



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO**

**FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DEL ÁFIDO *Melanaphis donacis*
(Passerini) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) Y SU EFECTO SOBRE EL
RENDIMIENTO DE *Arundo donax* (L.)**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de
Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Sanidad Vegetal

NICOLE UNDURRAGA MONTALBA

Director de Tesis
GABRIELA LANKIN

Profesores consejeros
NICOLA FIORE
TOMISLAV CURKOVIC

Profesor colaborador
MÁXIMO ALONSO

SANTIAGO - CHILE
2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

FLUCTUACIÓN ESTACIONAL DEL ÁFIDO *Melanaphis donacis* (Passerini)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) Y SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE
Arundo donax (L.)

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Título Profesional de
Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención
Sanidad Vegetal.

NICOLE UNDURRAGA MONTALBA

	Calificaciones (Memoria de Título)	Calificaciones (Tesis de Grado)
Director de Tesis		
Gabriela Lankin Ingeniero Agrónomo, MS, Ph.D.	7,0	Aprobado
Profesores Consejeros		
Tomislav Curkovic Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,6	Aprobado
Nicola Fiore Ingeniero Agrónomo, MS, Ph.D.	6,6	Aprobado
Profesor Colaborador		
Máximo Alonso Ingeniero Agrónomo, MS, Ph.D.		

Santiago, Chile
2014

ÍNDICE

CAPÍTULO I:	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
Cultivos energéticos	1
Manejo de plagas en cultivos energéticos	1
<i>Arundo donax</i> (L.)	3
Origen	3
Fisiología	3
Requerimientos edafoclimáticos	4
Establecimiento y cosecha	4
Potencial de biomasa	4
Herbívoros asociados	5
<i>Melanaphis donacis</i> (Passerini)	6
Control de áfidos en poáceas	6
LITERATURA CITADA	9
CAPITULO II:	13
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE <i>Melanaphis donacis</i> (PASSERINI) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EN <i>Arundo donax</i> (L.)	
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	16
MATERIALES Y MÉTODOS	17
Ubicación del estudio	17
Material biológico	17
Manejo del experimento	17
Evaluaciones	18
RESULTADOS	20
Fluctuación poblacional de <i>M. donacis</i>	20
Enemigos naturales	22
Relación entre áfidos y enemigos naturales	24
DISCUSIÓN	25
Fluctuación poblacional	25
Aspectos generales en el uso del hábitat	25
Enemigos naturales	27
Relación entre áfidos y enemigos naturales	28
CONCLUSIONES	30
LITERATURA CITADA	31

CAPITULO III:	33
EFECTO DEL CONTROL DE <i>Melanaphis donacis</i> (PASSERINI) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) SOBRE EL RENDIMIENTO DE <i>Arundo donax</i> (L.)	
RESUMEN	33
ABSTRACT	34
INTRODUCCIÓN	35
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	36
MATERIALES Y MÉTODOS	37
Ubicación del estudio	37
Características del lugar de estudio	37
Suelo	37
Clima	38
Material biológico	39
Rizomas	39
Tratamientos y diseño experimental	40
Manejo del experimento	41
Preparación del suelo y plantación	41
Riego	41
Fertilización	42
Control de malezas	42
Control de plagas	42
Evaluaciones	43
Estimación del rendimiento	43
Recuento de áfidos	43
Análisis estadístico	44
RESULTADOS	45
Rendimiento de materia seca de <i>A. donax</i>	45
Población del áfido <i>M. donacis</i>	46
DISCUSIÓN	48
Efecto de las poblaciones de <i>M. donacis</i> en el rendimiento de <i>A. donax</i>	48
Efectividad de los tratamientos en el control de <i>M. donacis</i>	49
Rendimiento de <i>A. donax</i>	51
CONCLUSIONES	54
LITERATURA CITADA	55
CONCLUSIONES GENERALES	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Depredadores encontrados en plantas de <i>A. donax</i> cultivadas y silvestres.	22
Cuadro 2. Resultados de principales parámetros de fertilidad según análisis de suelo del campo experimental.	38
Cuadro 3. Principales variables agroclimáticas desde la plantación de los rizomas (octubre 2012) a la cosecha (junio 2013).	38
Cuadro 4. Características químicas del agua de riego según análisis en laboratorio.	41
Cuadro 5. Calendario aplicación de tratamientos para el control de <i>M. donacis</i> .	43
Cuadro 6. Rendimiento (media \pm DE) de <i>A. donax</i> bajo distintos tratamientos de control de <i>M. donacis</i> , (n=6 parcelas).	45
Cuadro 7. Promedios de áfidos por hoja (\pm DE) por tratamiento (n=18 muestras) durante la temporada diciembre 2012-mayo 2013.	46
Cuadro 8. Efecto de los tratamientos fitosanitarios en la densidad promedio de <i>M. donacis</i> por hoja, después de la primera aplicación	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número total de <i>Melanaphis donacis</i> por hoja durante el año 2013 en plantas cultivadas y silvestres de <i>Arundo donax</i> (L.).	20
Figura 2. Número de individuos alados en relación al número total de áfidos.	21
Figura 3. Número de depredadores en distintos estados de desarrollo en plantas cultivadas de <i>A. donax</i> .	22
Figura 4. Fluctuación poblacional de <i>Melanaphis donacis</i> y coccinélidos durante el año 2013 en plantas cultivadas (A) y silvestres (B) de <i>Arundo donax</i> (L.).	23
Figura 5. Imagen satelital del campo experimental en el Campus Antumapu de <i>Arundo donax</i> (L.) Google Earth, 2013.	37
Figura 6. Disposición espacial completamente al azar de los tratamientos en el cultivo experimental de <i>A. donax</i> en Antumapu.	40
Figura 7. Promedio de individuos de <i>M. donacis</i> a través de la temporada en los distintos tratamientos.	47

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera especial a mis padres por su amor, apoyo incondicional y paciencia en todo momento.

A mi sobrina, Gabriela, por brindarme tantas alegrías durante su cortos años de vida.

A mi profesora guía Gabriela Lankin, por su gran ayuda, apoyo y motivación constante durante este último proceso de mi vida universitaria.

A mi profesor colaborador Máximo Alonso, por su apoyo constante durante todo este proceso, sus acotaciones y aportes que me guiaron en la realización de esta tesis.

A Don Luis, que me ayudó y acompañó durante todos los días de mediciones en campo, y por su gran cariño.

A la Sra. Jeannette por su tan buena disposición siempre.

A mis amigos Pancho, Clau, Dns, Gise, Jota, Pato, Nacho, Diego, Feña y Matías por todos los excelentes momentos que vivimos, por compartir penas y alegrías, definitivamente mi estadía en Antumapu no hubiera sido lo mismo sin ustedes.

A todos mis amigos y personas importantes que me han acompañado durante este proceso: Cony, Perri, Valita, Camilo, Sico, Mau y Seba, gracias por su ánimo, ayuda y por siempre estar ahí.

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Cultivos energéticos

En la actualidad, el desarrollo de las energías renovables se ha transformado en un tema importante, producto del aumento en el consumo de combustibles fósiles, la necesidad de los países de diversificar su matriz energética, de disminuir la dependencia de las importaciones de combustibles y de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Todos estos factores han hecho necesario buscar alternativas que puedan actuar como sustituto o complemento a los combustibles convencionales (CATA, 2007).

Entre las alternativas para la producción de energía, surgen los cultivos energéticos, plantas de rápido crecimiento destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles. Estos cultivos deben cumplir idealmente ciertas características, tales como adaptarse a condiciones edafoclimáticas que permitan la ampliación de la frontera agrícola y que no tengan aprovechamiento alimentario en paralelo, también conocidos como de segunda generación (Román *et al.*, 2009).

Las hierbas perennes presentan muchos atributos para desarrollarse como cultivos energéticos, ya que tienen un alto potencial de rendimiento. Existe una diversidad de especies interesantes de evaluar su potencial de productividad, pero dentro de las más investigadas y promisorias se encuentran las gramíneas rizomatosas *Panicum virgatum* L., *Miscanthus* spp., *Phalaris arundinacea* L. y *Arundo donax* L. (Lewandowski *et al.*, 2003).

Estas especies han sido el centro de investigaciones en la zona del Mediterráneo y EE.UU bajo condiciones ambientales limitantes, y hoy constituyen cultivos prometedores para la producción de energía (Lewandowski *et al.*, 2000; Shatalov y Pereira, 2002). Además de su gran capacidad de adaptación, producen cantidades considerables de biomasa lignocelulósica (Mantineo *et al.*, 2009), que puede ser utilizada para la generación de calor y electricidad mediante la combustión directa o la producción de biocombustibles y biogás mediante pirolisis y gasificación (Yang y Wyman, 2008).

Manejo de plagas en cultivos energéticos

Los cultivos para biocombustibles, como cualquier sistema productivo, están expuestos a plagas y enfermedades, pero a diferencia de los cultivos para consumo humano, no existe regulación en su manejo sanitario, ya que los humanos no están directamente

expuestos a los productos finales, por lo que los residuos de plaguicidas no constituyen un problema o limitación (Fitt, 2011). Como consecuencia, para garantizar la ausencia de cualquier potencial plaga, los agricultores realizan aplicaciones de insecticidas de amplio espectro. Como ha quedado demostrado en los sistemas de cultivos existentes, el uso excesivo de insecticidas trae consigo una serie de consecuencias, entre ellas, la desaparición de enemigos naturales, lo que conduce al resurgimiento de plagas secundarias. También genera riesgos de desarrollo de resistencia de parte de la plaga objetivo y variados impactos ambientales negativos (Thomson y Hoffman, 2011).

Cabe destacar que una producción sostenible de cultivos energéticos tendría que lograr una producción sin importantes efectos negativos sobre el medioambiente. En este contexto, aspectos importantes que se deben considerar son, por ejemplo, el impacto sobre la biodiversidad, la demanda de fertilizantes nitrogenados, la erosión, el uso de plaguicidas y la demanda de energía fósil (Lewandowski y Schmidt, 2006).

En el caso de los cultivos para biocombustibles de primera generación (maíz, caña de azúcar, entre otros), numerosos estudios han permitido conocer el espectro de plagas y enfermedades y las opciones para su manejo (Landis y Werling, 2010), el que es cada vez más complejo, integrado y respetuoso con el medio (Fitt, 2011).

Sin embargo, para las especies que se han integrado a los sistemas de cultivos para biomasa más recientemente, como las gramíneas perennes, o cultivos de segunda generación, se tiene poca información en relación a los problemas sanitarios y su manejo. En estos casos se hace necesario conocer las potenciales plagas, sus posibles daños y consecuencias sobre el rendimiento, y al mismo tiempo, se debe evaluar si la presencia de estas plagas resulta en pérdidas de biomasa que justifiquen su control. Fitt (2011) plantea que es probable que los umbrales económicos en cultivos para bioenergía sean más altos, y por consiguiente pueden soportar mayores densidades de plagas.

Dado que los monocultivos para la producción de energía son cada vez más comunes en el mundo, y se prevé un aumento significativo en la producción de nuevos cultivos energéticos a nivel mundial en los próximos 10 a 20 años, es probable que nuevas plagas y/o enfermedades surjan junto a las ya existentes, por lo que uno de los mayores retos que se deben superar para una producción sustentable de cultivos energéticos, será educar y convencer a los productores de adoptar un enfoque preventivo, en vez de aplicar múltiples plaguicidas de manera irracional (Stewart y Cromey, 2011).

Las oportunidades de investigación que plantea la producción de cultivos bioenergéticos son muchas, y dado que la producción de biocombustibles es una actividad incipiente y en crecimiento, y los entomólogos aplicados tienen la responsabilidad de estudiar el efecto de los artrópodos sobre estos cultivos y las interacciones que puedan surgir. De esta manera se podrá establecer programas de manejo de plagas que minimicen el impacto en el ambiente, lo que tendrá un impacto significativo en la viabilidad económica de muchas especies de cultivos emergentes para bioenergía y proporcionará mejores herramientas para una producción sostenible de estos nuevos cultivos.

Arundo donax (L).

Origen

Pertenece a la subfamilia *Arundinoideae* de la familia *Poaceae* (Perdue, 1958), de origen asiático, pero también se considera como una especie nativa de los países que rodean el Mediterráneo (Lewandowski *et al.*, 2003).

Actualmente se distribuye en gran parte del mundo, en climas mediterráneos, templados-cálidos y sub-tropicales (Lewandowski *et al.*, 2003). Se cultiva en Asia, Sur de Europa, el Norte de África y Medio Oriente, para una variedad de propósitos, como la fabricación de instrumentos musicales, como material de construcción y sistemas de soporte para viñas, entre otros. Industrialmente se utiliza para la producción de celulosa. Fue introducido y ampliamente difundido en el norte y sur de América y en Australia durante el siglo XIX (Perdue, 1958).

Fisiología

Arundo donax es una gramínea perenne, con un ciclo fotosintético tipo C3, pero que tiene una alta tasa fotosintética y productividad similares a especies con ciclo C4 (Angelini *et al.*, 2009).

Crece en grupos densos, con tallos de 3-6 m de altura, pero pueden alcanzar 10 m en condiciones ideales (Mackenzie, 2004). Los tallos tienen un diámetro de 1-4 cm y son comúnmente ramificados en las plantaciones de 2 años o más.

Los rizomas se pueden extender hasta 1 metro de profundidad en el suelo (Mackenzie, 2004), pero por lo general se encuentran cerca de la superficie de éste (5-15 cm de profundidad, con un máximo de 50 cm), mientras que las raíces son más de 100 cm de largo (Sharma *et al.*, 1998).

Las hojas miden entre 30 y 100 cm de largo y 2 a 7 cm de ancho. Las flores, son panículas en posición vertical de 30 a 60 cm de largo. La floración se produce tardíamente en el verano. *Arundo donax* se considera como una especie de reproducción asexual, debido a la esterilidad de sus semillas (Sharma *et al.*, 1998), por lo que su reproducción se basa en la dispersión de rizomas y tallos, transportados por el agua. Cuando la planta está lejos del agua, la propagación es más lenta, y se produce por el crecimiento de nuevos tallos desde la base del rizoma (Mackenzie, 2004).

Requerimientos edafoclimáticos

Esta especie prefiere suelos bien drenados, con abundante humedad, pero tolera una amplia gama de condiciones, pudiendo prosperar en todo tipo de suelos, desde arcillas pesadas a arenas sueltas y suelos pedregosos (Perdue, 1958), poco fértiles, salinos, con pH entre 5 a 8,7 y responde positivamente a la fertilización (Bell, 1997).

A. donax, se ha clasificado como mesófito, hasta hidrófito o xerófito, ya que puede sobrevivir en condiciones de alta humedad o sequía por tiempos prolongados (Lewandowski *et al.*, 2003). Siendo una especie de climas templados-cálidos a subtropicales, puede tolerar una amplia gama de climas, que reciben entre 300-4000 mm de precipitación anual. En presencia de heladas puede sufrir graves daños, y no logra sobrevivir periodos prolongados de temperaturas de congelación (DiTomaso y Healy, 2003).

Establecimiento y cosecha

El establecimiento es el punto más crítico en el cultivo de *A. donax* y tiene una fuerte influencia sobre la productividad y la viabilidad económica. El éxito depende del material de propagación y la densidad de plantación. Debido a la esterilidad de sus semillas, para la producción comercial, se utiliza la propagación vegetativa (rizomas, tallos enteros y esquejes). Ensayos realizados han demostrado que el establecimiento por rizoma es el más prometedor, a pesar de alto costo en mano de obra (Christou *et al.*, 2005).

Esta especie se puede cosechar cada uno o dos años, en función de su uso. Dos cosechas por periodo de crecimiento son factibles, pero cortes reiterados no se recomiendan, ya que la producción total disminuye (Sharma *et al.*, 1998). Por ejemplo en regiones al sur de Europa, en *A. donax* destinado a la producción de energía, se recomienda cosechar a fines de invierno, con el fin de reducir el contenido de humedad de los tallos.

Potencial de biomasa

Entre los cultivos energéticos, *A. donax*, es uno de los mayores productores de biomasa. Las posibilidades para su cultivo a gran escala son prometedoras, ya que esta especie cumple con gran parte de los atributos claves deseados para plantas de producción de biomasa. Además de su alta productividad, al ser una planta perenne y que se reproduce por rizomas, necesita una baja dosis de fertilizantes debido al reciclaje interno de nutrientes (Mariani *et al.*, 2010), lo que reduce el requerimiento de insumos agrícolas.

Otra característica que lo hace una buena opción como cultivo energético, es que en las zonas donde crece no produce semillas viables. Así, los productos de la fotosíntesis se canalizan en la biomasa lignocelulósica y no en la producción de semillas (Perdue, 1958; Dudley, 2000; Di Tomaso y Healey, 2003). Esto también reduce su dispersión, y por lo tanto, su potencial como especie invasora (Pilu *et al.*, 2012).

