



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Relación entre variables climáticas y registros históricos de 'Sarna del Manzano' en un
huerto de Manzanos cv. Gala**

JUAN IGNACIO RODRIGUEZ MUÑOZ

**TALCA, CHILE
2021**

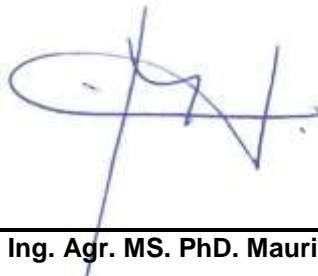
CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

Aprobación:



Profesor Guía: Ing. Agr. MS. PhD. Mauricio Lolas C.

Profesor Asistente

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias



Profesor informante: Ing. Agr. Mg. Cs. Dr. Gonzalo A. Díaz

Profesor Asociado

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

Fecha de presentación de Memoria de Título: 10 de mayo del 2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Juan y Ana, por su apoyo incondicional, por su amor, por su paciencia y respeto en cada etapa de mi vida, a mi hermana Pamela y a mi hermano Diego a quienes admiro y les doy gracias por siempre estar presentes.

Agradezco a mi polola Alixandra, por creer siempre en mí, y apoyarme incondicionalmente, gracias por todo el amor y los momentos felices que hemos pasado.

Por último, quiero agradecer a al profesor Mauricio Lolas por darme la oportunidad de trabajar con él, por su ayuda, por su buena voluntad y su simpatía durante todo este proceso.

RESUMEN

El Manzano (*Malus x domestica* Borkh) es uno de los frutales de mayor expansión a nivel mundial. En Chile a pesar de disminuir la superficie establecida en el último tiempo, se ha mantenido como uno de los frutales importantes del país, alcanzando las 32.371 ha, las cuales se concentran principalmente en la Región del Maule con un 60% de la superficie nacional. Sin embargo, esta producción se ve afectada por varios problemas, entre los que destacan las pudriciones asociadas a hongos. La Sarna del Manzano es causada por el hongo *Venturia inaequalis*, es la enfermedad más importante del Manzano en Chile y también a nivel mundial; si no se controla termina causando pérdidas de producción que podrían llegar hasta un 80%. La incidencia de la enfermedad está directamente relacionada con parámetros climáticos que favorecen el desarrollo del patógeno, es decir, el agua libre (rocío, precipitaciones) y la temperatura. Por esta razón, es fundamental monitorear las condiciones climáticas que se presentan en los huertos. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue relacionar los registros anuales de incidencia de Sarna del Manzano causado por el hongo *Venturia inaequalis* en Manzanos cv. Gala con parámetros climáticos en los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre. Los resultados obtenidos indican que existe una relación directa entre la incidencia de lesiones sarnosas causadas por *V. inaequalis*, tanto en hojas como en frutos, y la cantidad de agua caída por lluvia en los meses de agosto a noviembre. Además, se puede señalar que no es solo la precipitación acumulada la que sirve para que ocurra la infección: la temperatura y la duración de la humedad sobre las hojas y frutos, también resultan determinantes en el desarrollo de la enfermedad.

ABSTRACT

The Apple tree (*Malus x domestica Borkh*) is one of the fastest growing fruit trees worldwide. In Chile, despite reducing the area established in recent times, it has remained one of the most important fruit trees in the country, reaching 32,371 ha, which are mainly concentrated in the Maule Region with the 60% of the national area of apple trees. However, this production is affected by several problems, among which the rot associated with fungi stand out. The scab of the Apple tree is caused by the fungus *Venturia inaequalis*, it is the most important disease of the Apple tree in Chile and also worldwide; If it is not controlled, it ends up causing production losses that could reach up to 80%. The incidence of the disease is directly related to climatic parameters that favor the development of the pathogen, that is, free water (dew, rainfall) and temperature. For this reason, it is essential to monitor the climatic conditions that occur in orchards. Therefore, the objective of the present study was to relate the annual records of the incidence of Apple Scab caused by the fungus *Venturia inaequalis* in Gala apple trees with climatic parameters in the months of July, August, September, October and November. The results obtained indicate that there is a direct relationship between the incidence of scabies lesions caused by *V. inaequalis*, both on leaves and fruits, and the amount of water that falls due to rain in the months of August to November. In addition, it can be pointed out that it is not only the accumulated precipitation that helps the infection to occur: the temperature and the duration of the humidity on the leaves and fruits, are also decisive in the development of the disease.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivo general.....	3
1.3 Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Importancia económica del cultivo de Manzano en el mundo.....	4
2.2 Importancia económica del cultivo de Manzano en Chile.....	4
2.3 Las principales enfermedades que afectan al Manzano en Chile.....	5
2.4 La Sarna del Manzano.....	5
2.4.1 Agente causal y ciclo biológico.....	5
2.4.2 Síntomas y pérdidas económicas.....	7
2.4.3 Proceso de infección y su relación con las precipitaciones.....	7
2.4.4 Control integrado de la enfermedad.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Recopilación de datos históricos de incidencia de sarna del manzano en hojas y frutos.....	9
3.2 Recopilación de datos climáticos.....	9
3.3 Análisis estadístico.....	9
4. RESULTADOS.....	10
4.1 Registros anuales de incidencia de Sarna del Manzano.....	10
4.2 Incidencia de Sarna del Manzano en hojas.....	10
4.3 Incidencia de Sarna del Manzano en frutos.....	11
4.4 Correlación entre la incidencia de Sarna del Manzano y las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre y octubre de los años 2010 al 2020.....	13
4.5 Correlación entre la incidencia de Sarna del Manzano y las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre, octubre y noviembre de los años 2010 al 2020.....	14
5. DISCUSIÓN.....	17
6. CONCLUSIÓN.....	19
7. BIBLIOGRAFÍA.....	20

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 4.1 Porcentaje de incidencia de Sarna del Manzano en hojas y frutos en el mes de noviembre. Año 2010-2020.....	10

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Ciclo biológico de la sarna del Manzano causada por <i>Venturia inaequalis</i>	6
Figura 4.1 Incidencia de Sarna de Manzano en hojas de Manzanos cv. Gala versus precipitación anual. Estación Experimental Panguilemo, Talca. Periodo 2010-2020.....	11
Figura 4.2 Incidencia de Sarna de Manzano en manzanas cv. Gala versus precipitación anual. Estación Experimental Panguilemo, Talca. Periodo 2010-2020.....	12
Figura 4.3 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en hojas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre y octubre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.....	13
Figura 4.4 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en frutas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre y octubre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.....	14
Figura 4.5 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en hojas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre, octubre y noviembre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.....	15
Figura 4.6 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en frutas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre, octubre y noviembre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.....	16

1 INTRODUCCIÓN

El Manzano (*Malus x domestica* Borkh) es uno de los frutales de mayor expansión a nivel mundial y en Chile a pesar de disminuir la superficie establecida en el último tiempo, se ha mantenido como uno de los frutales importantes establecidos en el país, siendo hoy en día la cuarta especie frutícola más plantada a nivel nacional. Actualmente la superficie establecida en el país alcanza las 32.371 ha, las cuales se concentran entre la Región del Maule con un 60% y la Región de O'Higgins 23,8% (ODEPA-CIREN, 2019). Chile, también tiene un rol importante en las exportaciones de manzana fresca a nivel global. En el año 2018, las exportaciones de manzana fresca alcanzaron 775 mil toneladas, donde los principales destinos fueron Taiwán, Holanda y Estados Unidos (ODEPA, 2019).

