

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACION DEL EFECTO DE LA “MALLA SANITARIA” SOBRE EL
CONTROL DE LA SARNA DEL MANZANO CAUSADA POR *Venturia inaequalis*

por

Diego ANDRADE GATTO

TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

Tesis aprobada por:

Director:

Dr. Ing. Agr. Pedro Emilio Mondino Hintz

Dra. Ing. Agr. Sandra María Alaniz Ferro

Ing. Agr. María Julia Carbone Marichal

Fecha: 29 de julio de 2022

Autor:

Diego Andrade Gatto

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar a mis padres, mi hermano y a mi novia por el constante apoyo durante todo este proceso de formación.

Al Dr. Ing. Agr. Pedro Mondino por su dedicación y por brindarme sus conocimientos.

A la Dra. Ing. Agr. Sandra Alaniz por sus aportes durante la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Oscar Bentancour por su colaboración en los análisis estadísticos.

Al Ing. Agr. Roberto Zeballos quien aportó la iniciativa de este trabajo final, por su dedicación y compartirme conocimientos durante todo este proceso.

Al personal de documentación y biblioteca por su cordial atención.

TABLA DE CONTENIDO.

Página

PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	5
1.1.1. Objetivo general.	5
1.1.2. Objetivos específicos.....	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. EL CULTIVO DEL MANZANO	6
2.1.1. Importancia del manzano en el mundo.....	6
2.1.2 El manzano en Uruguay.	7
2.2. PRINCIPALES ENFERMEDADES Y PLAGAS DEL MANZANO	9
2.2.1. Sarna del manzano.....	9
2.2.1.1. Agente causal.....	9
2.2.1.2. Síntomas.....	10
2.2.1.3. Ciclo de la enfermedad.	11
2.2.1.4. Periodo de susceptibilidad a la enfermedad.....	13
2.2.1.5. Manejo de la sarna del manzano.....	14
2.2.2. Carpocapsa (<i>Cydia pomonella</i>).....	17
2.2.3. Grafolita (<i>Cydia molesta</i> (Busck)).....	17
2.2.4. Lagartitas (<i>Argyrotaenia sphaleropa</i>)(<i>Bonagota cranaodes</i>)	18
2.2.4. Control de insectos plaga mediante redes de exclusión.	19
3. MATERIALES Y METODOS.	22
3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO.....	22
3.2. MALLA SANITARIA UTILIZADA.....	23
3.3. MEDICIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ASCOSPORAS DE <i>V. inaequalis</i> DENTRO Y FUERA DE LA MALLA SANITARIA.....	24

3.4. MEDICION DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE LA SARNA DEL MANZANO CAUSADA POR <i>V. inaequalis</i>	25
4. RESULTADOS	27
4.1. MEDICION DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE LA SARNA DEL MANZANO CAUSADA POR <i>V. inaequalis</i>	30
5. DISCUSIÓN.....	35
6. CONCLUSIONES.....	38
7. RESUMEN.....	39
8. SUMMARY	40
9. BIBLIOGRAFIA.....	41

LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.

ILUSTRACIÓN N°:

Ilustración 1 Ciclo de la Sarna del manzano.....	12
Ilustración 2 A- Detalle de la malla de exclusión. B- Cercha de sostén y techo impermeable de malla Agricover ®. C- Filas de manzanos cubiertas con el sistema mono fila de la malla Alt´carpo D- cercha metálica sostenida por poste metálico.	24
Ilustración 3 Evolución de las descargas acumuladas de ascosporas dentro (C/M) y fuera (S/M) de la malla sanitaria durante el periodo de liberación.	29
Ilustración 4 Ascosporas por m ³ de aire, cuantificadas en cada evento de liberación. ...	30
Ilustración 5 Incidencia de sarna en hoja según tratamiento. Las letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada rango de severidad según Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).....	31
Ilustración 6 Severidad en (%) de hojas afectadas según número de manchas por hoja. Las letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada rango de severidad según Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).	33
Ilustración 7 Incidencia de sarna en fruto según tratamiento. Las letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada rango de severidad según Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).....	34

TABLA N°:

Tabla 1. Producción de manzanas de Uruguay y de los principales países productores del mundo.....	7
Tabla 2. Principales variedades de manzana cultivadas en Uruguay.....	8
Tabla 3 Recuento de ascosporas capturadas en trampas caza-esporas (dentro y fuera de malla sanitaria) para los días que se registraron precipitaciones.	28
Tabla 4 Incidencia de sarna en hoja y número de manchas por hoja por tratamiento.	31
Tabla 5 Total de frutos evaluados e incidencia de sarna según tratamiento.	34

1. INTRODUCCIÓN

El manzano (*Malus x domestica* Borkh) es el principal frutal de hoja caduca en Uruguay. Este cultivo ocupa el 55% del área sembrada con frutales de hoja caduca en el país y el volumen de producción de manzanas representa el 60% de la producción, según informa la DIEA en el anuario 2019. En Uruguay el 93% de la producción de manzanas es destinada al consumo en fresco, dividiéndose en mercado interno (85%) y exportación (6%) (MGAP. DIEA, 2016).

Es un cultivo de gran importancia social, siendo 472 los productores registrados en el país en 2016 representando el 63% de los productores de frutales de hoja caduca (MGAP. DIEA, 2016). La producción de manzanas genera una mano de obra promedio de 4.2 trabajadores permanentes por explotación a los cuales se le suman casi un millar de trabajadores zafrales en su total (MGAP. DIEA, 2003).

El cultivo del manzano es afectado por numerosas enfermedades y plagas. La principal enfermedad es la sarna del manzano causada por el hongo *Venturia inaequalis* (Cooke) (García y Moscardi, 1975, Mondino, 2003). Su importancia radica en que las condiciones climáticas de Uruguay son muy favorables para su desarrollo y que afecta la fruta y las hojas desmereciendo su calidad comercial produciendo pérdidas en el rendimiento (Mondino, 2003). Entre las plagas de mayor relevancia se encuentran los tortricidos *Cydia pomonella*, *Grapholita molesta*, *Argyrotaenia sphaleropa* y *Bonagota salubricola*. De no controlarse estas plagas, las pérdidas de producción pueden ser de 80-100% ya que producen daños directos al fruto objetivo de la producción (Bentancourt y Scatoni, 2006).

Tradicionalmente, el control de enfermedades y plagas en la producción de manzanas se ha basado en la aplicación de fungicidas e insecticidas. Sin embargo, desde hace varios años, una mayor concientización de parte de consumidores y de la población

en general sobre los efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente, está provocando fuertes presiones sobre agricultores y técnicos. En respuesta a esto, han surgido programas de producción siguiendo Buenas Prácticas Agrícolas y programas de Producción Integrada que procuran producir fruta de calidad minimizando el uso de plaguicidas (MGAP, 2014, Mondino et al., 2018).

Por otra parte, los mercados son cada día más exigentes en cuanto a la inocuidad de la fruta tanto química como microbiológica. Los estados incrementan los controles sobre el uso de plaguicidas, ponen límites máximos de residuos (LMR) permitidos cada vez más bajos y limitan el número máximo de residuos presentes sobre los productos cosechados (Díaz-Sobac y Vernon-Carter, 1999). A modo de ejemplo, mediante la Resolución N° 75/018 la Dirección General de Servicios Agrícolas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay, aprobó que, para aquellos plaguicidas que no lo tuvieran fijado por la normativa nacional o el Codex Alimentarius, serán de aplicación los LMR o tolerancias establecidas por la Comunidad Europea o la autoridad competente de Estados Unidos.

Varios plaguicidas que se utilizaban para el control de plagas y enfermedades en la fruticultura fueron prohibidos en los últimos años. A modo de ejemplo, la Resolución DGSA N° 504/019 decretó la prohibición de productos fitosanitarios a base del ingrediente activo Fentión y la Resolución DGSA N° 503/019 prohibió el uso de productos a base de los ingredientes activos Clotianidina, Imidacloprid, Tiametoxam y Clorpirifos en los cultivos de frutales de pepita, frutales de carozo y ornamentales de exterior.

A su vez en Uruguay, se está dando un aumento en las exigencias de los consumidores por la calidad cosmética de la fruta, tanto por daños y defectos como por los calibres de mayor tamaño (Ackermann y Díaz, 2019). De este modo surge el desafío para los técnicos y productores de lograr producir una fruta de gran calibre,

cosméticamente libre de defectos, inocua para el consumo humano y a su vez un rendimiento por hectárea que garantice la rentabilidad del cultivo.

Con el fin de minimizar el uso de insecticidas y sus efectos secundarios se han desarrollado diferentes tecnologías. Una de ellas es la confusión sexual basada en el uso de feromonas. Las feromonas son liberadas al ambiente en cantidades superiores a las que generan los propios insectos alterando el comportamiento de los machos que ya no logran localizar a las hembras con el fin de copularlas. Las feromonas se producen artificialmente y se colocan en dispensadores distribuidos por el monte. Esta tecnología reduce el uso de insecticidas y es compatible con otros métodos de control como el control cultural y biológico (Núñez et al., 1999). Una segunda tecnología utilizada es el control biológico de insectos. En este caso se utilizan enemigos naturales de los insectos, los que pueden ser microbianos o insectos parasitoides o predadores de las plagas. A modo de ejemplo, se ha utilizado el virus *Cydia pomonella* granulovirus (CpGV) (Jehle et al., 2018), nemátodos entomopatógenos (Lacey y Unruh, 1998), los hongos *Bauveria* y *Metharizium* (Gürlek et al., 2018) y especies de *Trichogramma*, un pequeño himenóptero parasitoide de huevos de otros insectos (Cossentine y Jensen, 2000).

Otra tecnología utilizada con el fin de evitar el uso de insecticidas es el uso de mallas de exclusión. Estas mallas en el cultivo del manzano se colocan cubriendo las plantas de modo de impedir el acceso de insectos como *Cydia pomonella*, *Cidia molesta* y las llamadas lagartitas de los frutales, *Argyrotaenia spheropa* (Meyrick) y *Bonagota cranaodes* (Meyrick). Además de proteger a las plantas del ataque de insectos, estas mallas evitan el daño por granizo y el daño por aves en los frutos. Estas mallas han sido evaluadas y son utilizadas entre otros lugares en Italia, Francia y Canadá, contra el ataque de insectos y específicamente para proteger del ataque de *Cydia pomonella* (Tasin et al., 2008, Severac y Siegwart, 2013, Haraz y Fleury, 2016).