La productividad potencial puede alcanzar hasta las 100 Mg de materia fresca ha⁻¹ año⁻¹ en el segundo o tercer período de crecimiento en condiciones óptimas (Shatalov y Pereira, 2002). En Italia (Angelini *et al.*, 2005) establecieron que los cultivos de *A. donax* duran alrededor de 10 a 12 años con un buen rendimiento, sin fertilización, sin riego ni tratamientos fitosanitarios. Angelini *et al.* (2009) reconocieron diferentes fases de rendimiento durante el desarrollo del cultivo: Durante el primer año la producción de materia seca fue de 30 Mg ha⁻¹, durante el segundo y tercer año se registró su máxima productividad, llegando a las 45 a 50 Mg ha⁻¹, manteniéndose constante entre el cuarto y octavo año con valores de 35 a 40 Mg ha⁻¹. Finalmente, después del noveno año se obtuvo el valor más bajo, del orden de 25 a 30 Mg ha⁻¹.

Herbívoros asociados

Muy pocos insectos se han citado sobre *A. donax*, ya que sus tallos y hojas contienen varias sustancias químicas nocivas que la protegerían del daño de insectos y otros herbívoros, como por ejemplo sílice, tri-terpenos, ácido hidroxámico, entre otros (Zuñiga *et al.*, 1983), y numerosos otros alcaloides (Miles *et al.*, 1993). Con ello, *A. donax* se considera resistente a las plagas (Lewandowski *et al.*, 2003). Otros autores también ha sugerido que el tejido de *A. donax* no es fácil de digerir por herbívoros generalistas (Miles *et al.*, 1993; Spencer *et al.* 2005), lo que puede explicar el gran crecimiento y propagación de la planta. Cuando *A. donax* está maduro, tiene una relación C: N de 22:1, valor que se considera muy alto para la dieta de herbívoros generalistas (Spencer *et al.*, 2007). En cambio los brotes jóvenes serían más adecuados para ser consumidos por su palatabilidad, pero por el rápido crecimiento de *A. donax*, está característica duraría un corto periodo.

Aunque gran parte de los estudios realizados sobre los insectos asociados a *A. donax* se han enfocados en reducir las poblaciones de esta planta como maleza invasora, estos trabajos permiten conocer parte del complejo de herbívoros asociados, y se han identificado 21 especies de insectos herbívoros polífagos (Tracy y DeLoach, 1999).

Los artrópodos asociados a *A. donax* se han dividido en tres categorías, según su especificidad con el hospedero: (1) insectos potencialmente monófagos, como por ejemplo el himenóptero *Tetramesa romana* (Walker) que es el principal candidato para ser usado como controlador biológico de arundo como maleza, (2) insectos oligófagos que se desarrollan en los géneros *Arundo* y *Phragmites*, por ejemplo, el hemíptero *Rhizaspidotus donacis* (Leonardi); y (3) insectos polífagos, que se desarrollan en muchas especies de poáceas además de *Arundo*, grupo en el que se encuentran una serie de áfidos, donde destaca *Melanaphis donacis* (Passerini), como el principal áfido que se alimenta sobre *A. donax*, el cual también ha sido reportado en los géneros *Phragmites* y *Bambusa* (Tracy y DeLoach, 1999).

Otros áfidos registrados sobre *A. donax* en la literatura son: *Hyalopterus amygdali*, *H. pruni*; *Hysteroneura setariae*; *Macrosiphum euphorbiae*; *M. sacchari*; *Metoplophium dirhodum*; *Myzus ornatos*, *M. persicae*; *Rhopalosiphum maidis*, *R. padi*, *R. rufiabdominale*; *Schizaphis graminum* y *Sipha maydis* (Blackman y Eastop, 2000).

En Chile, no existen cultivos comerciales de *A. donax*, por lo que no ha sido necesario estudiar los insectos asociados a esta especie, y a la fecha, el único que ha sido reportado es *M. donacis*. Este áfido fue detectado por primera vez por el Servicio Agrícola y Ganadero en 2004 en Talagante, Región Metropolitana y después se ha registrado su presencia en las regiones I, III y V, en todos los casos asociado a *Chusquea* sp. (Poaceae (SAG, 2004). También se ha encontrado en plantaciones experimentales de *A. donax* para bioenergía que existen desde el año 2011 en el Campus Antumapu de la Universidad de Chile donde se ha controlado su presencia de manera preventiva con agroquímicos, ya que se desconoce el impacto sobre el rendimiento del cultivo.

***Melanaphis donacis* (Passerini)**

Melanaphis van de Goot es un género de Rhopalosiphina, Aphidinae, en el cual se han descrito 25 especies, muy próximo al género *Rhopalosiphum*. Este género está asociado a las familias Poaceae y Rosaceae, y sólo unas pocas especies han mostrado alternancia de hospederos, siendo herbívoro especialista en gramíneas y raramente en monocotiledóneas de algunas otras familias (Remaudière y Remaudière, 1997; Blackman y Eastop, 2000).

La especie *M. donacis*, sería de origen mediterráneo, ya que es conocida en gran parte del sur de Europa, en el norte de África y en Asia hasta la India y Sudamérica ha sido descrita recientemente, específicamente en Argentina y Chile (Ortego *et al.*, 2004)

Este áfido se reconoce con facilidad por su aspecto pulverulento-blanquecino, debido a su abundante secreción cérica, con una zona dorso-abdominal sin cera y oscura. Forma grupos compactos en las hojas de las cañas de *Arundo* spp.; los individuos desprovistos de cera son oscuros a negros, pardos o violáceos (Ortego *et al.*, 2004). *M. donacis* es monoica y básicamente holocíclica sobre *A. donax*, pero puede mantenerse anholocíclicamente (Heie, 1986).

Control de áfidos en poáceas

Entre los insectos plaga que afectan a las gramíneas, los áfidos (Hemiptera: Aphididae) son uno de los más importantes (Huggett *et al.*, 1999) ya que debilitan los cultivos y, ante las infestaciones densas, con consecuentes pérdidas económicas, se hace necesario su control.

La capacidad de desarrollar poblaciones densas rápidamente convierte a los áfidos en plagas de importancia, ya que causan pérdidas considerables en rendimiento y/o calidad en la mayoría de los cultivos hortícolas y frutícolas. Esto ocurre como resultado de: (i) su gran potencial reproductivo, debido a su partenogénesis durante gran parte del año, y sus ciclos de vida cortos (Dedryver *et al.*, 2010), (ii) su capacidad de dispersión en respuesta a cambios a corto plazo en el tamaño de su población y la calidad del hospedero (senescencia de la planta) (Taylor, 1986), y (iii) su adaptabilidad para

sobrevivir en el entorno donde se establecen, a pesar de que su modo de reproducción es afectado considerablemente por las condiciones climáticas (Gilabert *et al.*, 2009).

Los pulgones debilitan a las plantas hospederas directa o indirectamente. Al alimentarse del floema que contiene los nutrientes necesarios para el crecimiento y reproducción de las plantas o por la inyección de saliva que puede resultar fitotóxica, provocan a veces deformaciones en las hojas más nuevas. Además, durante su proceso de alimentación, la secreción azucarada de los áfidos sobre las hojas favorece la aparición de fumagina (ascomycetes saprófitos), la que dificulta la fotosíntesis. Además, esta secreción altera el tejido de la planta secando las hojas o alterando el crecimiento de éstas (Dedryver *et al.*, 2010). Pero el principal problema que genera la presencia de áfidos es su capacidad de actuar como vectores de casi el 50% de los fitovirus que de los que se tiene registro (Katis *et al.*, 2007). Por ejemplo, el virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) transmitido exclusivamente por áfidos, es una de las enfermedades más devastadoras de los cultivos de cereales en todo el mundo (Plumb, 1983), generando pérdidas de rendimiento entre 11 a 47% en trigo y de 5 a 33% en la cebada (Lister y Ranieri, 1995). Además de los cultivos de cereales, hay más de 150 especies documentadas hospederas de BYDV, todas ellas pertenecientes a la familia *Poaceae* (D'arcy, 1995).

El control químico sigue siendo la herramienta más utilizada por los agricultores para el control de áfidos, y en los cultivos destinados a la producción de energía, utilizar productos químicos de amplio espectro iría contra el progreso en el desarrollo del control sostenible de plagas (Thompson y Hoffman, 2011). Por ello ha sido necesario encontrar alternativas de control que sean viables tanto del punto de vista ambiental como económico, y el uso de detergentes agrícolas ha surgido como respuesta a esta búsqueda (Curkovic, 2003), ya que toxicológicamente son de mucho menor impacto que los plaguicidas convencionales, eficaces en plagas de cuerpo pequeño y cutícula blanda como los áfidos (Cranshaw, 2001), además de ser compatibles con esquemas de manejo integrado de plagas (Curkovic, 2003). La acción plaguicida de este producto se debería a su propiedad de disolver grasas y eliminar las capas cerosas de la cutícula de insectos y plantas, además de romper las membranas celulares lo que causa deshidratación y muerte de los individuos (Curkovic *et al.*, 1995). Los detergentes también se caracterizan por reducir la tensión superficial, lo que permite que el agua penetre a los espiráculos y ahogue a los insectos. También tienen la capacidad de desprender individuos desde el follaje cuando se aplican con altos volúmenes de agua (Ripa *et al.*, 2006). La actividad de estos compuestos probablemente se deba a la acción conjunta de varios de los mecanismos señalados (Curkovic, 2003).

El uso de productos químicos selectivos o de bajo impacto, promueven el desarrollo de una comunidad más diversa de enemigos naturales, los que pueden llegar ejercer un control efectivo de la plaga en el campo, lo que es importante, puesto que los áfidos tienen un número considerable de enemigos naturales entre los que se encuentran varias especies de depredadores dentro de los órdenes Coleoptera (Coccinellidae), Diptera (Syrphidae, Cecidomyiidae), Neuroptera (Chrysopidae), así como parasitoides del orden Hymenoptera (Wratten y Powell, 1991).

La posibilidad de reducir los insumos agrícolas, tales como los fertilizantes, herbicidas, insecticidas, entre otros, para mejorar la eficiencia en la producción de los cultivos energéticos, ha generado diversas líneas nuevas de investigación. En este contexto, el presente estudio constituye un aporte al conocimiento del manejo fitosanitario

sustentable de cultivos con fines energéticos, ya que, existe poca información sobre la susceptibilidad a las plagas y patógenos, y las implicaciones de éstos en la producción de cultivos para biocombustibles, particularmente *A. donax* (Ingwell *et al.* 2014).

Considerando estos antecedentes se ha motivado la investigación y el desarrollo de la presente tesis, cuya hipótesis y objetivos se plantean en los siguientes capítulos.

LITERATURA CITADA

Angelini, L.G.; L. Ceccarini and, E. Bonari. 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *European Journal of Agronomy*, 22: 375-389.

Angelini, L.G.; L. Ceccarini, N. Di Nasso, and E. Bonari. 2009. Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33:635-643.

Bell, G. 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. In: Brock, J.H., M. Wade, P. Pysek, and D. Green (eds.), *Plant invasions: Studies from North America and Europe*. Blackhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 103-113.

Blackman, R.L. and V.F. Eastop. 2000: *Aphids on the world's crops. An identification and information guide*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Chichester, UK. 414 p.

CATA (Centro Avanzado de Gestión, Innovación y Tecnología para la Agricultura). 2007. Evaluación del potencial productivo de biocombustibles en Chile con cultivos agrícolas tradicionales. Departamento de Industrias, Universidad Técnica Federico Santa María. 115p.

Cranshaw, W.S. 2001. Insect control: soaps and detergents. Recuperado en: <<http://www.ext.colostate.edu/PUBS/insect/05547.html>> Consultado el: 17 de marzo 2014.

Christou, M; M. Mardikis and E, Alexopoulou. 2005. Biomass production from perennial crops in Greece. Proceedings of 14th European conference and technology exhibition on biomass for energy, industry and climate protection. 4p.

Curkovic, T. 2003. Control de plagas frutales con detergents. *Aconex*, 81: 18-23.

Curkovic, T.; R. González y G. Barría. 1995. Control de ninfas de primer estado de *Saissetia oleae* (Oliver) con detergents en pomelos y laurel de flor. *Simiente* 65(1-3): 133-135.

D'Arcy, C.J. 1995. Symptomology and host range of barley yellow dwarf. pp 9–28. In: D'Arcy C.J, Burnett P.A, eds. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. St. Paul, MN, USA: The American Phytopathological Society.

Dedryver, C.; A.A. LeRalec, and F.Fabre. 2010. The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus Biologies*, 333: 539-553.

DiTomaso, J.M, and E.A. Healy. 2003. Aquatic and riparian weeds of the west. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication. 442p.

Dudley, T.L. 2000. *Arundo donax* L. pp. 53-58. In :Brossard, C.C., J.M. Randall, and M.C. Hoshovsky (eds.), *Invasive plants of California's wild lands*. University of California Press, Berkeley, California.

Fitt, G. 2011. Critical issues in pest management for a future with sustainable biofuel cropping. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3: 71-74.

Gilbert, A.; J. Simon, L. Mieuze, F. Halkett, S. Stoeckel and C. Dedryver. 2009. Climate and agricultural context shape reproductive mode variation in an aphid crop pest. *Mol Ecol*, 18: 3050-3061.

Heie, O.E. 1986. The Aphidoidea (Hemiptera) of Fennoscandia and Denmark. III. Family Aphididae: subfamily Pterocommatinae & tribe Aphidini of the subfamily Aphidinae. Fauna *Entomol Scandinavica*, 17: 1-314.

Huggett, D.A.J.; S.R. Leather and K.F.A. Walters. 1999. Suitability of the biomass crop *Miscanthus sinensis* as a host for the aphids *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Rhopalosiphum maidis* (F.), and its susceptibility to the plant luteovirus Barley Yellow Dwarf Virus. *Agricultural and Forest Entomology*, 1: 143-149.

Ingwell, L.; R. Zemetra, C. Mallory-Smith and N. Bosque-Pérez. 2014. *Arundo donax* infection with *Barley yellow dwarf virus* has implications for biofuel production and non-managed habitats. *Biomass and Bioenergy*: In press.

Katis, N.; J. Tsitsipis, M.Y. Stevens, and G.Powell. 2007. Transmission of plant viruses. pp. 353-377 In: van Emden, H., and R. Harrington (eds.), *Aphids as crop pests*. CABI, London.

Landis, D. and B.P. Werling. 2010. Arthropods and biofuel production systems in North America. *Insect Science*, 17: 220-236.

Lewandowski, I., J.C. Clifton-Brown, J.M.O. Scurlock and W. Huisman. 2000. European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*, 19: 209-227.

Lewandowski, I.; J.M.O Scurlock., E. Lindvall, and M. Christou. 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25: 335-361.

Lewandowski, I. and U. Schmidt. 2006. Nitrogen, energy and land use efficiencies of *Miscanthus*, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 335-346.

Lister, R.M. and R. Ranieri. 1995. Distribution and economic importance of barley yellow dwarf. In: D'Arcy CJ, Burnett PA, eds. *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. St. Paul, MN, USA: The American Phytopathological Society, 29-53.

Mackenzie, A. 2004. Giant reed. *In*: Harrington, C., and A. Hayes. Eds. The Weed Workers' Handbook. Recuperado en: <http://www.cal-ipc.org/file_library/19646.pdf> Consultado el: 21 de abril 2014.

Mantineo, M.; G.M. D'Agosta, V. Copani, C.Pataneand, and S.L. Cosentino. 2009. Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 114: 204-213.

Mariani, C.; R. Cabrini, A. Danin, P. Piffanelli, A. Fricano, S. Gomasasca, M. Dicandilo, F. Grassi and C. Soave. 2010. Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundo donax* L.): a promising weedy energy crop. *Annals of Applied Biology*, 157: 191-202.

Miles, D.H.; K. Tunsuwan, V. Chittawong, U. Kokpol, M. I. Choudhary, & J. Clardy. 1993. Boll weevil antifeedants from *Arundo donax*. *Phytochemistry* (Oxford): 34: 1277-1279.

Ortego, J.; M. Difabio, y M. Mier Durante. 2004. Nuevos registros y actualización de la lista faunística de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de la Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argentina*, 63(1-2): 19-30.

Perdue, R.E. 1958. *Arundo donax*: source of musical reeds and industrial cellulose. *Economic Bot*, 12: 368-404.

Pilu, R.; A. Bucci, F. ,and M. Landoni.2012. Giant reed (*Arundo donax* L.): A weed plant or a promising energy crop? *African Journal of Biotechnology*, 11(38): 9163-9174.