Uno de los principales desafíos que se presentan en la fruticultura tanto a nivel nacional como a nivel global, es el manejo de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, más específicamente al Manzano. En Chile, se han reportado varias enfermedades que afectan a los Manzanos, las pudriciones causadas por hongos, entre las que destacan la Pudrición Ojo de Buey causada por el hongo *Neofabraea vagabunda* (Soto-Alvear et al., 2013), Pudrición Calicinal de los frutos causada por *Botrytis cinerea* (Latorre, 2004), también se han descrito enfermedades de la madera como el Cancro Europeo del Manzano causado por el hongo *Neonectria ditissima* (= *N. galligena*) (Latorre, 2004, Paredes, 2007); el Cancro por Botryosphaeriaceae provocado por el hongo *Botryosphaeria dothidea* (Acuña, 2010) y diversas otras especies (Díaz et al., 2019), sin embargo, la enfermedad más importante para el Manzano en Chile es la Sarna del Manzano o Venturia (Sarmiento, 2011, Lolás y Díaz, 2016).

La Sarna del Manzano es causada por el hongo *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter en su forma sexual y *Spilocaea pomi* Fries en su forma asexual. Es la enfermedad más importante del Manzano en Chile y también a nivel mundial; si no se controla termina causando pérdidas que podrían alcanzar hasta un 80% de la producción. En condiciones climáticas favorables para el hongo como las que se dan en Chile, son necesarias entre 5 y 12 aplicaciones de fungicidas por temporada (Lolás, 2003; Lucero et al., 2003).

Por otra parte, la Venturia se puede detectar en pecíolos, hojas, sépalos, frutos y en algunas ocasiones en brotes jóvenes, sin embargo, el daño más significativo lo causa en frutos y hojas (Belete y Boyraz, 2017). Los primeros síntomas que se identifican de la sarna del Manzano son manchas aterciopeladas de color verde muy oscuro en las hojas en desarrollo, posteriormente, lesiones similares pueden aparecer en los sépalos de las flores, para luego infectar la superficie

de los frutos. Las manchas primeramente son de color verde oliva, después la lesión crece y se torna de un color café con un aspecto costroso, esto provoca la detención del crecimiento y el fruto se deforma. (Lolas, 2003; Belete y Boyraz, 2017).

Como se mencionó anteriormente, la Sarna del Manzano es el problema fitosanitario más importante de este cultivo, principalmente cuando se tiene el propósito de exportar la fruta. Aunque las nuevas variedades de Manzano permiten que el frutal sea eficiente y altamente productivo, ha caído mucho su rentabilidad en el último tiempo debido a marcadas diferencias entre los kilos cosechados y los kilos exportados, donde la *Venturia* aparece como uno de los descartes de exportación importantes (Lolas, 2003; Belete y Boyraz, 2017).

Desde el punto de vista epidemiológico, el inóculo primario del patógeno se desarrolla en el invierno en estructuras llamadas pseudotecios en las hojarascas que están en el suelo, desde donde se disemina como ascosporas. Las lesiones que se generan de la infección primaria generan liberación de conidias (*Spiloceae pomi*) mediante conidióforos, de esta manera, se produce el inóculo secundario (Lolas, 2003; Latorre, 2004).

La incidencia de la enfermedad está directamente relacionada con parámetros climáticos que favorecen el desarrollo del patógeno. El agua libre (rocío, precipitaciones) y la luminosidad son los principales factores que determinan la descarga de ascosporas. El mojamiento de las hojas caídas en otoño por lluvias que ocurren en primavera provocan una descarga de ascosporas significativa (Lolas, 2003; Madariaga et al., 2006). La temperatura, también es un factor importante en la incidencia del patógeno; el tiempo que las hojas necesitan estar mojadas para que se produzca la infección varía con la temperatura. Es así como la infección puede producirse entre 5°C y 32°C, sin embargo, la temperatura óptima para que ocurra es de 20°C (Coscolá, 1980; Lolas, 2003).

A continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio:

1.1 Hipótesis

La incidencia de infecciones de *Venturia inaequalis* en hojas y manzanas está directamente relacionada con la cantidad de agua caída por lluvia en los meses de Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

1.2 Objetivo general

Relacionar los registros anuales de incidencia de Sarna del Manzano causado por el hongo *Venturia inaequalis* en Manzanos cv. Gala con parámetros climáticos en los meses de Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre.

1.3 Objetivos específicos

Recopilar mediciones de incidencia de sarna del Manzano desde ensayos de eficacia de fungicidas realizados desde el año 2010 a 2020 en el huerto de Manzanos cv. Gala ubicado en la Estación Experimental Panguilemo, Talca, Región del Maule..

Correlacionar el nivel de incidencia de sarna del Manzano medida en el mes de noviembre con las precipitaciones de los meses de julio, agosto, septiembre.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importancia económica del cultivo del Manzano en el mundo

La manzana es una de las frutas dulces más conocidas y a la vez consumidas en todo el mundo. Según Echeñique (2017), la producción mundial de manzana alcanzó en el año 2016 aproximadamente 77.000 millones de toneladas donde China tiene la mayor superficie plantada contando con el 56% de la producción mundial, Europa y Estados Unidos también tienen un rol relevante, con 16% y 6% de la producción respectivamente. En el hemisferio sur, Chile es el principal productor de manzanas con 29% de la producción (2% de la producción mundial), seguido por Brasil con 22%, Sudáfrica con 19%, Nueva Zelanda con 12% y Argentina con 11% (Toranzo, 2016; Echeñique, 2017).

Actualmente, la producción y comercialización de manzana en el mundo continúa aumentando, sin embargo, se está generando un recambio de variedades que son tendencia en el mercado actual y están desplazando a las variedades tradicionales. La industria mundial y también a nivel nacional de manzanas está apuntando principalmente a variedades “commodity” o “club”, que son variedades más apetecidas por los consumidores (Toranzo, 2016; Bustamante, 2019).

2.2 Importancia económica del cultivo del Manzano en Chile

En Chile, el Manzano es la cuarta especie frutícola más plantada a nivel nacional. Según ODEPA-CIREN (2019), la superficie establecida en el país alcanza las 32.371 ha, las cuales se concentran entre la región del Maule con un 60% y la región de O'Higgins 23,8%, siendo preponderante la manzana roja con 26.756,6 ha establecidas, mientras que la manzana verde cuenta con una superficie de 5.634,4 ha establecidas.

Por otra parte, Chile tiene un rol importante en las exportaciones de manzana fresca a nivel global. En el año 2018, las exportaciones de manzana fresca alcanzaron 775 mil toneladas (ODEPA, 2019) Con esto, Chile se posiciona como el cuarto exportador de manzanas en el mundo con un 12% y el principal del hemisferio sur con el 44%. Junto con la Unión Europea, China y Estados Unidos conforma el 70% de la oferta exportadora (Echeñique, 2017).

2.3 Las principales enfermedades que afectan al Manzano en Chile

La sanidad es uno de los principales desafíos que se encuentran al establecer algún tipo de frutal, debido a que genera pérdidas económicas para el productor. En Chile, el Manzano está expuesto a diversas enfermedades de las cuales la mayoría son producidas por hongos que pueden estar presentes en precosecha, es decir, en el huerto ya que generalmente están relacionadas con variables climáticas; por otro lado, también se pueden presentar en postcosecha cuando la fruta es trasladada o en almacenaje. Las principales enfermedades que afectan al Manzano en el país son: la Sarna del Manzano que es causada por el hongo *Venturia inaequalis*; Pudrición Ojo de Buey causada por el hongo *Neofabraea vagabunda* (Soto-Alvear et al., 2013) el Cancro Europeo del Manzano causado por el hongo *Neonectria ditissima* (= *Nectria galligena*); Pudrición Calicinal de los frutos causada por *Botrytis cinerea* (postcosecha), el cancro por *Botryosphaeriaceae* o muerte regresiva de brazos provocada por el hongo *Botryosphaeria dothidea* (Latorre, 2004; Acuña, 2010) y otras especies (Díaz et al. 2019).

