método, verificación del funcionamiento del método, duración del producto en el campo y almacenamiento y conservación del producto. Este protocolo puede ser utilizado en ambas especies frutales ya que el mismo método fue probado y validado tanto en manzanos como en mandarinos, por lo que se consideran logrados los 2 protocolos propuestos.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Anexo VIII. Protocolo de uso para el control de *Pseudococcus calceolariae* mediante DS en huertos de manzanos y cítricos.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
2	4	Prototipo del disruptor sexual en huertos de manzanos y cítricos para controlar <i>P. calceolariae</i> , con feromonas	Producto piloto	Número de prototipos	No existe	Un prototipo	Junio 2020	Un prototipo	Junio 2020	100

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Se desarrolló y validó un prototipo de Disrupción Sexual, el cual se describe en sus componentes básicos en forma gráfica en Anexo IX

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

Se debe considerar como información de respaldo: gráficos, tablas, esquemas y figuras, material gráfico, entre otros, que permitan visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones y recomendaciones relevantes del desarrollo del proyecto.

Anexo IX. Prototipo de control de *Pseudococcus calceolariae* mediante Disrupción Sexual

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumpli- miento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
3	5	Control de <i>P. viburni</i> , <i>P. calceolariae</i> y <i>P. longispinus</i> en conjunto con un atracticida* *se sumó el enfoque de trampeo masivo	Control de <i>P. viburni</i> , <i>P. calceolariae</i> y <i>P. longispinus</i> en conjunto con un atracticida	(Pobl. Sin atracticida – pobl Con atracticida)/ Pobl. Sin atracticida	No existe	Disminución de las poblaciones en 50%	Abril 2021	33%	Abril 2021	60

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Para establecer esta técnica de control combinada de las tres especies de chanchitos blancos, primero se hicieron pruebas de laboratorio para verificar que la mezcla de feromonas de *P. viburni*, *P. calceolariae* y *P. longispinus* producen atracción para machos de las tres especies y no se produce repelencia. Se midió la atracción de machos adultos de las tres especies a su feromona individual, así como también a la mezcla de ellas en condiciones de laboratorio. En todos los ensayos se usaron machos de entre 0 y 3 días de edad obtenidos de las crías.

Para medir la atracción intra-específica, se probaron dosis de 1, 3 y 5 ng de feromona contrastando con hexano (solvente) utilizado como blanco. En el caso de la mezcla de feromonas, esta fue preparada con dosis de 3 ng (*P. calceolariae*), 5 ng (*P. longispinus*) y 5 ng (*P. viburni*). La metodología utilizada en ambos ensayos consistió en colocar en placas de Petri 2 trozos de papel filtro de 2 cm² embebidos con agua destilada, luego se introdujeron 10 machos de una especie de chanchito blanco para que se ambientaran al espacio. Posteriormente, se introdujeron 2 trozos de papel filtro de 1 cm², uno impregnado con la feromona o mezcla de feromonas y el otro con solo el solvente (hexano). Luego se anotó cuantos machos se acercaron a las diferentes fuentes durante 20 minutos. Para cada tratamiento se realizaron 4 repeticiones con 10 machos cada una.

Los resultados en el caso de la atracción intra-específica, mostraron que cada especie responde a su propia feromona, corroborado su especificidad. Los machos que fueron atraídos a la fuente de feromona se mantuvieron caminando alrededor y sobre el papel filtro tratado, siendo el resultado final del ensayo que todas las dosis probadas fueron atractivas para los machos, a excepción de *P. calceolariae*, donde la mayor dosis fue más atractiva (Tabla 8).

Tabla 8. Porcentaje de machos atraídos a la feromona específica.

Dosis de feromona (ng)	Porcentaje de machos atraídos (promedio ± DS)					
	<i>P. calceolariae</i>		<i>P. longispinus</i>		<i>P. viburni</i>	
	feromona	control	feromona	control	feromona	control
1	27,5± 5,00 b	0,00	27,7 ± 16,74	0,00	15,0 ± 5,77	0,00
3	22,5± 9,57 b	0,00	32,5 ± 9,57	0,00	15,0 ± 5,77	0,00
5	45,0± 5,77 a	0,00	42,5 ± 5,00	0,00	15,0 ± 5,77	0,00
Efecto dosis	F = 9,21		F = 1,75		F = 1,75	
	p = 0,007		p = 0,229		p = 0,299	

En el caso de la mezcla de feromonas, los resultados indicaron que en *P. calceolariae* la atracción fue 50% más alta en la mezcla que frente a la feromona individual. Mientras que la atracción de *P. longispinus* (50%) y *P. viburni* (12,5%) no fue significativamente diferente a la atracción a la feromona individual. No se observó repelencia en ninguna de las especies frente a la mezcla de feromonas, por lo que podría utilizarse en la generación de una herramienta de control para las tres especies al mismo tiempo (Tabla 9). Estos resultados permitieron iniciar los ensayos de terreno.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Tabla 9. Porcentaje de machos atraídos a la feromona específica versus la mezcla.

Tratamiento	Porcentaje de machos atraídos (promedio $\pm$ DS)		
	<i>P. calceolariae</i>	<i>P. longispinus</i>	<i>P. viburni</i>
mezcla	50,0 $\pm$ 0,00 a	50,0 $\pm$ 8,16	12,5 $\pm$ 9,57
sola	22,5 $\pm$ 9,57 b	42,5 $\pm$ 5,00	15,0 $\pm$ 5,77
	F = 23,87 p = 0,003	F = 2,44 p = 0,169	F = 0,20 p = 0,67

Durante la segunda temporada del proyecto, y luego de realizar las prospecciones en búsqueda de los huertos requeridos, se establecieron ensayos en 1 huerto de naranjos, 1 viña (uva de mesa) y 1 huerto de arándanos, con presencia de chanchitos de las especies estudiadas, según monitoreos preliminares.

Para determinar el efecto de la estrategia de “atractiva” se compararon tres tratamientos: T1 atractiva (mezcla feromonas + insecticida + matriz), T2 fue de la mezcla de feromonas sin insecticida, para así descartar que el efecto fuera por disrupción en vez de atracción hacia la feromona con el insecticida (esto fue una modificación a lo planteado originalmente en el proyecto), y T3 fue el tratamiento control (solo la matriz, sin feromonas ni insecticida). Un problema surgido fue que la compañía que nos formuló las feromonas para estos ensayos se equivocó y terminamos con una dosis de *P. calceolariae* mucho mayor a la requerida, 4 g en vez de 7.5 mg, siendo muchísimo mayor que para las otras especies. Las mezclas y dosis para los distintos tratamientos que finalmente se usaron se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Descripción de tratamientos ensayos atractiva

Tratamiento	Formulación	Descripción
T1	4 g feromona <i>P. calceolariae</i> , 2.5 mg feromona <i>P. viburni</i> 6.25 mg feromona <i>P. longispinus</i> + 250 g SPLAT+ Permetrina 5%	Mezcla de feromonas+ matriz + insecticida (piretroide)
T2	4 g feromona <i>P. calceolariae</i> , 2.5 mg feromona <i>P. viburni</i> 6.25 mg feromona <i>P. longispinus</i> + 250 g SPLAT	Mezcla de feromonas + matriz
T3	250 g SPLAT	Solo matriz

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

a) Instalación de trampas para monitoreo ensayo atracticida temporada 2018-2019

Para determinar el inicio de las aplicaciones, se colocaron trampas de feromonas de las 3 especies en estudio (Figura 8) para así al detectar el vuelo de los primeros machos y entonces realizar la primera aplicación de la temporada.



Figura 8. Huerto de arándanos con las trampas de feromonas para las 3 especies de chanchitos blancos.

En total 108 trampas de feromona (*P. calceolariae*, *P. viburni* y *P. longispinus*) fueron instaladas en los lugares de los ensayos (regiones de Valparaíso y Metropolitana) en septiembre de 2018, las que se usaron para monitorear las poblaciones de machos hasta marzo 2020. El detalle de las fechas y lugares se indican en el Anexo X.

El tipo de trampas utilizadas fueron las mismas que para el ensayo de disrupción sexual (tipo delta con piso removible). Estas fueron ubicadas al centro de cada unidad experimental, que correspondió a una parcela con 36 plantas. En cada huerto se definieron 12 parcelas (unidad experimental), 4 para cada tratamiento. La forma de aplicación de los tratamientos fue igual que en el objetivo 2, es decir, mediante la colocación de un cartón colgado en la planta, conteniendo el tratamiento. Las trampas se chequearon mensualmente, durante todo el año, cambiando el piso pegajoso para su posterior revisión en el laboratorio bajo lupa estereoscópica, contando el número de machos capturados. También se realizó el monitoreo visual a 6 plantas alrededor de cada trampa desde la fecha de instalación (septiembre 2018) hasta el 10, 11 y 12 de marzo del 2020, en arándanos, uva de mesa y naranjos respectivamente, revisándose 72 plantas mensualmente por frutal, exceptuando los meses de invierno.

b) Instalación y seguimiento de tratamientos ensayo atracticida temporada 2018-2019 y 2019-2020

El detalle de la fecha de instalación de los tratamientos en los huertos seleccionados, el número de puntos (cartones) conteniendo el tratamiento se detallan en la Anexo XI. Durante mayo, junio, julio y agosto 2019 se prosiguió con los monitoreos de machos en trampas de manera mensual, en los tres frutales. En agosto 2019 se cambiaron los cebos de las feromonas de las tres especies para iniciar una nueva temporada de evaluación. En la segunda temporada, un total de 288 cartones/puntos de aplicación conteniendo los tratamientos fueron reinstalados en los

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto. lugares de los ensayos en septiembre 2019 (Anexo XI). En esta segunda temporada la aplicación en naranjos y vid fue directo al tronco. Diseño experimental: En cada campo el diseño fue al azar. La unidad experimental correspondió a una parcela con 36 plantas. En cada huerto se definieron 12 parcelas (unidad experimental), 4 para cada tratamiento (4 repeticiones por tratamiento). Los tratamientos fueron: (1) SPLAT + feromonas + insecticida, (2) SPLAT + feromonas y (3) SPLAT. Naranjos En los naranjos, previo a la primera aplicación de los tratamientos, las especies dominantes según las capturas de machos eran <i>P. calceolariae</i> y <i>P. viburni</i>, pero por observación visual era <i>P. longispinus</i> (Figura 9). Sin embargo, luego de las aplicaciones, las capturas de <i>P. calceolariae</i> disminuyeron hasta el inicio de la segunda temporada. En el caso de <i>P. viburni</i>, estas disminuyeron, pero volvieron a aumentar en la siguiente temporada. Las observaciones visuales, mostraron muy pocas poblaciones de <i>P. calceolariae</i> y <i>P. viburni</i>, mientras que para <i>P. longispinus</i> estas aumentaron en gran medida para fines del verano y otoño. Estas diferencias en parte pueden deberse al hábito de las especies, con algunas con una mayor tendencia a exponerse que otras. En relación al efecto de los tratamientos, este fue variable para las distintas especies. En <i>P. calceolariae</i> luego de la primera aplicación, las capturas de machos en el tratamiento de atracticida (feromona + insecticida) fue un 76% menor que en el control, y luego de la segunda aplicación un 43% menor. Acumulado para esta temporada fue un 53% menor. En la segunda temporada, luego de la tercera aplicación de los tratamientos, la disminución fue de un 86% la primavera, y un 89% acumulado primavera verano. La disminución promedio de ambas temporadas fue de un 68% (Fig. 9, Tabla 11). Si bien las poblaciones por monitoreo visual eran bajas, luego de la 2da aplicación, se observó un 50% menos <i>P. calceolariae</i> en el tratamiento atracticida que en el control (Fig. 9). En <i>P. viburni</i> luego de la primera aplicación, no se observó menores capturas de machos en el tratamiento de atracticida (0% disminución), pero luego de la segunda aplicación estas fueron un 74% menor que en los controles. Acumulado para esta temporada fue un 25% menor. En la segunda temporada, luego de la tercera aplicación de los tratamientos, no se observó un efecto del atracticida en disminuir las capturas de machos. La disminución promedio de ambas temporadas fue de un 25% (Fig. 9, Tabla 11). Las poblaciones por monitoreo visual fueron muy bajas, y en el tratamiento atracticida fueron nulas para la mayoría de las fechas, lo que resulta en un 100% menor en el tratamiento atracticida que en el control (Fig. 9). Finalmente, para el caso de <i>P. longispinus</i> las capturas fueron muy bajas, sin diferencias entre atracticida y control luego de la primera aplicación (0% disminución), pero nulas luego de la segunda aplicación en atracticida (100% disminución). Acumulado para esta temporada fue un 50% menor. En la segunda temporada, las casi nulas poblaciones no permiten hacer comparaciones (Fig. 9). La disminución promedio de ambas temporadas se consideró de 50% (Tabla 11). Las poblaciones por monitoreo visual relativamente bajas, y en el tratamiento atracticida fueron un 80% menor que en el control luego de la primera aplicación, y un 78% menor luego de la segunda aplicación. En la segunda temporada, fueron muy bajas en el control y atracticida, lo que no permite hacer comparaciones (Fig. 9).
--

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

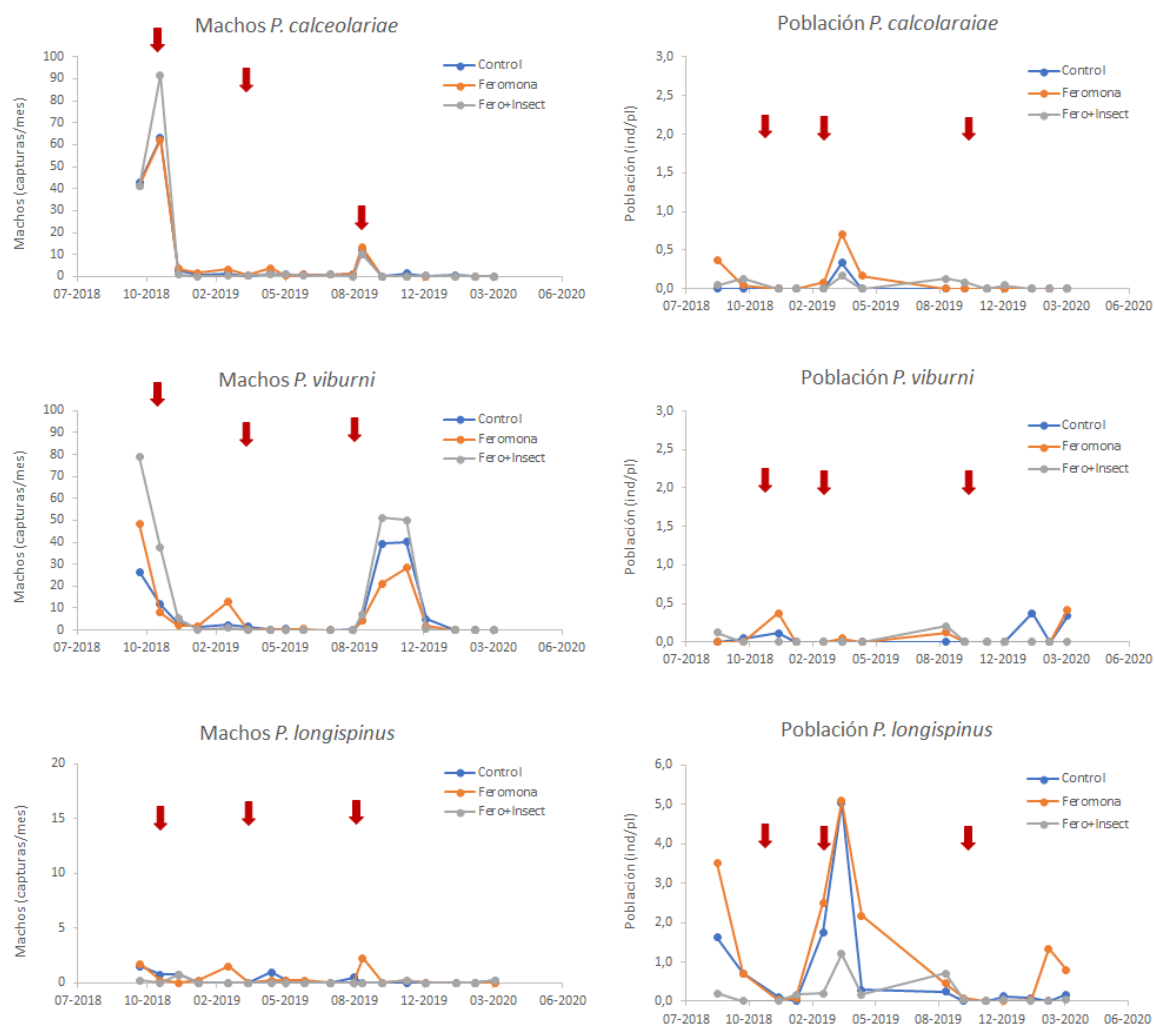


Figura 9. Abundancia y dinámica poblacional de machos (trampas de feromona) e individuos en las plantas (observación visual) de las distintas especies en **naranjos** para el periodo de estudio (dos temporadas). Flechas indican momento de las aplicaciones.