Plumb, R.T. 1983. Barley yellow dwarf virus: a global problem. *In*: Plumb, R.T., J.M. Thresh (eds.) Plant virus epidemiology. Boston, M.A: Blackwell Scientific Publications. pp. 185-198.

Remaudière, G. et M. Remaudière. 1997. Catalogue des Aphididae du monde /Catalogue of the world's Aphididae. Homoptera Aphidoidea SSN1150-3912. Institut National de la Recherche Agronomique, París, 478 p.

Ripa, R.; F. Rodríguez, P. Larral y R. Luck. 2006. Evaluación de un detergente en base a benceno sulfonato de sodio para el control de la mosquita blanca *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae) y de la arañita roja *Panonychus citri* (Mcgregor) (Acarina: Tetranychidae) en naranjos y mandarinos. *Agricultura Técnica (Chile)*, 66: 115-123.

Román, C., K. Vásquez, R. Valenzuela, G. Martínez, G. Lillo, L. Morales, R. Fuster, A. de la Fuente, J.M. Uribe, L. Faúndez y M. Paneque. 2009. Cultivos energéticos: una apuesta de futuro. M. Paneque (ed.). Santiago, Chile. 224 p.

SAG (Servicio Agrícola y Ganadero). 2004. Informe anual del Subdepartamento de Vigilancia y Control de Plagas Forestales y Exóticas Invasoras. División Protección Agrícola. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 116 p.

- Sharma, K.P.; S.P.S. Kushwaha, and B.Gopal. 1998. A comparative study of stand structure and standing crops of two wetland species, *Arundo donax* and *Phragmites karka*, and primary production in *Arundo donax* with observations on the effect of clipping. *Trop. Ecol*, 39: 3-14.
- Shatalov, A.A. and H. Pereira. 2002. Influence of stem morphology on pulp and paper properties of *Arundo donax* L. reed. *Industrial Crops and Products*, 15: 77-83.
- Spencer, D.; A. Sher, D. Thornby, P.S. Liow, G. Ksander, and W. Tan. 2007. Non-destructive assessment of *Arundo donax* (Poaceae) leaf quality. *Journal of Freshwater Ecology*, 22: 277-285.
- Spencer D. F.; G.G. Ksander and L.C. Whitehand. 2005. Spatial and Temporal Variation in RGR and Leaf Quality of a Clonal Riparian Plant: *Arundo donax*. *Aquat. Bot.* 81: 27-36
- Stewart, A. and M. Crome. 2011. Identifying disease threats and management practices for bioenergy crops. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3:75–80.
- Taylor, L. R. 1986. The distribution of virus disease and the migrant vector aphid. In: Mc Lean, G. D.; R.G. Garrett and W.G. Ruesink. (eds.), *Plant Virus Epidemics: Monitoring, Modelling and Predicting Outbreaks*. Academic Press, Sydney. 35-37.
- Thomson, L., and A. Hoffmann. 2011. Pest management challenges for biofuel crop production. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3: 95.
- Tracy, J., and C.J. DeLoach. 1998. Suitability of classical biological control for giant reed (*Arundo donax*) in the United States. In: Bell, C.E. (ed.), *Arundo and Saltcedar Management Workshop Proceedings*, 17 June, 1998 Ontario, California. University of California Cooperative Extension, Holtville, California.
- Wratten, SD., and W. Powell. 1991. Cereal aphids and their natural enemies. pp. 233-257. In: Firbank, I.G., N. Carter, J.F. Darbyshire, and G.R. Potts (eds.), *The ecology of temperate cereal fields*. 32nd Symp. Br. Ecol. Soc., Blackwell Scientific, Oxford, UK.
- Yang, B. and C.E. Wyman. 2008. Pretreatment: the key unlocking low-cost cellulosic ethanol. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 2:26-40.
- Zúñiga, G.E.; V.H. Argandoña, H.M. Niemeyer, and L.J. Corcuera. 1983. Hydroxamic acid content in wild and cultivated Gramineae. *Phytochemistry*, 22: 2665-2668.

CAPITULO II: FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Melanaphis donacis* (PASSERINI) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EN *Arundo donax* (L.)

RESUMEN

El desarrollo de fuentes de energía renovable, particularmente de cultivos energéticos como la caña común, *Arundo donax*, hace necesario identificar las potenciales plagas asociadas y sus posibles consecuencias en la producción.

El áfido *Melanaphis donacis* (Passerini), es el principal artrópodo que se ha visto asociado a esta especie en parcelas experimentales en la región Metropolitana. Con el objetivo de aportar información básica para un futuro desarrollo de este cultivo y diseñar estrategias de manejo adecuadas y oportunas, se estudió el cambio en abundancia durante un año (2013) de la población de este áfido.

Los niveles poblacionales se midieron a través de colectas quincenales de áfidos sobre hojas, desde parcelas sin tratamientos insecticidas y de una población silvestre de *A. donax*, realizando un recuento directo, calculando la media del número de áfidos por hoja por día de muestreo. El áfido estuvo presente durante todo el año en plantas de *A. donax* cultivado, siendo especialmente abundante en primavera-verano, con un número promedio máximo de 243 individuos hoja⁻¹, mientras que en las plantas silvestres sólo se llegó a un máximo de 147 áfidos hoja⁻¹.

Además, se observaron abundantes enemigos naturales, especialmente coccinélidos y sírfidos, los que podrían estar contribuyendo a mantener las poblaciones de áfidos bajo niveles dañinos.

Palabras clave: Cultivos energéticos, control natural, dinámica poblacional insectos.

ABSTRACT

The development of renewable energy, particularly energy based on crops such as the giant reed, *Arundo donax*, this make necessary to identify potential associated pests and their possible impact on their production.

The aphid *Melanaphis donacis* (Passerini) is the main arthropod that has been associated with this specie in experimental plots in the Metropolitan region. In order to provide basic information for future development of this crop and design management strategies that are appropriate and suitable, the variation of population of this aphid was studied for one year (2013).

Population levels were measured through fortnightly collections of leaves from wild plots of *A. donax* without insecticide treatments, counting and recording the average per leave and sampling day. The aphid was present throughout year long, being especially abundant in spring and summer, with a maxim average number 243 individuals per leaf, while in wild plants only reached to a maximum of 147 aphids per leaf.

Also natural enemies that help to keep aphid populations under damaging levels were observed abundantly, especially ladybirds and hoverflies.

Keywords: Population dynamics, energy crops, natural control .

INTRODUCCIÓN

Entre los insectos plaga que afectan a las gramíneas, los áfidos (Hemiptera: Aphididae) son uno de los grupos más importantes, ya sea por su acción directa o indirecta (Huggett *et al.*, 1999), por lo que su manejo es un componente importante para la gestión y mantención de los rendimientos.

Para lograr un adecuado manejo fitosanitario de los áfidos, es esencial conocer su distribución temporal y espacial. Esto permite diseñar sistemas de manejo y programar las medidas más adecuadas para anticiparse a su aparición o épocas más críticas y minimizar el impacto que puedan causar sobre el cultivo (Dixon, 1998). Además, el conocimiento de la dispersión en los estudios de densidad, agregación y dinámica poblacional, permite definir los sistemas de muestreo más eficientes, establecer los niveles de daño económico de las especies plaga y conocer el funcionamiento del ecosistema (Nault *et al.*, 2004).

Además, es necesario conocer la dinámica poblacional de los enemigos naturales de las plagas (Salas-Araiza *et al.*, 1999), ya que esto permite aprovechar los servicios que estos organismos pueden brindar en el cultivo, logrado una gestión adecuada y oportuna frente a potenciales plagas y realizando de esta manera un manejo integrado de plagas que garantice cultivos más rentables, minimizando al mismo tiempo el impacto adverso sobre el medioambiente.

En el caso del establecimiento de nuevos cultivos, como cultivos energéticos, y en el caso de *A. donax* en particular, no se cuenta con información sobre áfidos o alguna otra especie de insectos asociados en la Región Metropolitana. Además, existe poca información sobre el áfido *M. donacis*, por lo que en el presente estudio se busca generar información en relación a la fluctuación estacional y abundancia de *M. donacis*. Secundariamente, se busca conocer algunos aspectos sobre la abundancia de enemigos naturales de este áfido en *A. donax* en la Región Metropolitana.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Conocer la fluctuación en la abundancia poblacional durante un año, del áfido *M. donacis* en plantas de *A. donax*, en la Región metropolitana de Chile.

Objetivos específicos

- Determinar el grado natural de infestación de *M. donacis*, durante un año, en plantas silvestres de *A. donax*
- Determinar el grado de infestación de *M. donacis*, durante un año, en plantas cultivadas de *A. donax*
- Conocer algunos aspectos de uso del hábitat de *M. donacis* en plantas de *A. donax*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

Este estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental del Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, comuna de La Pintana, Santiago, Región Metropolitana, en un cultivo experimental de *Arundo donax* L. (Poaceae) destinado a bioenergía, con una ubicación geográfica en coordenada UTM, WGS84, huso 19S, 348036.47 E y 6284634.24 S.

Además se utilizó plantas silvestres de *A. donax*, seleccionadas por la cercanía con el cultivo experimental. Ésta se encontraba dentro de una zona urbana, en la cual existían terrenos experimentales de cultivos productivos cercanos (avena, trigo). En el lugar se observó abundante maleza alrededor y un curso de agua inmediatamente al lado de las plantas, probablemente correspondiente a un canal de regadío.

Material biológico

Rizomas: Los rizomas fueron obtenidos de individuos silvestres de *Arundo donax* L. ubicados en el sector de Rinconada de Maipú, en la intersección de Camino a Rinconada y Población Joaquín Olivares, los cuales fueron transportados hacia el lugar de estudio y se seleccionaron por tamaño, escogiendo aquellos que presentaran al menos una yema y que su peso fuera de 200-300 gr.

Manejo del experimento

Preparación del suelo: La preparación del suelo consistió en pasar arado de vertedera en una oportunidad y posteriormente pasar rastra de discos dos veces.

Plantación: En camellones, en parcelas de 4 m² cada una.

Densidad: Definida por la distancia entre hilera DEH= 1m y una distancia sobre la hilera DSH= 0.5 m, lo que equivale a 20.000 plantas por hectárea.

Fecha de plantación: 01 de Octubre de 2012.

Cosecha: A partir del 3 de junio de 2013.

Evaluaciones

Época de muestreo

El monitoreo de la abundancia de áfidos se realizó cada quince días desde la plantación de los rizomas el 1 de Octubre 2012 y la toma de muestras a partir del 17 de Diciembre 2012, fecha en que se observaron los primeros individuos colonizando plantas de *A. donax* y se prolongó hasta la cosecha a partir del 1 de Junio 2013.

Posteriormente se continuó visitando el cultivo experimental mientras las plantas rebrotaban y los áfidos recolonizaban las parcelas, y al mismo tiempo se mantenían los muestreos en plantas silvestres. Este segundo período de seguimiento se realizó hasta inicios del año 2014.

Unidad de muestreo

En el cultivo experimental se utilizaron 6 parcelas y se escogieron 3 plantas al azar de cada parcela, visualmente similares en desarrollo. A estas plantas se les cortó con una tijera podadora la 3ª hoja más nueva a partir del ápice, generando 18 muestras por cada día de colecta.

Manejo de la muestra

Cada hoja fue puesta individualmente en una bolsa plástica etiquetada y cerrada herméticamente. Las bolsas se transportaron en una nevera portátil a baja temperatura al laboratorio de Entomología de Cultivos del departamento de Sanidad Vegetal de la Universidad de Chile. Ahí se contaron los áfidos presentes en ambas superficies de la hoja sumando a los que quedaban en la bolsa, bajo lupa estereoscópica (Zeiss Stemi DV4), registrando separadamente áfidos ápteros, alados y momificados. En cada fecha de muestreo se calculó la media del número de áfidos por hoja.

Para las plantas silvestres se utilizó el mismo método de muestreo, con la diferencia de que se seleccionaron 18 plantas al azar, a las cuales se le cortó la 3ª hoja para realizar el recuento de áfidos.

Ni las plantas cultivadas ni las silvestres muestreadas recibieron tratamiento fitosanitario de ningún tipo, con la diferencia que las plantas cultivadas fueron cosechadas durante la temporada de muestreo.

Registro de enemigos naturales

Se registró la presencia de enemigos naturales de áfidos, por lo que, para complementar la investigación, se contaron individuos en diferentes estados de desarrollo presentes en las hojas colectadas.

Otras observaciones

Paralelo al muestreo de áfidos se hicieron observaciones generales en todas las parcelas, para conocer algunos aspectos en el uso del hábitat de los áfidos en las plantas de *A. donax*, como su distribución y la ocupación de la planta hospedera, y además para describir la incidencia de daños causados por los áfidos.

Toda la información recopilada se analizó en forma descriptiva, construyendo gráficos que permitieron describir parte de la dinámica poblacional de *M. donacis* y de sus enemigos naturales sobre *A. donax*.

RESULTADOS

Fluctuación poblacional de *M. donacis*

En el cultivo los recuentos comenzaron a mediados de diciembre del 2012, momento en el que se observaron los primeros individuos colonizando las plantas. A partir de esa fecha se observó un aumento en el número de individuos durante todo el transcurso del verano, disminuyendo a inicios de otoño hasta la cosecha de las plantas a inicios de junio del 2013 (Figura 1).

El mayor valor promedio de áfidos por hoja se observó a principios de marzo con 243 individuos, destacando una muestra con 554 áfidos, como el mayor número registrado en una hoja en el conteo directo bajo lupa.

En cuanto a la fluctuación observada en plantas silvestres, durante los primeros muestreos ésta tendió a ser levemente irregular en comparación con las plantas cultivadas (Figura 1). En las plantas silvestres se calculó un máximo promedio de 147 individuos por hoja, con 350 áfidos, como el mayor número observado por conteo directo.

La Figura 1 muestra el número de áfidos colectados en cada muestreo. Las curvas, tanto en cultivos como en plantas silvestres, sugieren que las poblaciones de *M. donacis* presentan un máximo anual durante el verano, el cual disminuye hacia el otoño, con un leve repunte en abril. Hacia comienzos del invierno las poblaciones desaparecen y reapareciendo y creciendo nuevamente hacia fines de esta estación. Al acercarse la primavera el número de individuos aumenta paulatinamente hasta el verano.

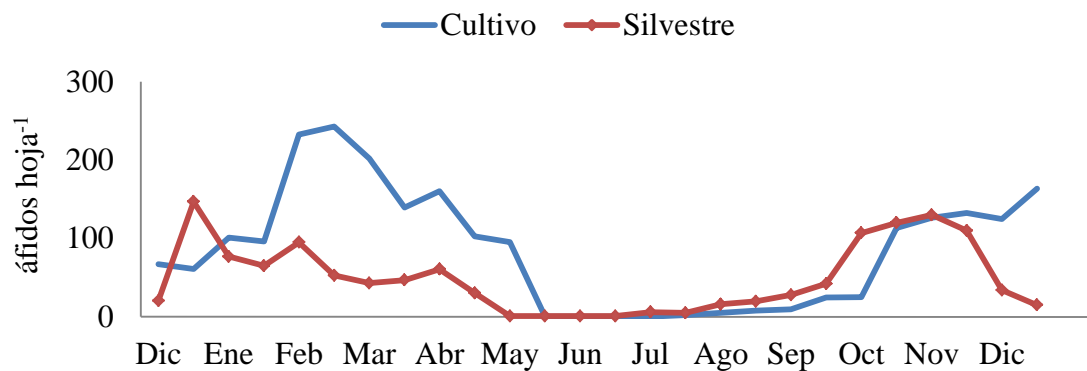


Figura 1. Número total de *M. donacis* por hoja colectados durante el año 2013 desde plantas cultivadas y silvestres de *Arundo donax* (L.).

En el caso de las plantas cultivadas, posterior a la cosecha, una vez que los rizomas comenzaron a rebrotar, la colonización se reinició a principios de septiembre, y se pudo

observar un aumento del número de áfidos hacia la temporada primavera-verano, tendencia que también se observó en plantas silvestres de *A. donax*.

Después de la cosecha, las poblaciones de áfidos crecieron de manera más gradual, manteniéndose una mayor abundancia en las plantas cultivadas, excepto durante septiembre y octubre, lo que podría deberse a que al no ser cosechadas, las plantas silvestres mantuvieron las colonias de áfidos y una vez que las plantas cultivadas alcanzaron más de un metro de altura y las hojas eran más largas, las poblaciones se fueron incrementando hasta superar los valores registrados en plantas silvestres.