2.4 La Sarna del Manzano

La Sarna del Manzano es la enfermedad más importante del Manzano en Chile y también a nivel mundial y es causada por el hongo *Venturia inaequalis*. La enfermedad está presente en todos los países donde se cultiva manzana en zonas con clima fresco y húmedos (Lolas, 2003; Agrios, 2007). Algunos países donde la enfermedad se ha descrito su incidencia e importancia son China (Xu et al, 2009), Francia, Suecia, España (Gradieux et al, 2008), Reino Unido (Xu et al, 2012) y Argentina (De Rossi, 2016).

Prácticamente se encuentra en todos los países donde se cultiva la manzana, ya que solo afecta a especies del género *Malus*. La incidencia del patógeno es mayor en zonas templadas con clima fresco y húmedo en primavera, es por esta razón que en Chile se realizan entre 5 y 12 aplicaciones de fungicidas por temporada. El hongo infecta todos los órganos herbáceos verdes del cultivo es decir, coloniza los sépalos, hojas, frutos, pecíolos, flores e incluso las ramas del árbol, sin embargo, los síntomas comúnmente se presentan en hojas y frutos (Agrios, 2007; Belete y Boyraz, 2017).

2.4.1 Agente causal y ciclo biológico

La sarna del Manzano es causada por el hongo *V. inaequalis* (Cooke) Winter (estado sexual) y por su estado anamórfico o asexual que corresponde a *Spilocea pomi* Fries (Lolas, 2003). Según Bowen et al., (2011) el patógeno corresponde al phylum Ascomycota, subphylum

Pezizomycotina, clase Dothideomycetes, subclase Pleosporomycetidae, orden Pleosporales, familia Venturiaceae.

El estado sexual del hongo (*V. inaequalis*) se desarrolla en otoño e invierno en estructuras denominadas pseudotecios. Cuando cae la hoja el hongo comienza su colonización en la hojarasca del suelo, dando paso a la formación de pseudotecios, estas estructuras comienzan a madurar a fines de agosto (comienzo de primavera), de esta manera, en presencia de agua libre, viento y luz solar se diseminan las ascosporas en primavera (inicio de puntas verdes), es decir, la infección primaria en el árbol. De la misma forma, ocurre una infección secundaria derivada de las lesiones que se generan de la infección primaria, estas heridas producen una liberación de conidias (*S. pomi*) que son distribuidas por el viento y la lluvia (días húmedos y frescos en primavera,), caen y se adhieren a la superficie de hojas, flores y frutos germinando y creando una nueva infección. De esta forma, con ambos periodos de infección (primaria y secundaria), *V. inaequalis* logra repetir ciclos durante la primavera y verano incluso en periodo de cosechas. (Figura 2.1) (Lolas, 2003; Bowen et al., 2011; Belete y Boyraz, 2017).

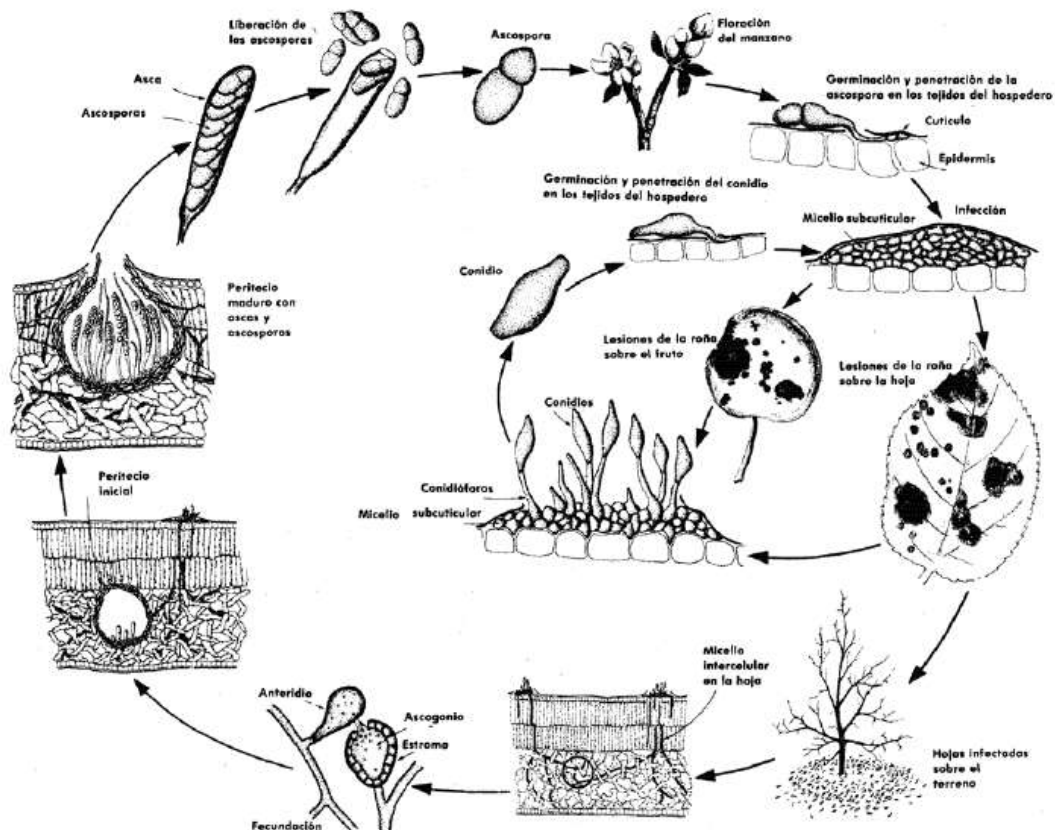


Figura 2.1. Ciclo biológico de la sarna del Manzano causada por *Venturia inaequalis* (Fuente: Agrios, 2007).

2.4.2 Síntomas y pérdidas económicas

Los síntomas de infección de *V. inaequalis* se pueden apreciar en sépalos y pétalos, brotes jóvenes y escamas de yemas, pero sin lugar a dudas, las sintomatologías más graves y visibles ocurren en hojas y frutos (Bowen et al., 2011). Los síntomas que se aprecian son manchas aterciopeladas de color verde muy oscuro en las hojas en desarrollo, posteriormente, lesiones similares pueden aparecer en los sépalos de las flores, para luego infectar la superficie de los frutos. Las manchas primeramente son de color verde oliva, después la lesión crece y se torna de un color café con un aspecto costroso, esto provoca la detención del crecimiento y el fruto se deforma (Lolas, 2003). En situaciones donde se presentan ataques muy severos provoca la defoliación prematura del árbol, afectando su capacidad fotosintética, generando una disminución general del cultivo para la temporada siguiente (Cruz, 2003).

Económicamente, la sarna del Manzano es la enfermedad de mayor consideración para el cultivo, especialmente en zonas con primavera y verano húmedos, cuando el fruto está cerca de ser cosechado. La infección de frutos y pedicelo es la principal razón de las pérdidas directas y si no se controlan, estas podrían alcanzar hasta un 80% de la producción (Lolas, 2003). Además, según Jamar (2011) *V. inaequalis* producen pérdidas económicas importantes debido al desarrollo de costras en el almacenamiento de la fruta.