Vid de mesa

En vid de mesa, previo a la primera aplicación de los tratamientos, la especie dominante era *P. viburni* con un gran pick justo previo a la primera aplicación, y disminuyendo considerablemente al siguiente periodo de monitoreo (Figura 10). *P. calceolariae* tuvo poblaciones medias la primera temporada, y algo menores en el caso de *P. longispinus*. Por observación visual *P. viburni* dominó, con un pick de abundancia entre la primera y segunda aplicación (Figura 10). Para la segunda temporada, donde se usó otro parronal, las poblaciones según capturas de machos en trampas de feromonas, como por observación visual, fueron muy escasas (Figura 10).

En relación al efecto de los tratamientos, lo que se analiza solo para la primera temporada, este

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.
--

fue variable para las distintas especies. En *P. calceolariae* no se detectó una disminución de las capturas de machos en el tratamiento de atracticida con relación al control (0% disminución), siendo esto lo considerado como resultado para esta especie en vid (Fig. 10, Tabla 11). Las poblaciones por monitoreo visual son escasas, lo que no permite comparaciones (Fig. 10).

En *P. viburni* luego de la primera aplicación, hubo un 16% de disminución de capturas de machos en el tratamiento de atracticida en comparación con el control, y un 60% luego de la 2da aplicación, acumulado para esta temporada un 17% menor. En la segunda temporada, en el campo de Til til, las poblaciones fueron muy bajas, pero fueron un 73% menor que en el control. La disminución promedio de ambas temporadas fue de un 50% (Fig. 10, Tabla 11). Las poblaciones por monitoreo visual fueron variables en la primera temporada, siendo un 54% menor en los tratamientos con atracticida que en el control, y en la segunda temporada y campo, en el tratamiento atracticida fueron nulas luego de las aplicaciones, lo que resulta en un 100% menor en el tratamiento atracticida que en el control (Fig. 10).

Para *P. longispinus* las capturas fueron bajas en la primera temporada, siendo un 28% menor en el tratamiento atracticida que en el control luego de la primera aplicación, pero sin disminución luego de la segunda aplicación (Fig. 10). Acumulado para esta temporada fue un 14% menor. En la segunda temporada y campo, las casi nulas poblaciones no permiten hacer comparaciones (Fig. 10). La disminución promedio de ambas temporadas se consideró de 14% (Fig. 10, Tabla 11). Las poblaciones por monitoreo visual son escasas en la primera y segunda temporada, lo que no permite comparaciones (Fig. 10).

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

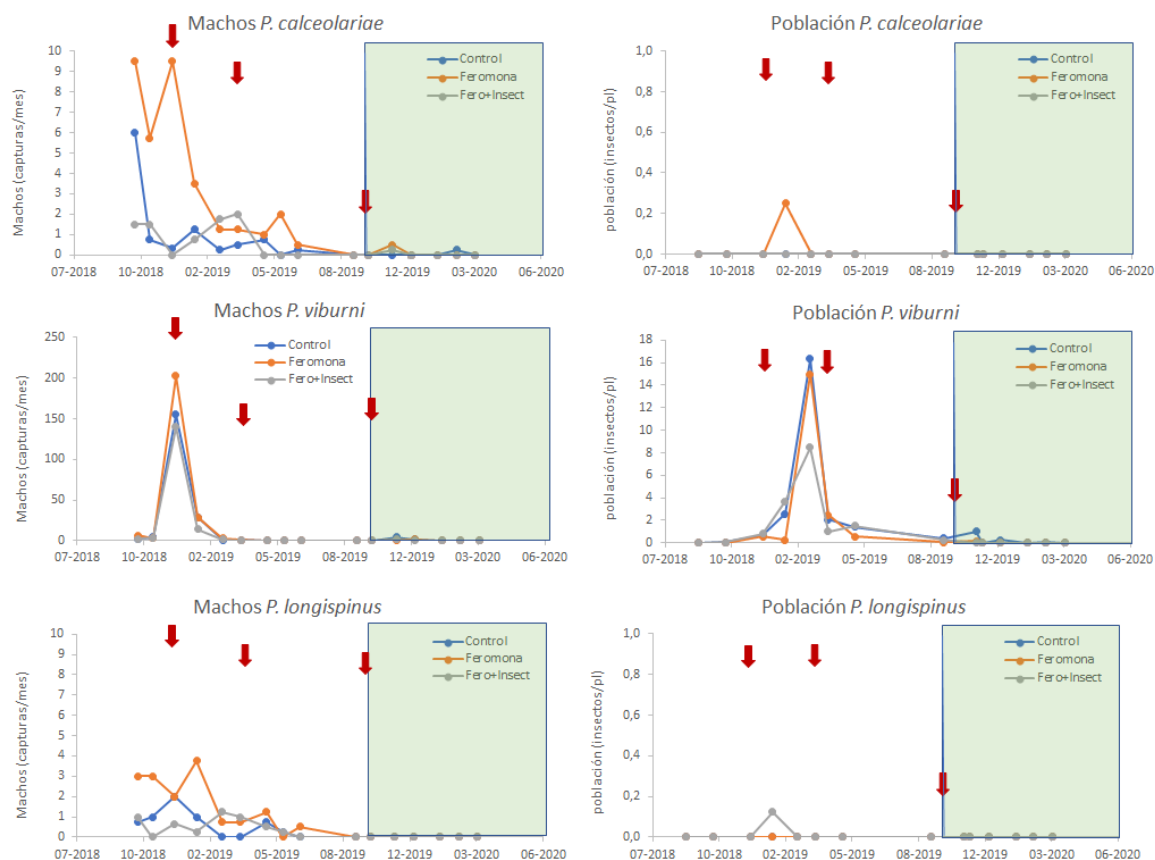


Figura 10. Abundancia y dinámica poblacional de machos (trampas de feromona) e individuos en las plantas (observación visual) de las distintas especies en **vid de mesa** para el periodo de estudio (dos temporadas). En la segunda temporada se usó otro campo, por lo que se destaca en fondo verde. Flechas indican momento de las aplicaciones.

Arándanos

En arándanos, previo a la primera aplicación de los tratamientos, la especie dominante fue *P. calceolariae*, con un gran pick justo previo a la primera aplicación, y disminuyendo bastante para los siguientes periodos de monitoreo (Figura 11). *P. viburni* tuvo poblaciones medias hasta el inicio de la 2da temporada. En el caso de *P. longispinus*, en uno de los tratamientos hay un pick de vuelos en el otoño. Por observación visual, todas las especies fueron poco abundantes, con *P. longispinus* siendo algo mayor durante el periodo observado (Figura 11). Cabe destacar, que para la segunda temporada algunas de las unidades y trampas que estaban en la orilla de los túneles, cercanas a otros cultivos, fueron movidas más internamente, disminuyendo la probabilidad de capturas desde el entorno. En relación al efecto de los tratamientos, esto fue muy variable para las distintas especies. En *P. calceolariae* durante la primera temporada no se

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

detectó una disminución de las capturas de machos en el tratamiento de atracticida con relación al control (0% disminución), sin embargo, en la 2da temporada, la disminución fue de un 75%. La disminución promedio de ambas temporadas fue de un 25% (Fig. 11, Tabla 11). Las poblaciones por monitoreo son casi nulas luego de las aplicaciones y no permiten comparaciones (Fig. 11).

En *P. viburni*, en general no se observan menores capturas de machos en el tratamiento de atracticida que en el control, a excepción de la segunda aplicación, donde fue un 33% menor que en los controles. Acumulado para ambas temporadas la disminución promedio fue de un 11% (Fig. 11, Tabla 11). En esta especie, también las poblaciones por monitoreo son casi nulas luego de las aplicaciones y no permiten comparaciones (Fig. 11).

Finalmente, para *P. longispinus* no se observan menores capturas de machos en el tratamiento de atracticida que en el control, considerando entonces 0% disminución acumulando ambas temporadas (Fig. 11, Tabla 11). Sin embargo, Las poblaciones por monitoreo visual fueron muy bajas en el tratamiento atracticida, alrededor de un 60% menor en la primera temporada y un 93% menor en la segunda temporada, lo que da un 72% global.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

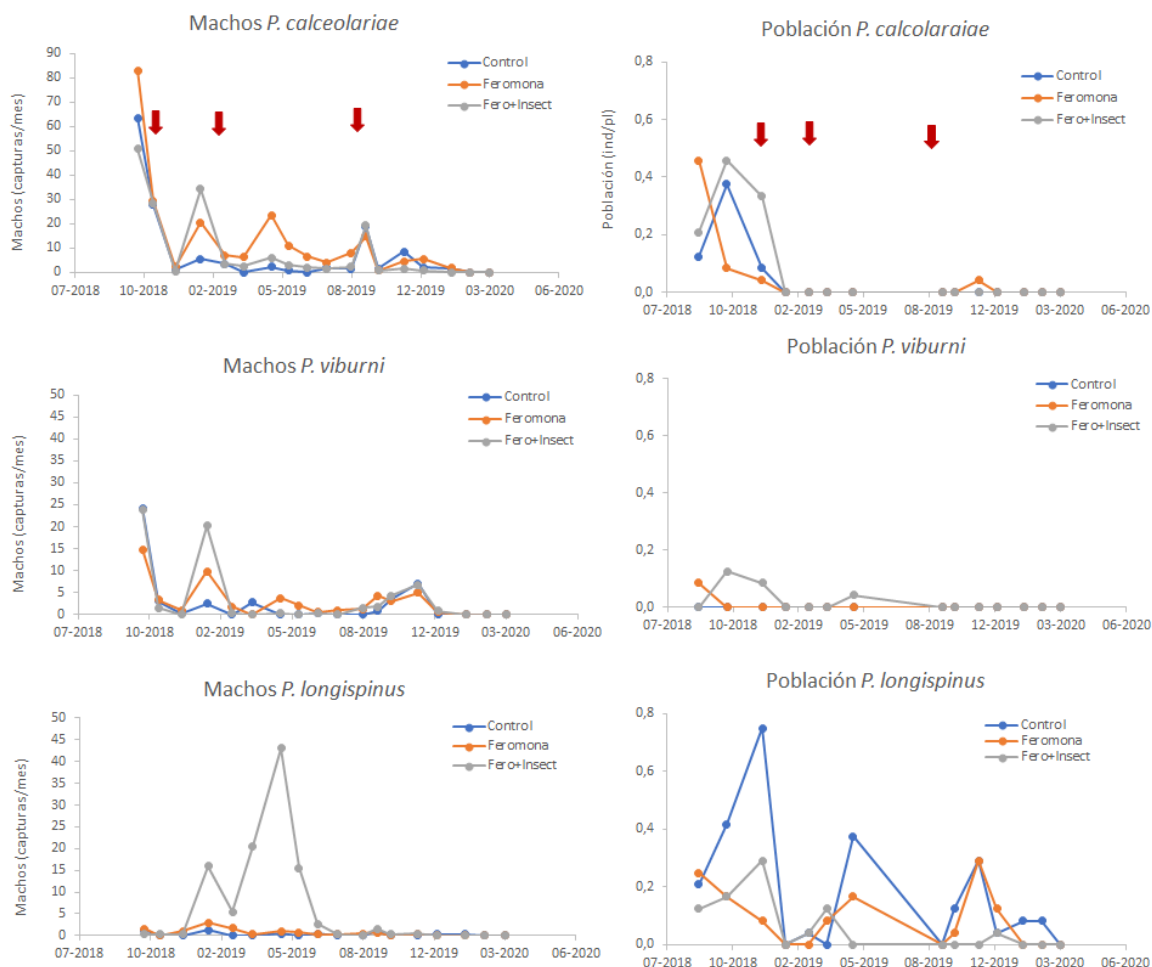


Figura 11. Abundancia y dinámica poblacional de machos (trampas de feromona) e individuos en las plantas (observación visual) de las distintas especies en **arándanos** para el periodo de estudio (dos temporadas). Flechas indican momento de las aplicaciones.

Ensayo de control de las 3 especies de chanchitos blancos mediante trampeo masivo.

Este ensayo se realizó en el periodo de alargue del proyecto, durante los meses de octubre 2020 a enero 2021, en los dos huertos en que se habían realizado los ensayos de Disrupción Sexual (manzanos en San Fernando y mandarinos en Pomaire), ya que de acuerdo a nuestros monitoreos tenían la presencia de *P. calceolarie*, *P. longispinus* y *P. viburni*. En cada huerto se seleccionó 8 sectores con presencia de chanchitos blancos, separados entre sí en al menos 20 metros. A cuatro de ellos se les asignó el tratamiento testigo (control) y a los otros cuatro el tratamiento de trampeo masivo con feromonas. En cada uno de estos sectores se colocó 6 tableros amarillos pegajosos, a los que se les colgó un cartón solo con SPLAT (testigo) o el cartón conteniendo la mezcla de las 3 feromonas (trampeo masivo) (Figura 12A). Además, para confirmar la presencia de las especies en ambos huertos, y el efecto de los tratamientos, se colocó 2 trampas de feromonas en cada uno de estos sectores (Figura 12B). Tanto los tableros

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

pegajosos como los pisos removibles de las trampas se llevaron al laboratorio para contabilizar el número de machos capturados bajo lupa estereoscópica. La distribución de los tratamientos fue completamente al azar, en dos bloques en cada campo.



Figura 12. A) Tablero pegajoso amarillo con el cartón conteniendo el tratamiento. B) Figura 5. Trampa de feromona y tablero pegajoso en huerto de mandarineros

Resultados Ensayo de control mediante trampeo masivo

Manzanos

En manzanos, en los tableros amarillos que contenían la mezcla de las feromonas se atrapó un promedio de 130 machos por semana, mientras que en los tableros con solo la matriz esto fue de menos de 1 macho por semana, lo que fue significativamente diferente ($H = 214$, $p < 0,0001$, Fig. 13a).