Durante el mes de diciembre se puede observar una baja significativa en las poblaciones del áfido en plantas silvestres. Esto podría reflejar la preferencia que se observó en *M. donacis* por ubicarse y alimentarse en la parte abaxial de las hojas de brotes apicales y tejidos más nuevos de la zona distal de la caña, los que eran escasos en las plantas silvestres, donde existía una mayor proporción de cañas senescentes donde no se evidenciaba la presencia de áfidos.

En cuanto al tipo de áfidos observado, los individuos alados en general estuvieron presentes en la mayor parte de las muestras colectadas hasta la cosecha, reapareciendo durante el rebrote de las plantas, sin embargo durante toda la temporada presentaron una proporción significativamente menor en relación a los ápteros (Figura 2). La mayor cantidad de ellos se presentó durante el mes de febrero, mayo, octubre del 2013 y a principios del verano 2013-2014, alzas que coinciden con la aparición de las mayores colonias de ápteros de *M. donacis* sobre el cultivo, lo que es habitual en la dispersión de las colonias de áfidos, que emigran debido a la sobrepoblación o en busca de brotes más tiernos de los que alimentarse.

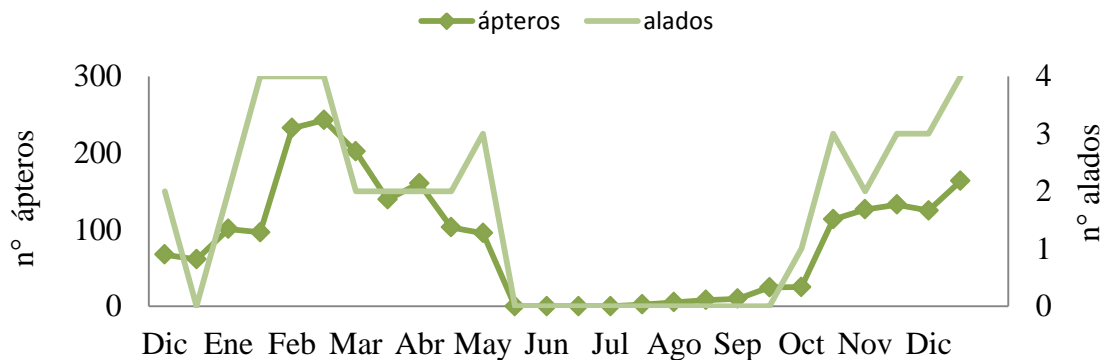


Figura 2. Número de individuos alados de *M. donacis* en relación al número total de áfidos.

Enemigos naturales

Durante las visitas al campo se observó la presencia de diversas especies reconocidas como excelentes y eficientes controladoras de áfidos, entre las cuales fue posible identificar individuos en distintos estados de desarrollo de diferentes especies de coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) y sírfidos (Diptera: Syrphidae), las cuales se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Depredadores encontrados en plantas de *A. donax* cultivadas y silvestres.

Familia	Especie
Coccinellidae	<i>Hippodamia variegata</i> (Goeze)
	<i>Hippodamia convergens</i> (Guérin-Méneville)
	<i>Eriopis connexa</i> (Germar)
	<i>Eriopis schscholtzi</i> (Mulsant)
	<i>Cycloneda sanguinea</i> (Linnaeus)
	<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)
Syrphidae	<i>Allograpta pulchra</i> (Shannon)

Se registró el número de individuos de depredadores en distintos estados de desarrollo, sin definir la especie, a partir de las mismas muestras de hojas observadas en el laboratorio, colectadas desde las parcelas experimentales.

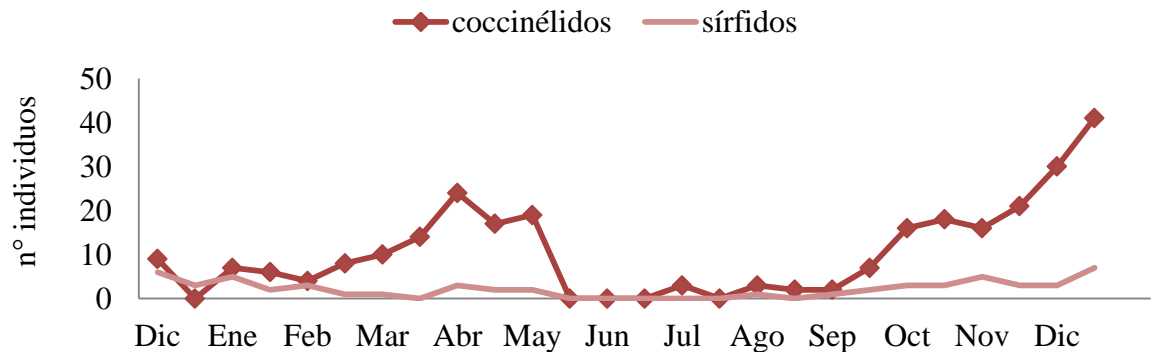


Figura 3. Número de depredadores en distintos estados de desarrollo en plantas cultivadas de *A. donax*.

Durante los dos periodos de crecimiento de *A. donax* (Figura 3) los coccinélidos fueron más abundantes que los sírfidos. En la primera temporada se observó un alza poblacional de los coccinélidos a inicios de otoño, con un valor máximo registrado de 24 individuos por hoja. Por su parte, los sírfidos no presentaron grandes variaciones en número a través de la temporada, registrándose los más altos valores en verano, es decir al inicio y final de la temporada de mediciones, con un valor máximo promedio de 2 individuos por hoja.

En el segundo período de crecimiento de las plantas fue posible observar un paulatino aumento de los coccinélidos, lo que coincide con el creciente aumento de las poblaciones del áfido y a la vez, con el crecimiento de la planta. Durante esta temporada los coccinélidos alcanzaron un máximo promedio de 41 individuos hoja⁻¹ en el mes de diciembre, mientras que los sírfidos alcanzaron 7 individuos por hoja, siendo los valores más altos registrados para ambas especies.

Durante el invierno, posterior a la cosecha, el número de coccinélidos disminuyó, sobre todo los estados inmaduros, ya que muchas especies pasan esta época refugiados en estado adulto, reactivándose hacia septiembre, donde aumenta el número de individuos, lo que se puede observaren la figura 3.

Además, en algunas muestras se encontraron áfidos momificados, sobre todo en los meses de verano, con un total de 18 momias durante el año de muestreo. No fue posible determinar la especie de enemigos naturales, pero en general los áfidos presentan una diversidad de parasitoides entre los que destacan *Praon* spp, *Lysiphlebus* spp, *Aphidius* spp, *Diaeretiella* spp (Hymenoptera: Braconidae), entre otros (Wratten y Powell, 1991).

Relación entre áfidos y sus enemigos naturales

Se estableció una comparación entre la fluctuación de áfidos y coccinélidos, tanto en plantas cultivadas como silvestres. En todos los casos (Figura 4), desde un inicio se observa una relación estrecha entre la fluctuación de ambas poblaciones, especialmente durante enero, mayo, octubre y diciembre, en el Arundo cultivado (Fig 4-A), y durante los meses de diciembre, febrero, abril, agosto, septiembre y noviembre en las plantas silvestres (Fig 4-B). En general los depredadores requieren de cierta densidad poblacional de áfidos para su establecimiento y reproducción, por lo que responden numéricamente a la abundancia de los áfidos, momentos en que tendrían un mayor impacto en las poblaciones, por lo que es posible referirse a una relación denso-dependiente entre el depredador y las presa.

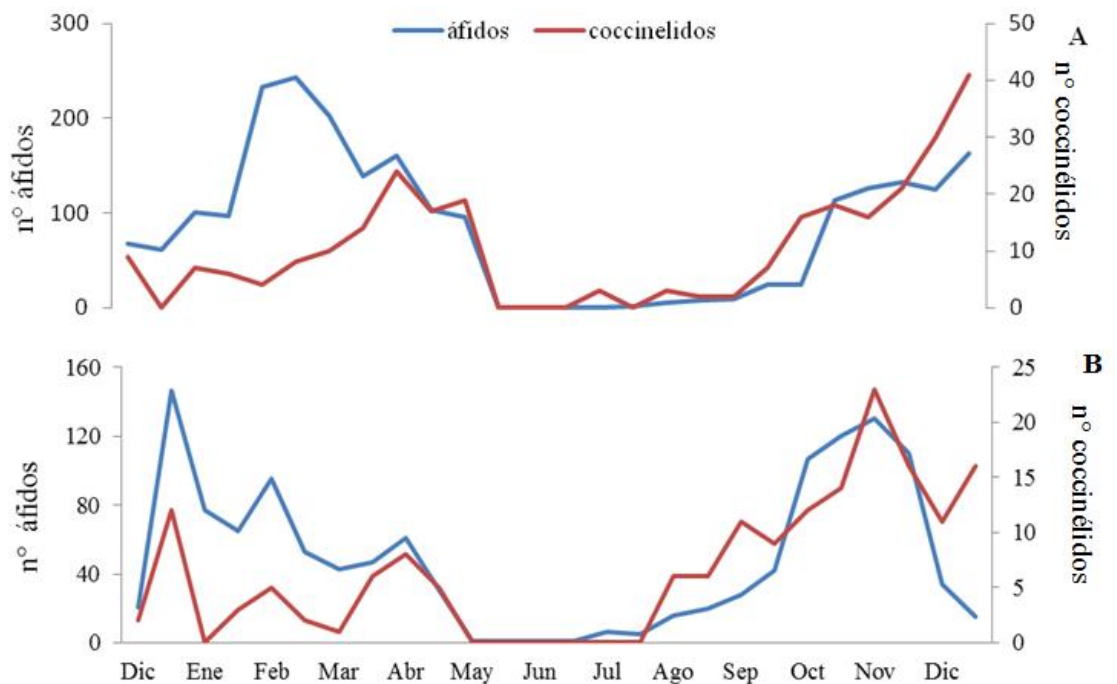


Figura 4. Fluctuación poblacional del áfido *Melanaphis donacis* y coccinélidos durante el año 2013 en plantas cultivadas (A) y silvestres (B) de *Arundo donax* (L.).

DISCUSIÓN

Fluctuación poblacional

Prácticamente no existe información en la literatura en relación a la dinámica poblacional de esta especie de áfido. Sólo se ha reportado su presencia y abundancia en plantas silvestres de *A. donax*. Por ejemplo, Dudley y Lambert (2007), registraron altas densidades de este áfido en plantas silvestres de Arundo, a veces superiores a 500 individuos por hoja, valores que también se alcanzaron en este trabajo en algunas muestras en el periodo de mayor abundancia de áfidos. Estos autores indican que las mayores densidades de este áfido en California ocurren en primavera, con una disminución de la densidad poblacional hacia el fin de la estación, lo atribuyen a la presencia de coccinélidos sobre los brotes. En el presente trabajo se observa una tendencia similar con las mayores densidades de *M. donacis* durante la temporada primavera-verano.

En general son muchos los factores que pueden influenciar la fluctuación de las poblaciones de áfidos, la que puede estar determinada por procesos que intervienen en la distribución, abundancia y persistencia de las poblaciones. Estos procesos son demográficos e incluyen la reproducción, inmigración, mortalidad y emigración de los individuos de una población, y en su conjunto resultan en un crecimiento o una disminución poblacional. A la vez, diferentes combinaciones de factores exógenos (clima, disponibilidad de alimento y presencia de enemigos naturales) y endógenos (edad, sexo, fisiología, comportamiento, genética), pueden influir sobre estos procesos, participando en la regulación de la población (Fischbein, 2012).

Además del clima, unos de los factores que podrían haber influido en la fluctuación de *M. donacis*, fue la presencia de diversos enemigos naturales, los que pueden ejercer una presión de regulación importante sobre la población de *M. donacis*, contribuyendo a mantener dicha población a niveles bajos, considerando interacciones denso-dependientes entre las presas y depredadores, relación que se discutirá más adelante en el capítulo.

Aspectos generales en el uso del hábitat y el daño causado por *M. donacis*

Las preferencias alimentarias de *M. donacis* observadas tanto en el cultivo como en la población silvestre de *A. donax*, como la preferencia por los brotes más nuevos, son similares a las de otros herbívoros que se alimentan de esta planta. Algunos autores indican que esta tendencia en la alimentación se deben a las relaciones C: N en los

tejidos de las plantas, ya que cuando *A. donax* está maduro tiene relación C: N de 22:1, valor que se considera muy alto, por lo que serían los menos deseables por los herbívoros (Spencer *et al.*, 2007). Al contrario, los brotes jóvenes serían más propicios para ser consumidos, por su palatabilidad, pero por el rápido crecimiento de *A. donax*, esta ventaja duraría un corto periodo (Tracy y DeLoach 1998; Dudley *et al.*, 2007).

Por otra parte, Spencer (2011) estableció que el crecimiento, la fecundidad y la supervivencia de los insectos, están influenciados por el contenido de nitrógeno de las hojas y otros órganos de las plantas de las que se alimentan, además de las relaciones C: N que también son importantes. Por ejemplo, los herbívoros se ven a obligados a compensar la mala calidad del material vegetal (relación C: N > 17) consumiendo mayores cantidades.

En relación al daño ejercido por este insecto en plantas de *A. donax*, se han reportado sólo daños menores, principalmente clorosis ocasionales en el tejido colonizado de plantas silvestres (Dudley y Lambert, 2007). En condiciones de invernadero se ha visto la colonización por varias especies de áfidos que pueden provocar una disminución del vigor en las plantas de *A. donax*, pero esto no ha sido observado en campo (Herrera y Dudley, 2003).

Observaciones realizadas en el presente trabajo revelaron algunos síntomas de daño en las hojas de las plantas, como clorosis en los bordes y puntas o algunas hojas con las puntas rojizas a violáceas, que podrían deberse a la presencia de los áfidos. Además, a medida que aumentaban los individuos en la temporada sobre las hojas de las plantas, también se incrementaba la mielecilla excretada, y por ende el nivel de fumagina era mayor, hasta que la superficie de las hojas quedó cubierta prácticamente en un 100% por este hongo, durante el periodo de mayor abundancia de áfidos.

También, se ha visto a *M. donacis* asociado a varias especies de hormigas, las cuales utilizan los carbohidratos excretados por los áfidos (mielecilla), generalmente a cambio de protección contra artrópodos depredadores, lo que puede permitir el establecimiento de grandes colonias de pulgones (Dudley y Lambert, 2007), relación simbiótica que también se observó en este trabajo.

Otras especies de áfidos han sido reportadas para cultivos energéticos. Por ejemplo en *Miscanthus* sp., otra gramínea perenne, Huggett *et al.* (1999), observó que en condiciones de laboratorio, 21 especies de áfidos pueden utilizar esta planta como hospedero. Particularmente la presencia del pulgón *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), un pulgón común de los cereales y pastos, resulta preocupante, ya que podría ser una amenaza significativa para el establecimiento de *Miscanthus* en el largo plazo, ya que más que por su daño directo, este áfido es vector del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV). Pero es Bradshaw *et al.* (2010), quien reporta por primera vez a *Sipha flava* (Forbes) y *R. maidis* sobre *M. x Giganteus* en colectas de campo en EE.UU, y destaca que tienen el potencial de dañar plantas jóvenes, tal como lo hacen estos áfidos infestando otros cultivos, por lo que podría convertirse en un problema de importancia económica.

En el caso de *A. donax*, estudios de transmisión en laboratorio demuestran que esta especie sería una fuente de inóculo de BYDV-PAV para cebada, usando como vector el áfido *R. padi*, por lo que sugieren que a gran escala, *A. donax* tendría el potencial de

influir en la ecología y la epidemiología de este virus, y también podría afectar cultivos vecinos (Ingwell *et al.*, 2014).

Estos antecedentes deben tenerse en consideración, ya que en los muestreos se observó la presencia de otras especies de áfidos sobre hojas de *A. donax*. Una de estas especies se identificó como *R. padi*, la cual se observó durante un corto periodo en el cultivo, específicamente a finales de septiembre. La presencia de este pulgón se atribuyó a la cercanía de un cultivo de trigo en desarrollo, del cual este áfido es habitualmente plaga, pero una vez que el cultivo de trigo se fue desarrollando, no aparecieron más individuos de esta especie en los muestreos de hojas de *A. donax*.

Estos registros son relevantes para el desarrollo del arundo como cultivo energético en Chile, pues no hay información respecto de las especies de áfidos asociados a los nuevos cultivos de poáceas para bioenergía, que ya existen en estado silvestre y sirven de fuente de alimentación de muchos áfidos de cereales, cuando éstos no están disponibles y les sirven de hospederos alternativos, por lo que es importante investigar los efectos de la presencia de áfidos en estas nuevas especies cultivadas (Burd *et al.*, 2012).

Enemigos naturales

En el transcurso de la temporada, se observaron abundantes enemigos naturales de áfidos, de los cuales se identificaron individuos de la familia Coccinellidae y Syrphidae, identificando especies reconocidas como activas e importantes depredadores de áfidos.