2.4.3 Proceso de infección y su relación con las precipitaciones

Para que ocurra la infección de sarna del Manzano, debe existir agua disponible en el ambiente, ya sea infección primaria o secundaria, Según Agrios (2007), la infección es poco común e incluso no se produce cuando el clima de primavera y verano es cálido y seco. Durante la lluvia, se forma una fina película de agua alrededor de los pseudotecios presentes en las hojas caídas del huerto, como resultado, los ascos absorben agua y se expanden rompiendo las paredes de los pseudotecios permitiendo la liberación de las ascosporas al ambiente (Belete y Boyraz, 2017). Además, el mojamiento de las hojas caídas en otoño por lluvias primaverales provoca una descarga de ascosporas significativa (Lolas, 2003).

La infección secundaria producida por los conidios se prolonga durante la temporada siempre y cuando existan lluvias, ya que estos son diseminados por las precipitaciones y el viento. Asimismo, las hojas deben estar siempre mojadas para que ocurra la infección por conidios, ya que con la temperatura correcta (entre 9°C y 24°C) la infección podría ocurrir hasta en 9 horas (Agrios, 2007; Díaz y Lolas, 2016).

2.4.4 Control integrado de la enfermedad

Para obtener fruta de calidad, las aplicaciones químicas para el control de enfermedades son casi imprescindibles, sobretodo con las variedades clásicas, sin embargo, las aplicaciones deben ser acompañados de labores culturales con el fin de reducir las fuentes de inóculo en el huerto, además de manejos que favorezcan la penetración de los fungicidas en hojas y fruta.

Las primeras aplicaciones se realizan para el control del inóculo primario (ascosporas). Es importante el control temprano en la temporada (puntas verdes hasta cuaja), ya que recién se están liberando las ascosporas. La aplicación de fungicida en septiembre para evita que el material en el suelo se contamine temprano, además, la cobertura es mejor a inicio de temporada con bajo nivel de inóculo, es más eficiente las aplicaciones de control químico. (Latorre, 2004, Lolas, 2020). Las aplicaciones se inician en puntas verdes hasta fines de diciembre, aunque dependen de las precipitaciones que ocurran en la temporada, en total se realizan entre 5 a 15 aplicaciones por año, aunque depende de los eventos de lluvia que ocurran. Los productos químicos que se utilizan son preferentemente de bajo impacto medioambiental (etiqueta verde) y activos contra *V. inaequalis*. Para la aplicaciones en Chile, los productos deben estar registrados por el SAG, conocer la residualidad, efecto retroactivo del producto, carencia y límite máximo de residuos (Lolas, 2020).

Antes de cualquier aplicación química es importante conocer el historial de la enfermedad en el huerto, ya que la cantidad de inóculo depende de la incidencia en la temporada anterior. Los programas fitosanitarios generalmente se dividen en 3 periodos en los que el huerto debe estar protegido. En primer lugar, desde punta verde a botón rosado, en esta etapa el Manzano esta recién brotando y la cantidad de Inóculo del hongo es baja, por lo que es fundamental comenzar con las aplicaciones químicas en este momento, inicio de floración a caída de pétalos y desde formación de frutos a cosecha. Preferentemente, se utiliza mezcla de fungicida de contacto con uno sitioespecífico (Singh, 2019. Lolas, 2020).

Como complemento al control químico se utiliza control cultural. En Agosto, una semana antes del comienzo de la brotación, y en plena madurez de los pseudotecios en la hojarasca, aplicar urea al 2,5%-5% en las hojas del suelo, esta práctica disminuye considerablemente el número de ascosporas liberadas a ambiente (Valenzuela, 2003). También, se ha demostrado que la poda en combinación con el uso de fungicidas reduce significativamente la sarna en las hojas porque mejora la aspersion de los productos en la copa de los árboles (Belete y Boyraz, 2017).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Recopilación de datos históricos de incidencia de sarna del Manzano en hojas y frutos

Los datos históricos de incidencia de Sarna del Manzano se obtuvieron desde informes técnicos de control de Venturia realizados entre los años 2010 a 2020 en un huerto experimental en la Estación Experimental Panguilemo, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca, Región del Maule.

La recopilación consistió en revisar los tratamientos testigo de los informes técnicos y anotar el porcentaje de incidencia registrado en hojas y frutos en el mes de noviembre de cada año. En base a estos registros, se estableció un valor que mejor representa la incidencia en hojas y frutos.

3.2 Recopilación de datos climáticos

Los datos meteorológicos fueron obtenidos desde la base de datos históricos de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) a través de su estación meteorológica ubicada en Club Aéreo Panguilemo, Talca, Región del Maule. Los datos recopilados fueron precipitaciones promedio mensual en milímetros (mm), temperaturas máximas mensual, temperaturas mínimas mensual y temperatura media mensual expresadas en grados Celsius (°C). Los meses en que se concentró la investigación fue entre julio y noviembre entre el periodo de 2010 y 2020.

3.3 Análisis estadístico

Las variables medidas fueron sometidas a análisis de varianza (ANDEVA), y posterior análisis de regresión simple ($p \leq 0,05$); además, se realizaron ajustes del modelo más adecuados para los datos. Los análisis y ajustes fueron realizados con la ayuda del programa computacional Statgraphics Centurion XVI.

4 RESULTADOS

4.1 Registros anuales de incidencia de Sarna del Manzano

Con la revisión de los informes técnicos (tratamiento testigo) se obtuvo el porcentaje de incidencia registrado en hojas y frutos en el mes de noviembre de cada año. En base a estos registros, se estableció un valor que mejor representa la incidencia en hojas y frutos (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1 Porcentaje de incidencia de Sarna del Manzano en hojas y frutos en el mes de noviembre. Año 2010-2020.

Incidencia Sarna del Manzano (%)		
Año	Hojas	Frutos
2010	63,3	21,0
2011	60,0	35,0
2012	68,3	0,0
2013	24,4	7,3
2014	61,7	18,5
2015	98,2	67,4
2016	51,7	12,3
2017	43,8	20,9
2018	85,2	51,6
2019	49,2	27,7
2020	27,5	0,0

4.2 Incidencia de Sarna del Manzano en hojas

Las condiciones climáticas fueron adecuadas para el desarrollo de Sarna del Manzano en hojas en todos los años en que se enfocó esta investigación, desde el 2010 al 2020. Según la Figura 4.1, se registró una incidencia promedio de la enfermedad de 57,6% acumulada hasta el mes de noviembre de esos años, fluctuando entre un mínimo de 24,4 (2013) a un máximo de 98,2% (2015). Además, se registró una precipitación acumulada promedio de 480,5 mm en ese

mismo mes, el cual fluctuó entre los 329,3 (2019) y los 641,2 mm (2017). Se observaron seis años en el que la incidencia de Sarna del Manzano en hojas superó el 60%; entre ellos destacan los años 2015 y 2018, observándose períodos de infección más severos alcanzando una incidencia de 98,2% y 85,2% respectivamente, y con 540,4 y 376,8 mm de precipitación anual. Por el contrario, en los años 2013 y 2020, con un nivel de precipitación anual sobre los 400 mm, se obtuvo solo un 24,4 y 27,5% de incidencia de sarna en hojas, respectivamente.

Al relacionar los datos anuales de incidencia de Sarna del Manzano en hojas con las precipitaciones anuales del período 2010 – 2020, el coeficiente de correlación es igual a 0,055, indicando una relación relativamente débil entre las variables. Además, no hay una relación estadísticamente significativa entre incidencia de la enfermedad en hojas y la precipitación anual con un nivel de confianza del 95% o más ($P=0,873$).