Por otra parte, las capturas en las trampas de feromonas fueron 94% menores para *P. calceolariae* en el tratamiento de trampeo masivo ($H = 24.9$; $p < 0,0001$). Para *P. viburni*, estas solo fueron un 8% menor. Las capturas de machos de *P. longispinus* fueron muy bajas, aunque alrededor de un 50% menor en el tratamiento de trampeo masivo (Fig. 13b).

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

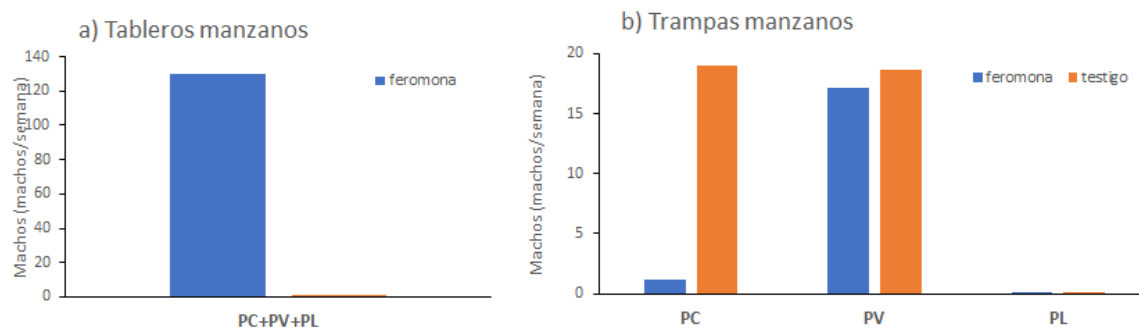


Figura 13. a) capturas promedio de machos en tableros amarillos en los tratamientos testigo versus trampeo masivo con feromona, y b) capturas de machos en las trampas de feromonas de las distintas especies en estudio, en los tratamientos testigo versus trampeo masivo con feromona.

Mandarinas

En mandarinas las capturas de machos fueron mucho más bajas que en manzanos. En los tableros amarillos que contenían la mezcla de las feromonas se atrapó un promedio de 6,4 machos por semana, mientras que en los tableros con solo la matriz esto fue de 0,3 machos por semana, lo que fue significativamente diferente ($H = 96,7$, $p < 0,0001$).

Por otra parte, las capturas en las trampas de feromonas fueron 50% menores para *P. viburni* en el tratamiento de trampeo masivo. Para *P. longispinus*, estas solo fueron un 17% menor y para *P. calceolariae* solo un 7% menor en el tratamiento de trampeo masivo (Fig. 14).

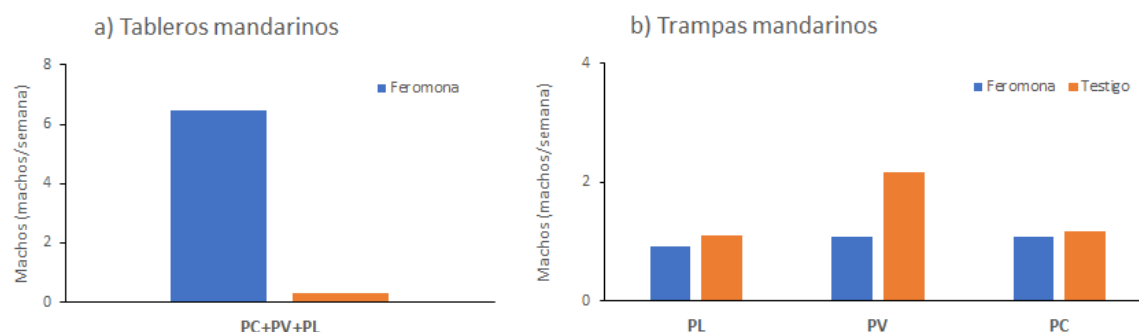


Figura 14. a) capturas promedio de machos en tableros amarillos en los tratamientos testigo versus trampeo masivo con feromona, y b) capturas de machos en las trampas de feromonas de las distintas especies en estudio, en los tratamientos testigo versus trampeo masivo con feromona.

Descripción y justificación del cumplimiento de los resultados del proyecto.

Disminución promedio de poblaciones machos (feromona + insecticida en relación con el control) para atracticida y trapeo masivo

Los resultados variaron respecto de la especie de chanchito blanco, el frutal y la estrategia usada. El mayor efecto con estas estrategias se tuvo en manzanos con el enfoque de trapeo masivo para *P. calceolariae*, seguido por *P. longispinus*. Luego, la estrategia de atracticida en naranjo con las mismas dos especies. En vid con atracticida y mandarinas con trapeo masivo, se obtuvo 50% de disminución en poblaciones de machos de *P. viburni*. Globalmente los menores efectos se obtuvieron en arándanos, lo que podría deberse a la forma de cultivo (en túneles) en combinación con infestaciones altas poblaciones en el entorno.

Tabla 11. Porcentaje de disminución de capturas de machos global considerando ambas temporadas. En verde se destacan aquellas combinaciones de especies y cultivos donde se logra al menos un 50% de disminución

Enfoque	Frutal	Especie chanchito blanco		
		<i>P. calceolariae</i>	<i>P. viburni</i>	<i>P. longispinus</i>
attracticida	naranjos	68	25	50
	vid	00	50	14
	arándanos	25	11	00
trapeo masivo	manzanos	94	08	50
	mandarinas	07	50	17

En términos globales hubo un 33% de la disminución de las poblaciones de machos en relación al control. Pero en un 40% de las combinaciones (5 frutales x 3 especies de chanchitos blancos) se alcanzó 50% o más de disminución de las poblaciones.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)
No hay anexos en este caso.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
3	6	Protocolos de uso del método de control mediante atracticidas para <i>P. viburni</i> , <i>P. calceolariae</i> y <i>P. longispinus</i> en conjunto	Protocolo desarrollado	Suma de protocolos desarrollados	No existe	3 protocolos (vid, cítricos y arándanos)	Junio 2020	1 protocolo común para las 3 especies frutales	Junio 2020	100

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.

El protocolo se desarrolló para ser aplicado de la misma manera en las 3 especies frutales e incluye una introducción explicando las bases del método, el modo de uso, su eficacia y ventajas y la duración del producto en el campo.

Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)

ANEXO XII. Protocolo de uso del método de control de chanchitos blancos mediante atracticida en frutales y uva de mesa.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
3	7	Prototipo para el control de <i>P. viburni</i> , <i>P. calceolariae</i> y <i>P. longispinus</i> en conjunto, por medio de los atracticidas, en vid, cítricos y arándanos	Producto piloto	Suma de productos desarrollados	No existe	Un producto piloto (prototipo)	Junio 2020	Un producto piloto (prototipo)	Junio 2020	100

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.
Se desarrolló y validó un prototipo de atracticida el cual se describe en sus componentes básicos en forma gráfica en Anexo XIII.
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)
ANEXO XIII. Protocolo de uso del método de control de chanchitos blancos mediante atracticida en frutales y uva de mesa.

Nº OE	Nº RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)							% de cumplimiento
			Nombre del indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta del indicador (situación final)	Fecha alcance meta Programada	Resultado real logrado	Fecha alcance meta real	
4	8	Transferencia de resultados	Número de actividades de difusión realizadas	Suma actividades difusión	No existe	3	Julio 2020	8	Enero 2019	>100%

Descripción y justificación del avance de los resultados esperados a la fecha.
Se realizaron 10 actividades de difusión las cuales están detalladas en Capítulo 11. Difusión, además del video divulgativo de los resultados del proyecto que está en Youtube.
Documentación de respaldo (indique en que nº de anexo se encuentra)
Anexo XIV. Elementos de difusión

6.2 Análisis de brecha.

Cuando corresponda, justificar las discrepancias entre los resultados programados y los obtenidos.

Los resultados obtenidos en relación con el ensayo de atracticida y el complementario mediante trampeo masivo, variaron tanto en relación con la especie frutal como a la de chanchito, lográndose una disminución de al menos del 50% de las poblaciones de chanchitos blancos en naranjos para *P. calceolariae* y *P. longispinus* y en vid para *P. viburni*, en el ensayo con atracticida. Con respecto al trampeo masivo, se logró un control igual o superior al 50% (considerado como línea base del proyecto) en manzanos para *P. calceolariae* y *P. longispinus* y en mandarinos en relación con *P. viburni*. Coincidentemente este control se logró en las especies de chanchitos predominantes (de acuerdo con la literatura) en dichos frutales. En nuestro ensayo se consideró que todas estas especies estarían presentes en todos los frutales, para simplificar la elaboración del SPLAT con la mezcla de las 3 feromonas, debido al costo de ese proceso de formulación, lo que finalmente perjudicó los resultados ya que al no estar presente la especie se produce un 0% de disminución, lo que baja el promedio de control de la especie de chanchito en conjunto con el frutal tratado.

Dado los resultados variables y no tan auspiciosos con atracticida, se agregó un ensayo corto de trampeo masivo, el que pareciera ser más exitoso que el de atracticida, y sería interesante poder estudiarlo con más detalle a futuro.

6.3 Evaluación económica con y sin proyecto

A.- Consideraciones

a.- Se presenta un análisis beneficio neto incremental del uso de DS como método control por los agricultores de fruta de exportación (en este caso manzanas y mandarinas), ya que fue el método más promisorio encontrado durante el desarrollo del proyecto. Los beneficios netos incrementales directos se han estimado en forma comparativa con el método de control más utilizado actualmente, que contempla monitoreo y control con insecticida (es necesario considerar que no se conoce que sucedería con el nivel de rechazo por infestación en las exportaciones si no hubiese ningún tipo de control de la plaga).

b.- Los beneficios están compuestos por aquellos que son **directos** y cuantificables, es decir, los que los agricultores perciben de manera inmediata y que afectan el resultado económico de su gestión; y los beneficios **indirectos** que tendrá un efecto diferente en la decisión del agricultor para adoptar este nuevo método de control, en la medida que este considera la sustentabilidad de su entorno productivo, su opción mercados orgánicos y si se prepara para las medidas más restrictivas que se están imponiendo al uso de pesticidas, entre otros factores.

c.- La evaluación del beneficio incremental neto directo tiene un carácter anual, ya que los productores toman la decisión sobre el método de control a utilizar anualmente, pudiendo cambiarse de un método a otro. El método tradicional (utilizando insecticidas) es

prácticamente igual todos los años. En el caso del método de DS por feromonas, por simplicidad, se consideró de igual manera (a pesar de que sus beneficios no cuantificables son en gran parte acumulables a través de los años). Por esta razón esta evaluación de beneficios directos no presenta TIR.

d.- Se consideró además que la fabricación del producto que permite la DS (tubo con la mezcla de SPLAT® y feromona) debía ser económicamente viable para su fabricante. De esta forma se estimó un precio del producto basado en parte por el costo cobrado por ingredientes y procesos que realizaron las empresas ISCA Technologies y PUCV ajustado si este fuera comercializado a una escala comercial; y una comparación de este resultado a los precios de venta de productos similares (basados en feromonas para DS de otras especies), por ejemplo, Checkmate® de Suterra. Cabe considerar que el proceso de síntesis de feromonas será cada vez más eficiente, lo que permitirá ir bajando precios y hacerlo más competitivo y masivo, mejorando a futuro los beneficios económicos presentados aquí.

B.- Estimación del beneficio directo incremental por el uso de DS

La Tabla 12 presenta una estimación del valor de la pérdida económica producida anualmente por hectárea debido a los kilos de fruta rechazados por la presencia de chanchitos blancos en los controles del SAG, para exportaciones de manzana y mandarinas respectivamente.

Tabla 12. Valorización de las pérdidas anuales ocasionadas por CHB por hectárea bajo control químico.

MANZANAS		Fuente de la Información
Kilos rechazados	17.228.495,00	Kilos rechazados promedio últimos 3 años Registro SAG para mercados USA y No-USA
Superficie nacional (ha)	9.362,00	ODEPA 2019
kilos rechazados/ha	1.837,69	
Valor USD/kg	0,96	0,96 USD/kg Registro ODEPA 2018 y 2019
Estimación de la pérdida anual USD/ha	1.762,09	
MANDARINAS		Fuente de la Información
kilos rechazados	648.545,00	Kilos rechazados promedio últimos 3 años Registro SAG para mercados USA y No-USA
Superficie nacional (ha)	7.726,00	ODEPA 2019
kilos rechazados/ha	83,94	
Valor USD/kg	0,44	promedio valores informados Comité de Citricos y Asoex
Estimación de la pérdida anual USD/ha	37,14	

A continuación, se presenta el resultado de esta investigación, en el cual la presencia de machos detectados en las trampas, y por tanto de la población total de chanchitos blancos, cuando se aplica la Disrupción Sexual disminuyó en un 20% con relación al tratamiento convencional (aplicación de método químico). Esto permite inferir que el nivel de rechazos disminuirá en igual medida.

Tabla 13. Estimación del nivel de rechazos por chanchitos blancos cuando se controla en forma química comparado con Disrupción Sexual.

Metodo Tradicional de Control en Base a Pesticidas				Metodo Control por Disrupcion Sexual			
		manzana	mandarinas			manzana	mandarinas
Reduccion en la poblacion de CHB	60%			Reduccion en la poblacion de CHB	80%		
Estimacion del Valor del Daño Directo anual por hectarea utilizando control químico tradicional (USD/ha)		20	21	Estimacion del Daño Directo Evitado por cambio de DS (USD/ha) en comparacion metodo pesticida tradicional	20%	84	24

De esta forma se establece que el **Beneficio Incremental Directo** por el uso de la Disrupción Sexual como herramienta de control es de 84USD/ha al año en el caso de manzanos y de 24 USD/ha en caso de mandarinos.

C.- Estimación del valor del producto para el control mediante Disrupción Sexual

En la Tabla 14 se presenta una estimación de valor de venta del producto (tubo con 250 gr de la mezcla SPLAT y feromona) para el control por DS y los supuestos utilizados en la estimación del costo de cada ítem. Se estimó un margen de producción de 35% para el fabricante.

Tabla 14. Estimación del valor del nuevo producto para el control mediante Disrupción Sexual.

	unidades/bombona	USD/gr	Costo/bombona de 250gr	Supuestos utilizados en el cálculo
ingrediente activo feromona	3,16 gr	12,5	40	estimación de acuerdo a información extraída de fabricantes de otras feromonas y PUCV
SPLAT	250 gr	0,036	9	el valor del plat comprado a mayor escala será un 30% del precio al cual fue vendido para el ensayo
envase	1 unidad	0,5	0,5	Valor del tubo plástico comprado a fabricantes especializados a gran escala es idéntico a otros productos del mercado como siliconas)
proceso de elaboración (mezcla splat y feromona)	1 unidad	8	8	Se asume que en una producción a mayor escala el costo de elaboración será un 20% del cobrado para el ensayo
subtotal costo			57	
margen fabricante	35%		20	el fabricante obtiene un margen de 35%, en este valor está incluido costos menores (transporte insumos etc.)
Precio estimado del producto en USD			77	

D.- Estimación del costo incremental por el uso del método basado en DS en comparación al costo del método de control tradicional basado en insecticida.