En Uruguay en el año 2012 se implementó el Programa de Manejo Regional de Plagas (MRP) en base al trabajo conjunto de la Facultad de Agronomía (FAGRO) con el

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) por medio de la Dirección General de la Granja (DIGEGRA) y la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA). Este programa utiliza la tecnología de confusión sexual para el manejo de la carpocapsa (*Cydia pomonella*) y la grafolita (*Cydia molesta*) en manzanos, perales, durazneros, ciruelos y membrillos. La técnica consiste en la colocación de generadores de feromonas distribuidos en los montes frutales y el costo de la feromona es subsidiada por el estado (Mujica y Buschiazco 2021). El programa de MRP abarca las zonas de Montevideo rural, Canelones, San José y Colonia, donde participan 400 productores quienes representan más del 90% de la superficie frutícola de hoja caduca del país. Los resultados han sido muy positivos ya que más del 90% de la fruta producida con MRP ha tenido porcentajes de daños ocasionados por insectos inferiores al 0.5% con una reducción notoria en la aplicación de insecticidas (MGAP, s.f.)

Recientemente en el marco del proyecto FPTA 346, llevado adelante por la Asociación de Fruticultores de Producción Integrada (AFRUPI) en conjunto con la DIGEGRA (MGAP) y la empresa Karimar SA, se introdujo al Uruguay por primera vez el uso de mallas anti-insectos como método de control de plagas. Se trata de la denominada “malla sanitaria”. Esta malla se coloca envolviendo completamente cada fila individual de árboles de manzano. A este sistema se le denomina “monofila” para diferenciarlo de otro que cubre completamente todo el cuadro o bloque de plantas. La malla utilizada consta de dos tipos de material. En las paredes se utiliza una malla antigranizo (orificios de 2-3 x 4-6 mm) y en el techo se utiliza un tejido plastificado impermeable (Agricover). La malla es sostenida sobre cada fila mediante una serie de cerchas colocadas en forma equidistante a lo largo de la fila. Las cerchas pueden ser fabricadas de madera o metal (Zeballos et al., 2021).

Como resultado secundario del uso del sistema de mallas sanitarias algunos autores han observado una reducción en la incidencia de la sarna del manzano (Severac y Siegwart, 2013). Sin embargo, otros señalan que las mallas no tienen ningún efecto

sobre el desarrollo de esta enfermedad e indican que para su control deben ser realizadas las aplicaciones de fungicidas a través de la malla (Bogo et al., 2012). Un grupo de productores y técnicos en distintos predios de la zona rural de Montevideo, donde se realizaron pruebas aleatorias de uso de esta herramienta, han observado una aparente reducción en la incidencia de la sarna del manzano en las plantas cubiertas por mallas.

En caso de que las mallas anti-insectos contribuyesen al control de la sarna del manzano, su uso además de evitar el uso de insecticidas podría provocar una importante reducción en la cantidad de fungicidas utilizados ya que la sarna obliga a realizar numerosas aplicaciones en cada temporada para su control. Por esta razón es necesario evaluar si el sistema de mallas sanitarias en las condiciones agroclimáticas de Uruguay tiene algún efecto sobre la incidencia y severidad de la enfermedad causada por *Venturia inaequalis* en el cultivo de manzana.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general.

Evaluar el efecto de la malla sanitaria sobre la incidencia y severidad de la sarna del manzano ocasionada por *Venturia inaequalis*.

1.1.2. Objetivos específicos.

- 1- Evaluar la concentración de ascosporas de *V. inaequalis* en el aire dentro y fuera de la malla sanitaria.
- 2- Evaluar la incidencia y severidad de la sarna del manzano en hojas y frutos en manzanos con y sin cobertura de malla sanitaria

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL CULTIVO DEL MANZANO

El manzano cultivado pertenece a la familia de las Rosáceas, género *Malus*, especie *Malus x domestica* Borkh, y es originario de las zonas templadas de Europa y de Asia central (Coque et al. 2012). Forma parte del grupo de frutales de pepita por su tipo de fruto. Cumple su ciclo con normalidad en zonas templadas, donde requiere de frío invernal para su correcta producción. Es poco sensible a las altas temperaturas y a las heladas y presenta alta exigencia de agua (Agustí, 2010).

2.1.1. Importancia del manzano en el mundo

El manzano es uno de los principales frutales de hoja caduca con una producción mundial de 86,1 millones de toneladas, correspondiendo a un área cultivada de 4,9 millones de hectáreas. China es el principal país productor con 45,5%, seguido por Estados Unidos con el 5,4% de la producción mundial. Chile aparece como principal productor sudamericano, colocándose decimo en la producción mundial con un 2% (Tabla 1). Según datos de la FAO (2018), el área de producción de manzanas muestra una evolución decreciente en el mundo, sin embargo, la producción mundial continúa aumentando (FAO, 2018).

Tabla 1. Producción de manzanas de Uruguay y de los principales países productores del mundo.

País	Producción	
	(toneladas)	(% de la producción mundial)
China	39.233.400	45,5
Estados Unidos	4.652.500	5,4
Polonia	3.999.523	4,6
Turquía	3.625.960	4,2
Irán	2.519.249	2,9
Italia	2.414.921	2,8
India	2.327.000	2,7
Rusia	1.859.400	2,2
Francia	1.737.412	2,0
Chile	1.727.277	2,0
Uruguay*	48.434	0,1

Fuente: adaptado de FAO (2018).

2.1.2 El manzano en Uruguay.

En Uruguay, el cultivo del manzano es el principal frutal de hoja caduca y ocupa el 55% del área sembrada, con un total de 2.677 hectáreas y el 60% del volumen de cosecha. Su producción es llevada a cabo por 472 productores de los cuales el 6% concentra el 50% de la producción mostrando una marcada concentración en el rubro (MGAP. DIEA, 2016).

Las principales variedades cultivadas en Uruguay son Red Chief, Red Delicious, Granny Smith, Early Red One, Cripps Pink, Top Red y Royal Gala, ocupando el 76% del área cultivada (MGAP. DIEA, 2016) (Tabla 2).

Tabla 2. Principales variedades de manzana cultivadas en Uruguay.

Variedades	Superficie	
	(ha)	(% del área total de producción de manzana)
Red Chief	489	18
Red Delicious	398	15
Granny Smith	311	12
Early Red One	300	11
Cripps Pink	213	8
Top Red	198	7
Royal Gala	129	5

Fuente: adaptado de MGAP. DIEA (2016)

El 93% de la producción de manzanas es destinada al consumo en fresco, principalmente en el mercado interno (MGAP. DIEA 2016). La producción suele oscilar entre los años por distintos factores climáticos lo que dificulta mantener un flujo de exportación constante. El volumen exportado representa entre el 5-10% de la producción anual, siendo la Unión Europea y Brasil los principales compradores (Ackermann y Diaz, 2019).

2.2. PRINCIPALES ENFERMEDADES Y PLAGAS DEL MANZANO

El cultivo del manzano es afectado por diferentes enfermedades y plagas que ponen en riesgo la producción. Varias de ellas afectan directamente los frutos y obligan a implementar medidas de control permanente para mantener la rentabilidad del cultivo. Entre ellas aparece la sarna del manzano como la principal enfermedad mientras que entre las plagas se destacan la Carpocapsa, la Grafolita y las Lagartitas.

2.2.1. Sarna del manzano

La sarna del manzano es considerada una de las enfermedades económicamente más importantes de este cultivo en el mundo. Fue descrita por primera vez en Suiza por Elías Magnus Fries en el año 1819. A excepción de algunas zonas semiáridas como Mendoza y Alto Valle de Argentina o zonas de Chile y de Sudáfrica, en general la manzana es cultivada en zonas donde las condiciones húmedas del clima favorecen el desarrollo de esta enfermedad (Jones y Aldwinckle, 2002). Su importancia económica no solo radica en las pérdidas de rendimiento y de calidad de la fruta, sino que también obliga a recurrir a importantes costos para su control (García y Moscardi, 1975).

2.2.1.1. Agente causal

El organismo causal de la sarna del manzano es *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint., un hongo superior perteneciente a la subdivisión Ascomycota, subclase Loculoascomycetidae, orden Pleosporales y familia *Venturiaceae* (Jones y Aldwinckle, 2002).

Venturia inaequalis produce ascosporas (esporas sexuales formadas por dos células desiguales) responsables de las infecciones primarias. Estas ascosporas se

producen en grupos de a 8 en ascas, dentro de cuerpos fructíferos denominados pseudotecios. Los pseudotecios se forman durante el invierno en las hojas caídas al suelo en el otoño, poseen una coloración pardo oscuro a negro y tienen geotropismo negativo. Durante la primavera y en cada evento de lluvia, las ascosporas se liberan en forma escalonada. Estas ascosporas son llevadas por las corrientes de aire hasta los tejidos verdes donde producen infecciones. Sobre las lesiones en las hojas y frutos del árbol se producen conidios (esporas asexuales) de color oscuro. Estos conidios se producen de forma secuencial sobre los conidióforos, se desprenden en contacto con el agua y se dispersan dando lugar a infecciones secundarias (Jones y Aldwinckle, 2002).

2.2.1.2.Síntomas

Los síntomas de esta enfermedad consisten en manchas foliares que se producen sobre hojas y frutos, aunque todos los órganos verdes de la planta como peciolo, pedúnculos y flores pueden ser afectados (Mondino y Alaniz, 2009).

En las hojas los síntomas al principio se observan como manchas cloróticas de bordes poco definidos, al principio de color verde oliva y luego van tomando una coloración oscura debido a la producción de conidios. Los síntomas pueden aparecer en cualquier zona de la hoja, pero se observan más comúnmente en el envés. La severidad puede variar desde 1 o 2 a numerosas manchas por hoja. Los síntomas en los peciolo terminan comúnmente en la abscisión de la hoja. Cuando ocurren ataques severos la fuerte defoliación afecta la acumulación de reservas para la temporada siguiente (Jones y Aldwinckle, 2002).

Los síntomas en frutos consisten en manchas que se encuentran, tomando coloraciones oscuras por la producción de conidios. A inicios del crecimiento del fruto la zona más expuesta es la calicinal, y es aquí donde se observan generalmente los síntomas de las primeras infecciones. Cuando las infecciones ocurren sobre los frutos

aún pequeños, la zona afectada deja de crecer provocando deformación del fruto pudiendo provocar agrietado de la zona afectada. Si la infección ocurre cuando el fruto ya alcanzó su desarrollo, se producen las costras, pero no ocurre deformación (Mondino, 2003).

En variedades de ciclo largo, pueden ocurrir infecciones tardías sobre los frutos que permanecen asintomáticas, expresando los síntomas luego en poscosecha durante el periodo de conservación en cámaras frigoríficas (García y Moscardi, 1975).

2.2.1.3.Ciclo de la enfermedad.

Se trata de una enfermedad con varios ciclos de infección en un mismo ciclo de cultivo (policíclica) (Mondino y Alaniz, 2009). En la ilustración 1, se muestra el ciclo de la enfermedad ocasionada por este hongo. Las hojas infectadas caen al suelo en el otoño y *V. inaequalis* que se encuentra subcuticularmente en ellas, invade el mesófilo. Cuando se encuentran dos micelios compatibles se aparean y en aproximadamente 4 semanas se forman los pseudotecios, y de ese modo sobrevive durante el invierno. A este periodo se lo conoce como reposo o letargo (Jones y Aldwinckle, 2002).