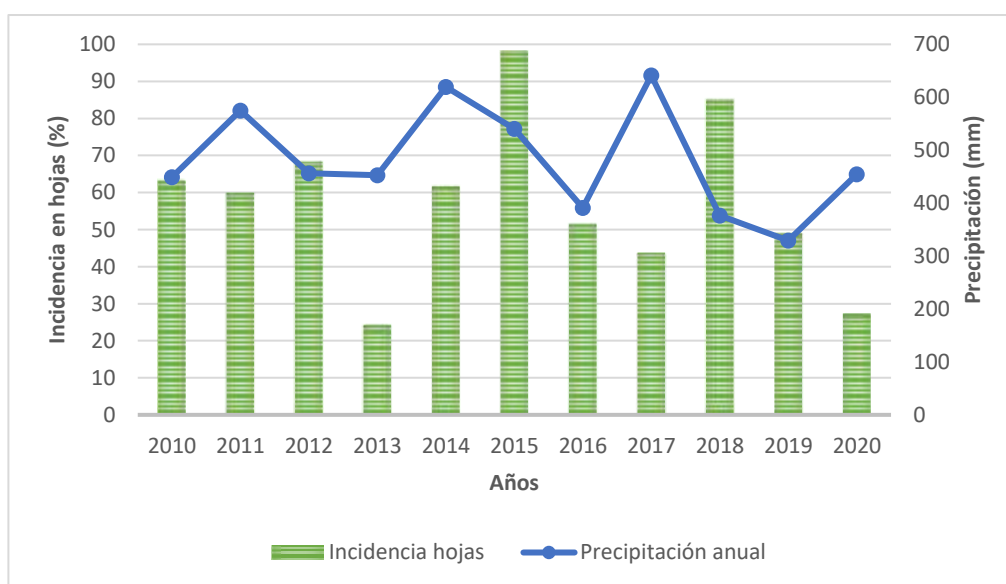


Figura 4.1 Incidencia de Sarna de Manzano en hojas de Manzanos cv. Gala versus precipitación anual. Estación Experimental Panguilemo, Talca. Período 2010-2020.

4.3 Incidencia de Sarna del Manzano en frutos

Entre los años 2010 y 2020, a pesar de existir precipitaciones en todos los años analizados, se registró una incidencia promedio de la enfermedad en frutos de 23,8% acumulada hasta el mes de noviembre de esos años, fluctuando entre un mínimo de 0 (2012 y 2020) a un máximo de 67,4% (2015) (Figura 4.2). En los años 2012 y 2020, en donde no se registraron infecciones en frutos de Manzano, las precipitaciones acumuladas promedio fueron de 456,6 y 454,4 mm, respectivamente en el mes de noviembre. Ambos valores no fueron los inferiores del período en

estudio, ya que se registró una precipitación acumulada promedio de 480,5 mm en ese mismo mes en los diez años de estudio, fluctuando entre los 329,3 (2019) y los 641,2 mm (2017).

Al relacionar los datos anuales de incidencia de 'sarna del Manzano' en frutas con las precipitaciones anuales del período 2010 – 2020, el coeficiente de correlación es igual a 0,083, indicando una relación relativamente débil entre las variables. Además, no hay una relación estadísticamente significativa entre incidencia de la enfermedad en manzanas y la precipitación anual con un nivel de confianza del 95% o más ($P=0,808$).

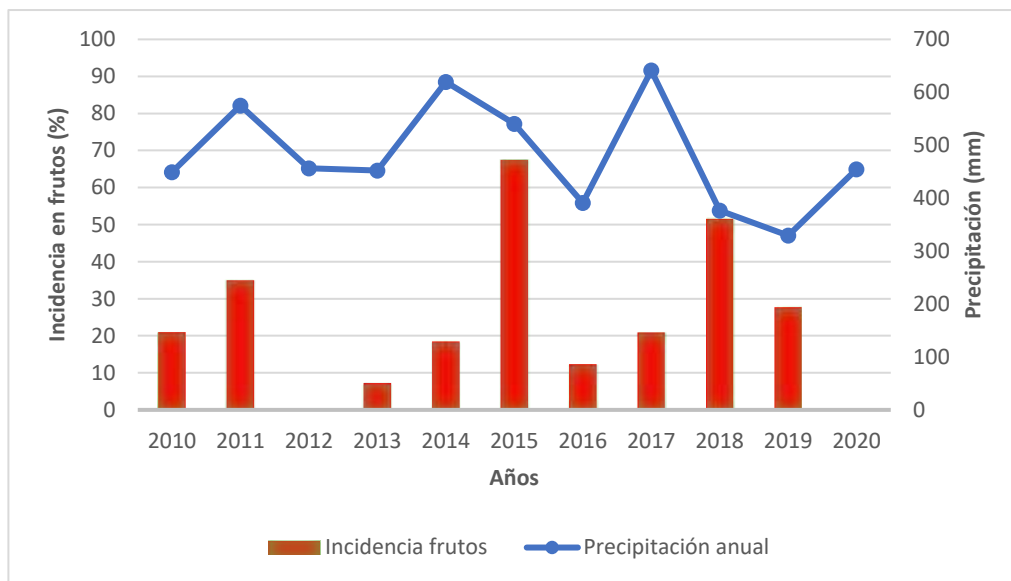


Figura 4.2 Incidencia de Sarna de Manzano en manzanas cv. Gala versus precipitación anual. Estación Experimental Panguilemo, Talca. Período 2010-2020.

4.4 Correlación entre la incidencia de Sarna del Manzano y las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre y octubre de los años 2010 al 2020

Existiría una relación estadísticamente significativa ($P=0,021$) entre la incidencia de 'sarna del Manzano' en hojas con las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre y octubre de los años 2010 al 2020 (Figura 4.3). El R^2 obtenido indica que el modelo ajustado explica el 67,05% de la variabilidad de la incidencia de 'sarna del Manzano' en hojas medida en el mes de noviembre de cada año de estudio. Del mismo modo, el coeficiente de correlación fue igual a 0,81882, indicando una relación moderadamente fuerte entre ambas variables.

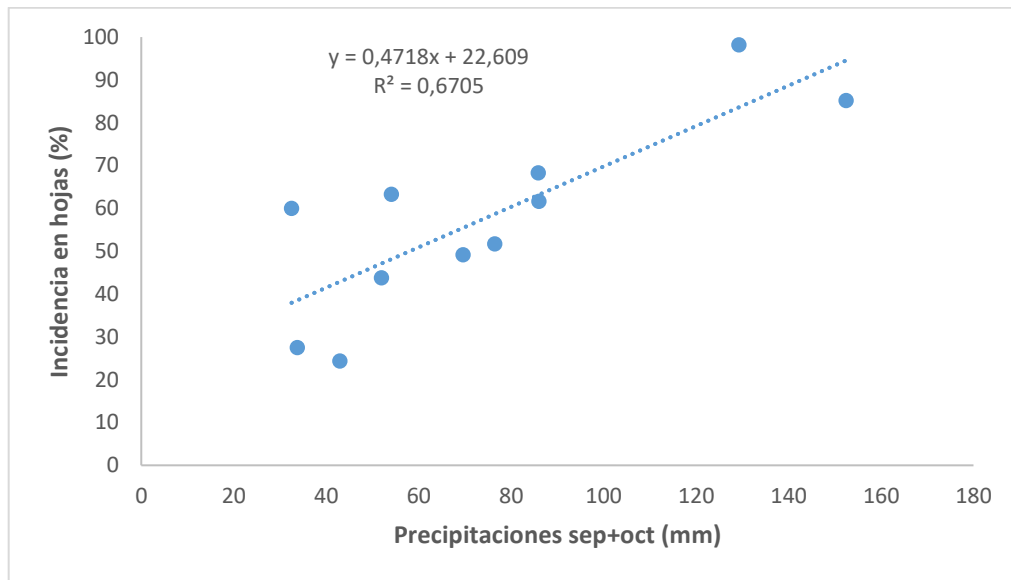


Figura 4.3 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en hojas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre y octubre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.