Las Tablas 15 y 16 presentan en detalle el costo anual en que incurren los agricultores para el control del chanchito blanco. En el primer caso se ha tomado como referencia las fichas técnicas de estas especies frutales, así como las recomendaciones del producto mejor evaluado a la fecha que es Imidacloprid. En el segundo caso, se utilizó las recomendaciones establecidas en el protocolo de uso producto de esta investigación.

Tabla 15. Estimación del costo anual para el control de chanchito blanco utilizando insecticidas (USD/ha).

Estimación del Costo Anual para el Control de CHB utilizando pesticida (USD/Ha)

items	repeticiones anuales	Dosis/ha	valor unitario (USD)	Valor por Hectarea (USD/ha)
pesticida (imidacloprid)	3	0.6 Kg	120 USD/kg	360
aplicación (operario + tractor)	3	0,5 hora	10	30
trampa de monitoreo	1	1	14	14
TOTAL COSTO ANUAL USD/Ha				394

Tabla 16. Estimación del costo anual para el control de chanchito blanco utilizando Disrupción Sexual

Estimación del Costo Anual para el Control de CHB utilizando DS (USD/Ha)

items	repeticiones anuales	Dosis/ha	valor unitario (USD)	Valor por Hectarea (USD/ha)
bombonas con producto + plat+feromona	1	3	7	21
cartones	1	750	0,05	38
aplicación	1	10 horas	5	50
trampa de monitoreo	1	1	14	14
TOTAL COSTO ANUAL USD/Ha				122

El costo del método por DS es 72 USD/ha más caro que el método tradicional.

La estimación del Beneficio Neto directo cuantificable en USD/ha se aprecia en la Tabla 17. En el caso de huertos de manzanos el beneficio neto directo es 12USD/ha; en cambio, para huertos de mandarinos el beneficio neto directo es de -48 USD/ha.

Tabla 17. Estimación del Beneficio Neto directo cuantificable en USD/ha

	Manzana	Mandarinas
Beneficio Incremental por menor Daño USD/Ha	84,04	24,18
Costo Incremental por Cambio en el método de control USD/Ha	72	72
Beneficio Neto Incremental Cuantificable USD/Ha	12	48

E.- Estimación del valor de los beneficios indirectos

Se han considerado los siguientes beneficios indirectos, con los cuales luego se calcula el VAN.

1.- Protección de insectos benéficos: una aproximación simple a este beneficio es a través del ahorro de colmenas polinizadoras. La presencia de plaguicidas ha impactado en una reducción del número de insectos polinizadores. Esto ha llevado a los productores frutícolas a aumentar la contratación del número de colmenas. Al cambiarse a un sistema más amigable a los insectos benéficos este efecto negativo se irá reduciendo y el número de colmenas de apoyo será cada vez menor.

Se espera la siguiente evolución

Primer año: se reduce el número de colmenas en un 5%

Segundo año: se reduce el número de colmenas a un 10%

Tercer año en adelante: 25% reducción en uso de colmenas.

A pesar de que este beneficio tiene un impacto que va más allá del huerto tratado, solo fue considerado el ahorro en colmenas en el caso de manzanos. En el caso de los cítricos se busca ausencia de semillas (que no se produzca polinización), por esa razón no fue considerado en la evaluación de mandarinos.

2.- Contaminación de cuerpos de agua y suelos: Una interpretación económica de este beneficio es que al no dañar los recursos claves del sistema productivo del huerto este se mantendrá por mayor tiempo produciendo sin verse afectado el rendimiento; es decir, se prolonga la vida del huerto debido a la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta presta, como fertilidad de suelo y desarrollo y sanidad de las raíces. Este beneficio acumulable en el tiempo puede comenzar a ser percibido a los pocos años del cambio de tratamiento y tendrá efecto incluso más allá de la vida del huerto. En el caso del agua, sus efectos pueden ir incluso a otros huertos o acuíferos. Por simplicidad, y en forma conservadora, se agregó un año más de ingreso al final del horizonte de evaluación de 10 años representando los efectos previos y posteriores.

3.- No deja residuos: El beneficio de no dejar residuos en la fruta es que no hay días de carencia; y, por lo tanto, el agricultor puede cosechar y vender en el momento oportuno. La oportunidad de una venta temprana incide en forma importante en los precios obtenidos por el agricultor (la variabilidad de precios durante la temporada puede llegar a ser más del 100%). Se asignó un 2% de mayores ingresos al total de la producción por esta razón. Además, en el mercado doméstico la fruta tiene una mejor presentación (sin presencia de residuos de la aplicación en la superficie de los frutos).

4.- Puede ser usada en productos orgánicos: En los mercados orgánicos los productos obtienen en promedio hasta un 20% más de precio. Sin embargo, no toda la fruta que utilice feromonas para el control de chanchito blanco será vendida en mercados orgánicos (ya que se requiere que toda la producción cumpla con los requisitos), por lo que se asumió que en los próximos años tan solo el 20% de los producido irá a este mercado. De esta forma se asigna un 4% de mayor ingreso.

5.- Salud de los trabajadores: En Chile entre los años 2006-2015 el Centro de Información Toxicológica de la Universidad Católica (CITUC) recibió un total de 22.951 casos de envenenamiento por plaguicidas. El uso y exposición de los plaguicidas puede estar relacionado con diversas enfermedades tales como: cáncer, leucemia, Parkinson, asma, neuropsicológicos y cognitivos, etc. En Chile se evidenciaron la presencia de plaguicidas (organofosforado: clorpirifos y los fungicidas: difenilamina (prohibido en UE), tiabendazol y pirimetanil) en la población debido al consumo de vegetales con residuos. Otros estudios demuestran la mayor presencia de condiciones sanitarias adversas en trabajadores agrícolas. En una aproximación muy conservadora y simple se estimará que la reducción en aplicaciones de plaguicidas ahorrará al menos un cuadro de afección por asma cada 10 hectáreas al año. Utilizando los valores obtenidos por DICTUC en el estudio “Actualización de tasas de incidencia base de mortalidad y morbilidad para contaminación atmosférica y creación de un modelo automático para la actualización” de 5,12 UF por trabajador Fonasa menor de 65 años afectado por asma.

6.- Menor huella de carbono: El ahorro en el uso de tractores al no aplicar los insecticidas reducirá la huella de carbono de la producción frutícola. Estimar esta disminución escapa al alcance de este estudio; por lo que se asignó una valorización simbólica de 1USD/ha, ya que todo esfuerzo colabora en las metas que Chile se ha impuesto en sus compromisos internacionales en reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Carbono neutral 2050).

F. Resultados del cálculo de VAN con beneficios directos e indirectos:

Manzanos:

Se evaluó los beneficios económicos netos para un huerto de manzanos de 10 hectáreas en un horizonte de 10 años (considerando que el primer año de control de chanchitos blancos se produce luego de 4 años de plantación):

1) Anualmente el productor obtiene un beneficio neto directo principalmente por reducción en el número de cajas rechazadas en las inspecciones sanitarias de 12 USD/ha/año, como se explicó anteriormente.

2) La evaluación de los beneficios indirectos para 1 hectárea de manzanos se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Beneficios indirectos del uso de DS para 1 hectárea de manzanos

Año desde la plantación y primera aplicación	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13
Rendimiento*	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000
Precio (USD/ha)**	0,762	0,762	0,762	0,762	0,762	0,762	0,762	0,762	0,762	0,762
Ingresos anuales	41.910	41.910	41.910	41.910	41.910	41.910	41.910	41.910	41.910	41.910
1.- protección insectos beneficios ahorro colmena	10	21	52	52	52	52	52	52	52	52
2.- Apertura a mercados orgánicos	1676,4	1676,4	1676,4	1676,4	1676,4	1676,4	1676,4	1676,4	1676,4	1676,4
3.- No contamina agua ni suelos										41.910
4.- No deja residuos en la fruta	838,2	838,2	838,2	838,2	838,2	838,2	838,2	838,2	838,2	838,2
5.- No daña la salud de los operarios	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
6.- menor huella de carbono	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL Beneficios Indirectos	2.548	2.558	2.590	2.589	2.589	2.589	2.589	2.589	2.589	44.499
*Fuente: Ficha técnico-económica Manzano, Región Maule (2016) ODEPA										
** 70% exportación y 30% mercado doméstico										

De esta manera los beneficios totales en un horizonte de 10 años para un huerto de 10 hectáreas son:

Año de aplicación de feromonas	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
beneficio incremental neto directo	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
beneficios indirectos	25.476	25.581	25.895	25.891	25.891	25.891	25.891	25.891	25.891	444.991
Beneficios incrementales netos totales	25.593	25.697	26.012	26.008	26.008	26.008	26.008	26.008	26.008	445.108

El VAN (12%) de los Beneficios Netos Directos es: 660USD

El VAN (12%) de los Beneficios Indirectos es: 280.613 USD

El VAN (12%) del total de beneficios es: 281.274 USD

Cabe recordar que el agricultor no realiza ninguna inversión, tan solo cambia un tratamiento de control de plaga por otro y ese mismo año obtiene resultados positivos. Por lo tanto, no existe un cambio de signo en los flujos anuales y por ello, no es posible estimar una TIR.

Mandarinos:

Se evaluó los beneficios económicos netos para un huerto de mandarinos de 10 hectáreas en un horizonte de 10 años (considerando que el primer año de control de chanchitos blancos se produce luego de 4 años de plantación):

1) Anualmente el productor obtiene un beneficio neto directo principalmente por reducción en el número de cajas rechazadas en las inspecciones sanitarias de -48 USD/ha/año, donde los beneficios son menores al mayor costo de tratamiento, como se explicó anteriormente.

2) La evaluación de los beneficios indirectos para 1 hectárea de mandarinos se muestra en la siguiente Tabla 19.

Tabla 19. Beneficios indirectos del uso de DS para 1 hectárea de mandarinos

Años desde la plantación y primera aplicación	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10	año 11	año 12	año 13
Rendimiento*	37.500	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
precio (USD/ha)**	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Ingresos anuales	42.375	56.500	56.500	56.500	56.500	56.500	56.500	56.500	56.500	56.500
1.- proteccion insectos beneficos										
2.- Apertura a mercados orgánicos	1695	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260
3.- No contamina agua ni suelos										56.500
4.- No deja residuos en la fruta	847,5	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130
5.- No daña la salud de los operarios	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
6.- menor huella de carbono	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL Beneficios Indirectos	2.565	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412	59.912
*Fuente: Asoex- seminario cítricos 2014										
** 70% exportacion y 30% mercado domestico										

De esta manera los beneficios totales en un horizonte de 10 años para un huerto de 10 hectáreas son:

Año de aplicación de feromonas	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
beneficio incremental neto directo	-482	-482	-482	-482	-482	-482	-482	-482	-482	-482
beneficios indirectos	25.650	34.125	34.125	34.125	34.125	34.125	34.125	34.125	34.125	599.125
Beneficios incrementales netos totales	25.168	33.643	33.643	33.643	33.643	33.643	33.643	33.643	33.643	598.643

El VAN (12%) de los Beneficios Netos Directos es: -2.772 USD

El VAN (12%) de los Beneficios Indirectos es: 367.161 USD

El VAN (12%) del total de beneficios es: 364.439 USD

Al igual que en el caso anterior no se produce cambios de signo en los flujos anuales, por ello, no es posible calcular la TIR)

En el caso de los mandarinos, el beneficio neto directo no compensa al agricultor; por lo que su interés en cambiar el tipo de tratamiento dependerá de su consideración a los beneficios indirectos, relacionados con la protección de su entorno productivo.

G. Posibles mercados de un producto de control de chanchitos blancos en base a DS

En una primera etapa el mercado potencial está constituido por los productores chilenos de exportadores de fruta, principalmente de pomáceas, carozos, berries y cítricos, entre otros, cuya dimensión y relevancia económica se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20. Superficie nacional, toneladas exportadas, valor FOB y superficie en Perú de los principales frutales.

Especie frutal	Superficie nacional (ha) ¹	Miles de toneladas exportadas ²	Valor FOB (MMUSD) ³	Superficie en Perú (ha)
Manzana	3.9362	775 ^a	749 ^a	
peras	8.671	128 ^a	144 ^a	
cerezas	25.109	145 ^a	918 ^a	
Uva mesa	48.202	655 ^a	1.245 ^a	20.000
Uva vinífera	144.618	906 ^a	2.067 ^a	
palta	29.224	225 ^a	479 ^a	504.520
Arándano	18.373	115 ^b	575 ^a	8.000
Naranja	6.244	100 ^c	90 ^b	26.500
Mandarina	7.726	170 ^c	214 ^b	10.000
kiwi	8.720	175 ^a	215 ^a	
ciruela	17.031	155 ^a	213 ^a	
nectarin	5.101	65 ^a	52 ^a	
Durazno	2.000	30 ^a	41 ^a	
Limón y lima	6.654	90 ^c	135 ^b	20.000
granada	651	5 ^b	11 ^b	2.350
TOTAL	367.686		7.148	591.370

Extraído de :1: ODEPA 2019 2: promedio últimos años de registro (a) ODEPA (b) ASOEX (c) Comité cítrico 3: ODEPA (a) ASOEX (b) promedio últimas temporadas

En una segunda etapa es altamente probable considerar a los productores peruanos de las mismas especies frutales debido a que existe un importante vínculo de ambos sectores dado por el trabajo de asesores chilenos y empresas agrícolas relacionadas entre ambos países incorporando potencialmente más de 500.000 hectáreas. Más adelante, en una tercera etapa, es posible exportar esta tecnología a un gran número de países que enfrentan el mismo problema.

H.- Conclusiones

Se puede observar que los beneficios netos directos y cuantificables dependerán de la especie frutal que se esté tratando. En el caso de manzanos existe un beneficio neto directo positivo aventajando este método sobre el tradicional, más aún si se consideran todos los beneficios no cuantificados en este estudio.

En el caso de mandarinas, como el nivel de rechazos registrados en las últimas tres temporadas ha sido menor, el beneficio neto directo resulta negativo. En casos como este, es la valorización que hace el agricultor de los beneficios indirectos lo que inclinarían la balanza para un cambio de método de control, o bien un aumento en las restricciones al uso de plaguicidas. En efecto, ya se han descontinuado varios insecticidas del tipo

organofosforados, y los neonicotinoides, muy efectivos para el control de chanchitos blancos están siendo fuertemente cuestionados a nivel mundial.

Cabe mencionar que chanchito blanco es una plaga relevante para muchos frutales y que el beneficio neto directo será positivo en la mayoría de los casos. A modo de ilustración, la Tabla 21 presenta la importancia de este tipo de rechazos a mercados de destino No-USA. Aquí se puede observar que para manzanos el total de rechazos a causa de chanchitos blancos es del 2,5%, en esa misma situación o peor se encuentran la uva, ciruelas y naranjas. Otras especies tienen niveles de rechazo menor; sin embargo, el valor de su fruta (FOB/kg) es significativamente mayor que para manzanas, lo que inclinaría la balanza por un mejor método de control como es el caso de arándanos, cerezas y granadas.