En los pseudotecios se forman numerosas ascas conteniendo 8 ascosporas cada una. Estas ascosporas son bicelulares y constituyen el inoculo inicial de la enfermedad en cada temporada. La maduración y consecuente liberación de las ascosporas ocurre durante la primavera, coincidiendo con el inicio de la brotación del manzano, alcanzando un pico de liberación en floración y se extiende en el caso de Uruguay hasta principios de noviembre (Martínez et al., 2014, Mondino y Alaniz, 2009).



Ilustración 1 Ciclo de la Sarna del manzano.

La liberación de las ascosporas ocurre mediante un mecanismo de presión osmótica y para ello las hojas con los peritecios deben mojarse con el agua de lluvia (MacHardy, 1996). Al liberarse, las ascosporas son llevadas por las corrientes de aire hacia los tejidos susceptibles. Desde el lugar en que se producen (foco o fuente de inóculo) pueden dispersarse unos 300 metros aproximadamente, pudiendo así moverse desde o hacia cultivos vecinos (García y Moscardi, 1975).

La liberación de ascosporas ocurre de manera inmediata al inicio de cada lluvia independientemente de la hora del día. Sucesivas descargas ocurren cuando hay eventos de lluvia en días consecutivos, en cuyo caso en el primer evento de lluvia se produce la mayor descarga y el volumen descargado va disminuyendo en las siguientes (Martínez et al., 2014, 2021).

Una vez alcanzado el contacto de las ascosporas con los órganos susceptibles como hojas, peciolo y/o frutos, se hace necesario la presencia de agua libre sobre éstos para la ocurrencia de infección, esto es lo que se conoce comúnmente como “horas de hoja mojada” (Jones y Aldwinckle, 2002). A temperaturas ambiente de entre 17,2-23,9

C° (comunes durante la primavera), basta con 9 horas de hoja mojada para que ocurran infecciones (Mills, 1944, Jones y Aldwinckle, 2002).

Ocurrida la infección, el hongo atraviesa la cutícula, se ramifica y forma un estroma subcuticular produciendo conidióforos y conidios sobre las lesiones visibles (síntomas). Los conidios son liberados por el salpicado de agua y viento, pudiendo llegar a tejidos susceptibles que, en presencia de agua libre, generan infecciones secundarias (Mondino y Alaniz, 2009). Se menciona que la ocurrencia de rocíos fuertes también podría dar lugar infecciones secundarias, aunque es poco probable que las hojas en los árboles se mantengan mojadas el tiempo necesario (García y Moscardi, 1975).

2.2.1.4. Periodo de susceptibilidad a la enfermedad

Si bien todos los órganos verdes de la planta son susceptibles, la susceptibilidad disminuye con la edad de los tejidos. Los frutos recién cuajados y las hojas jóvenes son los órganos de la planta más susceptibles (Mondino y Alaniz, 2009).

La susceptibilidad de las hojas varía con la edad de éstas, a medida que la hoja comienza a envejecer disminuye la susceptibilidad. Schwabe (1979) demostró que el periodo de mayor susceptibilidad se da hasta los 5 días desde la emergencia, diferenciándose dos momentos, de emergencia a 3 días fueron más fuertemente infectadas por conidios y de 3 a 5 días fueron mayormente infectadas por ascosporas. La resistencia casi completa es alcanzada a los 12 – 13 días, esta resistencia se la conoce como resistencia ontogénica (Schwabe, 1979). Esto no se cumple estrictamente, ya que Schwabe (1979) también demostró que la nutrición de la planta puede variar la edad en la que se adquiere la resistencia, observándose que en casos donde la nutrición es deficitaria la resistencia completa de las hojas puede alcanzarse a los 7 días de emergencia. En el caso de los frutos, se requieren 24 horas de hoja mojada para que frutos de 10 semanas puedan ser infectados (Schwabe et al., 1984, Alaniz et al., 2014).

La menor susceptibilidad de los frutos adultos junto a las temperaturas altas del verano, menos favorables al desarrollo de *V. inaequalis*, sirvieron de sustento para que Alaniz y colaboradores (2003) decidieran investigar en la posibilidad de suspender las aplicaciones de fungicidas en manzanas rojas (Red Delicious) desde mediados de diciembre hasta cosecha. Los resultados obtenidos permitieron confirmar que es posible eliminar las aplicaciones de fungicidas para el control de la sarna del manzano durante el verano (Alaniz et al., 2014). La eliminación de las aplicaciones en precosecha reduce drásticamente la probabilidad de aparición de residuos sobre los frutos cosechados.

2.2.1.5. Manejo de la sarna del manzano

El manejo de la sarna del manzano ha sufrido una permanente evolución y la aplicación de fungicidas ha sido la principal forma de controlar esta enfermedad. El control químico de *V. inaequalis* ha estado pautado por los cambios que han tenido los fungicidas a lo largo del tiempo. A inicios del siglo XX los únicos fungicidas disponibles eran el cobre y la mezcla sulfocálcica. Posteriormente fueron apareciendo en el mercado los fungicidas orgánicos, luego los bencimidazoles, el dodine, los inhibidores de la biosíntesis del ergosterol y las estrobilurinas, entre otros.

Inicialmente, con el fin de evitar la ocurrencia de infecciones los fungicidas se aplicaban periódicamente (semanalmente) desde la brotación de los manzanos hasta la cosecha (Carbonell et al., 1975, García, 1998). Posteriormente con los estudios realizados por Mills se empezaron a considerar las condiciones necesarias para la ocurrencia de infecciones (Mills y Laplante, 1951). En Uruguay, los conocimientos aportados por Mills fueron utilizados para poner en práctica un Sistema de Alarma para las principales zonas productoras de manzana, Melilla y Joanicó. El servicio del Sistema de Alarma es brindado por la DGSA del MGAP y comunica a los productores y técnicos de la ocurrencia de cada periodo de infección durante el periodo de liberación de ascosporas (García y Moscardi, 1981, García 1998).

El uso intensivo de fungicidas es fuertemente cuestionado por su impacto ambiental y social por lo que este manejo se ha ido dejando paulatinamente de lado. Actualmente se utilizan estrategias de Manejo Integrado (MI) que procuran minimizar el uso de fungicidas e incorporan estrategias de uso para evitar la generación de resistencia, maximizar la eficiencia de los productos aplicados y disminuir los efectos sobre el ambiente y de salud de consumidores y operarios (Mondino et al., 2003, Mondino y Alaniz, 2009). A inicios del siglo XXI, investigaciones realizadas en Uruguay por la FAGRO y el INIA permitieron eliminar las aplicaciones de fungicidas para el control de *V. inaequalis* durante el verano. La eliminación de las aplicaciones de fungicidas a partir del 15 de diciembre hasta la cosecha significó un avance importante en el manejo de la enfermedad ahorrando de cuatro a cinco aplicaciones en cada temporada (Alaniz et al., 2003, Alaniz et al., 2014). Finalmente se ha implementado una estrategia preventiva de manejo de la sarna que incorpora la información de los pronósticos meteorológicos (Mondino y Alaniz, 2009).

A pesar de todos estos avances, el control de la sarna del manzano sigue implicando un uso intensivo de fungicidas. Además de los cuestionamientos por los efectos secundarios sobre el medio ambiente y sobre la salud de las personas expuestas a los fungicidas existe otra limitante que es la generación de resistencia en las poblaciones de *V. inaequalis*. En Uruguay Mondino et al. (2015) demostraron que ya existe resistencia a Trifloxystrobin y Difenconazole. Recientemente también se registró resistencia a Dodine (Carbone, 2017).

Actualmente el manejo de la sarna del manzano se basa en una estrategia preventiva en base a pronósticos meteorológicos que consiste en la aplicación de fungicidas de contacto con el objetivo de prevenir infecciones, antes de cada evento de lluvias. En caso de no poder prevenir las infecciones se recurre a la aplicación de fungicidas penetrantes (Mondino y Alaniz, 2009).

Cuando la estrategia preventiva falla, y ocurren infecciones, el hongo penetra y coloniza interiormente el tejido vegetal por lo que se hace necesario recurrir a aplicaciones curativas. En esta situación se deben utilizar fungicidas capaces de penetrar al tejido vegetal con el fin de interrumpir el desarrollo del hongo antes de que aparezcan los síntomas. Para esto son utilizados distintos fungicidas con efecto retroactivo (capacidad de controlar al patógenos luego de ocurrida la infección evitando la aparición de síntomas) con un máximo de hasta 96 horas, como es el caso de los Inhibidores de la Biosíntesis del Ergosterol (IBE). Estos fungicidas tienen la desventaja de tener alto riesgo de generar resistencia, por lo que su uso debe ser limitado. Pasadas las 96 horas, si aún no se pudo aplicar, se acude cuanto antes a una aplicación pre-síntomas, buscando controlar la infección. Si bien esta aplicación logra controlar al hongo los daños ocasionados en los tejidos son tales que no se evitará la aparición de síntomas. En este caso los síntomas que se observan se conocen como “mancha curada” evitando la esporulación y por tanto las infecciones secundarias (Mondino y Alaniz, 2009, Alaniz et al., 2016).

En los sistemas de producción orgánica, biológica o agroecológica está permitido el uso de fungicidas cúpricos y azufrados para el control de *V. inaequalis*. Con estos fungicidas se sigue el plan de manejo preventivo mencionado anteriormente. En caso de ser necesarias aplicaciones con efecto retroactivo se utiliza la mezcla sulfocálcica (polisulfuros de Ca) que tiene un efecto retroactivo de hasta 72 horas y efecto antiesporulante en caso de la aparición de síntomas. Este fungicida tiene problemas de fitotoxicidad en las plantas provocando roñado especialmente si se aplica en días de alta humedad relativa (Mondino, 2003).

Diversas medidas de manejo cultural tienen por objetivo la reducción del inóculo inicial presente en las hojas caídas en el suelo en cada otoño o minimizando las condiciones que favorecen la infección. Por ejemplo: - la eliminación de las hojas caídas mediante la trituración con cortadoras de pasto acelera su descomposición impidiendo la formación de pseudotecios. - Mediante el manejo de la poda es posible favorecer una mejor

ventilación, lo cual facilita el secado de hojas y frutos disminuyendo así las horas de hoja mojada. – Mantener el suelo empastado siempre y cuando este no compita por agua y nutrientes contribuye a reducir el inóculo inicial. Está comprobado que el empastado actúa formando un colchón de aire en el cual las ascosporas liberadas quedan retenidas evitándose así su llegada a la copa de los árboles (Mondino, 2003). Por último - Aplicar Urea al 5% al follaje en otoño previo a la caída de las hojas o aplicarlo directamente al suelo luego de la caída de las hojas, favorece la mineralización de las hojas por los microorganismos al alterar la relación C/N y se logra disminuir de esa manera la formación de pseudotecios (García, 1998).