La misma tendencia fue observada entre la incidencia de 'sarna del Manzano' en frutas con las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre y octubre de los años 2010 al 2020 (Figura 4.4). Existiría una relación estadísticamente significativa ($P=0,027$) y moderadamente fuerte, con un coeficiente de correlación de 0,662, entre ambas variables. El R^2 obtenido indica que el modelo ajustado explica el 43,82% de la variabilidad de la incidencia de 'sarna del Manzano' en fruta medida en el mes de noviembre de cada año de estudio.

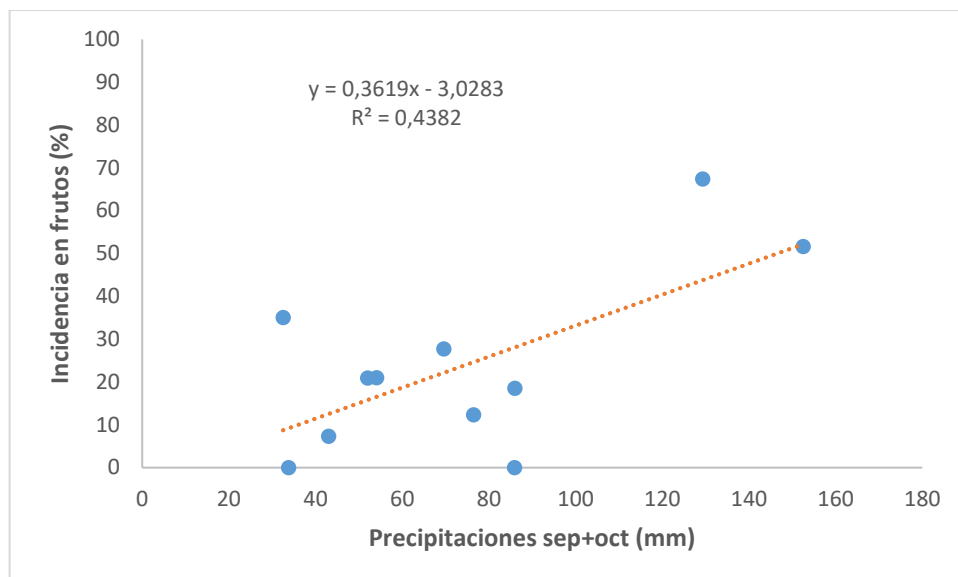


Figura 4.4 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en frutas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre y octubre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.

4.5 Correlación entre la incidencia de Sarna del Manzano y las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre, octubre y noviembre de los años 2010 al 2020

Existiría una relación estadísticamente significativa ($P=0,003$) entre la incidencia de 'sarna del Manzano' en hojas con las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre, octubre y noviembre de los años 2010 al 2020 (Figura 4.5). Del mismo modo, el coeficiente de correlación fue igual a 0,8076, indicando una relación moderadamente fuerte entre ambas variables. El R^2 obtenido indica que el modelo ajustado explica el 65,21% de la variabilidad de la incidencia de 'sarna del Manzano' en hojas medida en el mes de noviembre de cada año de estudio.

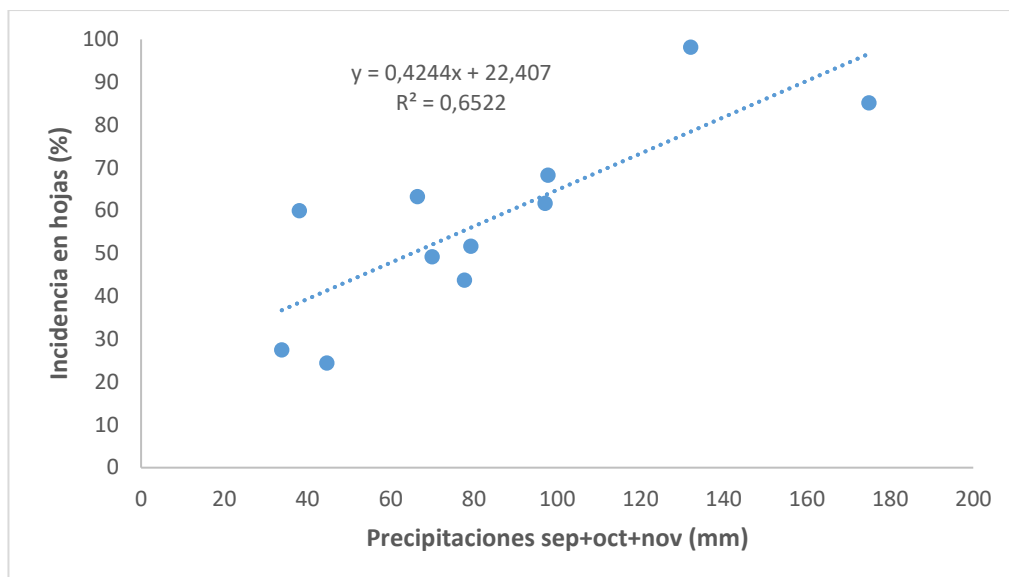


Figura 4.5 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en hojas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre, octubre y noviembre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.

Al relacionar los datos anuales de incidencia de Sarna del Manzano en frutas con las precipitaciones ocurridas en los meses de septiembre, octubre y noviembre del período 2010 – 2020, el coeficiente de correlación es igual a 0,638, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. Además, hubo una relación estadísticamente significativa entre incidencia de la enfermedad en manzanas y la precipitación anual con un nivel de confianza del 95% o más ($P=0,035$). El R^2 del modelo ajustado explica un 40,7% de la variabilidad de la incidencia de Sarna del Manzano en frutas (Figura 4.6).

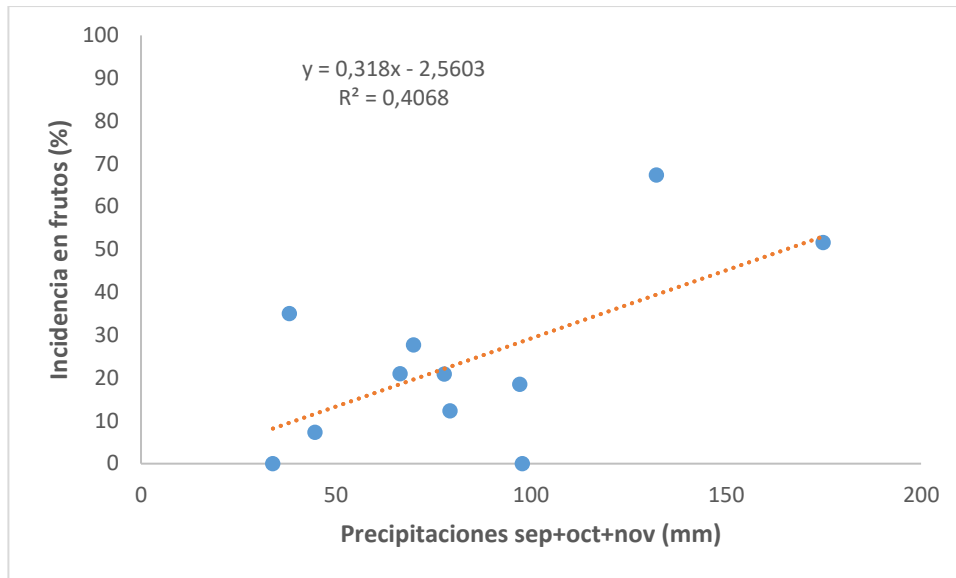


Figura 4.6 Curva de regresión simple entre la incidencia de Sarna de Manzano en frutas cv. Gala, medida en el mes de noviembre, y la precipitación ocurrida en los meses de septiembre, octubre y noviembre de cada año desde el 2010 al 2020. Estación Experimental Panguilemo, Talca.