Tabla 21. Kilos de fruta rechazados por especie, en las últimas cuatro temporadas e importancia relativa de la plaga en las causas de rechazo

Kilos de fruta rechazados por especie, en las últimas cuatro temporadas e importancia relativa de la plaga en las causas de rechazo. Estimación del porcentaje de rechazo para el total exportado y para el total exportado a destino No-USA							
Especie frutal	<i>Pseudococcus</i> <i>viburni</i>	ranking	<i>Pseudococcus</i> <i>calceolariae</i>	ranking	<i>Pseudococcus</i> <i>sp.</i> no identificado	ranking	Total kilos rechazados
Arandano	286.299	1º	1.230	6º	1.309	5º	28.838
cereza	26.469	2º			9.684	12º	46.153
ciruela	168.403	1º	3.372	18º	7.953	9º	229.728
durazno	4.785	3º	7.504	15º	0.159	6º	7.448
granadas*	20.477	1º	7.685	3º	9.858	2º	3.020
kiwi	6.085	5º			0.000	11º	6.085
limon*	54.772	6º	64.772	2º	52.954	1º	82.499
mandarinas*	7.280	1º					7.280
manzanas	7.114.056	1º	67.217	9º	9.496	12º	7.220.769
naranjas	94.873	2º	60.216	5º	0.287	4º	35.376
nectarin	31.225	1º	3.910	13º	8.809	10º	73.944
palta	5.424	7º		5º	3.670	4º	9.094
pera	710.848	1º	30.412	7º	4.119	11º	755.379
uva	548.786	1º	28.407	5º	592.126	2º	169.318

Fuente: Estadísticas del Servicio Agrícola Ganadero (*últimas tres temporadas)

(1) Estimación propia con informes de Odepa, Asoex, Comité Citricos, Comité Arándanos y Comité Cerezas

En el caso de huertos frutales con destino a mercado orgánicos, el precio pagado por estos productos es entre 20 a 30% mayor, lo que permitiría pagar por un método como la disrupción sexual. Por otra parte, los actuales métodos utilizados para el control de plagas en huertos orgánicos, como los aceites que tienen un control deficiente y la necesidad de reiteradas aplicaciones lo hacen económicamente poco atractivo. Otra alternativa es el uso de enemigos naturales, los que son considerablemente más caros y menos consistentes en sus resultados que lo que sería la DS.

Por último, y dado que este método ha demostrado ser eficaz en el control de la plaga y amigable al ambiente, se espera que su uso se masifique en esta y en otras plagas, lo que permitirá que los costos de fabricación vayan disminuyendo, haciéndolo rentable para todos los agricultores.

7. CAMBIOS Y/O PROBLEMAS DEL PROYECTO

Especificar los cambios y/o problemas enfrentados durante el desarrollo del proyecto. Se debe considerar aspectos como: conformación del equipo técnico, problemas metodológicos, adaptaciones y/o modificaciones de actividades, cambios de resultados, gestión y administrativos.

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
Lento desarrollo de las especies a 30° C. Necesitó de un tiempo mayor para estimar el desarrollo de las especies. La crianza de <i>P. longispinus</i> fue más compleja que las otras especies debido a que no se desarrollan en zapallo butternut y en papas etioladas, siendo el porcentaje de pudriciones es muy alto.	Estos ensayos se extendieron más de lo planificado ya que se estimaba su finalización en julio del 2018, extendiéndose hasta septiembre 2019.	Se destinó personal a esta tarea por más tiempo.
El retraso del envío por parte de ISCA Technologies de la formulación del SPLAT de disrupción sexual y los errores en la cantidad formulada, resultaron a su vez en trámites extra por parte del SAG y Aduanas. Todo esto resultó en que el producto recién estuviera en nuestras manos en marzo, al final de la temporada agrícola en la temporada 2. Debido a esto, se consideró que la fecha no era la adecuada para aplicar los tratamientos del ensayo.	Se postergó la 2da temporada del ensayo para el año 3 del proyecto (2019-2020), para así tener la oportunidad de poder aplicar los tratamientos a inicio de primavera, temprano en la temporada (agosto - septiembre 2019). Aun así, en la 2da temporada se mantuvieron los monitoreos. Este retraso nos permitió verificar la duración del efecto del tratamiento de DS en campo, la que resultó mayor de lo esperado, lo que es un efecto positivo.	El hito crítico "Prototipo de disruptor sexual desarrollado" se atrasó a julio 2020.
Baja efectividad de control con atracticidas.	Cuando se hacen evaluaciones de nuevos métodos de control siempre existe la	Los tratamientos se colocaron más temprano en la temporada (entre

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
	posibilidad de que estos no sean efectivos. Esto corresponde a un resultado válido o parcial, pero que impacta negativamente el logro de los objetivos del proyecto.	mediados de agosto y mediados de septiembre), y se aumentó el número de puntos de liberación al doble. En arándanos se reubicaron las parcelas experimentales y se reposicionaron las trampas de feromonas hacia el centro de cada parcela. Se planteó un ensayo adicional con un enfoque diferente, de trampeo masivo, el que tuvo muy buenos resultados en manzanos para el control de <i>P. calceolariae</i> .
A finales de 2018, uno de los miembros del equipo se retiró por razones personales.	Sin consecuencias.	Se buscó un reemplazo temporal durante enero y febrero 2019. Para luego contratar a una profesional hasta finales del proyecto.
El huerto de uva de mesa, ubicado en Colina fue cortado por el productor. Esto significó que no se pudieron analizar los datos de ambas temporadas en forma conjunta, sino que por separado. El nuevo huerto de uva en Til Til, presentó poblaciones muy bajas	Ambos huertos tuvieron bajo nivel de infestación por chanchitos lo que impidió medir el grado de control del método con atraccidas.	Se instaló el tratamiento de atraccida en otro cuartel de uva de mesa, ubicado en Til Til

Describir cambios y/o problemas	Consecuencias (positivas o negativas), para el cumplimiento del objetivo general y/o específicos	Ajustes realizados al proyecto para abordar los cambios y/o problemas
iniciales, impidiendo el poder ser considerado para un análisis de un posible efecto del atraccicida aplicado.		
No se realizó el seminario en la fecha establecida debido a que al aplazar los ensayos de disrupción sexual una temporada, no había suficientes resultados para difundir. Las protestas debido al denominado “estallido social” y la contingencia sanitaria debido al Covid 19, dificultaron los desplazamientos hacia el lugar de trabajo y a los campos. Debido a la restricción de acceso y luego cierre de la Universidad por cuarentena obligatoria, junto con la implementación del teletrabajo, fue más difícil la coordinación entre los integrantes del equipo y como consecuencia, la organización de actividades con público, como es el caso del seminario.	Sin consecuencias.	A sugerencia de FIA, se hizo un video divulgativo de los resultados y alcances del proyecto, que se encuentra en el canal de Youtube de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
La contingencia sanitaria debido al Covid19 a partir de mediados de marzo 2020, obligó la finalización de los monitoreos un mes antes de lo programado (marzo).	Sin consecuencias	Análisis con los datos generados a la fecha. Realización de análisis de cosecha sólo en manzanos durante abril. Además, debido a la falta de personal se modificó el protocolo de cosecha.

8. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PERÍODO

8.1 Actividades programadas en el plan operativo y realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

Las actividades programadas y realizadas durante este periodo consistían en el monitoreo visual de los ensayos de atraccida, análisis de los datos de dicho ensayo y la elaboración de protocolos de uso de productos de control en base a feromonas.

8.2 Actividades programadas y no realizadas durante el período de ejecución para la obtención de los objetivos.

Se había programado realizar los monitoreos del ensayo de atraccida hasta el mes de abril 2020, pero debido a las restricciones provocadas por la pandemia, estos finalizaron la primera quincena de marzo.

8.3 Analizar las brechas entre las actividades programadas y realizadas durante el período de ejecución del proyecto.

Debido a que el monitoreo se realizaba cada 15 días, sólo se “perdió” una fecha de monitoreo lo que no afectó los resultados.

9. POTENCIAL IMPACTO

9.1 Resultados intermedios y finales del proyecto.

Descripción y cuantificación de los resultados obtenidos al final del proyecto, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias; ventas y/o anuales (\$), nivel de empleo anual (JH), número de productores o unidades de negocio que pueden haberse replicado y generación de nuevas ventas y/o servicios; nuevos empleos generados por efecto del proyecto, nuevas capacidades o competencias científicas, técnicas y profesionales generadas.

Impactos Sociales

Indicador empleo: durante la ejecución del proyecto un total de 5 profesionales fueron empleados o subcontratados como servicio de terceros, tanto en el área agronómica como química.

Impactos Tecnológicos

Validación de un método de control que puede generar de un nuevo producto en base a feromonas capaz de generar un control del chanchito blanco superior al control químico tradicional y con menos efectos secundarios negativos.

Propiedad intelectual: no corresponde debido a que es un resultado de interés público. Sin embargo, en el futuro el desarrollo de alguna metodología de aplicación novedosa podría ser protegido.

Generación de nuevos proyectos: los resultados auspiciosos obtenidos en la especie *P. calceolariae* abre la posibilidad de probar este método con otras especies de chanchitos blancos o con el desarrollo de productos que combinan el control en conjunto con otras especies plagas de biología similar como escamas.

En relación con alianzas tecnológicas, nos encontramos en conversaciones con Shin Etzu Japón, quienes están interesados en el desarrollo de productos en base a feromonas para el control de chanchitos blancos. En estos momentos estamos probando en terreno su formulación para una de las especies.

La directora del proyecto, T. Zaviezo, se adjudicó como co-investigadora en un proyecto fondecyt regular que surgió de conversaciones con ingenieros químicos. El proyecto se titula: *SUSTAINABLE PRODUCTION OF MEALYBUG PHEROMONES USING ENGINEERED BIOLOGICAL SYSTEMS*, y el investigador principal es Eduardo Agosín.

Impactos Científicos

Dos publicaciones científicas:

Zaviezo, T., J. Bergmann, A. Romero, I. Osorio, F. Flores, C. Ballesteros. 2019. The potential of pheromones for controlling *Pseudococcus calceolariae* (Hemiptera: Pseudococcidae) in fruit crops. IOBC-WPRS Bulletin 146: 40-43. ISBN 978-92-9067-331-6

Ballesteros, C., Romero, A., Castro, M.C, Miranda, S., Bergmann, J., Zaviezo, T. 2021. Mating disruption of *Pseudococcus calceolariae* (Maskell) (Hemiptera, Pseudococcidae) in fruit crops. Insects, 12, 343. <https://doi.org/10.3390/insects12040343>

Una publicación de divulgación: Diario Financiero (3/12/2019): “5 Innovaciones que impactarán la industria agrícola: control de insectos con feromonas sexuales”

Participación en cuatro eventos de divulgación científica:

Congresos Internacionales: ALAEQ, Valparaíso octubre 2018; (1 presentación y 1 poster) IOBC/WPRS, Lisboa enero 2019; (poster y presentación corta);

Congresos Nacionales: XL Congreso Nacional de Entomología, Concepción, octubre 2019; (1 presentación), 70 Congreso Agronómico, Macul, enero 2020. (1 presentación y 1 poster)

Impactos en Formación:

Una tesis de pregrado: Disrupción sexual para control de *Pseudococcus calceolariae* (Hemiptera: Pseudococcidae) en frutales. Pontificia Universidad Católica de Chile

Una tesis de doctorado: Biología reproductiva y uso de feromonas en el manejo de *Pseudococcus calceolariae* (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae). Pontificia Universidad Católica de Chile.

10. CAMBIOS EN EL ENTORNO

Indique si existieron cambios en el entorno que afectaron la ejecución del proyecto en los ámbitos tecnológico, de mercado, normativo y otros, y las medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.

No hubo cambios en los ámbitos mencionados

11. DIFUSIÓN

Describe las actividades de difusión realizadas durante la ejecución del proyecto. Considere como anexos el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares.

	Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participante s	Documentación Generada
1	Abril 2018	Hotel Best Western Premier Marina Las Condes, Santiago	Reunión técnica Comité cítricos	39	Presentación oral
2	Octubre 2018	Valparaíso, Chile	Presentación de trabajos en 5th Congress of the Latin American Association of Chemical Ecology (ALAEQ)	50	Presentación oral y poster
3	Enero 2019	Lisboa, Portugal	Presentación de trabajos en IOBC/WPRS "Feromonas y otros semioquímicos en Producción Integrada" & "Producción Integrada de Frutales", Phero IP	120	Presentación oral breve y poster
4	Diciembre 2019	Diario Financiero	Artículo de difusión	No aplica	5 innovaciones chilenas que impactarán a la industria agrícola
5	Noviembre 2019	Hotel Best Western Premier Marina Las Condes, Santiago	Reunión técnica Comité cítricos	40	Presentación oral
6	2019	IOBC-WPRS Bulletin 146: 40-43. ISBN 978-92-9067-331-6.	Artículo científico	No aplica	Zaviezo, T., J. Bergmann, A. Romero, I. Osorio, F. Flores, C. Ballesteros. 2019. The potential of pheromones for controlling Pseudococcus

	Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participante s	Documentación Generada
					calceolariae (Hemiptera: Pseudococcidae) in fruit crops
7	Octubre 2019	Concepción, Chile	Congreso de Entomología	100	Presentación oral
8	Enero 2020	Santiago, Chile	Congreso Agronómico	100	Presentación oral y poster
9	Noviembre 2020	Santiago, Chile (Vía Zoom)	Reunión técnica Comité cítricos	Sin información	Presentación oral
10	Marzo 2021	Insects, 12, 343. Número especial: Insect Pheromones to Mating Disruption: Theory and Practice	Artículo científico	No aplica	Ballesteros, C., Romero, A., Castro, M.C, Miranda, S., Bergmann, J., Zaviezo, T. Mating disruption of Pseudococcus calceolariae (Maskell) (Hemiptera,Pseud ococcidae) in fruit crops.
Total participantes				449	

12. PRODUCTORES PARTICIPANTES

Complete los siguientes cuadros con la información de los productores participantes del proyecto.

12.1 Antecedentes globales de participación de productores

Debe indicar el número de productores para cada Región de ejecución del proyecto.

Región	Tipo productor	N° de mujeres	N° de hombres	Etnia (Si corresponde, indicar el N° de productores por etnia)	Totales
V	Productores pequeños	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Productores medianos-grandes (1)	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información
RM	Productores pequeños	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Productores medianos-grandes (3)	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información
VI	Productores pequeños	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
	Productores medianos-grandes (1)	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información
Totales					

12.2 Antecedentes específicos de participación de productores

Nombre	Ubicación Predio			Superficie Há.	Fecha ingreso al proyecto
	Región	Comuna	Dirección Postal		
Agrícola Polpaico	RM	Melipilla		800	Agosto 2017
Agrícola Sextafrut	VI	San Fernando		40	Agosto 2017
Berries Quillota	V	Quillota		s/i	Setiembre 2018
Agrícola Santa Rosa	RM	Tiltil		s/i	Setiembre 2018
Agrícola Trekán	RM	Melipilla		35	Setiembre 2018

13. CONSIDERACIONES GENERALES

13.1 ¿Considera que los resultados obtenidos permitieron alcanzar el objetivo general del proyecto?

Sí porque se desarrolló una herramienta de control mediante Disrupción Sexual que obtuvo resultados superiores a la línea de base sin los riesgos a la salud ni al medio ambiente, además de altamente selectivo y compatible con el Manejo Integrado de Plagas, pudiendo ser usados tanto en la agricultura convencional como orgánica.

13.2 ¿Cómo fue el funcionamiento del equipo técnico del proyecto y la relación con los asociados, si los hubiere?

El funcionamiento del equipo y la relación y comunicación con los asociados fue la adecuada. El equipo del proyecto estuvo formado principalmente por mujeres, y contempló también la formación de capital humano femenino (una tesista de pregrado y una de doctorado). Esto es relevante en el contexto actual, y a la luz de la brecha de género en las áreas STEM.