La familia Coccinellidae, del orden coleóptera, incluye un gran número de insectos depredadores, destacando por su gran valor en el control natural y biológico de áfidos y otras especies en diversos agroecosistemas. Aunque son depredadores polífagos, se han especializado en grupos taxonómicos de presas, siendo esenciales aquellos que le permitan completar su desarrollo, como el caso de los áfidos y de esta manera sirven como agentes en la disminución de numerosas poblaciones de áfidos plaga, pudiendo consumir entre 100 y 1000 áfidos durante su desarrollo, siendo las larvas más voraces que los adultos (Flint y Dreistadt, 1998).

A pesar de que no se realizó un monitoreo de cada especie de coccinélido presente, es importante destacar que la mayor densidad de coccinélidos se concentró durante el otoño y la primavera, épocas en las cuales se presentan las más altas densidades de algunas especies en la Región Metropolitana, como por ejemplo *E. connexa*, *H. convergens* e *H. variegata* (Martos y Niemeyer, 1990; Rebolledo *et al.*, 2009), todas especies observadas en el campo experimental.

En cuanto a los sírfidos, del orden Diptera, también son depredadores importantes, ya que sus larvas se alimentan de una variedad de artrópodos, pero principalmente de áfidos, pudiendo depredar varios cientos de áfidos durante su desarrollo, mientras que

los adultos consumen néctar y polen de muchas flores, además de la mielecilla que excretan los áfidos (Chambers y Adams, 1986).

La única especie identificada en el campo experimental fue *Allograpta pulcra* (Shannon), del género más común en nuestro país, siendo ésta la especie más abundante (Etcheverry, 1963). Es posible que no se evidenciaran más especies de sírfidos o importantes niveles poblacionales en plantas de *A. donax*, por la ausencia de flores en el campo experimental, que aportan néctar para la alimentación de los adultos.

Relación entre *M. donacis* y sus enemigos naturales

Según los resultados obtenidos de la comparación de la abundancia promedio de *M. donacis* y sus más abundantes controladores naturales, se vio una clara influencia de los coccinélidos en el descenso de las poblaciones de *M. donacis* en ciertos momentos de la temporada.

Lotka y Volterra, en la década de 1920, fueron los primeros en establecer modelos que representaran las interacciones entre depredador/presa, asumiendo que la disminución de la plaga dependía del número de los enemigos naturales y también de la densidad de la presa.

Se ha observado que los depredadores generalistas, como los coccinélidos, tienen un efecto inmediato sobre la dinámica de la población de los áfidos, pero sólo las reducen cuando estas poblaciones son numerosas, por lo que son capaces de ajustar su ciclo de vida según la disponibilidad de áfidos. Por lo tanto, de igual manera se alcanzan altas densidades de áfidos, cuando los generalistas son el único enemigo natural abundante (Hoffmann y Frodsham., 1993; Snyder & Ives, 2003), ya que un aumento en la abundancia del depredador podría desencadenar una respuesta compensatoria denso-dependiente como una mayor reproducción de la plaga o la dispersión de ésta, lo que lleva a que no se produzca ningún cambio neto en la población (Kremen y Chaplin-Kramer, 2005).

Otro aspecto importante en este tipo de interacciones, es conocer si el enemigo natural es generalista o especialista, dado que es un atributo generador de denso-dependencia y estabilidad. Por ejemplo se ha establecido que los enemigos naturales que tengan un grado apreciable de especificidad con respecto a su presa, mostrarían una clara denso-dependencia con respecto a ella (Emmen *et al.*, 2012). La interacción observada en este trabajo entre los coccinélidos y áfidos, se puede asociar a este tipo de relación, atributo característico de organismos exitosos en el control de plagas. Sin embargo es importante mencionar que no se observaron otros insectos presa para estos depredadores, lo que podría ser otra razón del tipo de interacción evidenciada entre áfidos y coccinélidos durante el muestreo.

Estos antecedentes sugieren que existen especies con potencial para usarse como controladores de este áfido, manteniendo las poblaciones bajo los umbrales de daño. Por lo tanto evaluar el efecto de los niveles poblacionales del áfido en el rendimiento de *A. donax* es fundamental, para la toma de decisiones de control fitosanitario, que sean económicamente favorables y en las cuales prevalezcan criterios para una producción

ambientalmente sustentable. Probablemente, más temporadas de muestreos, que consideren variables climáticas, ecológicas y agronómicas entregarían información más exacta en relación a los aspectos sanitarios del cultivo.

CONCLUSIONES

- *Melanaphis donacis* (Passerini) estuvo presente durante toda la temporada de crecimiento de *A. donax*, observándose los mayores incrementos de su población durante el verano.
- Las densidades poblacionales alcanzadas en las plantas cultivadas fueron mayores que las obtenidas en las plantas silvestres, con densidades promedio máxima de 243 y 147 áfidos hoja⁻¹, respectivamente.
- *M. donacis* presenta una preferencia de alimentación en la parte abaxial de la hojas de los brotes más nuevos en la zona dista de la caña.
- Los daños visuales causados por *M. donacis*, corresponden a clorosis y abundante fumagina en las hojas de *A. donax*.
- Coccinélidos y sírfidos fueron los principales enemigos naturales encontrados en el cultivo.

LITERATURA CITADA

- Brandshaw, J.D.; J.R. Prasifka, K.L. Steffey and M.E. Gray. 2010. First report of field populations of two potential aphid pests of the bioenergy crop *Miscanthus × giganteus*. *Florida Entomologist*, 93(1): 135-137.
- Burd, J.D.; J.R. Prasifka and J.D. Bradshaw. 2012. Establishment and host effects of cereal aphids on switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. *Southwestern Entomologist*, 37(2): 115-122.
- Chambers, R., and T. Adams. 1986. Quantification of the impact of hoverflies (Diptera: Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat: An analysis of field populations. *J. Appl. Ecol*, 23: 895-904.
- Dixon, A.F.G. 1998. Aphid ecology. Chapman & Hall, London, UK.300 p.
- Dudley, T.L., and A.M. Lambert. 2007. Biological control of invasive giant reed (*Arundo donax*). Marine Science Institute, University of California. Santa Barbara, California.22p.
- Dudley, T.L.; A.M. Lambert, A.A. Kirk, and Y. Tamagawa.2007. Herbivores associated with *Arundo donax* in California. Pp. 146-152, *In: Intl. Symp. Biol. Control of Weeds*, Montpellier, France.
- Emmen, D., D. Quiros y A. Vargas. 2012. Enemigos Naturales de áfidos (Hemiptera: Aphididae) en plantaciones de cítricos de la provincia de Coclé, Panamá. *Tecnociencia*, 14:133-148.
- Etcheverry, M. 1963. Descripciones originales, sinonimia y distribución geográfica delas especies de la familia Syrphidae (Diptera) de Chile. Publicaciones del Centro de Estudios Entomológicos de la Universidad de Chile, Santiago. 143 p.
- Flint, M.L. and S.H. Dreistadt. 1998. Natural Enemies Handbook: The Illustrated Guide to Biological Pest Control. E. Grafton-Cardwell (ed). Statewide Integrated Pest Management Project.University of California.Division of Agriculture and Natural Resources. 154p.
- Fischbein, D. 2012. Introducción a la teoría del control biológico de plagas. *En: Villacide, J. y J. Corley (eds.). Serie Técnica: Manejo Integrado de Plagas Forestales. Laboratorio de Insectos EEA INTA Bariloche. 21p.*
- Herrera, A., and T.L. Dudley. 2003. Invertebrate community reduction in response to *Arundo donax* invasion at Sonoma Creek. *Biological Invasions*, 5: 167-177.
- Hoffmann, M.P., and A.C. Frodsham. 1993. Natural enemies of vegetable insect pests. Cooperative Extension, Cornell University, Ithaca, New York. 63 p.
- Huggett, D.A.J.; S.R. Leather, and K.F. Walters. 1999. Suitability of the biomass crop *Miscanthus sinensis* as a host for the aphids *Rhopalosiphum padi* (L.) and

Rhopalosiphum maidis (F.), and its susceptibility to the plant luteovirus *Barley yellow dwarf virus*. *Agric. & For. Entomol.*, 1: 143-149.

Ingwell, L.; R. Zemetra, C. Mallory-Smith, and N. Bosque-Pérez. 2014. *Arundo donax* infection with Barley yellow dwarf virus has implications for biofuel production and non-managed habitats. *Biomass and Bioenergy*, in press.

Kremen, C. and R. Chaplin-Kramer. 2005. Insects as providers of ecosystem services: Crop pollination and pest control, pp. 349–382. In A. J. A. Stewart, T. New, and O.T. Lewis (Eds.). *Insect conservation biology*. CABI, Wallingford, UK.

Martos, A.y H.M. Niemeyer. 1990. Dos estudios sobre crianza masal del coccinélido *Eriopis connexa* Germar. *Revista Peruana de Entomología*, 32: 50-52.

Nault, B.A.; D.A. Shah, H.R. Dillard, and A.C. McFaul. 2004. Seasonal and spatial dynamics of alate dispersal in snap bean fields in proximity to alfalfa and implications for virus management. *Environ. Entomol.*, 33:1563-1601.

Rebolledo, R.; J. Sheriff, L. Parra and A. Aguilera. 2009. Life, seasonal cycles, and population fluctuation of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), in the central plain of La Araucanía region, Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69: 282-291.

Salas-Araiza, M.D.; E. Salazar Solís, y M. Martínez Salinas. 1999. Fluctuación poblacional de los áfidos del trigo y sus enemigos naturales en El Bajío, México. *Manejo Integrado de Plagas, Costa Rica*, 52:58-64.

Snyder, W.E., and A.R. Ives. 2003 Interactions between specialist and generalist natural enemies: Parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol. *Ecology*, 84(1): 91–107.

Spencer, D., A. Sher, D. Thornby, P.S. Liow, G. Ksander, and W. Tan. 2007. Non-destructive assessment of *Arundo donax* (Poaceae) leaf quality. *Journal of Freshwater Ecology*, 22: 277-285.

Spencer, D. 2011. Response of *Arundo donax* L. (giant reed) to leaf damage and partial defoliation. *Journal of Freshwater Ecology*, 27: 77-87.

Tracy, J., and C.J. DeLoach. 1999. Suitability of classical biological control for giant reed (*Arundo donax*) in the United States. In: Bell, C.E. (ed.), *Arundo and Saltcedar Management Workshop Proceedings*, 17 June, 1998, Ontario, California. University of California Cooperative Extension, Holtville, California.

Wratten, S.D., and W. Powell. 1991. Cereal aphids and their natural enemies. pp. 233-257. In: Firbank, I.G., N. Carter, J.F. Darbyshire, and G.R. Potts (eds.), *The ecology of temperate cereal fields*. 32nd Symp. Br. Ecol. Soc., Blackwell Scientific, Oxford, UK.

CAPITULO III: EFECTO DEL CONTROL DE *Melanaphis Donacis* (PASSERINI) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) SOBRE EL RENDIMIENTO DE *Arundo donax* (L.).

RESUMEN

Debido al alto potencial de *Arundo donax* (L.) para la producción de biomasa con fines energéticos, por su gran capacidad de adaptación y alto rendimiento, y teniendo en cuenta que numerosas plagas causan pérdidas significativas en los cultivos en general, se hace necesario conocer los efectos de potenciales plagas sobre el rendimiento de nuevos cultivos en el desarrollo de los biocombustibles.

El áfido *Melanaphis donacis* (Passerini) es el principal artrópodo asociado a esta especie en parcelas experimentales en la Región Metropolitana. Con el objeto de evaluar el efecto de su presencia en el rendimiento del cultivo se establecieron 18 parcelas de *A. donax* bajo distintos tratamientos con mayor o menor grado de control.

A pesar de que hubo diferencias entre los tamaños poblacionales de áfidos en distintos tratamientos, donde las parcelas tratadas con algún producto insecticida presentaron menos insectos, no hubo diferencias significativas en los rendimientos de materia seca entre tratamientos.

Finalmente, se concluye que los niveles poblacionales alcanzados en los cultivos control, con un máximo promedio de 242,72 áfidos hoja⁻¹ no reducen significativamente los rendimientos, lo que sugiere que a estas densidades poblacionales el control de *M. donacis* no sería necesario.

Palabras clave: Cultivos energéticos, manejo fitosanitario, rendimiento.

ABSTRACT

Due to the biomass high potential of *Arundo donax* (L.) in energy purposes , their great adaptability and high performance, and considering that many pests cause significant crop losses in general, it is necessary to know the effects of pests on new crops yield potential in development of biofuels.

The aphid *Melanaphis donacis* (Passerini) is the leading arthropod associated with the crop in experimental plots in the metropolitan area. In order to evaluate the effect of their presence in crop yield of *A. donax* 18 plots under different treatments with varying degrees of control were established.

Although there were differences between the population sizes of *M. donacis* in the different treatments, where some plots treated with insecticide had fewer aphids, there were no significant differences in dry matter yield between treatments.

Finally, it is concluded that population levels in control treatment had a maximum average of 242,72 aphids for leaf does not significantly reduce yields, suggesting that at these densities *M. donacis* control is not necessary.

Keywords: Energy crops, pest control, yield

INTRODUCCIÓN

Arundo donax L., una especie de rápido crecimiento y alto rendimiento, ha sido destacada recientemente como un cultivo con gran potencial para la producción de biomasa con fines energéticos (Lewandowski *et al.*, 2003; Angelini *et al.*, 2005 y 2009; Mantineo *et al.*, 2009). Los altos rendimientos obtenidos en plantaciones experimentales (Angelini *et al.*, 2009; Mantineo *et al.*, 2009) indican que esta especie podría desempeñar un papel importante en programas de desarrollo de energías renovables para satisfacer parte de las demandas energéticas (Mariani *et al.*, 2010), por lo que se está comenzando a cultivar en Chile en forma experimental (Alonso *et al.*, 2013).

La mayoría de las investigaciones recientes sobre *A. donax* cultivado como fuente de biomasa se han centrado casi exclusivamente en su rendimiento potencial, fisiología y la aplicación de óptimas prácticas agronómicas, dando una mirada superficial al complejo de insectos que se pueden desarrollar sobre esta especie y que pueden resultar potenciales plagas.

Teniendo en cuenta que numerosas plagas causan pérdidas significativas en el rendimiento de una serie de cultivos de importancia económica (Stewart y Cromey, 2011) y que numerosos trabajos sugieren que en lugar de que los cultivos energéticos estén libres de plagas, es necesario conocer su identidad y los efectos de su ataque sobre el rendimiento de la biomasa cosechable (Mitchell *et al.*, 2008), es importante estudiar y conocer los posibles agentes que podrían dañar estos nuevos cultivos en desarrollo, antes de establecerlos como cultivos a gran escala (Walters y Lane, 1991).

Dentro de estas plagas más comunes en los cultivos en general, los áfidos son una de las más importantes asociadas a cereales y cultivos herbáceos (Huggett *et al.*, 1999). En general, es muy difícil evaluar en forma precisa las pérdidas económicas producidas por los áfidos, ya que tienen una alta variación poblacional a lo largo del año y por la diversidad de cultivos y las condiciones en que se éstos se encuentran (Michaud y Sloderbeck, 2005).

Dado que se ha reportado la presencia de grandes colonias del áfido *M. donacis* en cultivos experimentales de *A. donax* en la región Metropolitana (Calvo *et al.*, 2010) y no se conoce el efecto de este áfido sobre su rendimiento, esta investigación buscó evaluar el efecto de la presencia de *M. donacis* sobre el rendimiento de *A. donax* durante su primera etapa de crecimiento, bajo distintos tratamientos sanitarios, con distintos grados de control del insecto. Los resultados de este estudio permitirán establecer las bases en el desarrollo de criterios de decisión, en relación al manejo de este áfido, aspecto fundamental para el futuro de *A. donax*, antes de la integración comercial de este nuevo cultivo dentro de los agroecosistemas.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis

El control de *Melanaphis donacis* (P.) durante el desarrollo del cultivo de *Arundo donax* (L.) incide en su rendimiento de materia seca.

Objetivo general

- Determinar el efecto del áfido *M. donacis* sobre el rendimiento de *A. donax*.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de las poblaciones de *M. donacis* sobre el rendimiento de un cultivo de *A. donax* manejado con distintos tipos de protección fitosanitaria.
- Evaluar la efectividad de imidacloprid y del detergente agrícola TS 2035 en el control de *M. donacis* en plantas cultivadas de *A. donax*

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

Este estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental del Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, comuna de La Pintana, Santiago, Región Metropolitana. Ubicación geográfica en coordenadas UTM, WGS84, huso 19S, 348036.47 E y 6284634.24 S. El campo experimental estaba ubicado alrededor de una zona destinada a ensayos agrícolas, donde había plantaciones de trigo principalmente.