5 DISCUSIÓN

El manejo fitosanitario eficaz de la enfermedad Sarna del Manzano se basa en información precisa sobre la epidemiología del patógeno en cada región (Gadoury y MacHardy 1982a). *Venturia inaequalis* se presenta en su forma asexual (conidia) durante el verano y sexual (ascospora) durante el invierno (MacHardy et al. 2001). Teniendo en cuenta la creciente evidencia del cambio climático en el país y su influencia en la fenología de los Manzanos, los efectos potenciales en aspectos epidemiológicos del ciclo de vida de *V. inaequalis* requieren investigación.

A pesar de los pocos registros anuales obtenidos, en el presente estudio se determinó la relación entre la incidencia de infecciones de *V. inaequalis* en hojas y frutos de Manzanos con la cantidad de agua caída por lluvia en los meses de Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, en el período de los 10 últimos años, en un mismo huerto de manzanas cv. Gala, ubicado en la Estación Experimental Panguilemo de la Universidad de Talca. En esta investigación se exploraron la mayor cantidad de combinaciones entre la incidencia de Sarna del Manzano y las precipitaciones, sin embargo, los resultados se concentraron en las correlaciones más significativas para la investigación y que fue la lluvia caída entre los meses de Agosto y Noviembre de cada año. Durante este período, ocurre la maduración de las ascosporas de origen sexual; su liberación desde el pseudotecio desarrollado en la hojarasca infectada ubicada sobre el piso del huerto a través del invierno; su diseminación hacia los tejidos susceptibles y finalmente la infección de estos que dará origen a las lesiones sarnosas en las hojas y frutos ((MacHardy et al. 2001). Es por ello, que los resultados de esta investigación local, en un huerto de Manzanos cv. Gala, en un lapso de 10 años de mediciones, demuestran que existe una relación directa entre la incidencia de lesiones sarnosas causadas por *V. inaequalis*, tanto en hojas como en frutos, y la cantidad de agua caída por lluvia en los meses de agosto a noviembre, período de crecimiento reproductivo y vegetativo activo del árbol de Manzano.

La lluvia en un factor fundamental para el desarrollo del pseudotecio y de las ascosporas durante el invierno (MacHardy et al. 2001), así como la liberación y diseminación de este inóculo primario hacia los tejidos susceptibles, como lo son los brotes y hojas iniciales, los sépalos de las flores y los frutitos (Aylor and Sutton, 1992). Los mismos autores establecen que la liberación de ascosporas de *V inaequalis* está directamente relacionada con la cantidad de lluvia caída, lo que permite que las ascosporas se distribuyan por el huerto y con ello el potencial de riesgo de infección aumente. El requerimiento para que ocurra una infección en el sitio del tejido en donde la ascospora fue diseminada es justamente el agua libre sobre esa superficie y basado en ello, hace muchos años atrás, se desarrollaron curvas de estimación del riesgo de infección con las

horas de follaje mojado y la temperatura (Mills, 1944; Mills y La Plante, 1954). Los mismos autores declaran que el desarrollo de los síntomas tendría lugar después de 12 días en un rango de temperatura de 17,2-23,4 °C junto con 9 h de agua libre sobre las hojas se requieren para la infección. A través de los años, estos modelos han sido optimizados de acuerdo con la región en donde se utilizan y han permitido el ajuste y mayor precisión de los programas de aplicación de fungicidas para el control de este hongo (Phillion et al., 2020). Los mismos autores registraron en la zona de Quebec, Canadá, que el umbral mínimo de horas de follaje mojado necesarios para alcanzar el 50% de infección es menor que el que se utiliza actualmente en los modelos de predicción de la enfermedad Sarna del Manzano. En nuestro país no se ha validado ni modificado el modelo de Mills y La Plante, y solo existe especulación basada en observaciones de huerto, que en la zona central de Chile serían necesarias menos horas de follaje o fruto mojado a una T° de 20°C ±2°C para que exista una infección exitosa de *V. inaequalis* (Lolas, M. Comunicación Personal). En esta investigación no se contó con datos estimativos de las horas de follaje mojado y la temperatura en los eventos lluviosos en los meses de cada año del estudio, lo cual nos hubiera facilitado el análisis y comprensión de la interacción del patógeno con las horas de lluvia o mojamiento de los tejidos verdes del Manzano a una temperatura determinada.

Sin dudas, la lluvia es relevante en cuanto a la incidencia de Sarna del Manzano, sin embargo, la temperatura y la duración de la humedad sobre las hojas y frutos, son determinantes del desarrollo de la enfermedad (Schwabe, 1980; Singh, 2019). Por otra parte, la temperatura toma un papel relevante cuando *V. inaequalis* se ha establecido en el hospedero, ya que solo depende de esta para desarrollarse, no así del agua libre. Se ha demostrado que a 20-24°C, sólo transcurren 8-12 días entre la infección y la aparición de síntomas; a 7,2°C, el proceso demora alrededor de 17 días (Harmant et al., 1999; Lolas, 2003). Resultados similares obtuvieron Singh y Kumar (2009) en Garhwal Himalaya, quienes durante los años de alta precipitación acompañada de bajas temperaturas y mayor número de días húmedos, la intensidad de la enfermedad en hojas y frutos fue alta en comparación con los años con poca lluvia acompañada de alta temperatura. Por esta razón, en los meses estivales en Chile y la Región del Maule se produce una baja incidencia de la enfermedad. Como se puede observar en los resultados, la incidencia de la Sarna del Manzano en el año 2020 fue baja (27,5%). Esto se pudo atribuir a la disminución de eventos de lluvias y de días húmedos en la Región del Maule. Considerando que el Cambio Climático se manifiesta con altas temperaturas y baja humedad relativa, son condiciones que no favorecen el desarrollo de *V. inaequalis*. Sin embargo, las condiciones favorables para la enfermedad se podrían observar hacia el sur de Chile (Biobío y Araucanía) en donde se estarían desarrollando las condiciones propicias para la Sarna del Manzano.

6 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que:

Existe una relación directa entre la incidencia de lesiones sarnosas causadas por *V. inaequalis*, tanto en hojas como en frutos, y la cantidad de agua caída por lluvia en los meses de agosto a noviembre.

La lluvia tiene un rol importante en cuanto a la incidencia de Sarna del Manzano, sin embargo, no es la precipitación acumulada la que sirve para que ocurra la infección, la temperatura y la duración de la humedad sobre las hojas y frutos, son determinantes del desarrollo de la enfermedad.

7 BIBLIOGRAFIA

Acuña, R. 2010. Compendio de bacterias y hongos frutales de vides de Chile. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Santiago, Chile. 153p.

Agrios, G. 2007. Fitopatología. Catedrático. Departamento de Fitopatología. Universidad de Massachusetts. 2da edición p819.

Aylor, D. Sutton, T. (1992) Release of *Venturia inaequalis* ascospores during unsteady rain: relationship to spore transport and deposition. *Phytopathology* 82 532-540.