2.2.2. Carpocapsa (*Cydia pomonella*)

Se trata de una mariposa de aproximadamente 20mm de largo cuyo estado larval es el que provoca daño. Este insecto ataca únicamente la fruta provocando una galería que llega hasta la semilla alimentándose de esta. Presenta tres generaciones anuales, el primer pico de vuelo de adultos se registra en octubre, la segunda generación en diciembre–enero y la tercer generación enero–febrero, luego de unos 6 días del pico de vuelo se da la emergencia de larvas (periodo crítico) (Núñez et al., 1998).

Para su control se utilizan insecticidas y para determinar los momentos de aplicación se monitorea el daño en fruta y la evolución de la población mediante trampas de feromonas que capturan adultos. Otro método de control de esta plaga es la confusión sexual que consiste en generar una nube de feromonas que desorienta a los machos impidiendo la copulación y bajando notoriamente la postura de huevos. En nuestro país existe el programa de MRP que implementa la confusión sexual de *C. pomonella* a nivel regional abarcando las principales zonas de producción de manzanas (Núñez et al., 1998).

2.2.3. Grafolita (*Cydia molesta* (Busck))

La mariposa adulta mide de 10-15 mm de expansión alar, posee coloración grisácea con escamas negras. La larva, quien produce el daño, tiene un tamaño de 10-12

mm y en su último segmento posee un peine anal, característica que la diferencia de la larva de *Carpocapsa*. Los daños causados por *Grafolita* dependen del hospedero, en el caso de duraznero los daños se dan al principio sobre los brotes y luego sobre los frutos. En el caso de la manzana, los daños se observan principalmente en el fruto, solo en casos donde los ataques son muy importantes se pueden observar daños en brotes de manzana. El daño que causa *Grafolita* en la fruta se diferencia del que causa *Carpocapsa* principalmente porque las galerías que forman en el fruto son de forma zigzagueante y nunca se alimenta de la semilla, sino que recorre el endocarpio para luego abandonar la fruta (Núñez y Scatoni, 2013).

El control de *C. molesta* mediante insecticidas se realiza siguiendo la evolución de la población mediante trampas de feromonas. Al igual que para *C. pomonella*, se utiliza la confusión sexual en el programa de MRP.

2.2.4. Lagartitas (*Argyrotaenia sphaleropa* y *Bonagota cranaodes*)

Las dos lagartitas que ocasionan daño en el manzano se denominan Lagartita de los frutales (*Bonagota cranaodes*) y Lagartita de los racimos (*Argyrotaenia sphaleropa*). Si bien las larvas de ambas lagartitas son muy similares, se distinguen fácilmente en su estado adulto porque las mariposas de ambas especies presentan diferencias notorias. Ambas lagartitas pueden atacar los brotes nuevos, pero el principal daño lo causan en la fruta donde producen galerías superficiales. Los daños en fruta generalmente se detectan entre diciembre y febrero (Núñez et al., 1998)

El control de las lagartitas se realiza mediante la aplicación de insecticidas. Los momentos de aplicación se determinan mediante monitoreo de trampas (existe un umbral que determina que se debe aplicar cuando se capturan más de 20 mariposas por semana (ambas especies sumadas). Adicionalmente, se monitorea la evolución de los daños en brotes de manzanos.

2.2.4. Control de insectos plaga mediante redes de exclusión.

Diversos tipos de mallas son utilizados sobre frutales con diferentes propósitos. El primer objetivo con el que se comenzaron a utilizar fue el de prevenir el daño por granizo, por ello se les denomina comúnmente “mallas antigranizo” las cuales son empleadas en numerosas zonas productivas del mundo. Con el paso del tiempo, este método fue evolucionando al mostrar un efecto notorio en la disminución de los daños ocasionados por insectos plaga. Es entonces que pasan a denominarse mallas sanitarias. Para el control de la plaga principal del manzano, la Carpocapsa, se ha desarrollado un sistema de mallas denominado Alt´carpo, que ha mostrado que puede reducir en hasta un 90% el daño ocasionado por este insecto (Baiamonte et al., 2016).

Este sistema Alt´carpo inicialmente consistía en una cobertura con mallas antigranizo que abarcaba la parcela completa con paredes, cerrándola completamente. Posteriormente evolucionó a un sistema denominado “monofila”, en que la malla se despliega cubriendo individualmente cada fila entera, cayendo sobre ambos lados de los árboles hasta el suelo, encerrándola completamente. La malla utilizada es una malla antigranizo de alta densidad, estabilizada contra los rayos UV que puede encontrarse en color blanco o negro. El grosor de la malla varía de 0,25 a 0,35 mm y el tamaño de los orificios varían entre 0,2 y 3,1 mm (Castellano et al., 2008). Un inconveniente de estos sistemas de mallas es que impiden el paso de las abejas por lo que deben ser colocadas luego de la floración. En caso de colocarse tempranamente deberán abrirse al menos 2 a 3 días durante la floración para permitir la polinización de las abejas (Dib et al., 2010).

Si bien el objetivo principal de estas mallas utilizadas en la producción de manzanas es el control de los principales lepidópteros plaga, algunos autores mencionan un inesperado efecto secundario disminuyendo la incidencia de la sarna del manzano. Severac y Siegwart (2013), en ensayos realizados en Francia durante tres años, encontraron una disminución de la incidencia de sarna en frutos de manzana bajo el sistema monofila de malla Alt`carpo. Mas recientemente, Chouinard y colaboradores

(2017), también observaron una disminución de la sarna del manzano en las plantas bajo cobertura de malla y plantean la posibilidad de que las mallas dificulten el pasaje de la nube de ascosporas hacia la planta por la disminución de la velocidad de las corrientes de aire. Una segunda hipótesis formulada por estos investigadores es que la malla disminuya la dispersión de conidios por salpicado de agua disminuyendo así las infecciones secundarias. Sin embargo, Bogo y colaboradores en 2012 y Alaphilippe y colaboradores en 2016 encontraron un efecto contrario. Ellos afirman que en manzanos bajo malla Alt´carpo aumentó la intensidad de la sarna e incluso agregan que si la malla antigranizo es de color negro el aumento es aún mayor.

Por otra parte, se ha mencionado un efecto positivo del uso de estas mallas disminuyendo las enfermedades de poscosecha. Estas enfermedades serían menos prevalentes en cultivos bajo malla que sin cobertura debido a una reducción de daños y heridas debidas a eventos climáticos (granizo, rameado) y a insectos, disminuyendo las vías de entrada de estas enfermedades (Severac y Slegwart, 2013).

En cuanto a la modificación del clima debajo de la malla Alt´carpo Peano et al. citados por Baiamonte et al. (2016) afirman que ocurre un aumento de la humedad, elevándola del 2 a 6% por encima de la normal.

Chouinard y colaboradores (2016), mencionan el aumento de la incidencia de plagas secundarias bajo cobertura como, por ejemplo, es el caso del Pulgón y el Piojo de San José. En sentido contrario, Dib y colaboradores (2010), observaron en un ensayo en el sureste de Francia, que la incidencia del Pulgón rosado (*Dysaphis plantaginea*) disminuyó significativamente, y también observaron un aumento de enemigos naturales bajo cobertura. También observaron una menor incidencia de hormigas bajo cobertura. Otro efecto benéfico de la malla antigranizo mencionado en la literatura es la disminución del quemado del sol en frutos debido al efecto sombra (Racsko y Schrader, 2012).

También existe otro tipo de mallas que son impermeables, las cuales son utilizadas principalmente como barrera para la lluvia, lo que tiene un efecto benéfico significativo en algunos frutales como el Cerezo al disminuir la incidencia de agrietado de los frutos (cracking) (Arévalo, 2020).

Dado que las diferencias en la incidencia de la sarna en las plantas cubiertas con la malla sanitaria se podrían deber a una menor presencia de ascosporas bajo la malla, se debería cuantificar la concentración de ascosporas bajo las mallas y fuera de ellas. Esto es posible hacerlo utilizando trampas caza-esporas volumétricas automáticas tipo Hirst. Las más utilizadas son las trampas Burkard, que permiten registrar la concentración de ascosporas (número de ascosporas hora a hora por metro cúbico de aire). Estas trampas succionan volúmenes constantes de aire por un orificio de 2 mm por 14 mm. El aire que ingresa impacta sobre una cinta cubierta de pegamento en donde se adhieren las ascosporas presentes en el volumen de aire. De esta forma las ascosporas son capturadas por la cinta y es posible contarlas bajo el microscopio determinando hora a hora el número de ascosporas por m³ de aire (Madariaga et al., 2006).

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. UBICACIÓN Y DISEÑO DEL ENSAYO.

El ensayo fue realizado en un monte de manzana en plena producción (15 años edad) de la variedad Red Chief sobre portainjerto M7 y Gala sobre M9 como polinizadora, con un marco de plantación de 3x2m con un total de 26 filas de 50m de largo. El monte se ubica en la zona de Melilla, departamento de Montevideo, Uruguay, más precisamente en las coordenadas Latitud: 34°43'41.11"S y Longitud: 56°18'14.36"O.

El monte se encuentra ubicado dentro del área de influencia del programa regional de plagas por lo que el control de *Cydia pomonella* y *Cydia molesta* se realizó mediante la técnica de confusión sexual. El resto de las plagas se manejó mediante aplicaciones de insecticidas utilizando información del monitoreo de daños y de las plagas para decidir los momentos de intervención.

Según lo informado por el productor a cargo, el monte no presenta antecedentes de haber tenido brotes epidémicos de sarna, aunque, especialmente en años con condiciones climáticas favorables, se ha observado presencia de la enfermedad.

El experimento constó de 3 tratamientos compuesto por un grupo de 3 filas cada uno, en el cual la unidad experimental (repetición) estuvo representada por una fila completa de plantas (3 repeticiones por cada tratamiento).

Los tratamientos fueron los siguientes:

- Tratamiento 1: Testigo absoluto, sin aplicación de fungicidas para el control de *V. inaequalis*.
- Tratamiento 2: Cobertura con malla sanitaria, sin aplicación de fungicidas para el control de *V. inaequalis*. Las mallas se abrieron 5 días en floración para permitir

el ingreso de abejas para la polinización (durante estos 5 días no ocurrieron eventos de infección de *V. inaequalis*)

- Tratamiento 3: Testigo con aplicación de fungicidas. La aplicación de fungicidas para el control de *V. inaequalis* se realizó de acuerdo con el manejo convencional en el resto del predio. Los fungicidas fueron aplicados con una estrategia preventiva utilizando la información de los pronósticos meteorológicos como ayuda en la toma de decisiones.