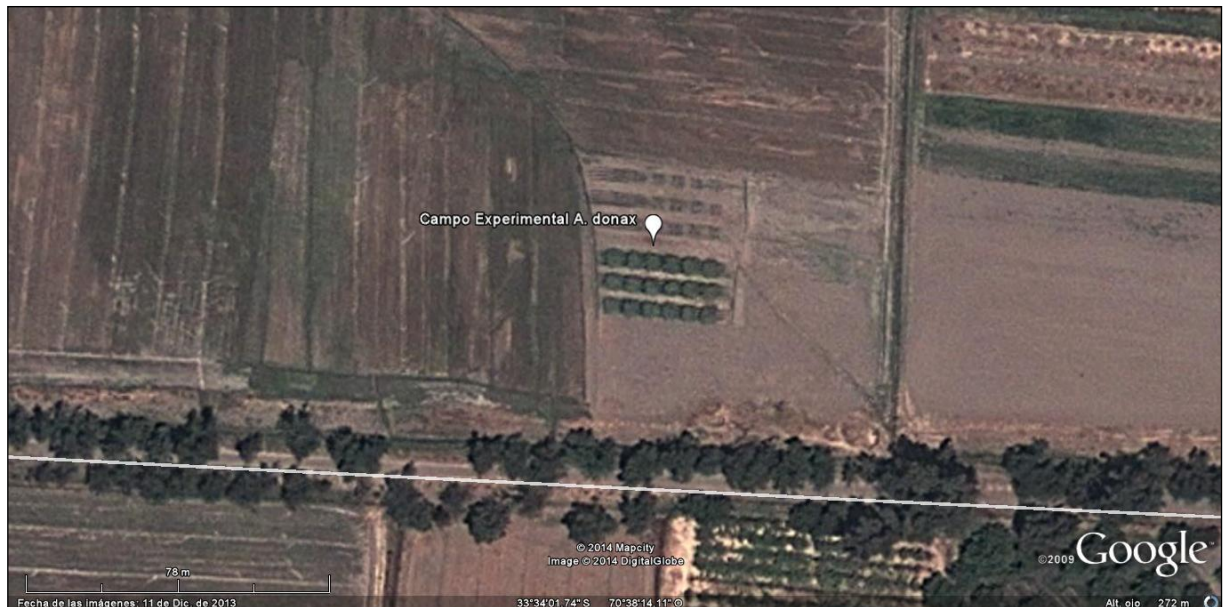


Figura 5. Imagen satelital del campo experimental en el Campus Antumapu, de *Arundo donax* L. Google Earth, 2013.

Características del lugar de estudio

Suelo

El suelo del campo experimental corresponde a la serie Santiago (CIREN, 1996). Esta serie es miembro de la Familia franca gruesa sobre arenosa (Mollisol). Es un suelo de origen aluvial, ligeramente profundo que se presenta en una topografía plana, 0 a 1% de pendiente, con o sin microrelieve y ocupa una posición de cono aluvial, como un extenso abanico, en ambas márgenes del río Maipo.

La profundidad efectiva del suelo varía de 30 a 73 cm. La temperatura media anual del suelo se estima que varía entre 15° y 16°. El suelo es de buen drenaje y sólo ocasionalmente se presentan sectores de drenaje moderado

Análisis de suelo

El análisis realizado al suelo del sitio experimental por el Laboratorio de Análisis Agrícola (AGROLAB) (profundidad de muestreo de 20 cm, el 26-09-2012), arrojó los siguientes resultados (Cuadro 2)

Cuadro 2. Principales parámetros de fertilidad del suelo del campo experimental.

Parámetros	Unidades	Valor	Nivel
pH (agua relación 1:2,5)	1:2,5		Ligeramente alcalino
Conductividad Eléctrica (en extracto)	dSm ⁻¹	7,8	Sin problemas
Materia orgánica	%	0,66	Bajo
N disponible	mg kg ⁻¹	2	Medio
P disponible	mg kg ⁻¹	22	Medio
Kdisponible	mg kg ⁻¹	110	Medio

Equivalencias. Conductividad eléctrica: dS/m= mmhos/cm; Nutrientes: mg/kg= ppm; Cationes Intercambiables: cmol+ /kg = meq/100g.

Clima

El clima de la zona donde se realizó el ensayo corresponde a mediterráneo seco, una variante del clima templado-cálido, de estación seca y precipitaciones invernales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales variables agroclimáticas desde la plantación de los rizomas (octubre 2012) a la cosecha (junio 2013).

Parámetros	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
T máx. promedio (°C)	19,1	26,2	26,5	28,4	27,6	27,3	23,1	17,9	16,7
T mín. promedio (°C)	5,6	9,5	10,3	13,2	11,4	8,5	5,3	4,2	2,9
HR promedio %	76,1	68	65,7	73,8	71	66,6	71,3	77,7	79,8
PP (mm)	2,4	0,2	39,4	0,2	0,2	0,6	1	91,3	40,1

Fuente: Boletín agroclimático regional. Región Metropolitana. (www.agroclima.cl).

Material biológico

Rizomas

Los rizomas fueron obtenidos de individuos silvestres de *Arundo donax L.* ubicados en el sector de Rinconada de Maipú, exactamente Camino a Rinconada con Población Joaquín Olivares.

Para la extracción de los rizomas se cortaron las cañas a una altura de 10 cm. desde el suelo, se limpió la zona bajo el rizoma con una picota, aproximadamente a 50 cm., para luego separar los rizomas con la ayuda de un chuzo, procurando hacer el menor daño posible. Los panes de rizomas se introdujeron en sacos para su traslado a un invernadero en el Campus, donde se procesaron.

Una vez en el invernadero los rizomas se limpiaron sin mojarlos, eliminando el suelo mecánicamente. Una vez limpios, se comenzó con el corte y posterior selección para su plantación en bolsas agrícolas de 25 x 30 cm. Se seleccionaron aquellos rizomas que presentaran al menos una yema y que su peso fuera de 200-300 gr.

Los rizomas seleccionados fueron pesados en forma individual y eventualmente se realizó el corte de las raíces secas que se encontraban presentes para facilitar su disposición al interior de la bolsa.

El sustrato utilizado se compuso de 50% sustrato agrícola harneado y 50% tierra de hojas reforzada y desinfectada, las que se mezclaron en forma manual con pala, sobre una carretilla.

Las bolsas previamente marcadas, se llenaron a 1/3 de su capacidad, y se puso el rizoma en ellas, con las yemas hacia arriba. Luego se llenó la bolsa con el sustrato hasta aproximadamente 5 cm. del borde.

Se realizaron los agujeros de drenaje, se numeraron y se ubicaron al interior del invernadero

El día posterior a la plantación, o una vez finalizada ésta (dependiendo de la disponibilidad de agua), se realizó un riego a la totalidad de las bolsas, comprobando que todas drenaran libremente.

Tratamientos y diseño experimental

El ensayo se realizó en parcelas de *A. donax* manejadas tradicionalmente, con igual nivel de fertilización y riego, con tres tratamientos diferentes de protección sanitaria.

- **Tratamiento 0:** testigo; cultivo de *A. donax* sin aplicaciones de insecticidas
- **Tratamiento 1:** cultivo de *A. donax* con aplicación de detergente agrícola, TS2035 para el control de áfidos.
- **Tratamiento 2:** cultivo de *A. donax* con aplicación de insecticida convencional (imidacloprid) para el control de áfidos.

Las parcelas para evaluar el control de *M. donacis* tenían 4 m² cada una, con 3 hileras de 5 plantas de *A. donax* con un total de 18 parcelas. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente aleatorizado, con 6 repeticiones por tratamiento, tomando como unidad experimental una parcela de *A. donax*.

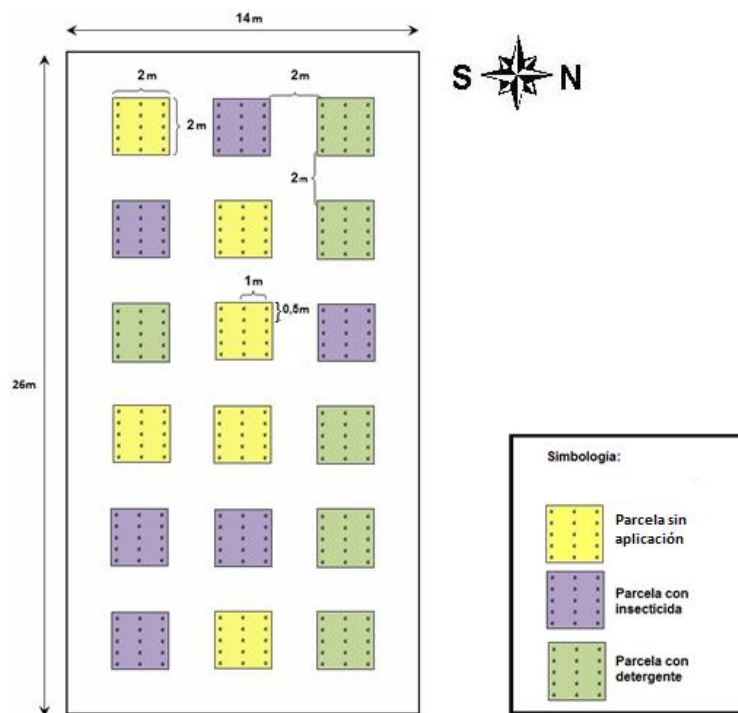


Figura 6. Disposición espacial completamente al azar de los tratamientos en el cultivo experimental de *A. donax* en Antumapu.

Manejo del experimento

Preparación del suelo y plantación

El suelo del sector del ensayo fue arado una vez, empleando arado de vertedera, y fue rastreados dos veces, empleando una rastra de discos en septiembre del 2012.

Luego se procedió a la construcción de los camellones, donde se realizó la plantación, dividiendo el campo experimental en 18 parcelas de 4 m² cada una. Los rizomas fueron plantados el día 01 de octubre de 2012, con una distancia entre hilera DEH de 1 m y una distancia sobre hilera DSH de 0.5 m, lo que equivale a una densidad de 2 plantas m⁻² (20.000 plantas ha⁻¹). Después de 8 meses de cultivo, las cañas de *A. donax* fueron cosechadas a partir del 3 de junio del 2013, con un tijerón, a 10 cm. sobre el suelo, y luego fueron trasladadas al invernadero donde se realizaron las mediciones.

Riego

El riego fue por surcos hechos con motocultor hasta 10 cm de profundidad, profundizados con pala hasta 20 cm, para evitar rebalses y pérdidas de agua.

Desde la plantación a la cosecha se regó tres veces por semana (lunes, miércoles, viernes) durante 5 horas. El agua de riego se analizó en el Laboratorio Análisis Ambientales (ANAM), el cual entregó los resultados siguientes:

Cuadro 4. Características químicas del agua de riego según análisis en laboratorio.

Parámetros	Unidades	Registros	Normas
pH	(1-14)	6,8	5,5-9,0
Conductividad eléctrica	µmhoscm ⁻¹	14,80	<750
Ca ²⁺	meqL ⁻¹	8,4	No normado
Mg ²⁺	meqL ⁻¹	1,54	No normado
Na ⁺	meqL ⁻¹	5,56	No normado
K ⁺	meqL ⁻¹	0,50	No normado
CO ₃ ²⁻	meqL ⁻¹	No determinado	No normado
HCO ₃ ⁻	meqL ⁻¹	1,90	No normado
SO ₄ ²⁻	mg L ⁻¹	356	250
Cl ⁻	mg L ⁻¹	235	200
RAS		2,50	No normado
N _{total}	mg L ⁻¹	<0,10	No normado
Na	%	34,8	35,0

Fertilización

En base a los resultados del análisis de suelo, agua y de acuerdo a lo planteado por Angelini *et al.* (2005), se fertilizó manualmente al momento del establecimiento de cultivo y a mitad de temporada:

- Aplicación de 50 g de Urea por planta, equivalente a 300 kg ha⁻¹ de N.
- Aplicación de 30 g de súper fosfato triple por planta, equivalente a 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Control de malezas

Durante la temporada de crecimiento se hicieron tres aplicaciones de glifosato (Cortador® 48% SL) con una dosis de 2.5 L ha⁻¹ para el control post-emergente de malezas poáceas, ciperáceas y de hoja ancha en la entre hilera utilizando una bomba de espalda. Además 3 a 4 veces al mes se hizo un control manual de malezas sobre la hilera.

Control de plagas

El control de plagas se basó en los tratamientos para el control del áfido *M. donacis*, los productos y su modo de acción se detallan a continuación:

Insecticida: En las parcelas seleccionadas para ser tratadas con insecticida, se utilizó imidacloprid, en su forma comercial (Confidor® 350 SC), mediante aspersion foliar con un aspersor manual.

La dosis se estimó según la concentración recomendada en la etiqueta (20-30 mL 100 L⁻¹ de agua), aplicando aproximadamente 330 cc de solución por parcela. En cuanto a la frecuencia de aplicación, se recomiendan máximo dos aplicaciones durante la temporada.

Este insecticida pertenece al grupo químico de los neonicotinoides, cuyo modo de acción es sistémico, de contacto e ingestión, con un efecto inhibitor de la alimentación del insecto, basado en la interferencia de la transmisión de los estímulos nerviosos de los insectos. Posee un largo efecto residual y un amplio espectro de acción sobre estados juveniles y adultos (Bayer CropScience, 2014).

Detergente agrícola: El detergente agrícola TS2035 (Pace International) se aplicó en solución sobre las plantas en forma de abanico hasta el punto de goteo, lentamente, para asegurar el cubrimiento total de las plantas.

Se utilizó la concentración mejor evaluada por Calvo *et al.* (2010) (05% v/v) en términos de la fitotoxicidad y mortalidad de individuos obtenida en un ensayo previo con diferentes concentraciones. El volumen de solución a aplicar dependió del desarrollo de las plantas. Como referencia se utilizaron los resultados obtenidos en el ensayo mencionado, por lo que se comenzó con 0,5 L de solución por planta, cuando éstas median aproximadamente 40 cm de altura. Las aplicaciones se hicieron cada 15 días, para asegurar un control óptimo sin fitotoxicidad.

La elección de este producto responde a los progresos en el desarrollo de prácticas más sostenibles para el control de plagas. De ser necesario si el manejo con este producto es efectivo, podría ser incluido en programas de manejo del áfido *M. donacis* con bajo impacto para el medioambiente.

Cuadro 5. Calendario aplicación de tratamientos para el control de *M. donacis*

Productos comerciales	Dosis	Fechas de aplicación
Confidor® 350 SC	330 mL 4m ⁻²	05-12-2012
		05-03-2013
TS2035	0,5 L pl ⁻¹	05-12-2012
		17-01-2013
		01-02-2013
		22-02-2013
	1 L pl ⁻¹	05-03-2013
		20-03-2013
		15-04-2013
		09-05-2013
		24-05-2013

Evaluaciones

Estimación del rendimiento

Al final de la temporada de crecimiento se cosecharon todas las plantas de todas las parcelas a partir del 3 de junio y se midió el rendimiento en peso fresco de todas las cañas de cada repetición. El rendimiento en peso húmedo se evaluó el día de la cosecha, mediante una balanza colgante electrónica OCS- 0.5T.

Para estimar el rendimiento de materia seca se seleccionaron al azar 3 cañas de cada tratamiento y repetición y se secaron en estufa a $70 \pm 3^\circ\text{C}$ por 7 a 10 días, hasta que el peso se mantuvo constante.

Recuento de áfidos

Desde la plantación de los rizomas se hicieron observaciones de la presencia de áfidos en el campo experimental, una vez que éstos comenzaron a colonizar las plantas, a partir del 26 de diciembre de 2012, hasta la cosecha de las plantas a partir de junio de 2013 se hizo un recuento cada 15 días del número de áfidos presentes en las plantas, para conocer el nivel poblacional en cada tratamiento.

Para los recuentos se escogieron tres plantas de cada parcela, con infestación similar visualmente. A estas plantas se les cortó con una tijera podadora la 3ª hoja más nueva, lo que produjo un total de 18 muestras por tratamiento.

Cada hoja se llevó separadamente en bolsas plásticas herméticas, las cuales fueron transportadas en frío en una nevera portátil al Laboratorio de Entomología de Cultivos del departamento de Sanidad Vegetal de la Universidad de Chile, donde se contaron los individuos presentes en ambas superficies de cada hoja, bajo lupa estereoscópica (ZeissStemi DV4). Para cada muestreo y tratamiento se registraron los áfidos por hoja.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se evaluaron con un análisis de varianza (ANDEVA). Las diferencias entre las medias de los tratamientos se analizaron con pruebas de comparaciones múltiples de Tukey al 5%.