13.3 A su juicio, ¿Cuál fue la innovación más importante alcanzada por el proyecto?

El proyecto logró mostrar el potencial de las feromonas como método de control de un grupo de plagas importantes a nivel mundial. Hoy en día se ha desarrollado el producto comercial en Estados Unidos para una de las especies (no relevante para Chile), y eso

allana el desarrollo de productos para nuevas especies. Un aspecto técnico relevante, es la necesidad de un siguiente paso, donde se pueda probar esta estrategia de control a una escala comercial, y también en varias condiciones de presión de la plaga.

Cabe destacar que al ser un producto que actúa específicamente en la especie de chanchitos blancos objetivo, no tiene ningún efecto en otra especie. Por otra parte, la acción es por comportamiento, y no por compuestos tóxicos. Debido a esto no contamina agua ni suelos. La mayor parte de los plaguicidas tiene efectos acumulativos pudiendo afectar el suelo y alcanzar los cuerpos de agua, lo que es un problema cada vez más importante, sobre todo en escenarios de escasez de agua. Además, no interactúa con la fruta, por lo tanto, no deja ningún tipo de residuo. Esto es muy importante puesto que no es necesario considerar carencias, pudiendo el agricultor cosechar en el momento de su conveniencia. Por otra parte, permite una mejor opción a mercados más estrictos en este sentido. Es una alternativa de producción para participar de los mercados orgánicos. Las feromonas son una de las pocas herramientas de control de plagas que se permiten en la agricultura orgánica, y son más consistentes que el uso de enemigos naturales (control biológico). No tiene efectos negativos en la salud de los trabajadores. Como se mencionó, el producto es en base a compuesto no tóxicos. Finalmente, su huella de carbono es mínima, ya que no usa maquinaria para su aplicación.

13.4 Mencione otros aspectos que considere relevante informar, (si los hubiere).

--

14. CONCLUSIONES

Realice un análisis global de las principales conclusiones obtenidas luego de la ejecución del proyecto.

Desde el punto de vista técnico, se concluye que las feromonas tienen gran potencial como método de control de Pesudococcidos, un grupo de plagas importantes a nivel mundial, particularmente con el enfoque de disrupción sexual. Hoy en día se ha desarrollado el producto comercial para una de las especies de chanchitos blancos importantes a nivel mundial, pero no relevante para Chile, y eso allana el desarrollo de productos para nuevas especies. Un aspecto técnico relevante, es la necesidad de un siguiente paso, donde se pueda probar esta estrategia de control a una escala comercial, y también en varias condiciones de presión de la plaga.
--

15. RECOMENDACIONES

Señale si tiene sugerencias en relación a lo trabajado durante el proyecto (considere aspectos técnicos, financieros, administrativos u otro).

Desde el punto de vista económico, el presupuesto no nos permitió realizar más actividades e incluir más lugares de ensayo. En un proyecto altamente demandante en recursos humanos, el limitar a un porcentaje lo que se puede gastar en este ítem fue muy perjudicial. Es necesario flexibilizar este criterio, de acuerdo con la naturaleza de los diferentes proyectos. Desde el punto de vista de gestión, el proyecto pasó por dos ejecutivos, con criterios diferentes, lo que provocó algunos inconvenientes en la valoración del logro de los objetivos. La gestión del proyecto en sí, no tuvo mayores inconvenientes, con la expresión de todas las dificultades producto de la pandemia, que afortunadamente se pudieron subsanar de manera satisfactoria.
--

16. ANEXOS

ANEXO I. Detalle del sustrato de crianza de los chanchitos y su ubicación en la cámara bioclimática.



(a) hembra adulta en papa con brote etiolado (b) ensayo en cámara bioclimática a 40°C.

ANEXO II. Resumen resultados desarrollo de las especies de chanchitos blancos a 35°C y 40°C.

T°	Especie	N° de repeticiones	Hembra		Huevos	Crawler/N1
			Promedio de sobrevivencia	Detalles		
40	<i>P. calceolariae</i>	50	16 días	Muertas a los 5 días	Huevos color café oscuro a los 5 días	No se observaron
40	<i>P. longispinus</i>	50	9 días	A los 7 días, 8% estaban pre vivíparas (4), 82% muertas y 10% restante sin cambios	No aplica	No se observaron
40	<i>P. viburni</i>	50	15 días	s/i	Huevos oscuros a los 15 días	1 repetición llegó a tener 2n1 a los 12 días
35	<i>P. calceolariae</i>	47	17 días	8 hembras permanecieron vivas por 5 días.	Huevos oscuros entre los 7 y 18 días	3 repeticiones tuvieron descendencia que vivieron entre 5 a 17 días, máximo de 46 <i>crawlers</i> obtenidos
35	<i>P. longispinus</i>	50	22 días	A los 7 y 14 días 20% estaban pre vivíparas, 26% muertas a los 14 días, 44% a los 21 y 94% a los 30 días	No aplica	No se observaron
35	<i>P. viburni</i>	50	18 días	s/i	s/i	No se observaron

ANEXO III. Mortalidad promedio por estadio (%), para cada especie a 30 y 28°C

T°	Especie	Crawler - N1	N2	N3
30	<i>P. calceolariae</i>	63	76	58
	<i>P. longispinus</i>	8	88	84
	<i>P. viburni</i>	39	77	69
28	<i>P. calceolariae</i>	44	97	17
	<i>P. longispinus</i>	87	75	75
	<i>P. viburni</i>	68	94	95

ANEXO IV. Protocolo de síntesis de la feromona de *Pseudococcus calceolariae*.

Se disolvió 1,075 g (9,11 mmol) de ácido 2-hidroxi-3-metilbutanoico junto con una cantidad catalítica (2%) de DMAP (20,0 mg) en 18 ml de piridina. Luego se añadió anhídrido acético (5,0 mL, 54,0 mmol) y la solución se agitó por 2 horas a temperatura ambiente. Después se vierte la mezcla en baño agua-hielo. Cuando se fundió el hielo, se acidificó a pH 3 por adición de HCL 6N y se extrajo con dietil éter (3x30 mL). Las fases orgánicas combinadas se lavaron con agua (4x30 ml) y salmuera (1X20 mL), para luego secarse sobre MgSO₄ anhidro y se concentraron para dar un aceite incoloro (crudo aprox. 2,2-2,6 g).

Se disolvieron 5,07 g (31 mmol) de ácido 2-acetoxi-3-metilbutanoico (2) crudo en 30 mL de benceno y se añadieron lentamente 5,5 mL (62 mmol) de cloruro de oxalilo y luego 20 uL de DMF a temperatura ambiente en atmósfera de nitrógeno y en línea de vacío. Después de 1,5 horas de agitación se separó cuidadosamente el disolvente y el exceso de cloruro de oxalilo mediante vacío. Si persistió el olor a cloruro de oxalilo, se añadió una mínima (aprox. 2 ml) cantidad de benceno.

Anexo V. Fechas de instalación de trampas de feromonas en disrupción sexual

Fecha de Instalación/ cambio cebo	Nº de trampas	Lugar	Cultivo
05/09/2017	10	Manzano orgánico, San Fernando	Manzanos
21/09/2017	10	Pomaire	Mandarinos
25/07/2018	10	Manzano orgánico, San Fernando	Manzanos
26/07/2018	10	Pomaire	Mandarinos
20/08/2019	10	Manzano orgánico, San Fernando	Manzanos
21/08/2019	10	Pomaire	Mandarinos

ANEXO VI. Fechas de instalación de tratamiento de disrupción sexual

Fecha de Instalación	Lugar	Cultivo
20/12/2017	Manzano orgánico, San Fernando	Manzanos
19/12/2017	Pomaire	Mandarinos
02/09/2019	Manzano orgánico, San Fernando	Manzanos
29/08/2019	Pomaire	Mandarinos

ANEXO VII. Fecundidad de hembras huerto manzano

Conteo descendencia (N1) de hembras recolectadas en terreno			
Fecha	Parcela	Tratamiento	Descendencia(N1)
14-10-2019	4	Feromona	0
14-10-2019	4	Feromona	0
14-10-2019	4	Feromona	0
14-10-2019	4	Feromona	0
14-10-2019	6	Feromona	0
14-10-2019	9	Testigo	0
14-10-2019	9	Testigo	0
14-10-2019	9	Testigo	0
14-10-2019	9	Testigo	0
14-10-2019	9	Testigo	0
14-10-2019	9	Testigo	300
29-10-2019	4	Feromona	0
29-10-2019	4	Feromona	0
29-10-2019	9	Testigo	94
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
27-11-2019	9	Testigo	0
10-12-2019	9	Testigo	37
10-12-2019	9	Testigo	81

ANEXO VIII. Protocolo de uso para el control de *Pseudococcus calceolariae* mediante DS en huertos de manzanos y cítricos. Ver PDF.

**PROTOCOLO DE USO DEL MÉTODO DE CONTROL DE
PSEUDOCOCCUS CALCEOLARIAE MEDIANTE DISRUPCIÓN
SEXUAL EN HUERTOS DE MANZANOS Y CÍTRICOS**



INTRODUCCIÓN

Las feromonas son sustancias volátiles, las que al ser liberadas por un individuo afectan el comportamiento de otro individuo de su misma especie. En el caso de las feromonas sexuales, estas pueden ser utilizadas como un método de control provocando el entorpecimiento del apareamiento, disrupción o confusión sexual.

Este método consiste en saturar un volumen con la feromona de la plaga, con lo que se dificulta el encuentro entre ambos sexos, evitando así la reproducción del insecto y controlando la población del chanchito blanco *Pseudococcus calceolariae* (también llamado chanchito blanco citrífido o de cola gruesa).



Figura 1

MODO DE USO

Este método de control considera el uso de la tecnología SPLAT® (Specialized Pheromone and Lure Application Technology, de ISCA Technologies, Inc., Riverside, California, USA). Esta corresponde a una matriz biológica inerte, biodegradable y no tóxica. La feromona se incorpora al SPLAT® durante la formulación.

La feromona junto con la matriz debe ser colocada usando una pistola de aplicación (Figura 1) en un dispositivo de cartón (Figura 2) el cual debe ser colgado en un árbol (Figura 3) en el follaje. Cada gota debe ser de aproximadamente 1 gramo y se requiere que se coloquen 750 g/ha para lograr la dosis de 9,45 g de ingrediente activo en esa superficie. La forma de la gota debe ser lo más globosa posible ya que si es aplanada se reduce la longevidad del producto. Dependiendo de la distancia de plantación del frutal, los dispositivos con la feromona deben ser distribuidos homogéneamente en el cartel (Figura 4) de tal forma que queden 750 cartones con la feromona en una hectárea.



Figura 2



Figura 3



Figura 4



EFICACIA DEL MÉTODO DE CONTROL

Este método provoca una disminución del 97 a 80% de la población de chanchitos blancos machos en trampas de monitoreo

VENTAJAS DE ESTE MÉTODO

- Riesgos mínimos para los aplicadores y consumidores.
- No deja residuos en la fruta
- No produce contaminación de las aguas subterráneas y la vida silvestre
- Elimina el tiempo de reingreso a los trabajadores después de la aplicación.
- Sólo funciona sobre el insecto blanco sin causar brotes de plagas secundarias por eliminación de sus controladores naturales además de un control más efectivo sobre la plaga.
- Se puede usar en agricultura orgánica y convencional.



Figura 5

VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA DISRUPCIÓN

Para verificar si el método está funcionando, se debe colocar 1 trampa de feromona por ha. Esta consiste en una trampa tipo delta en cuyo interior se coloca el cebo con la feromona de *P. calceolariae* a una dosis de 30ug y que además posee un piso removible. Esta trampa se coloca en el medio de la canopia (Figura 5) y se revisa semanalmente para verificar la captura de machos. Cuando este valor es de 0 a 1 insecto capturado indica que el método está funcionando.

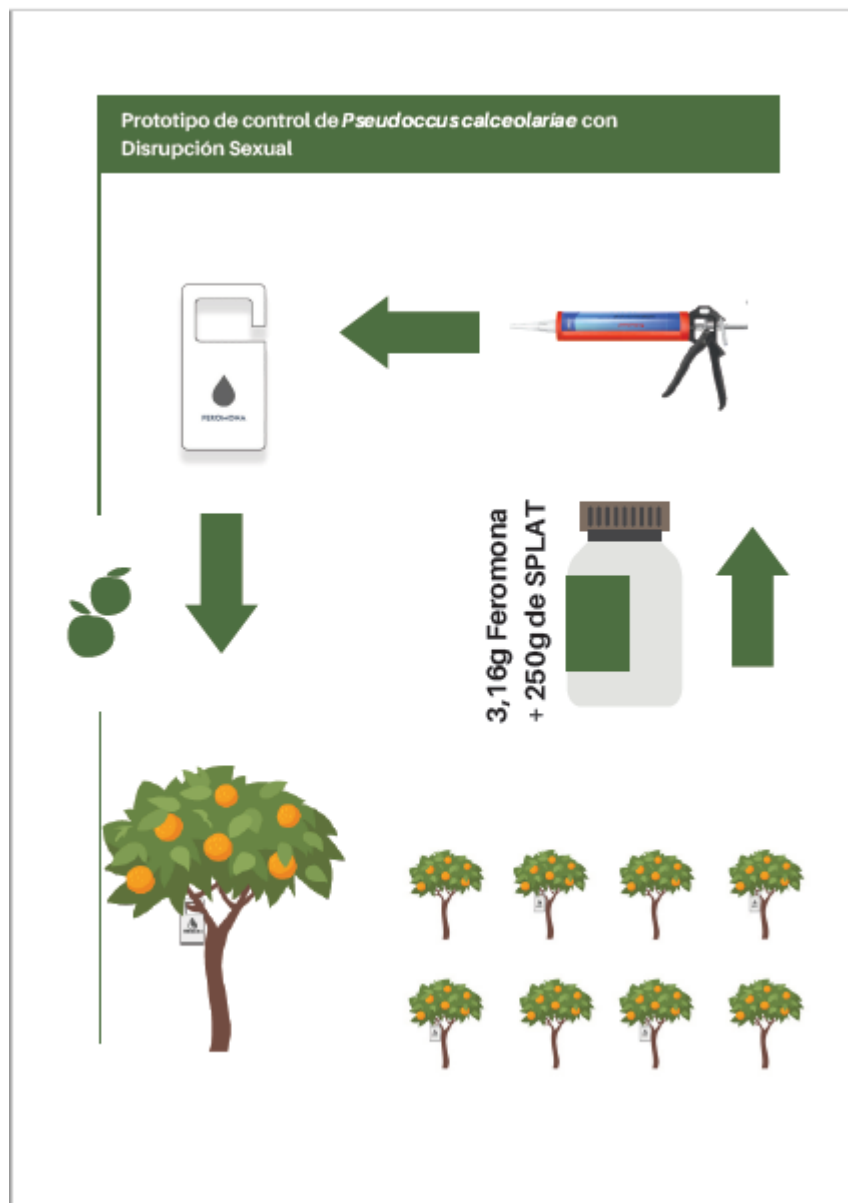
DURACIÓN DEL PRODUCTO EN EL CAMPO

Bajo las condiciones climáticas de la zona central de Chile, tiene un efecto de control de al menos 12 meses

ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL PRODUCTO

Para el almacenamiento a corto plazo, la feromona debe ser mantenida en un lugar fresco y seco. Para el almacenamiento a largo plazo debe ser conservada en refrigeración entre 2-8°C. No congele la feromona.