3.2. MALLA SANITARIA UTILIZADA.

El sistema de malla utilizada es del tipo monofila y la malla está compuesta por dos materiales. El primero que forma la parte superior (techo), es incoloro e impermeable, y su función es evitar la llegada de la lluvia a la planta y los daños por granizo, está compuesto de lona Agricover de origen israelí. El segundo componente son los laterales en los que se utiliza una malla anti-insectos de monofilamento de 0.21 mm con orificios de 2.3 x 6 mm y 2% de protección UV. Estos laterales (paredes), cubren la planta hasta el suelo, son incoloros y su principal función es evitar la entrada de insectos, aves además de evitar daños por granizo y quemado de sol.

La malla fue sostenida por cerchas metálicas de 1,4 m de ancho y 3 m de altura total. Las cerchas se ubicaron cada 7m a lo largo de la fila unidas con 3 alambres de 15-13 mm y aferradas a postes de madera en las cabeceras, para ayudar al sostén y la resistencia contra el viento. Las mallas fueron colocadas previo a la brotación del monte y cerradas por debajo, dejando a la fila totalmente cubierta entre el 27 de agosto de 2019 y hasta la cosecha en marzo de 2020 (Ilustración 2).



Ilustración 2 A- Detalle de la malla de exclusión. B- Cercha de sosten y techo impermeable de malla Agricover®. C- Filas de manzanos cubiertas con el sistema mono fila de la malla Alt´carpo D- cercha metálica sostenida por poste metálico.

3.3. MEDICIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ASCOSPORAS DE *V. inaequalis* DENTRO Y FUERA DE LA MALLA SANITARIA.

Dos trampas caza-esporas Burkard fueron instaladas al momento de la colocación de las mallas, una trampa fue colocada dentro de una fila con malla sanitaria, y la otra fue colocada en una fila sin malla sanitaria del tratamiento testigo absoluto.

Ambas trampas se pusieron en funcionamiento anticipándose a cada evento de lluvias anunciadas por el pronóstico meteorológico. Una vez finalizado cada evento de lluvia, se mantuvieron en funcionamiento las trampas durante las ocho horas siguientes para luego retirar las cintas de captura y proceder al conteo de las ascosporas en laboratorio con ayuda de un microscopio. Paralelamente se registraron los datos de mm de lluvia extraídos de la estación meteorológica más cercana ubicada en la estación experimental de INIA Las Brujas.

Los valores acumulados de capturas de ascosporas dentro y fuera de la malla, se analizaron con la prueba de razón de verosimilitud utilizando el paquete estadístico Statistical Analysis Software (SAS).

3.4. MEDICION DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE LA SARNA DEL MANZANO CAUSADA POR *V. inaequalis*

En cada unidad experimental (fila) se escogieron 10 árboles al azar evitando aquellos ubicados en los extremos de la fila. En cada árbol se registró incidencia y severidad de la sarna en hojas e incidencia de la sarna en fruta. La evaluación en hojas se realizó el 26 de octubre de 2019, cuando ya habían transcurrido 15 días de ocurrido el tercer evento de infección de esa temporada. Para ello, en cada árbol se muestrearon 200 hojas, (2000 hojas por fila (unidad experimental) escogidas al azar a los cuatro lados del árbol (N, S, E y O). En cada hoja se registró presencia o ausencia de sarna y se estimó la incidencia de la enfermedad como: $(\text{N}^\circ \text{ de hoja enfermas} \times 100) / \text{N}^\circ \text{ de hojas totales}$. Para evaluar severidad de la sarna, éstas se agruparon siguiendo las siguientes categorías: hojas sin manchas; 1 a 2 manchas por hoja; 3 a 4 manchas por hoja y 5 o más manchas por hoja.

Los datos fueron analizados con un Análisis de Varianza, donde la variable dependiente fue la presencia de sarna en hoja, las medias fueron comparadas mediante

un Test de Tukey ($\alpha = 0,05$). El paquete estadístico utilizado fue Statistical Analysis Software (SAS).

Los frutos fueron evaluados al momento de cosecha (3 de marzo de 2019). Para ello se seleccionaron 20 frutos por árbol (200 frutos por fila (unidad experimental) escogidos al azar. En cada fruto se registró presencia o ausencia de sarna y se estimó la incidencia de la enfermedad como: $(\text{N}^\circ \text{ de frutos enfermos} \times 100) / \text{N}^\circ \text{ de frutos totales evaluados en cada tratamiento}$.

Los datos de la incidencia de sarna en fruto se analizaron mediante un Análisis de Varianza y posteriormente las medias se separaron con el Test de Tukey ($\alpha = 0,05$) utilizando el paquete Statistical Analysis Software (SAS).

4. RESULTADOS

4.1 MEDICIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ASCOSPORAS DE *V. inaequalis* DENTRO Y FUERA DE LA MALLA SANITARIA.

El inicio de la brotación para la zafra 2019 fue el 26 de septiembre, a partir de este día se dio el inicio del experimento. Durante esa primavera se registraron 9 eventos de liberación de ascosporas. El primer evento ocurrió el día 30 de setiembre y el último el día 20 de octubre, por lo que la duración del periodo de descargas de ascosporas fue de 21 días. De los 9 eventos de liberación registrados, 4 fueron eventos diurnos y 5 fueron eventos nocturnos. La liberación de ascosporas se inició en la primera hora luego de iniciada la lluvia en todos los casos. La máxima liberación de ascosporas se registró en el evento ocurrido el día 1° de octubre (Ilustración 4). En todos los eventos la concentración de ascosporas capturadas por la trampa colocada fuera de la malla sanitaria fue entre un 40 a 80% mayor que la capturada dentro de la malla sanitaria (Tabla 3).

Dado que en todos los eventos los valores de concentración de ascosporas fuera de la malla sanitaria fueron superiores a los registrados en el interior de la malla sanitaria, se ajustó un modelo (Ilustración 3) y, en base a este, se aplicó una prueba estadística con el fin de saber si la cantidad de ascosporas en el aire dentro y fuera de la malla presentan diferencias significativas.

Tabla 3 Recuento de ascosporas capturadas en trampas caza-esporas (dentro y fuera de malla sanitaria) para los días que se registraron precipitaciones.

Fecha	Evento de infección	lluvia (mm)	Periodo de infección (*)	Ascosporas / m ³ de aire	
				Con cobertura	Sin cobertura
30/9/2019	1	25,5	NO	39	102
1/10/ 2019	2	67,7	SI	142	321
2/10/2019	3	1,0	NO	14	17
4/10/2019	4	10,5	SI	36	62
10/10/ 2019	5	125,9	SI	39	40
12/10/2019	6	44,0	NO	25	35
15/10/2019	7	2,0	NO	0	17
17/10/2019	8	2,5	SI	0	3
21/10/2019	9	1,8	NO	2	8
26/10/2019	-	1,0	NO	0	0
27/10/2019	-	2,0	NO	0	0

(*) Período de infección confirmado por el Servicio de Alarma de Sarna del MGAP.

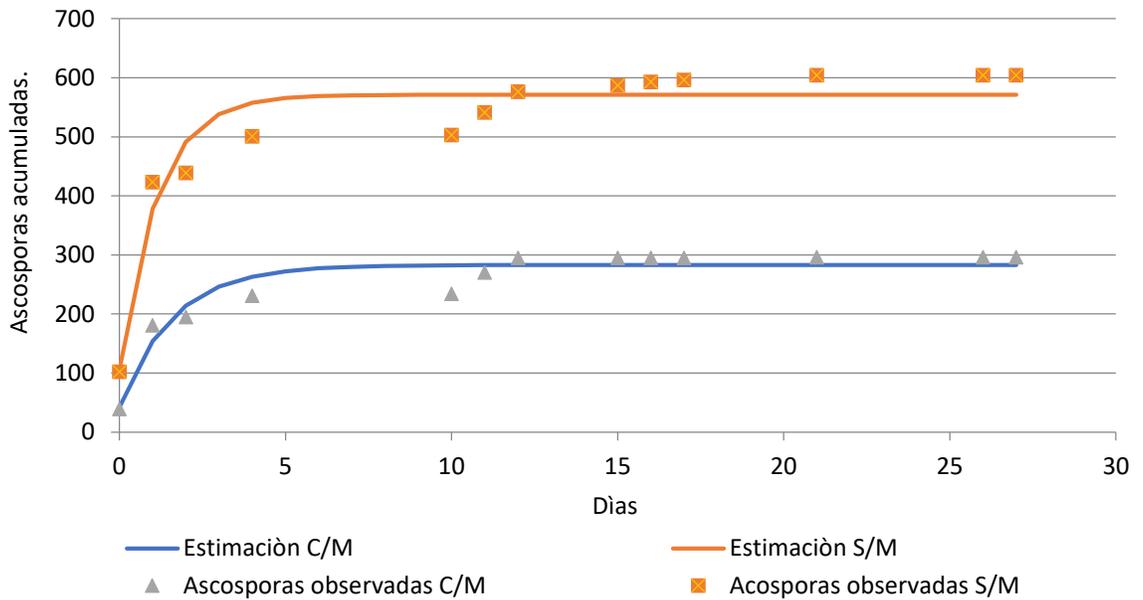


Ilustración 3 Evolución de las descargas acumuladas de ascosporas dentro (C/M) y fuera (S/M) de la malla sanitaria durante el periodo de liberación.

La prueba estadística dio como resultado que las dos curvas son diferentes estadísticamente entre si con un p valor $< 0,0001$, es decir que la trampa ubicada bajo la malla sanitaria capturo significativamente menos ascosporas que la trampa ubicada en las filas testigo (sin cobertura). Es decir que la concentración de ascosporas por m^3 /aire en todos los periodos de liberación, fue significativamente menor bajo la cobertura de la malla sanitaria (Ilustración 4).

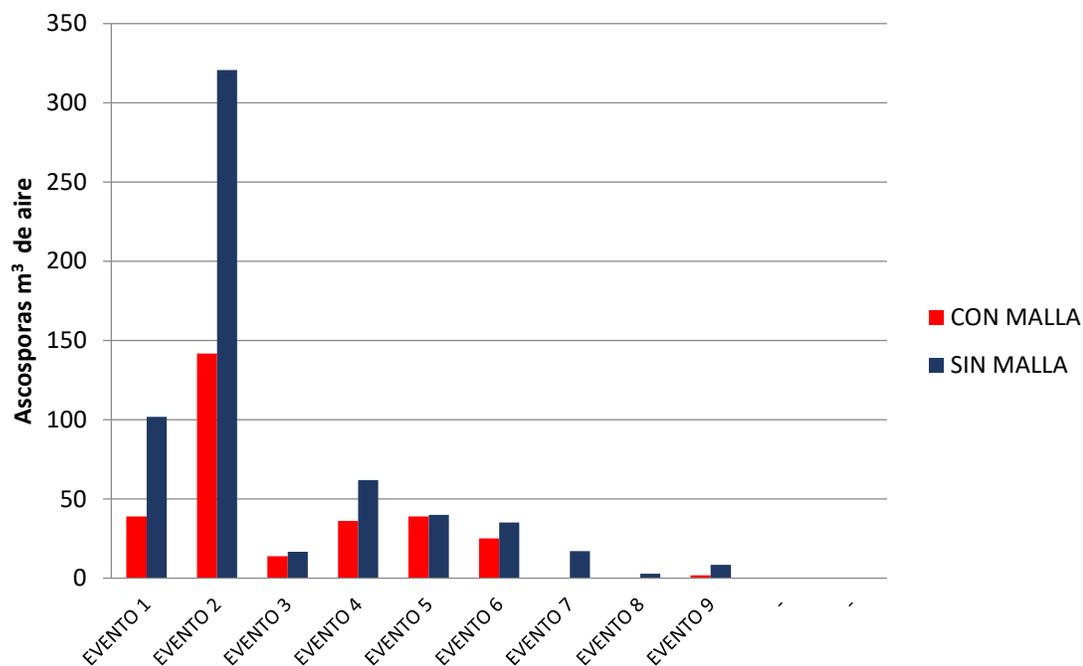


Ilustración 4 Ascosporas por m³ de aire, cuantificadas en cada evento de liberación.