Todos los resultados de las evaluaciones se analizaron estadísticamente mediante el programa estadístico Infostat®.

RESULTADOS

Rendimiento de materia seca de *A. donax* (L.)

Aunque los tratamientos no presentaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados, se aprecia una tendencia a un mayor rendimiento en aquellos tratamientos con control en comparación al testigo sin control de *M. donacis*. Los rendimientos obtenidos en cada tratamiento y los valores promedios de las principales variables medidas para el cálculo del rendimiento se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Rendimiento (media \pm DE) de *A. donax* bajo distintos tratamientos de control de *M. donacis*, (n=6 parcelas)

Tratamiento	n	Variables				
		Nº cañas planta ⁻¹	Cañas m ⁻²	Peso fresco promedio m ²	Peso seco promedio caña (g)	Rendimiento (Kg MS m ⁻²)
Testigo	6	11,03 \pm 1,36 a	41,33 \pm 5,08	19,18 \pm 4,34	201,39 \pm 29,85	8,41 \pm 1,90
Detergente	6	10,67 \pm 1,25 a	40,00 \pm 4,67	21,72 \pm 4,24	237,34 \pm 32,79	9,51 \pm 1,86
Insecticida	6	11,23 \pm 1,30 a	42,13 \pm 4,90	20,27 \pm 4,25	210,29 \pm 31,53	8,88 \pm 1,86

Población del áfido *M. donacis*

El número promedio de individuos de *M. donacis* registrados en los recuentos quincenales, desde la primera aplicación de los tratamientos y durante toda la temporada hasta la cosecha, se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Promedios de áfidos por hoja (\pm DE) por tratamiento (n=18 muestras) durante la temporada diciembre 2012-mayo 2013.

Tratamientos	Densidad promedio de áfidos \pm DE	Promedio en la temporada
Testigo	67,33 \pm 47,86	136,27 a
	61,11 \pm 36,38	
	100,89 \pm 70,29	
	96,33 \pm 47,03	
	232,33 \pm 168,10	
	242,72 \pm 87,69	
	201,83 \pm 156,62	
	139,28 \pm 92,86	
	102,83 \pm 69,56	
	160,33 \pm 85,70	
95,44 \pm 69,98		
TS2035	9,22 \pm 4,72	8,26 b
	18,67 \pm 5,68	
	10,06 \pm 5,53	
	8,89 \pm 3,38	
	5,22 \pm 3,15	
	9,22 \pm 4,72	
	7,06 \pm 4,40	
	10,11 \pm 4,90	
	5,94 \pm 4,40	
	2,11 \pm 2,30	
4,39 \pm 3,58		
Imidacloprid	0,11 \pm 0,32	0,98 b
	0,83 \pm 1,25	
	0,94 \pm 1,59	
	1,78 \pm 2,29	
	3,33 \pm 2,61	
	0,11 \pm 0,32	
	0,28 \pm 0,67	
	1,22 \pm 1,48	
	1,17 \pm 1,62	
	0,72 \pm 1,67	
0,28 \pm 0,67		

Letras distintas en el promedio de áfidos por temporada indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

El número de áfidos difirió significativamente entre tratamientos y el testigo en todas las fechas de muestro a través de la temporada, como se observa en la Figura 7. Por su parte, los tratamientos con detergente e insecticida tuvieron resultados similares en la temporada. Estos dos tratamientos fitosanitarios causaron reducciones estadísticamente

significativas en las poblaciones de *M. donacis* después de la primera aplicación en comparación con el testigo (Cuadro 8), lo que se mantuvo hasta la cosecha, debido al efecto de las demás aplicaciones de cada producto, por lo que ambos tratamientos fueron eficaces en reducir las poblaciones del áfido.

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos fitosanitarios en la densidad promedio de *M. donacis* por hoja, después de la primera aplicación.

	Tratamientos		
	Testigo	TS2035	Imidacloprid
Pre-aplicación	68,77 a	64,72 a	68,33 a
Post-aplicación	67,33 a	9,22 b	0,11 b

Letras distintas en una columna indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

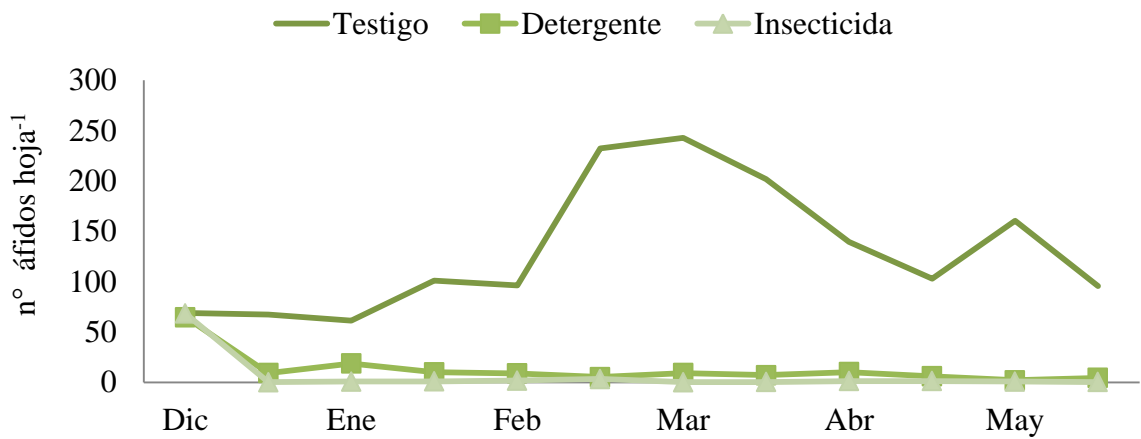


Figura 7. Promedio de individuos de *M. donacis* a través de la temporada en los distintos tratamientos.

DISCUSIÓN

Efecto de las poblaciones de *M. donacis* en el rendimiento de *A. donax*

Los resultados obtenidos en el ensayo sugieren que, a los niveles poblacionales alcanzados en las parcelas testigo, donde se alcanzó un máximo promedio de 242, 72 áfidos hoja⁻¹, no se producen pérdidas significativas en el rendimiento de *A. donax*. Esto sugiere que, desde el punto de vista de los rendimientos, no se justificaría la aplicación de productos insecticidas para el control del áfido bajo estas condiciones.

En general, la toma de decisiones sobre la necesidad de control, se basa en estudios experimentales sobre la relación entre la pérdida de rendimiento y nivel de infestación. A veces la capacidad para determinar esta relación es limitada, ya que la presencia del insecto no genera pérdidas que causen daño económico (Fabre *et al.*, 2003). La pérdida de rendimiento asociada a cualquier plaga, varía con el cultivo, el lugar y a la etapa del desarrollo en el momento de la infestación. Estas pérdidas se pueden incrementar según las condiciones fisiológicas, el clima, el tipo de suelo, el cultivar y las prácticas culturales. Además, el nivel de daño económico también es un parámetro que puede variar dependiendo del área geográfica, el costo del control, el valor del producto cosechado y la tolerancia de la planta a la alimentación por insectos (Abdou *et al.*, 2012).

La relevancia económica de la pérdida de cosecha puede ser evaluada mediante la comparación de los costos de las opciones de control con los ingresos potenciales obtenidos por el control. A veces, no es económicamente justificable efectuar aplicaciones, ya que la ganancia de rendimiento es muy baja (Oerke, 2006), y por lo tanto, como es el caso de este ensayo no se registran pérdidas significativas, lo que lleva a la conclusión de que a veces la presencia de pulgones no implicaría daños de importancia económica.

Por otro lado durante el ensayo se observó la presencia de abundantes enemigos naturales de áfidos, como coccinélidos y sírfidos, por lo que se puede inferir que la presencia de éstos podría contribuir a mantener las poblaciones de *M. donacis* a niveles que no afecten el rendimiento. En este sentido, una revisión de una serie de experimentos hechos tanto en campo como en laboratorio, reveló que la presencia de depredadores generalistas pueden reducir significativamente la densidad de una plaga en el 75% de los casos estudiados (Symondson *et al.*, 2002).

Además es importante destacar que el no aplicar plaguicidas químicos, favorecerá una mayor diversidad en la comunidad de enemigos naturales, lo que influirá en la abundancia de la plaga, generando un mayor control de ésta (Kremen y Chaplin-Kramer, 2005).

Las aplicaciones se podrían justificar, en función de la prevención de enfermedades virales en el cultivo, ya que para la producción de *A. donax* como materia prima, es

necesario examinar los riesgos asociados, y uno de ellos en el potencial que posee esta planta de infectarse con ciertos patógenos, tales como el BYDV, y con ello el riesgo de contaminar cultivos vecinos (Ingwell *et al.*, 2014). Dada la importancia de este virus, una de las enfermedades más importantes en los cereales alrededor del mundo, transmitida por áfidos (Fabre *et al.*, 2003), es que han surgido algunos estudios, que han evaluado la transmisión de BYDV por distintos áfidos. Por ejemplo, El Yamani y Hill (1991), identificaron 15 especies de áfidos en Marruecos sobre gramíneas, incluyendo a *M. donacis*. Los autores concluyeron que *M. donacis* no logró transmitir dicho virus, pero plantean que estudios adicionales serían necesarios para establecer que no es un vector de BYDV.

Otros estudios han evaluado las probabilidades de que *A. donax* sea una fuente de inóculo de este virus. Investigaciones virológicas sobre una colección de *A. donax* de ecotipos italianos y algunas procedentes de Hungría arrojaron que los clones de mayor importancia económica resultaron libres del virus (Tóth *et al.*, 2011). Sin embargo, Ingwell *et al.* (2014), reportaron por primera vez la infección de *A. donax* con BYDV en EE. UU, en particular la cepa BYDV-PAV, bajo condiciones controladas, utilizando como áfido vector a *Rhopalosiphum padi* (L). Estos autores concluyeron que *A. donax* parece ser tolerante a la infección, por lo que sugieren que la producción no se vería afectada en condiciones de campo, pero que se necesitarían más estudios para confirmarlo.

Efectividad de los tratamientos en el control de *M. donacis*

En cuanto a la efectividad de los tratamientos, los resultados indican que los dos productos utilizados son capaces de reducir significativamente las poblaciones de *M. donacis* hasta la cosecha.

Imidacloprid, una de las moléculas más conocidas y utilizadas del grupo de los neonicotinoides en el control de insectos chupadores como los áfidos (Elbert *et al.*, 1991), utilizado en las parcelas con insecticida convencional, sólo fue aplicado en dos ocasiones, lo que fue suficiente para mantener controladas las poblaciones de *M. donacis* durante todo el período que duró el ensayo (6 meses). Esto es atribuible a la eficiente acción del insecticida, el cual se caracteriza por su modo de acción, su alta especificidad, su prolongada actividad residual y quizás a una baja resistencia del áfido presente en el cultivo.

En general, productos con este ingrediente activo, utilizados para control de otras especies de áfidos en otros cultivos, revelaron que son eficaces en la supresión de las poblaciones de áfidos, independientemente de la concentración aplicada, donde el día antes de la aplicación no existían diferencias significativas entre poblaciones de pulgones, pero días después de la aplicación si se registraron diferencias significativas con las plantas no tratadas, además de mantener el cultivo sin áfidos hasta la cosecha (Basoalto, 2001; Joshi y Sharma, 2009).

Aunque se indique que imidacloprid posee un relativo bajo riesgo para los organismos no objetivo y el medio ambiente (Jeschke *et al.*, 2011), es necesario favorecer el desarrollo de prácticas con menos impacto sobre el medioambiente, lo que ha generado

la necesidad de reducir el uso de estos productos, buscando alternativas para el control de distintas plagas, incluyendo los áfidos. Por esta razón se probó la eficacia del uso de un detergente agrícola en el control de *M. donacis* sobre *A. donax*.

Un ensayo previo, demostró que el uso del detergente agrícola TS 2035 en condiciones de invernadero, era una alternativa viable en el control de *M. donacis* en *A. donax*, donde la concentración 0.5% resultó en una alta mortalidad sin causar fitotoxicidad en las plantas. El mismo reporte, sugería evaluar el efecto de aplicaciones repetidas en el tiempo y en condiciones de campo (Calvo *et al.*, 2010).

Según los presentes resultados, repetidas aplicaciones de detergente agrícola TS 2035 a una concentración de 0.5% v/v, desde que las plantas medían aproximadamente 40 cm hasta la cosecha, son efectivas en el control del pulgón *M. donacis*, observándose en las muestras colectadas un mínimo número de individuos vivos por hoja, número que no presenta diferencias estadísticamente significativas con el insecticida convencional.

De esta manera la actividad insecticida observada en este ensayo, ratifica los resultados obtenidos por Calvo *et al.* (2010), donde se comprueba una alta efectividad en el control de *M. donacis* sin signos de fitotoxicidad con aplicaciones cada 15 días.

Además, en plantas tratadas con este producto se observó, tanto en campo como en las muestras colectadas, una alta eliminación de cera de los individuos, observándose su cuerpo de un color más oscuro cuando están desprovistos de su cera gris-blancuecina característica. Esto sugiere que la mortalidad de los áfidos se debió esencialmente a la deshidratación como consecuencia de la remoción de las ceras y otros componentes cuticulares, efecto que también se ha observado en otros estudios en distintas especies de hemípteros como chanchitos blancos (Curkovic 2003; Burett, 2005), además de la mortalidad por lavado y arrastre de individuos desde la planta (Curkovic y Araya, 2004). De los pocos individuos que quedaban adheridos a las hojas, en las observaciones bajo lupa estereoscópica, algunos individuos presentaron movimientos erráticos y/o ausencia de movimientos en las patas, lo que sugiere que su sobrevivencia sería bastante baja en condiciones de campo.

Por otro lado, es importante destacar la presencia de enemigos naturales de áfidos, como coccinélidos y sírfidos, ya que algunos autores señalan que en estos cultivos destinados a biomasa es posible aumentar el control biológico de plagas, mediante la conservación de estos insectos benéficos (Prasifka y Gray, 2012).

Muchos estudios han reportado el efecto negativo de imidacloprid, principalmente sobre las poblaciones de variadas especies coccinélidos, como por ejemplo estados adultos de *Harmonia convergens* (Mizell y Sconyers, 1992), entre otros, y sobre larvas de *H. axyridis* (Vincent *et al.*, 2000). Kaakeh *et al.* (1996) establecieron que este producto es altamente tóxico para el coccinélido *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménerville), especie abundante en el campo experimental durante el presente estudio.

De esta manera, considerando que los niveles de densidad poblacional de *M. donacis* observados no afectaron significativamente el rendimiento, y considerando el efecto tóxico de este plaguicida sobre la fauna benéfica, no sería recomendable la aplicación de este producto para la prevención de este áfido, lo cual privilegiaría el control natural. Sin embargo, en el caso de necesitarse aplicaciones curativas, el uso de detergentes

agrícolas sería la opción más viable desde el punto de vista de los enemigos naturales, ya que se esperaría un menor efecto tóxico, en comparación al insecticida (Ripa *et al.*, 2006).

El conocimiento de los niveles de daño económico y la pérdida de rendimiento es esencial para el establecimiento de un programa de control fitosanitario eficiente. En el caso de los cultivos para biocombustibles, se espera que estos umbrales sean más altos que los cultivos comestibles, puesto que un bajo nivel de daño no disminuirá la calidad de los productos, como podría ocurrir en los cultivos tradicionales para alimentación, por lo que los cultivos energéticos podrían soportar mayores densidades de plaga (Fitt, 2011).

Rendimiento de *A. donax*

En el presente estudio la cosecha se realizó entre finales de otoño e inicios de invierno, logrando menor contenido de humedad en las cañas, con 56,2% aproximadamente, valor similar a los medidos en otras evaluaciones al momento de cosecha. Por ejemplo, Christou *et al.* (2005) registró 54% de humedad en la biomasa al momento de la cosecha y Angelini *et al.* (2005), registró una reducción en el contenido de humedad de la materia prima de 10% desde el otoño al invierno, logrando 52-58%, siendo ésta la mejor época para cosechar desde el punto de vista de la humedad. Además, la cosecha en esta época significa un aumento en la producción, ya que en otoño las temperaturas permiten el crecimiento de nuevos tallos.

Según (Giessow *et al.*, 2011), la gran cantidad de biomasa está relacionada con la alta productividad de la planta, una gran densidad de individuos y el crecimiento en altura de la planta. Por su parte, Angelini *et al.* (2005), establece que la producción de materia seca de este cultivo se ve afectada por el momento de cosecha, la densidad de plantas, el suministro de agua y la fertilización, y que los valores aumentan a medida que el cultivo se establece, alcanzando su máxima productividad durante el segundo y tercer año.