ANEXO IX. Prototipo de control de *Pseudococcus calceolariae* mediante Disrupción Sexual



ANEXO X. Fechas de instalación de trampas de feromonas (atractiva)

Fecha de instalación	Nº de trampas	Lugar	Cultivo
5/09/2018	36	Berries Quillota	Arándanos
6/09/2018	36	Agrícola Trekan	Naranjos
7/09/2018	36	Agrícola Santa Rosa	Uva de mesa

ANEXO XI. Fechas instalación tratamientos de atractiva en los distintos lugares de ensayo.

Fecha de instalación	Nº de cartones/ puntos aplicación	Lugar	Cultivo
9/11/2018	48	Berries Quillota	Arándanos
9/11/2018	48	Agrícola Santa Rosa	Naranjos
14/11/2018	48	Agrícola Trekán	Vid
12/09/2019	96	Berries Quillota	Arándanos
3/09/2019	96	Agrícola Santa Rosa	Naranjos
11/09/2019	96	Agrícola Trekán	Vid

PROTOCOLO DE USO DEL MÉTODO DE CONTROL DE CHANCHITOS BLANCOS MEDIANTE ATRACTICIDA EN FRUTALES Y UVA DE MESA

INTRODUCCIÓN

Este método de control se basa en el gran poder de atracción de las feromonas sintéticas de *Pseudococcus calceolariae*, *P. viburni* y *P. longispinus* sobre los machos de estas especies de chanchitos blancos, lo que se combina con un insecticida piretroide de contacto. Este sistema se basa en que la distribución de estas plagas es del tipo agregada, por lo que se requiere tener identificados los focos donde está presente el chanchito blanco, mediante un monitoreo visual, ya que es en esas zonas donde se debe hacer la aplicación. El macho vuela atraído por la feromona y al entrar en contacto con el insecticida muere.

Figura 1



Figura 2



MODO DE USO

Este método de control considera el uso de la tecnología SPLAT® (Specialized Pheromone and Lure Application Technology, de ISCA Technologies, Inc., Riverside, California, USA). Esta corresponde a una matriz biológica biodegradable y no tóxica. Para su aplicación, la mezcla de feromonas y el insecticida se incorpora en esta formulación, la cual debe ser aplicada mediante una pistola de aplicación (Figura 1) en un dispositivo de cartón (Figura 2). Este se cuelga en los árboles en que se ha detectado la presencia del chanchito blanco (Figura 3). Cada gota debe ser de 1 gramo y debe ser lo más globosa posible ya que si es aplanada se reduce la longevidad del producto. El momento de aplicación debe ser los primeros días de septiembre previo al inicio del vuelo de los machos.

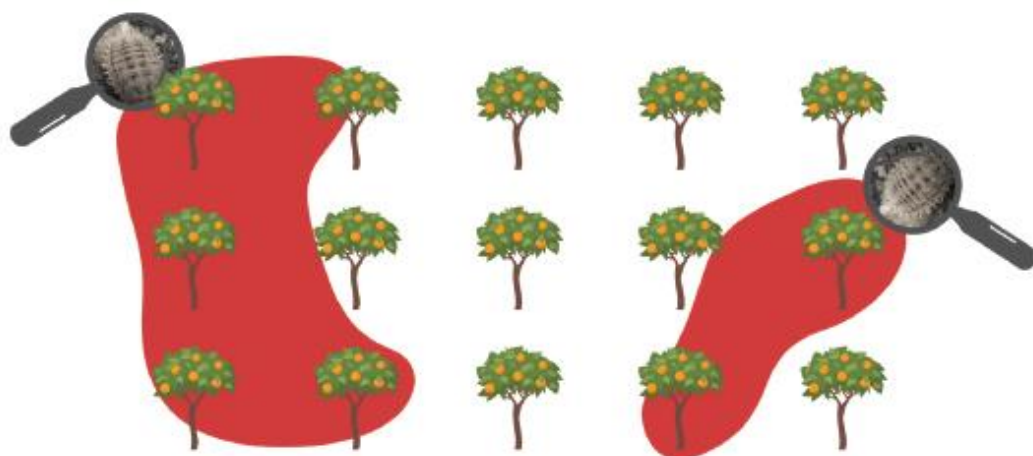


Figura 3

EFICACIA DEL MÉTODO DE CONTROL

Este método provoca una disminución del 50% en las capturas de machos en trampas de feromonas, con lo que se disminuye la presión de la plaga debido a la reducción de las cópulas y posteriores oviposaduras.

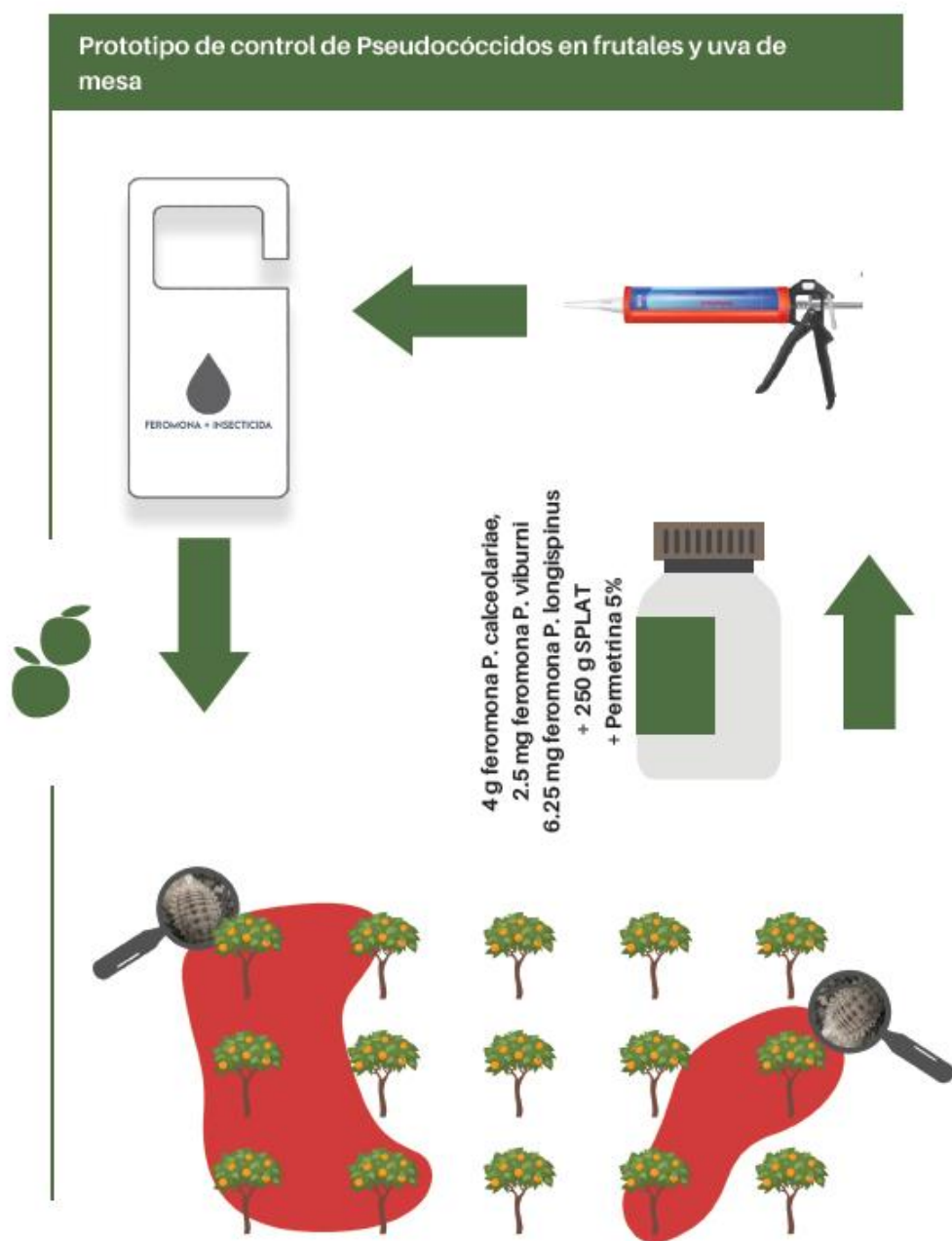
VENTAJAS DE ESTE MÉTODO

- Riesgos mínimos para los aplicadores y consumidores, por la baja concentración de insecticida utilizado.
- No produce contaminación de las aguas subterráneas y la vida silvestre
- Elimina el tiempo de reingreso a los trabajadores después de la aplicación.
- Sólo funciona sobre el insecto blanco sin causar brotes de plagas secundarias por eliminación de sus controladores naturales además de un control más efectivo sobre la plaga.

DURACIÓN DEL PRODUCTO EN EL CAMPO

Bajo las condiciones climáticas de la zona central de Chile, tiene un efecto de control de al menos 3 meses.

ANEXO XIII. Prototipo de control de chanchitos blancos mediante atracticida en frutales y uva de mesa.



Anexo XIV. Elementos de difusión





Desarrollo de métodos de control de
chanchitos blancos (Hemiptera:
Pseudococcidae) con feromonas sexuales
para una fruticultura sustentable en un
escenario de cambio climático
(FIA PYT-2017-0140)
Tania Zaviezo



JORNADA TÉCNICA COMITÉ DE CÍTRICOS
4 abril 2018





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

Attractiveness of a blend of pheromones of *Pseudococcus calceolariae*, *Pseudococcus longispinus* and *Pseudococcus viburni* (Hemiptera: Pseudococcidae) in laboratory conditions

C. Ballesteros¹, T. Zaviezo², J. Bergmann³, A. Romero³, L. Osorio¹

¹ Lab. Entomología Frutal, Depto. Fruticultura y Enología, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago
² Lab. de Ecología Química, Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Introduction

Pseudococcus calceolariae, *P. longispinus* and *P. viburni* are three species of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) present in Chile with economically importance for agriculture. Synthetic sex pheromones are widely used as nonpesticide insect control methods as mating disruption, mass trapping and attract and kill. The possibility of using a mixture of pheromones of different species at the same time is an interesting control tool, mainly in those species that coincide in host and phenology. Pheromones of mealybugs are structurally different, it being an advantage to be able to use them together without affecting their effectiveness and specificity. The main objective of this study was to evaluate the attractiveness of adult males to a pheromone blend under controlled laboratory conditions.

Methods and materials

Experiments to evaluate the attractiveness of adult males of *P. calceolariae*, *P. longispinus* and *P. viburni* to individual sex pheromone were measured as well as a blend of all three pheromones in laboratory conditions. Males between 0 and 3 days of age were used. For the intra-specific attraction, doses of 1, 3 and 5 ng of pheromone were evaluated contrasting with hexane (solvent). The combination of all three pheromones was prepared with 3 ng (*P. calceolariae*), 5 ng (*P. longispinus*) and 5 ng (*P. viburni*) doses. In petri dishes, two pieces of filter paper (2 cm²) moistened with distilled water were placed inside. After that, adult males were released into the petri dishes. Pieces of 1 cm² filter paper were treated with pheromone solutions. One piece of treated filter paper and a piece of control filter paper which was treated with a solvent (hexane) were placed in the petri dish (Fig. 1). Both, each pheromone and combination of pheromones, was evaluated in petri dishes with four replicates per treatment and 10 adult males per replicates (n=40). The number of males that were attracted to each piece of filter paper was counted during 25 minutes. Percentage of attracted males was analyzed with ANOVA and Tukey test for post-hoc pairwise comparisons.

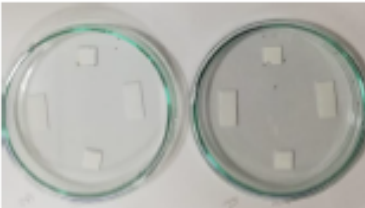


Figure 1. Insects in Petri dishes.

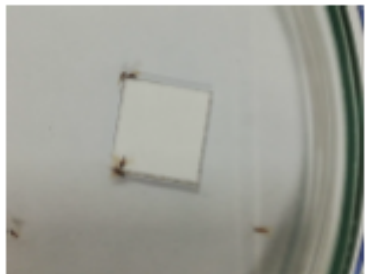


Figure 2. Mealybug males attracted to a source of pheromone.

Results

Intra-specific attraction. In each species, adult males were attracted to sex pheromone in all of three doses tested (Table 1). During the time of observation, adult males began to approach to filter paper with pheromone, walking around and then on the paper (Fig. 2). At 15 minutes the highest percentage of attraction was obtained and then decayed, ceasing at 25 minutes. In *P. calceolariae* and *P. longispinus*, the greatest response of attraction was obtained with the dose of 5 ng, while for *P. viburni* with the three doses obtained the same level of attraction.

Table 1. Percentage of attracted adult males to conspecific pheromones

Doses of pheromone (ng)	Percentage of attracted males average $\pm$ STD		
	<i>P. calceolariae</i> treated control	<i>P. longispinus</i> treated control	<i>P. viburni</i> treated control
1	27,5 $\pm$ 5,00 b 0,00	27,7 $\pm$ 16,74 0,00	15,0 $\pm$ 5,77 0,00
3	22,5 $\pm$ 9,57 b 0,00	32,5 $\pm$ 9,57 0,00	15,0 $\pm$ 5,77 0,00
5	45,0 $\pm$ 5,77 a 0,00	42,5 $\pm$ 5,00 0,00	15,0 $\pm$ 5,77 0,00
	F = 9,31 p = 0,007	F = 1,75 p = 0,229	F = 1,75 p = 0,209

Pheromone blend attraction. The attractiveness of blend of pheromones in *P. calceolariae* was 50%, higher than individual pheromones, whereas the attraction of *P. longispinus* (50%) and *P. viburni* (12,5%) was not significantly different to individual pheromone (Table 2). For the three species, males approached the filter paper with the blend walking around and then staying on it for a while. At 15 minutes the greatest response of attraction was obtained. In the case of *P. viburni*, it was observed that the attraction response was slower than the other two species. Repellency was not observed in any of the species.

Table 2. Percentage of attracted adult males to pheromone blends

Treatment	Percentage of attracted males average $\pm$ STD		
	<i>P. calceolariae</i>	<i>P. longispinus</i>	<i>P. viburni</i>
Pheromone blend	50,0 $\pm$ 0,00 a	50,0 $\pm$ 8,16	12,5 $\pm$ 9,57
Specific pheromones	22,5 $\pm$ 9,57 b	42,5 $\pm$ 5,00	15,0 $\pm$ 5,77
	F = 21,87 p = 0,000	F = 3,64 p = 0,189	F = 0,20 p = 0,67

Conclusions

The three mealybug species studied present a positive attraction response to their conspecific pheromone.

The pheromone blend was attractive for the three species evaluated under the described conditions of the bioassay. This result indicated that would be possible to use a mix of pheromones to control more than one of mealybug species at the same time.

It is necessary to perform new tests using an olfactometer and subsequent validation in field conditions.

Acknowledgements

This work was supported by the Foundation for Agricultural Innovation (FIA), grant PYT 2017-0140 "Desarrollo de métodos de control de chichitas blancas (Hemiptera: Pseudococcidae) con feromonas sexuales para una fruticultura sustentable en un escenario de cambio climático".