4.1. MEDICION DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE LA SARNA DEL MANZANO CAUSADA POR *V. inaequalis*

El 27 de octubre se realizó la evaluación de incidencia y severidad de la sarna en las hojas. En esa fecha ya habían sucedido 3 periodos de infección de sarna (confirmados por el Sistema de Alarma brindado por el MGAP) y transcurrido los días requeridos desde infección para la aparición de síntomas. En la tabla 4 se pueden observar los resultados obtenidos en la evaluación.

Tabla 4 Incidencia de sarna en hoja y número de manchas por hoja por tratamiento.

	Hojas contadas	Incidencia (%)	Numero manchas sobre el total de incidencia (%)		
			1-2	3-4	5 o <
Testigo	6572	36,90 a	37,01 b	17,02 a	45,85 a
Con malla	6765	12,25 b	67,64 a	18,45 a	13,49 b
Convencional	6511	5,69 c	64,38 a	19,37 a	16,49 b

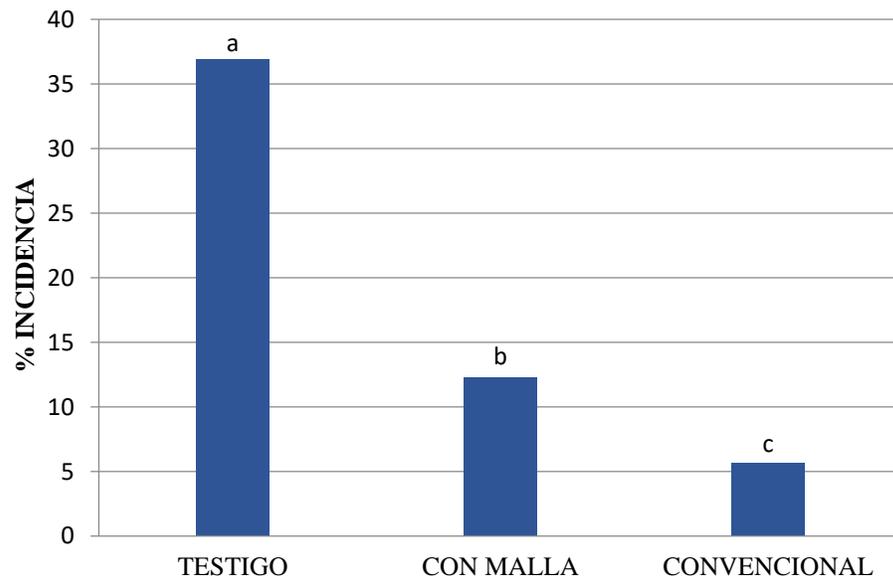


Ilustración 5 Incidencia de sarna en hoja según tratamiento. Las letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada rango de severidad según Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Los tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí, siendo el tratamiento convencional con aplicaciones de fungicidas el que presentó menores valores de incidencia de la enfermedad (mayor porcentaje de control). El tratamiento con malla sanitaria tuvo un comportamiento intermedio con valores de

incidencia de la enfermedad menores al testigo sin control, pero superiores al tratamiento químico. Por último, el tratamiento testigo absoluto presento los mayores valores de incidencia (Ilustración 5).

En cuanto a la severidad, se puede observar que en los tratamientos 2 y 3 donde se realizó un tipo de manejo contra la sarna del manzano (uso de la Malla o aplicación de fungicida), la mayor proporción de hojas son aquellas que poseen de 1 a 2 manchas por hoja, mientras que el menor porcentaje de hojas manchadas se ubica en el rango de mayor severidad establecido, es decir de 5 o más manchas por hoja. Lo opuesto ocurre en el tratamiento testigo, siendo significativamente menor el porcentaje de hojas con 1 a 2 manchas y significativamente mayor el porcentaje de hojas con 5 o más manchas. Esta evaluación evidencia una mayor carga de inóculo secundario para el tratamiento testigo (Tabla 4).

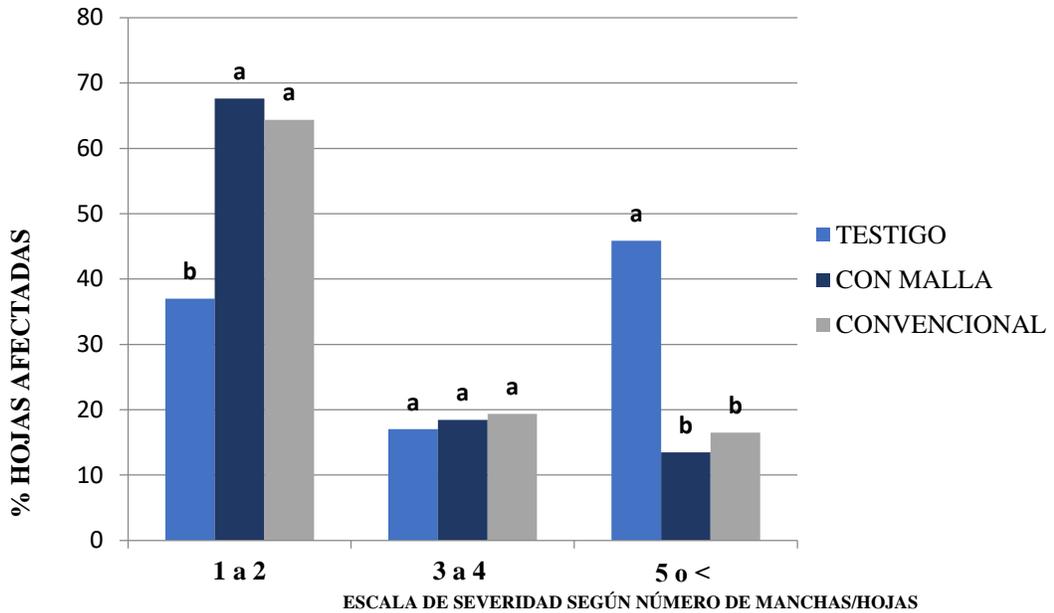


Ilustración 6 Severidad en (%) de hojas afectadas según número de manchas por hoja. Las letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada rango de severidad según Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Los frutos fueron muestreados y contabilizados el 3 de marzo del 2020, previo al inicio de la cosecha. Los resultados fueron similares a los observados en hoja, los tres tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí, siendo el tratamiento convencional con aplicaciones de fungicidas el que presentó menores valores de incidencia de la enfermedad, seguido por el tratamiento con malla sanitaria y por último el testigo absoluto que evidenció la mayor cantidad de frutos infectados, la incidencia observada en este tratamiento fue de 71,29% (Tabla 5, Ilustración 7).

Tabla 5 Total de frutos evaluados e incidencia de sarna según tratamiento.

Tratamientos	Frutos Evaluados	Incidencia (%)
Testigo	609	71,29 a
Con malla	626	20,65 b
Convencional	612	1,26 c

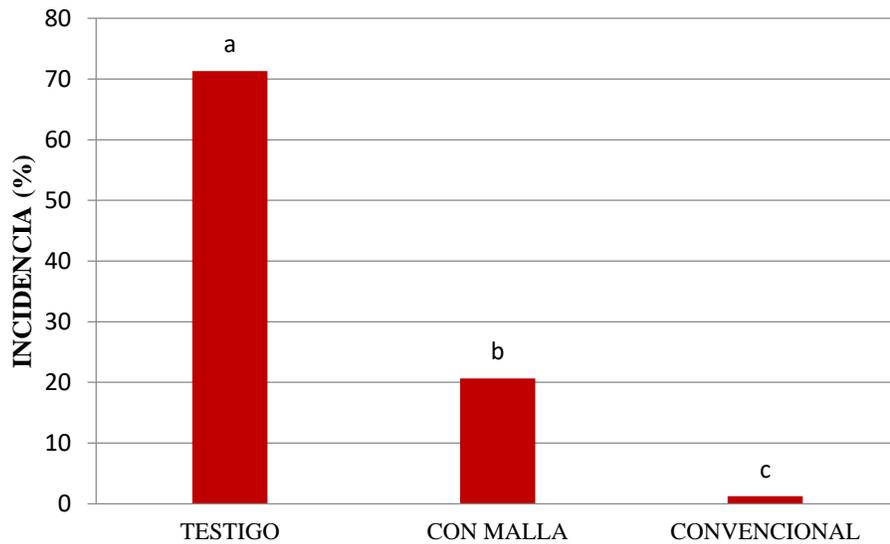


Ilustración 7 Incidencia de sarna en fruto según tratamiento. Las letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos dentro de cada rango de severidad según Test de Tukey ($\alpha = 0,05$).

5. DISCUSIÓN

Durante la temporada 2019 ocurrieron 9 eventos de liberación de ascosporas. El primer evento de liberación de ascosporas producidas por *V. inaequalis* ocurrió en simultáneo con el inicio de la brotación del manzano en coincidencia con estudios anteriores realizados en nuestro país (Martínez et al., 2014, Mondino y Alaniz, 2009). Las capturas de ascosporas tuvieron un pico máximo coincidiendo con la etapa de floración y la finalización ocurrió a fines de octubre (último evento de capturas ocurrió el 21 de octubre), adelantándose a lo mencionado por Martínez y colaboradores (2014) quienes obtuvieron capturas de ascosporas hasta el día 2 de noviembre en dos años consecutivos de estudio. Este agotamiento anticipado en la liberación de ascosporas ocurrida en el monte en que se realizó nuestro estudio podría deberse a una menor cantidad de inóculo presente en las hojas caídas en el suelo.

En nuestro trabajo y de acuerdo con lo publicado por Martínez y colaboradores (2014), los eventos de liberación de ascosporas siempre fueron antecedidos por la ocurrencia de lluvias y las capturas en las trampas se registraron a partir de la misma hora de inicio de las lluvias sin importar que estas sean nocturnas o diurnas. Existen trabajos que mencionan que la liberación de ascosporas no se inicia hasta la salida del sol y que por lo tanto las horas nocturnas de hoja mojada deben descartarse. Sin embargo, nuestros resultados reafirman la imposibilidad de desestimar los eventos de liberación nocturna como eventos de infección.