Belete, T. Boyraz, N. 2017. Critical Review on Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Biology, epidemiology, economic importance, management and defense mechanisms to the causal agent. *Journal of Plant Physiology & Pathology*. [en línea]. Consultado el 29 de julio de 2020. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/329571607>.

Bowen, J. Mesarich, C. Bus, V. Beresford, R. Plummer, K. Templenton, M. 2011. Molecular plant pathology: *Venturia inaequalis*: the causal agent of apple scab. *The New Zealand Institute for Plant and Food*. 105–122.

CIREN. 2017. Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío. Región del Biobío. 2p.

Coscollá.R.1980. Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica. Valencia. España. 123-139.

Cruz, M. 2003. El oídio y la sarna del Manzano [en línea]. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Consultado el 4 de agosto de 2020. Disponible en <http://www.biblioteca.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/tadentro/TA53NDA203.pdf>

De Rossi, R. 2016. Una amenaza latente para el Valle de Río Colorado. La sarna del Manzano y del peral. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Consultado el 19 de agosto de 2020. Disponible en <https://www.inta.gob.ar/documentos/una-amenaza-latente-para-el-valle-de-rio-colorado-la-sarna-del-Manzano-y-del-peral>

Díaz, G, A., Latorre, B.A., Ferreda, E.E., and Lolas., M. 2019. Identification and characterization of *Diplodia mutila*, *D. seriata*, *Phacidium washingtonensis* and *Phacidium lacerum* obtained from apple (*Malus x domestica*) fruit rot in Maule Region, Chile. *European Journal of Plant Pathology* 153: 1259-1273

Echeñique, M. 2017. Manzana, un mercado de alta competitividad y complejidad [en línea]. Red agrícola. Consultado el 2 de agosto de 2020. Disponible en <https://www.redagricola.com/cl/un-mercado-de-alta-competitividad-y-complejidad/>

Gonzalez, D, Armengol, J, Rossi, V, 2017. Biology and epidemiology of *Venturia* species affecting fruit crops: a review. *Front Plant Sci* 8:1496–1519

Gladioux, P. Zhang, XG. Afoufa-Bastien, D, Valdebenito, R, Sbaghi y Le Cam, B. 2008. On the Origin and Spread of the Scab Disease of Apple: Out of Central Asia. *PLOS ONE*. Consultado el 18 de agosto de 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001455>

Hartman, JR. Parisi, L. and Bautrais, P. 1999. Effect of leaf wetness duration, temperature, and conidial inoculum dose on apple scab infections. *Plant Dis*. 83:531-534.

Jamar, L. (2011). Innovative strategies for the control of Apple scab (*Venturia inaequalis* [Cke.] Wint.) in organic apple production. Doctoral Thesis. University of Liege. Gembloux Agro-Bio Tech, Belgium. 188p.

Paredes, F. 2007. Efecto de las precipitaciones durante la poda de Manzano variedad Braeburn en la incidencia de *Nectria galligena* Bresard. *Simiente (Chile)* 77(3-4):93

Latorre, B.A. 2004. Enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Universidad Católica de Chile. Sexta edición. Santiago, Chile. 638 p

Lolas, M y Díaz, G.A. 2016. Enfermedades de pre y postcosecha en Manzanos [en línea]. Volumen 16, N°5. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. Talca. Consultado el 2 de agosto de 2020. Disponible en <http://www.pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2016/06/enfermedades-pre-y-pos-cosecha.pdf>.

Lolas, M. 2003. Boletín técnico pomáceas. Centro de pomáceas Talca. Universidad de Talca. Chile [en línea]. Consultado el 2 de agosto de 2020. Disponible en http://www.pomaceas.otalca.cl/wp-content/uploads/2016/06/Boletin_N03_5.pdf

Lolas, M. 2020. Enfermedades de las Pomáceas I. Patología Frutal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. 13 de mayo, Talca, Chile.

Lucero, H. Linardelli, C. Lucero, G. Pizzuolo, P. Soto, A. Tarquini y A. Lafi, J. 2003. Sarna del Manzano: detección de la forma sexual (*Venturia inaequalis*). Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 63-66

MacHardy et al. 2001. Parasitic and Biological Fitness of *Venturia inaequalis*: Relationship to Disease Management Strategies. Plant disease. Vol. 85, No. 10. 1036-1051

Mills, W. D. 1944. Efficient use of sulfur dust and sprays during rain to control apple scab. Cornell Ext. Bull. 630. 4pp.

Mills, W. D., and Laplante, A, 1954. Diseases and insects in the orchard, Cornell ext. Bull. 711. Rev. 1954.

Madariaga, R., Figueroa, L. y Moore, C. 2006. Boletín INIA N°145. Redes de estaciones meteorológicas automáticas y sus aplicaciones productivas: Alerta temprana de la Sarna del Manzano en la zona de Los Ángeles. Capítulo 6. Región de Biobío, Chile. 121-170.

ODEPA. 2019. Boletín fruta fresca, junio de 2019. Ministerio de Agricultura. Chile. [en línea]. Consultado el 2 de agosto de 2020. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-fruta-fresca-junio-de-2019>.

ODEPA-CIREN. 2019. Catastro frutícola, Región del Maule. 48p.

Rossi, V. Ponti, I. Marinelli, M. Giosueá, S. Bugiani. R. (2001) Environmental Factors Influencing the dispersal of *Venturia inaequalis* Ascospores in the orchard air. Journal Phytopathology 149, 11-19

Sarmiento, O. 2011. Evaluación de la sensibilidad de *Venturia inaequalis* a fungicidas de uso común en Manzanos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas [en línea]. Consultado el 18 de agosto de 2020. Disponible en <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/112415>

Schwabe, WFS. 1979. Changes in scab susceptibility of apple leaves as influenced by age. Phytophylactica 11:53–56

Schwabe, WFS. 1980. Wetting and temperature requirements for apple leaf infection by *Venturia inaequalis* in South Africa. Phytophylactica 12:69-80).

Singh, K. 2019. Aerobiology, Epidemiology and management strategies in Apple Scab: Science and its applications. Indian Phytopathology 72. 381–408

Singh K. P, Kumar, J. 2009. Potential ascospore dose of apple scab fungus, *Venturia inaequalis*, from Indian Himalayas. Indian J Agricul Sci 79:184–189

Soto-Alvear, S., Lolas, M., Rosales, I. M., Chávez, E. R., and Latorre, B. A. 2013. Characterization of the Bull's Eye Rot of Apple in Chile. Plant Disease 97: 485-490.

Thakur, VS. Khosla, K. 1999. Relevance of Mills infection periods to apple scab (*Venturia inaequalis*) prediction and rescheduling fungicide applications in Himachal Pradesh. Indian J Agric Sci 69:152–156

Toranzo, J. 2016. Producción mundial de manzanas y peras. Primera edición. Ediciones INTA. Rio Negro, Argentina, 41p.

Valenzuela, E. 2003. Evaluación de la efectividad fungicida de la urea sobre la liberación de ascosporas de *Venturia inaequalis* desde hojarasca de Manzano. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Talca. 45p

Xu, X. Harvey, N. Roberts, A y Barbara, D. 2013. Population variation of apple scab (*Venturia inaequalis*) within mixed orchards in the UK, European Journal of Plant Pathology. Volume 135. 97-104.

Xu, X. Roberts, T. Barbara, D. Harvey, N. Gao, L y Sargent, D. 2009. A genetic linkage map of *Venturia inaequalis*, the causal agent of apple scab. BMC Res Notes 2. Consultado el 18 de agosto de 2020. Disponible en <https://www.doi.org/10.1186/1756-0500-2-163>