* Doctoral fellowship CONICYT 2015



DISRUPCIÓN SEXUAL DE *Pseudococcus calceolariae* (MASKELL) (HEMIPTERA, PSEUDOCOCCIDAE), UNA TÉCNICA CON POTENCIAL EN HUERTOS FRUTALES

Carolina Ballesteros¹, Tania Zaviezo¹, Jan Bergmann², Alda Romero¹

¹Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC

²Instituto de Química PUCV



Chanchitos blancos (Hemiptera: Pseudococcidae) frente a un escenario de cambio climático: sobrevivencia y desarrollo a altas temperaturas



Castro, C., Miranda, S., Romero, A., Osorio, I., Zaviezo, T.
Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
Mccastro@uc.cl; Vicuña Mackenna 4860, CP 7820436, Macul, Santiago, Chile

Introducción

- Los chanchitos blancos son insectos polífagos y plagas primarias en frutales como vides, manzanos, cítricos y arándanos.
- En un escenario de cambio climático se espera que las temperaturas aumenten, con una mayor frecuencia de eventos extremos en el verano en Chile.
- Esto podría afectar el ciclo biológico y sobrevivencia de chanchitos blancos asociados a frutales en Chile central.
- El objetivo de este estudio fue determinar la duración del ciclo de desarrollo y sobrevivencia de *Pseudococcus calceolariae*, *P. viburni* y *P. longispinus* bajo condiciones de altas temperaturas

Materiales y Métodos

- Se iniciaron crías 10 hembras en papas con brotes etiolados en cajas individuales
- Se expusieron a 30°, 35° y 40° C (50 repeticiones).
- Se evaluó:
 - tiempo de desarrollo (días) de cada estado (huevo hasta adulto) (Fig. 1 – 2)
 - mortalidad de cada estado



Figura 1. Ninfa recién emergida (N1) de *Pseudococcus longispinus*



Figura 2. Adulto de *Pseudococcus calceolariae*

Resultados

Tiempo de desarrollo. A 30°C el 50% del estadio crawler – N1 se encuentra alrededor de los 10 días para *P. calceolariae* y *P. viburni*, con *P. longispinus* el cual tardando más tiempo, tendencia que se mantiene para los estados ninfales de N2 y N3 (Tabla 1, Figura 3).

Las tres especies alcanzan el estadio de hembra adulta alrededor de los 45 días.

Mortalidad:

A 35°C → muy poca eclosión de huevos, las ninfas que emergen viven algunos días y mueren.
A 40°C → huevos de las 3 especies se deshidratan y no emergen ninfas. Cuando los ensayos se inician con ninfa 2, estas mueren y no se desarrollan a esa temperatura.

A 35°C y 40°C → hembras no lograron generar descendencia o mueren en los primeros días

Tabla 1. Media del tiempo de desarrollo (días ± de) para los estadios desde crawler hasta adultos a 30°C.

Especie	Tiempo para alcanzar el estado de desarrollo (días)				
	Crawler - Ninfa 1	Ninfa 2	Ninfa 3	Hembras adultas	Machos adultos
<i>P. calceolariae</i>	9 ± 5,6	21,0 ± 15,5	30,0 ± 18,3	44,5 ± 10,6	57,0 ± 2,8
<i>P. longispinus</i>	14 ± 9,8	25,5 ± 14,8	41,5 ± 16,2	44,5 ± 20,5	26,5 ± 3,5
<i>P. viburni</i>	9 ± 5,6	24,5 ± 12,0	33,0 ± 15,5	47,5 ± 4,9	45,5 ± 6,3

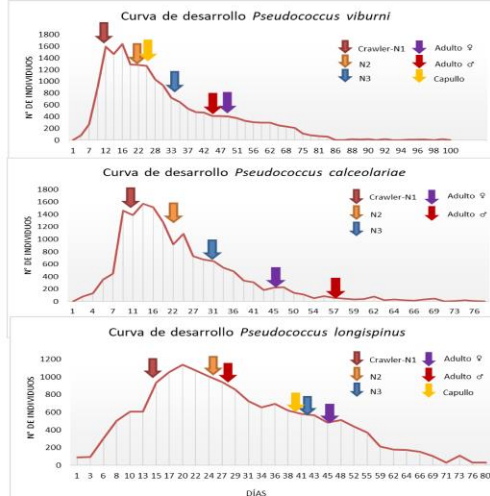


Figura 3. Tiempo de desarrollo de *P. calceolariae*, *P. viburni* y *P. longispinus* a 30°C. Las flechas representan donde ocurre el 50% del estadio

Conclusiones

- Temperaturas igual o mayores a 35°C no permiten el desarrollo de las especies en estudio en laboratorio.
- A 30°C es la única temperatura en la que se logra desarrollo y sobrevivencia.
- Por lo tanto, durante eventos extremos de alta temperatura en verano, estas especies serían negativamente afectadas

Agradecimientos: FIA PYT-2017-0140 (Chile).



17. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Arai, T. 2002. Attractiveness of sex pheromone of *Pseudococcus cryptus* Hempel (Homoptera: Pseudococcidae) to adult males in a citrus orchard. *Appl. Entomol. Zool.* 37: 69-72.
- Arbogast, R. T., Chini, S. R., & McGovern, J. E. 2005. *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae): spatial relationship between trap catch and distance from a source of emerging adults. *Journal of Economic Entomology* 98(2): 326-333.
- Bahder, B. W., Naidu, R. A., Daane, K. M., Millar, J. G., & Walsh, D. B. 2013. Pheromone-based monitoring of *Pseudococcus maritimus* (Hemiptera: Pseudococcidae) populations in concord grape vineyards. *Journal of Economic Entomology* 106(1): 482-490.
- Benelli, G.; Lucchi, A.; Thomson, D.; Ioriatti, C. Sex pheromone aerosol devices for mating disruption: Challenges for a brighter future. *Insects* 2019, 10.
- Bloomfield, J. P., R. J. Williams, D. C. Gooddy, J. N. Cape, & Guha, P. 2006. Impacts of climate change on the fate and behaviour of pesticides in surface and groundwater—a U.K. perspective. *Science of the Total Environment* 369:163–177.
- Boake, C. R., Shelly, T. E., & Kaneshiro, K. 1996. Sexual selection in relation to pest-management strategies. *Annual review of entomology* 41(1): 211-229.
- Cocco, A., Lentini, A., & Serra, G. 2014. Mating disruption of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in vineyards using reservoir pheromone dispensers. *Journal of Insect Science* 14(1): 144.
- Daane, K.M.; Almeida, R.P.P.; Bell, V.A.; Walker, J.T.S.; Botton, M.; Fallahzadeh, M.; Mani, M.; Miano, J.L.; Sforza, R.; Walton, V.M. 2012. Biology and Management of Mealybugs in Vineyards. In *Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions*; Springer New York; pp. 271–307.
- Daane, K.M.; Yokota, G.Y.; Walton, V.M.; Hogg, B.N.; Cooper, M.L.; Bentley, W.J.; Millar, J.G. 2020. Development of a mating disruption program for a mealybug, *Planococcus ficus*, in vineyards. *Insects* 11, 1–20.
- De Alfonso, I., Hernández, E., Velázquez, Y., Navarro, I. & Primo, J. 2012. Identification of the sex pheromone of the mealybug *Dysmicoccus grassii* Leonardi. *J. Agric. Food Chem.* 60: 1259-12964.
- El-Sayed, A.M.; Unelius, C.R.; Twidle, A.; Mitchell, V.; Manning, L.A.; Cole, L.; Suckling, D.M.; Flores, M.F.; Zaviezo, T.; Bergmann, J. 2010. Chrysanthemyl 2-acetoxy-3-methylbutanoate: the sex pheromone of the citrophilous mealybug, *Pseudococcus calceolariae*. *Tetrahedron Lett.*, 51, 1075–1078.

Fand, B.B Kamble, A.L. & Kumar, M. 2012. Will climate change pose serious threat to crop pest management: ¿A critical review? International Journal of Scientific and Research Publications 2(11): 1-14.

Flores, M.F., A. Romero, M. S. Oyarzún, J. Bergmann & Zaviezo, T. 2015. Monitoring *Pseudococcus calceolariae* (Hemiptera:Pseudococcidae) in Fruit Crops Using Pheromone-Baited Traps. Journal of Economic Entomology 108(5): 2397–2406.

Franco J.C, Suma P, Silva E.B, Blumberg D. & Mendel Z .2004. Management strategies of mealybug pests of citrus in Mediterranean countries. Phytoparasitica 32:507–522.

Franco J.C., Zada A. & Mendel Z .2009. Novel approaches for the management of mealybug pests. In: Ishaaya I, Horowitz AR (eds) Biorational control of Arthropod Pests: application and resistance management. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 233–278

Ioriatti, C.; Lucchi, A. Semiochemical Strategies for Tortricid Moth Control in Apple Orchards and Vineyards in Italy. J. Chem. Ecol. 2016, 42, 571–583.

Ioriatti, C.; Anfora, G.; Tasin, M.; De Cristofaro, A.; Witzgall, P.; Lucchi, A. Chemical ecology and management of lobesia botrana (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 2011, 104, 1125–1137.

IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) Cambridge University Press, Cambridge; United Kingdom and New York; NY, USA, pp. 996.

Kovanc, O. B., J.F. G.G. Kennedy and C. Schal. 2005a. Effects of application rate and interval on the efficacy of sprayable pheromone for mating disruption of the oriental fruit moth *Grapholita molesta*. Phytoparasitica 33: 334-342.

Kovanc, O.B., C. Schal, J.F. Walgenbach and G.G. Kennedy. 2005b. Comparison of mating disruption with pesticides for management of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in North Carolina apple orchards. J. Econ. Entomol. 98: 1248-1258.

Lentini, A., A. Mura, E. Muscas, M.T. Nuvoli and Cocco.2018. Effects of delayed mating on the reproductive biology of the vine mealybug, *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae). Bull. Entomolo. Res. 108: 263-270.

Lucchi, A., P. Suma, E., Ladurner, A. Iodice, F. Savino, R. Ricciardi, F. Cosci, E. Marchesini, G. Conte and G. Benelli. 2019. Managing the vine mealybug, *Planococcus ficus*, through pheromones-mediated mating disruption. Environ. Sci. Pollut. Res. 26:10708-10718.

Mafrá-Neto, A.; De Lame, F.M.; Fettig, C.J.; Munson, A.S.; Perring, T.M.; Stelinski, L.L.; Stoltman, L.L.; Mafrá, L.E.J.; Borges, R.; Vargas, R.I. 2013. Manipulation of insect behavior

with specialized pheromone and lure application technology (SPLAT®). ACS Symp. Ser., 1141, 31–58.

Millar, J. G., Daane, K. M., Mcelfresh, J. S., Moreira, J. A., Malakar-Kuenen, R., Guillén, M., & Bentley, W. J. 2002. Development and optimization of methods for using sex pheromone for monitoring the mealybug *Planococcus ficus* (Homoptera: Pseudococcidae) in California vineyards. Journal of Economic Entomology 95(4): 706-714.

Miller, J.R.; Gut, L.J. Mating disruption for the 21st century: Matching technology with mechanism. Environ. Entomol. 2015, 44, 427–453.

Petzoldt C and Seaman A 2006 Climate change effects on insects and pathogens. Fact sheet, Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses. Online: <http://www.panna.org/sites/default/files/CC%20insects&pests.pdf>

Reddy, G.V.P.; Guerrero, A. 2010. New pheromones and insect control strategies. Vitam. Horm., 83, 493–519.

Ricciardi, R.; Lucchi, A.; Benelli, G.; Suckling, D.M. 2019. Multiple mating in the citrophilous mealybug *Pseudococcus calceolariae*: Implications for mating disruption. Insects, 10, 1–14.

Robertson, S.P., L.A. Hull and D.D. Calvin. 2005. Tufted apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae) management model for processing apples based on early season pheromone trap capture. J. Econ. Entomol. 98: 1229-1235.

Romero-López A.A., R. Arzuffi y M.A. Morón. 2005. Feromonas y atrayentes sexuales de coleópteros melolonthidae de importancia agrícola. Folia Entomol. Mex., 44: 233-245.

Santibáñez, F. 2014. Los Desafíos que el Cambio Climático Plantea a la Agricultura del Siglo XXI. 65° Congreso Anual de la Sociedad Agronómica de Chile. Simiente 84(1-4):5-9.

Sharon, R.; Zahavi, T.; Sokolsky, T.; Sofer-Arad, C.; Tomer, M.; Kedoshim, R.; Harari, A.R. 2016. Mating disruption method against the vine mealybug, *Planococcus ficus*: effect of sequential treatment on infested vines. Entomol. Exp. Appl., 161, 65–69.

Smart, L.E.; Aradottir, G.I.; Bruce, T.J.A. 2014. Role of Semiochemicals in Integrated Pest Management; Elsevier Inc.

Suckling, D.M., A.R. Gibb, P.R Dentener, D.S. Seldon, G.K Clare, L. Jamieson, D. Baird, D.J. Kriticos and A.M. El Sayed. 2005. *Uraba lugens* (Lepidoptera: Nolidae) in New Zealand: pheromone trapping for delimitation and phenology. J. Econ. Entomol. 98: 1187-1192.

Vacas, S.; Vanaclocha, P.; Alfaro, C.; Primo, J.; Verdú, M.J.; Urbaneja, A.; Navarro-Llopis, V. 2012. Mating disruption for the control of *Aonidiella aurantii* Maskell (Hemiptera: Diaspididae) may contribute to increased effectiveness of natural enemies. Pest Manag. Sci., 68, 142–148.

Vacas, S.; Alfaro, C.; Primo, J.; Navarro-Llopis, V. 2015. Deployment of mating disruption dispensers before and after first seasonal male flights for the control of *Aonidiella aurantii* in citrus. *J. Pest Sci.* (2004)., 88, 321–329.

Vargas, R. I., Stark, J. D., Hertlein, M., Neto, A. M., Coler, R., & Piñero, J. C. 2008. Evaluation of SPLAT with spinosad and methyl eugenol or cue-lure for “attract-and-kill” of oriental and melon fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 101(3): 759-768.

Walton, V. M., Daane, K. M., Bentley, W. J., Millar, J. G., Larsen, T. E., & Malakar-Kuenen, R. 2006. Pheromone-based mating disruption of *Planococcus ficus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in California vineyards. *Journal of Economic Entomology* 99(4): 1280-1290.

Waterworth, R. A., Redak, R. A., & Millar, J. G. 2011. Pheromone-baited traps for assessment of seasonal activity and population densities of mealybug species (Hemiptera: Pseudococcidae) in nurseries producing ornamental plants. *Journal of Economic Entomology*, 104(2), 555-565.

Witzgall, P.; Kirsch, P.; Cork, A. Sex pheromones and their impact on pest management. *J. Chem. Ecol.* 2010, 36, 80–100.

Zhang, Z., H. Wang, G. Chen, O. Anderbrant, Y. Zhang, S. Zhou, E. Hedenstrom and H.E. Hogberg. 2005a. Sex pheromone for monitoring flight periods and population densities of the pine sawfly, *Diprion jingyuanensis* Xiao et Zhang (Hym., Diprionidae). *Journal of Applied Entomology* 129: 368-374.

Zhang, A., & Amalin, D. 2005b. Sex pheromone of the female pink hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera: Pseudococcidae): biological activity evaluation. *Environmental entomology*, 34(2), 264-270.