Durante la temporada ocurrieron condiciones para la ocurrencia de infecciones primarias de *V. inaequalis* en cuatro ocasiones coincidiendo con las lluvias del 1º, 4, 10 y 17 de octubre lo que quedó evidenciado en el tratamiento testigo sin aplicaciones de fungicidas, el cual presentó una incidencia en hojas de 36.90% y en frutos de 71.29%. En contraste, en las parcelas tratadas con aplicaciones de fungicidas la incidencia fue de 5.69% y 1.26% en hojas y frutos, respectivamente. Estos resultados confirman que esta enfermedad causa importantes pérdidas si no es controlada adecuadamente.

En cuanto al efecto de la malla sanitaria sobre la concentración de ascosporas en el aire, nuestros resultados muestran que, en todos los eventos ocurridos en la temporada, fue menor la concentración de ascosporas dentro de la malla que fuera de esta. Si bien no tenemos una explicación certera de porqué esto ocurre, aparentemente la nube de ascosporas que se liberan de las hojas caídas en el suelo ve dificultado su ingreso al interior de la malla. Por otra parte, bajo la malla sanitaria, a pesar de tener un pequeño techo impermeable, se pudo observar que la lluvia alcanzó a mojar las hojas y que estas permanecían mojadas por lo que las horas de hoja mojada necesarias para la ocurrencia de infecciones (Jones y Aldwinckle, 2002) ocurrieron tanto dentro como fuera de las mallas.

Al evaluar la incidencia de la sarna en hojas y frutos dentro y fuera de la malla sanitaria, en ambos casos se encontraron síntomas de la enfermedad, pero su incidencia fue notoriamente menor en los árboles protegidos por la malla. Para el caso de las hojas la incidencia fue de 12.25% y en frutos de 20.65% bajo la malla mientras que fuera de la malla los valores fueron de 36,90% y 71,29%, respectivamente. Esta reducción en la enfermedad lograda por la malla sanitaria se explica por el efecto sobre la diseminación de las ascosporas lo que fue comprobado mediante las trampas volumétricas caza-esporas. La malla sanitaria estaría actuando como una barrera física que dificulta la llegada de ascosporas a los árboles y esto se traduce en una menor incidencia de la enfermedad. Este resultado difiere con lo publicado por Bogo y colaboradores (2012) quienes afirmaron que la malla no tiene ningún efecto sobre la sarna del manzano. Por el contrario, nuestros resultados coinciden con lo dicho por Severac y Siegwart (2013) de que existe una ligera reducción en la incidencia de sarna del manzano bajo malla.

Si bien en este trabajo se pudo comprobar un efecto positivo del uso de mallas sanitarias al disminuir la incidencia de la sarna del manzano, lamentablemente la reducción lograda no es suficiente como para evitar el uso de fungicidas contra *V. inaequalis*. La incidencia de la enfermedad en fruta en el entorno del 20% es inaceptable en la producción comercial de manzanas en Uruguay. Son necesarias nuevas

investigaciones que permitan entender cómo funciona la malla reduciendo la llegada de las ascosporas a la planta. También se debería investigar la integración del uso de mallas sanitarias con otras medidas de control como la eliminación de las hojas caídas en el suelo para lograr una reducción aceptable a nivel comercial.

6. CONCLUSIONES

La cobertura de los árboles de manzana con el sistema monofila de mallas sanitarias del tipo Alt'carpo reduce significativamente la incidencia y severidad de la sarna del manzano causada por *V. inaequalis*.

La reducción de la cantidad de enfermedad bajo la malla se explica por una menor llegada de las ascosporas a las plantas encerradas por el sistema de mallas.

El uso de mallas sanitarias del tipo Alt'carpo no evita la aplicación de fungicidas para el control de la sarna del manzano ya que la reducción en la incidencia y severidad lograda no alcanza los niveles necesarios como para ser aceptado en la producción comercial de este cultivo.

Son necesarios futuros estudios que logren explicar el mecanismo por el cual la malla reduce el acceso de las ascosporas a los árboles, así como la integración del uso de mallas con otras medidas de control de la sarna del manzano.

7. RESUMEN

El cultivo del manzano es el más importante frutal de hoja caduca en Uruguay. La sarna del manzano ocasionada por el hongo *Venturia inaequalis* es la principal enfermedad que afecta este cultivo y su control se basa en la aplicación de fungicidas realizándose más de 12 aplicaciones en cada temporada. Los principales insectos plaga que afectan este cultivo son la carpocapsa (*Cydia pomonella*), grafolita (*Cydia molesta*) y lagartitas (*Argyrotaenia sphaleropa* y *Bonagota cranaodes*) para su control se realizan numerosas pulverizaciones con insecticidas. Los consumidores son cada día más exigentes en cuanto a la inocuidad de la fruta, tanto química como microbiológica. Con el fin de dar respuesta a estas demandas, se ha implementado un programa regional de control de insectos basado en el uso de la confusión sexual mediante feromonas, reduciendo de esta manera el uso de insecticidas. Recientemente y con el mismo fin se introdujo por primera vez al Uruguay el uso de mallas de exclusión como método de control de plagas en manzanos. Como resultado secundario del uso del sistema de mallas contra insectos se ha observado una aparente reducción en la incidencia y severidad de la sarna del manzano. En caso de comprobarse esto, las mallas anti-insectos contribuirían a minimizar el uso de fungicidas utilizados para el control de *V. inaequalis*. Con el objetivo de evaluar si el uso de las mallas de exclusión de insectos contribuye a reducir la incidencia y severidad de la sarna del manzano se realizó un ensayo de campo en un monte de manzana Red Delicious. Los tratamientos fueron Testigo absoluto sin aplicación de fungicidas, Malla de exclusión Alt´carpo en sistema de monofila y Testigo Convencional donde la sarna se controló mediante aplicaciones preventivas de fungicida en base al pronóstico meteorológico. Cada tratamiento se aplicó a grupos de tres filas de 25 plantas. Transcurridos tres periodos de infección se evaluó la incidencia y severidad de la sarna de en hojas y la incidencia en frutos. Con el fin de determinar si la reducción en la incidencia y severidad de la sarna ocasionada por malla sanitaria se debe a que impide la llegada de las ascosporas de *V. inaequalis* a los tejidos susceptibles se cuantificó la concentración de ascosporas dentro y fuera de la malla utilizando trampas volumétricas cazaesporas Burkard. Los resultados arrojaron que la malla sanitaria redujo significativamente la incidencia y severidad de la sarna en hojas y en frutos. Bajo la malla la concentración de ascosporas fue significativamente menor, lo que explicaría la menor incidencia de la enfermedad. La reducción de la incidencia y severidad de la sarna del manzano en los árboles cubiertos por las mallas no es suficiente como para eliminar las aplicaciones de fungicidas dirigidas al control de *V. inaequalis*.

Palabras clave: *Venturia inaequalis*; Sarna del manzano; Mallas sanitarias.

8. SUMMARY

Apple is the most important deciduous fruit crop in Uruguay. Apple scab caused by the fungus *Venturia inaequalis* is the main crop disease. Its control is based on chemical applications, and up to 12 applications can be made each season. The main pest insects affecting this crop are carpocapsa (*Cydia pomonella*) and the native leafrollers, *Argyrotaenia sphaleropa* and *Bonagota salubricola* (Lepidoptera: Tortricidae). Numerous sprays with insecticides are carried out to control them. Consumers are increasingly demanding in terms of the safety of the fruit, both chemical and microbiological. In order to respond to these demands, a regional insect control program has been implemented based on sexual confusion by pheromones, thus reducing the use of insecticides. Recently, and for the same purpose, the use of exclusion meshes as a pest control method in apple trees was introduced for the first time in Uruguay. As a secondary result of the use of the insect mesh system, an apparent reduction in the incidence and severity of Apple Scab has been observed. If this is verified, the anti-insect meshes would contribute to minimize fungicides sprays to control *V. inaequalis*. To evaluate whether the use of insect exclusion nets contribute to reduce the incidence and severity of apple scab, a field trial was carried out on a Red Delicious apple orchard. Treatments were absolute control without any application of fungicides, Alt´Carpo exclusion net in a single-row netting systems and control where scab was controlled by periodic applications of fungicides. Each treatment was applied to groups of three rows of 25 plants. After three periods of infection, the incidence and severity of scab in leaves and the incidence in fruits were evaluated. In order to determine if the reduction in the incidence and severity of scabies caused by sanitary nest is due to the fact that it prevents the arrival of *V. inaequalis* ascospores to susceptible tissues, the concentration of ascospores inside and outside the mesh was quantified using Burkard volumetric spore traps. Results showed that the sanitary mesh significantly reduced the incidence and severity of scab on leaves and fruits. Under the mesh, the concentration of ascospores was significantly lower, which would explain the lower incidence of the disease. Reducing the incidence and severity of apple scab on trees covered by the mesh is not enough to eliminate fungicide applications directed at *V. inaequalis* control.

Keywords: *Venturia inaequalis*; Apple scab; Sanitary mesh.

9. BIBLIOGRAFIA.

1. Ackermann, M. N.; Díaz, A. 2020. Frutales de hoja caduca: situación y perspectivas. Anuario OPYPA. 2019: 225 – 244.
2. Agustí, M. 2010. Fruticultura. 2a. ed. Madrid, Mundi-Prensa. 228 p.
3. Alaniz, S.; Leoni, C.; Mondino, P. 2003. Manejo de la sarna del manzano sin aplicaciones de fungicidas durante el verano. In: Telis, V.; Carrega, E. eds. producción integrada en Uruguay: la clave de un sistema amigable con el medio ambiente, que permite obtener frutas y hortalizas de alta calidad. Montevideo, PREDEG. pp. 127 – 130.
4. _____.; _____.; Bentancur, O.; Mondino, P. 2014. Elimination of summer fungicide sprays for apple scab (*Venturia inaequalis*) management in Uruguay. *Scientia Horticulturae*. 165: 331 – 335.
5. _____.; Gepp, V.; Mondino, P.; Leoni, C.; Núñez, S.; Mujica, V.; Scatoni, I. 2016. Guía de identificación y monitoreo de enfermedades y plagas en frutales de hoja caduca y vid. Montevideo, AFRUPI. 135 p.
6. Alaphilippe, A.; Capowiez, Y.; Severac, G.; Simon, S.; Saudreau, M.; Caruso, S.; Vergnani, S. 2016. Codling moth exclusion netting: an overview of French and Italian experiences. *IOBC-WPRS Bulletin*. no. 112: 31 – 35.
7. Arévalo, M. 2020. Fenología y fisiología de un huerto de Cerezo (*Prunus avium* L). Cv. Santina, producido bajo macrotúnel y techo antilluvia: cobertores plásticos. Tesis Ing. Agr. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. 27 p.
8. Baiamonte, I.; Rao, A.; Nardo, N.; Moneta, E.; Peparaio, M.; D´Aloise, A.; Kelderer, M.; Casera, C.; Paoletti, F. 2016. Effect of the use of anti-hail nets on codling moth (*Cydia pomonella*) and organoleptic quality of apple (cv. Braeburn) grown in Alto Adige Region (northern Italy). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 96(6): 2025 – 2032.