En general, los rendimientos obtenidos en este ensayo, en todos los tratamientos, son promisorios para el cultivo de esta especie con fines energéticos en la Región Metropolitana. Numerosos estudios han concluido que *A. donax* genera alta cantidad de biomasa por unidad de área, ya sea de poblaciones silvestres o cultivadas. Por ejemplo, en poblaciones silvestres en California se han reportado rendimientos de 15,5 kg m⁻² de biomasa área (Giessow *et al.*, 2011) y 17,1 kg m⁻² (Spencer *et al.*, 2006). En India se han medido rendimientos entre 3,63 y 16,74 kg m⁻² (Sharma *et al.*, 1998), resultados similares a los obtenidos en nuestras plantaciones experimentales donde se obtuvieron entre 8,41 y 9,51 kg m⁻². Aunque cabe destacar que un informe realizado en la Región Metropolitana, estimó que el potencial de biomasa de ecotipos silvestres en diferentes localidades, era de 74,47 kg m⁻² a 212,2 kg m⁻² (Undurraga *et al.*, 2012), resultados muy altos en comparación a lo obtenido en otros países.

Por ejemplo, en Grecia, en ensayos bajo similares condiciones, es decir, parcelas con suministro de agua y fertilizantes y en clima templado, se registraron rendimientos anuales entre 15 - 39 Mg ha⁻¹ año⁻¹, dependiendo de la edad del cultivo, mientras que en

España se alcanzó un rendimiento promedio anual de 45,9 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (Hidalgo y Fernández, 2001) y 30 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (Angelini *et al.*, 2005).

En base a estos ejemplos, los resultados obtenidos en el presente estudio destacan en cuanto a rendimiento de materia seca, ya que se alcanzaron valores sobre los 100 Mg ha⁻¹ en ciertas parcelas. En cuanto a los resultados por tratamiento, en las parcelas tratadas con detergente agrícola se obtuvo el mayor rendimiento promedio, (95,1 Mg ha⁻¹), seguidas del tratamiento insecticida, (88,8 Mg ha⁻¹) y de las parcelas sin tratamiento sanitario (84,1 Mg ha⁻¹).

Vecchiet *et al.* (1996) y posteriormente Angelini *et al.* (2005) obtuvieron valores cercanos a 3 kg MS m⁻² año⁻¹. Ambos autores destacan que el nivel de producción del primer año, para distintas densidades, es el resultado de la biomasa generada a partir de rizomas individuales, y cuando el cultivo se establece, las plantas con menor densidad darían mayor producción, lo que se explicaría por la mayor productividad de la planta y una mayor capacidad para macollar y desarrollar nuevas cañas. En los años siguientes, el rendimiento no es proporcional a la densidad, ya que una planta con más espacio alcanza mayor altura y tiene mayor desarrollo, que una con menos espacio disponible para su crecimiento, lo que produce un mayor número de macollos por planta, y por lo tanto, una mayor producción por unidad de planta y superficie.

De esta manera mayores rendimientos se obtuvieron de cultivos con menores densidades (20.000 plantas ha⁻¹) (Angelini *et al.*, 2005), lo que es ratificado por Vecchiet *et al.* (1996), al evaluar la densidad óptima para este cultivo, comparando densidades de 20.000 y 40.000 plantas ha⁻¹, factor que puede haber influenciado los buenos resultados de materia seca, ya que en este ensayo se utilizó una densidad equivalente a 20.000 plantas ha⁻¹.

Por su parte Christou *et al.* (2003), evaluó la producción de biomasa de *A. donax* durante tres años. Obteniendo bajos resultados el año de establecimiento con 1,37 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Este autor también ratifica que *A. donax* va aumentando su rendimiento ya al segundo año, duplicando su valor el tercer año, con valores 2,69 Mg ha⁻¹ a 8,67 Mg ha⁻¹ respectivamente, dependiendo del manejo. Este autor sugiere que el riego tiene un mayor efecto sobre el crecimiento que la fertilización nitrogenada, pero destaca que ambos factores son importantes para el logro de altos rendimientos.

En relación al efecto del control de *M. donacis* en el rendimiento obtenido, es importante señalar que en general las plantas son capaces de compensar de diversas formas, el daño debido al herbivorismo dependiendo de la magnitud de los daños y las condiciones del hábitat en el momento del daño (Sun *et al.*, 2009). La familia *Poaceae* constituye un grupo de plantas muy bien adaptados al consumo por toda clase de herbívoros, por su gran capacidad de producir rebrotes para restaurar sus órganos vegetativos (Azorin y Gómez, 2008).

En el caso de *A. donax*, hay muy poca información sobre la respuesta de esta especie a daños en las hojas, ya sea causado de forma artificial o por herbívoros. Spencer (2012) evaluó la respuesta de esta planta al daño foliar y la defoliación, concluyendo que *A. donax* puede soportar un daño sustancial de la biomasa aérea antes de presentar una disminución en el crecimiento, siendo el rizoma parte fundamental su recuperación.

Estos antecedentes pueden explicar en cierta medida los altos valores obtenidos en este ensayo en el primer año de evaluación, donde la densidad de plantación, el riego y la fertilización fueron factores claves para la obtención de los resultados y donde los tratamientos para el control de *M. donacis* no fueron un factor que influenciara los valores de materia seca obtenidos.

CONCLUSIONES

- En las parcelas sin aplicación de insecticida o detergente, *Melanaphis donacis*, alcanzó niveles poblacionales promedio máximos de 242,7 áfidos hoja⁻¹. Este nivel poblacional no reduce significativamente los rendimientos del cultivo.
- Aplicaciones de insecticida o detergente agrícola sobre las plantas durante la temporada de crecimiento pueden mantener el cultivo protegido hasta la cosecha.
- Los rendimientos obtenidos arrojan valores promisorios para este cultivo en la Región Metropolitana, incluso cuando el cultivo está infestado con áfidos, al menos a los niveles poblacionales observados.

LITERATURA CITADA

Abdou, W.L.; E.A. Abdel-Hakim, N.Y. Salem, M.H. Mansour and E.M. Amr. 2012. Estimation of economic injury level of *Aphis craccivora* Koch. (Homoptera: Aphididae) infesting faba bean in new reclaimed area. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 1-9.

Alonso, M.; L. Gatica y S. Valdés. 2013. Desarrollo de Cultivos Bioenergéticos. Informe final proyecto Desarrollo de cultivos Energéticos. Consorcio Tecnológico Biocomsa. 300p.

Angelini, L.G.; L. Ceccarini and, E. Bonari. 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *European Journal of Agronomy*, 22: 375-389.

Angelini, L.G.; L. Ceccarini, N. Di Nasso, and E. Bonari. 2009. Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33:635-643.

Azorín, J. y D. Gómez García. 2008. Estrategias de las plantas frente al consumo de los herbívoros. In: Fillat, F., R. García González, D. Gómez García & R. Reiné (Eds.), Pastos del Pirineo. Pp. 189-203. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Diputación de Huesca, Madrid.

Basoalto, E. 2001. Diversidad de enemigos naturales de áfidos asociados al tabaco y evaluación de su potencial en programas de control biológico. Memoria Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca, Talca, Chile. 47p.

Bayer CropScience Chile. Protección de cultivos. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.bayercropscience.cl>>. Consultado el: 12 de mayo de 2014.

Burett, G. 2005. Evaluación de dos detergentes agrícolas sobre ninfas de segundo estado y hembras de *Pseudococcus longispinus* (Targioni & Tozzetti) en laboratorio. Memoria Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 56p.

Calvo, J.; G. Lankin, T. Curkovic y M. Alonso. 2010. Control de *Melanaphis donacis* (P.) con detergente en plantas de *Arundo donax* (L.) en invernadero. Informe proyecto Desarrollo de cultivos Energéticos. Consorcio Tecnológico Biocomsa. 7p.

CIREN. 1996. Descripciones de suelos, materiales y símbolos. Estudio Agrológico región Metropolitana. Publicación N° 115. Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), Santiago, Chile.

Christou, M.; M. Mardikis, E. Alexopoulous, S. Cosentino, V. Copani and E. Sanzone. 2003. Environmental studies on *Arundo donax*. Proc. 8th International Conference on

Environmental Science and Technology. Lemnos Island, Greece, 8-10 September 2003, pp. 102-110.

Curkovic, T. 2003. Control de plagas frutales con detergentes. *Aconex*, 81:18-23.

Curkovic, T. and J.E. Araya. 2004. Acaricidal action of two detergents against *Panonychus ulmi* (Koch) and *Panonychus citri* (McGregor) (Acarina: Tetranychidae) in the laboratory. *Crop Protection*, 23(8): 731-733.

Elbert, A.; H. Overbeck, B. Booker, J. Hertwig, and G. Erdelen. 1991. Imidacloprid, a new systemic insecticide. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, 11(2): 113-136.

El Yamani, M., and J.H. Hill. 1991. Aphid vectors of Barley Yellow Dwarf Virus in West-Central Morocco. *J. Phytopathology*, 133:105-111.

Fabre, V.; C.A. Dedryver, J.L. Leterrier, and M. Plantegenest. 2003. Aphid abundance on cereals in autumn predicts yield losses caused by Barley yellow dwarf virus. *Phytopathology*, 93(10): 1217-1222.

Fitt, G.P. 2011. Critical issues in pest management for a future with sustainable biofuel cropping. *Current Opinions in Environmental Sustainability*, 3:71-74.

Giessow, J.; J. Casanova, R. Leclerc, R. MacArthur and G. Fleming. 2011. *Arundo donax* (giant reed): Distribution and Impact Report. Agreement No. 06-374-559-0, State Water Resources Control Board. California Invasive Plant Council (Cal-IPC).

Hidalgo, M. and J. Fernandez. 2001. Biomass production of ten populations of giant reed (*Arundo donax* L.) under the environmental conditions of Madrid (Spain). pp. 1881-1884. In: Kyritsis, S., A.A. Beenackers, P. Helm, A. Grassi and D. Chiaramonti (eds). *1st World Conference on Biomass for Energy and Industry*, 5-9 June.2000, Sevilla, Spain. James and James (Science Publishers) Ltd, London.

Huggett, D.A.J.; S.R. Leather, and K.F. Walters. 1999. Suitability of the biomass crop *Miscanthus sinensis* as a host for the aphids *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Rhopalosiphum maidis* (F.), and its susceptibility to the plant luteovirus *Barley yellow dwarf virus*. *Agric. & For. Entomol*, 1: 143-149.

Ingwell, L.; R. Zemetra, C. Mallory-Smith and N. Bosque-Pérez. 2014. *Arundo donax* infection with *Barley yellow dwarf virus* has implications for biofuel production and non-managed habitats. *Biomass and Bioenergy*: In press.

Jeschke, P.; R. Nauen, M. Schindler, and A. Elbert. 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *J. Agric. & Food Chem*, 59(7): 2897-2908.

Joshi, N.K., and V.K. Sharma. 2009. Efficacy of imidacloprid (Confidor 200 SL) against aphids infesting wheat crop. *Journal of Central European Agriculture*, 10(3): 217-222.

Kaakeh, N.; W. Kaakeh and G.W. Bennet. 1996. Topical toxicity of imidacloprid, fipronil, and seven conventional insecticides to the adult convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). *J. Entomol. Sci*, 31: 315-322.

Kremen, C. and R. Chaplin-Kramer. 2005. Insects as providers of ecosystem services: Crop pollination and pest control, pp. 349–382. In A. J. A. Stewart, T. New, and O.T. Lewis (Eds.). *Insect conservation biology*. CABI, Wallingford, UK.

Lewandowski, I.; J.M.O Scurlock., E. Lindvall, and M. Christou. 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25: 335-361.

Mantineo, M.; G.M. D'Agosta, V. Copani, C.Pataneand, and S.L. Cosentino. 2009. Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 114: 204-213.

Mariani, C.; R. Cabrini, A. Danin, P. Piffanelli, A. Fricano, S. Gomasasca, F. Grassi, M. Dicandilo and C. Soave. 2010. Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundo donax* L.): a promising weedy energy crop. *Annals of Applied Biology*, 157: 191-202.

Michaud, J.P. and P. Sloderbeck. 2005. Russian Wheat Aphid: an introduced pest of small grains in the High Plains. Publication from Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.

Mizell, R. F. and M.C. Sconyers. 1992. Toxicity of imidacloprid to selected arthropod predators in the laboratory. *Fla Entomol*, 75: 277-280.

Oerke, E.C. 2006. Centenary Review: Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144: 31-43.

Prasifka, J.R. and M.E. Gray. 2012. Research needs and potential effects of biomass crops on pest management. *Journal of Integrated Pest Management*, 4 (3).

Ripa, R.; F. Rodríguez, P. Larral y R. Luck. 2006. Evaluación de un detergente en base a benceno sulfonato de sodio para el control de la mosquita blanca *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) (Hemiptera: Aleyrodidae) y de la arañita roja *Panonychus citri* (Mcgregor) (Acarina: Tetranychidae) en naranjos y mandarinos. *Agricultura Técnica (Chile)*, 66: 115-123.

Sharma, K.P.; S.P.S. Kushwaha, and B.Gopal.1998.A comparative study of stand structure and standing crops of two wetland species, *Arundo donax* and *Phragmites karka*, and primary production in *Arundo donax* with observations on the effect of clipping. *Trop. Ecol*, 39: 3-14.

Spencer, D.; P. Liowa, W.K. Chana, G. Ksander, and K. Getsinger. 2006. Estimating *Arundo donax* shoot biomass. *Aquatic Botany*, 84:272-276.

Spencer, D. 2012. Response of *Arundo donax* L. (giant reed) to leaf damage and partial defoliation. *Journal of Freshwater Ecology*, 27:77-87.

- Stewart, A. and M. Crome. 2011. Identifying disease threats and management practices for bioenergy crops. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3:75–80.
- Sun Y., J. Ding and M. Ren. 2009. Effects of simulated herbivory and resource availability on the invasive plant, *Alternanthera philoxeroides* in different habitats. *Biological Control*, 48:287–293
- Symondson, W.O.C.; D.M. Glen, A.R. Ives, C.J. Langdon and C.W. Wiltshire. 2002. Dynamics of the relationship between a generalist predator and slugs over five years. *Ecology*, 83: 137-147.
- Tóth, E.K.; E. Kriston, K. Nyerges, F. Nardin, M. Czakó, L. Márton, and M. Fári. 2011. Virological investigation of third-generation biomass plants: *Arundo donax* L. as an example. *Növényvédelem*, 47:451-454.
- Undurraga, N., P. Contreras y M. Alonso. 2012. Estimación del potencial de biomasa de ecotipos silvestres de *Arundo donax* (L.) en la Región Metropolitana. Informe Proyecto Desarrollo de Cultivos Energéticos. Consorcio Tecnológico Biocomsa. 28p.
- Vecchiet, M., R. Jodice, L. Pari, G. Schenone. 1996. Techniques and costs in the production of Giant reed (*Arundo donax* L.) rhizomes. In: Chartier P., Ferrero G.L., Henius UM, Hultberg S, Sachau J, Wiinblad M, Chartier P. (eds). Biomass for energy and the environment: Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, 24-27 June. 1996. New York: Pergamon, 654-659.
- Vincent, C., A. Ferran, L. Guige, J. Gambier and J. Brun. 2000. Effects of imidacloprid on *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) larval biology and locomotory behavior. *Eur. J. Entomol.*, 97: 501-506.
- Walters, K. F. and A. Lane. 1991. Incidence and severity of insects damaging linseed in England and Wales 1988-1989. *Aspects of Applied Biology*, 28: 121-128.

CONCLUSIONES GENERALES

Al integrar los resultados obtenidos en ambos experimentos, es posible establecer las siguientes conclusiones:

M. donacis se presenta como el principal artrópodo asociado a *A. donax* en la Región Metropolitana, y se presenta en forma abundante durante la temporada primavera-verano, alcanzando densidades promedio máximas de 242,7 áfidos hoja⁻¹.

El control fitosanitario de *M. donacis* a estas densidades, no se tradujo en diferencias significativas en el rendimiento obtenido con el testigo, generándose en todos los tratamientos valores de materia seca que resultan promisorios para el establecimiento de este cultivo para la generación de energía.

Por lo tanto el control fitosanitario de *M. donacis* en plantaciones de *A. donax* no sería recomendable a estos niveles poblacionales, tanto desde la perspectiva económica como ambiental, primero porque las pérdidas en rendimiento no justifican el costo del control y por otro lado, el no aplicar productos químicos favorece la presencia de enemigos naturales que podrían tener un efecto importante en la mantención de las poblaciones de áfidos bajo niveles de daño económico, además de favorecer una producción ambientalmente sustentable de *A. donax*.