9. Bentancourt, M.; Scatoni, B. 2006. Lepidópteros de importancia económica en el Uruguay: reconocimiento, biología y daños de las plagas agrícolas y forestales. 2a ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 437 p.
10. Bogo, A.; Trezzi, R.; Agostineto, L.; Goncalves, M.; Rufato, L. 2012. Effect of hail protection nets on apple scab in ‘Royal Gala’ and ‘Fuji’ apple cultivars. *Crop Protection*. 38: 49 – 52.
11. Carbone, M. J. 2017. Evaluación de la sensibilidad in vitro a dodine en poblaciones de *Venturia inaequalis*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 36 p.
12. Carbonell, J.; Briozzo, J.; Moscardi, C.; García, S. 1975. Calendario de pulverizaciones para manzano. Montevideo, CIAAB. 4 p. (Hoja de Divulgación no. 9).
13. Castellano, S.; Scarascia, G.; Russo, G.; Briassoullis, D.; Mistriotis, A.; Hemming, S.; Waaijemberg, D. 2008. Plastic nets in agriculture: a general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture*. 24(6): 799 – 808.
14. Chouinard, G.; Firlej, A.; Cormier, D. 2016. Going beyond sprays and killing agents: exclusion, sterilization, and disruption for insect pest control in pome and stone fruit orchards. *Scientia Horticulturae*. 208: 13 – 27.
15. _____; Veilleux, J.; Pelletier, F.; Larose, M.; Phillion, V.; Cormier, D. 2017. Impact of exclusion netting row covers on arthropod presence and crop damage to ‘Honeycrisp’ apple trees in North America: a five-year study. *Crop Protection*. 98: 248 – 254.
16. Coque, M.; Díaz, M.; García, J. 2012. El cultivo del Manzano variedades de sidra y mesa. Madrid, Mundi-Prensa. 221 p.
17. Cossentine, J. E.; Jensen, L. B. M. 2000. Releases of *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in apple orchards under a sterile Codling moth release program. *Biological Control*. 18(3): 179 – 186.
18. Díaz-Sobac, R.; Vernon-Carter, J. 1999. Inocuidad microbiológica de frutas frescas y mínimamente procesadas microbiological safety of fresh and minimum

- processed fruits inocuidade microbiológica de frutas frescas e mínimamente procesadas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 2(3): 133 – 136.
19. Dib, H.; Sauphanor, B.; Capowiez, Y. 2010. Effect of codling moth exclusion nets on the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, and its control by natural enemies. *Crop Protection*. 29(12): 1502 – 1513.
 20. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2018. FAOSTAT. (en línea). Roma. s.p. Consultado agosto 2020. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>.
 21. García, S.; Moscardi, C. 1975. Sarna del manzano: sintomatología y ciclo biológico. Montevideo, CIAAB. 5 p. (Hoja de Divulgación no. 23).
 22. _____.; _____. 1981. El sistema de alarma para el control de la sarna del manzano. Montevideo, CIAAB. 9 p. (Miscelánea no. 33).
 23. _____. 1998. Enfermedades a hongos que deben ser consideradas prioritariamente dentro de un programa de manejo integrado. In: Núñez, S.; García, S.; Paullier, S.; Pagani, C.; Maeso, D. eds. Guía para el manejo integrado de plagas y enfermedades. Montevideo, INIA. pp. 49 – 66. (Boletín de Divulgación no. 66).
 24. Gürlek, S.; Sevim, A.; Sezgin, F. M.; Sevim, E. 2018. Isolation and characterization of *Beauveria* and *Metarhizium* spp. from walnut fields and their pathogenicity against the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 28(1): 28 – 50.
 25. Haraz, R.; Fleury, D. 2016. Evaluation of the exclusion nets method to manage pests in apple orchards. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*. 48(4): 266 – 270.
 26. Jehle, J. A.; Sauer, A. J.; Fan, J.; Wennmann, J. T.; Alletti, G. G.; Fritsch, E.; Undorf Spahn, K. 2018. Successful control of codling moth resistance to *Cydia pomonella* granatovirus (CpGV). In: International Conference on Organic Fruit Growing (18^o., 2018, Hohenheim). Proceedings. Weinsberg, Foerdergemeinschaft Oekologischer Obstbau. pp. 253 – 257.

27. Jones, A. L.; Aldwinckle, H. S. 2002. Plagas y enfermedades del manzano y del peral. Madrid, Mundi-Prensa. 99 p.
28. Lacey, L.; Unruh, T. 1998. Entomopathogenic nematodes for control of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae): effect of nematode species, concentration, temperature, and humidity. *Biological Control*. 13(3): 190 – 197.
29. MacHardy, W. E. 1996. Apple scab: biology, epidemiology, and management. St. Paul, APS. 545 p.
30. Madariaga, R.; Figueroa, L.; Moore, C. 2006. Alerta temprana de la sarna del manzano (*Venturia inaequalis*) en la zona de los Ángeles, VIII región de Chile: redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus aplicaciones productivas. *Boletín INIA*. no. 145: 137 – 170.
31. Martínez, E.; Alaniz, S.; Mondino, P. 2014. Estudio de la descarga de ascosporas de *Venturia inaequalis*, agente causal de la sarna del manzano, mediante ensayos de liberación forzada. In: Congreso Nacional de Hortifruticultura (13º., 2014, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. p. 86.
32. _____.; _____.; _____. 2021. Release dynamics of *Venturia inaequalis* ascospores in Uruguay. *Tropical Plant Pathology*. 46: 414 – 421.
33. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). s.f. Manejo regional de plagas en frutales: propuesta interinstitucional. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jun 2022. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/politicas-y-gestion/programas/programa-manejo-regional-plagas-frutales-hoja-caduca>.
34. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones y Estadísticas Agropecuarias, UY). 2003. La fruta de hoja caduca en Uruguay: contribución a su conocimiento. (en línea). Montevideo. 22 p. Consultado jun. 2022. Disponible en https://www.gub.uy/ministerio-ganaderiaagricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/la_fruta_de_hoja_caduca_en_uruguay_-_junio_2003.pdf.

35. _____. _____. 2014. Guía de buenas prácticas agrícolas para la producción de frutas y hortalizas del Uruguay. Montevideo. 73 p. Consultado jun. 2022. Disponible en https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/guia%20de%20buenas%20practicass%20agricolas%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20frutas%20y%20hortalizas%20frescas%20en%20Uruguay_compressed.pdf.
36. _____. _____. 2016. Encuesta frutícola de hoja caduca: zafra 2016. Montevideo. s.p. (Serie Encuestas no. 338).
37. Mills, W. D.; Laplante, A. A. 1951. Diseases and insects in the orchard. Cornell Extension Bulletin. no. 711: 21 – 27.
38. Mondino, P. 2003. Manejo de la sarna del manzano bajo producción orgánica en Uruguay. *In*: Luna, H. ed. Producción orgánica: aportes para el manejo de sistemas ecológicos en Uruguay. Montevideo, Tradinco. pp. 186 – 198.
39. _____.; Alaniz, S.; Leoni, C. 2003. Racionalización y reducción del uso de fungicidas en el control de la sarna del manzano ocasionada por *V. inaequalis*. *In*: Telis, V.; Cárrega, E. eds. Producción integrada en Uruguay: claves de un sistema amigable con el medio ambiente que permite obtener frutas y hortalizas de alta calidad. Montevideo, PREDEG. pp. 119 – 121.
40. _____.; _____. 2009. Manejo integrado de la sarna del manzano. *In*: Stadnik, M. ed. Manejo integrado de doenças da macieira. Florianópolis, Alternativa Gráfica. pp. 35 – 43.
41. _____.; Casanova, L.; Celio, A.; Bentancur, O.; Leoni, C. Alaniz, S. 2015. Sensitivity of venturia inaequalis to trifloxystrobin and difenoconazole in Uruguay. *Journal of Phytopathology*. 163(1): 1 – 10.
42. _____.; Fourment, M.; Severino, V.; Silveira, A. C.; Leoni, C.; Mujica, V.; Cabrera, D.; Rabellino, F.; Cescato, I.; Buschiazzi, M.; Carrega, E. 2018. Normas para la producción integrada de manzano: actualización 2018. Montevideo, MGAP. 38 p. Consultado jun. 2022. Disponible en

https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/noticias/norma_pi_manzana_actualizacion_2018.pdf.

43. Mujica, V.; Buschiazzo, M. 2021. Uso correcto y maximización de la técnica de confusión sexual como herramienta para el control de lepidópteros: funcionamiento de la confusión sexual. In: Seminario de Actualización Técnica en Frutales de Pepita (2021, Las Brujas). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 49 – 53. (Actividades de Difusión no. 798).
44. Núñez, S.; García, S.; Paullier, J. 1998. Plagas de los frutales a ser consideradas en un manejo integrado. In: Guía para el manejo integrado de plagas y enfermedades. Montevideo, INIA. pp. 9 – 18.
45. _____.; Scatoni, I.; Paullier, J.; Bentancourt, C. 1999. Una nueva estrategia para el control de "grafolita" en duraznero en el Uruguay: la confusión sexual. Montevideo, INIA. 19 p. (Serie Técnica no. 104).
46. _____.; _____. 2013. Tecnología disponible para el manejo de las plagas en frutales de hoja caduca. Montevideo, INIA. 164 p. (Serie Técnica no. 210).
47. Racsko, J.; Schrader, L. E. 2012. Sunburn of apple fruit: historical background, recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 31(6): 455 – 504.
48. Schwabe, W. 1979. Changes in scab susceptibility of apple leaves as influenced by age. *Phytophylactica*. 11: 53 – 56.
49. _____.; Jones, A.; Jonker, J. 1984. Changes in the susceptibility of developing apple fruit to *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*. 74(1): 118 – 121.
50. Severac, G.; Siegwart, M. 2013. Protection Alt'Carpo: nouvelles études sur trois ans. *Phytoma*. 668: 33 – 37.
51. Tasin, M.; Demaria, D.; Ryne, C.; Cesano, A.; Galliano, A.; Anfora, G.; Ioriatti, C.; Alma, A. 2008. Effect of anti-hail nets on *Cydia pomonella* behavior in apple orchards. *Experimental and Applied Entomology*. 129(1): 32 – 36.

52. Zeballos, R.; Guidobono, N.; Calcagno, R.; Sappia, C. 2021. Produccion integrada, muro frutal y malla sanitaria en Uruguay: malla sanitaria. Montevideo, INIA. 64 p. (Serie FPTA no. 95).