

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Validación del Sistema de Predicción Maryblyt Para el Tizón de Fuego *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow *et al.*, en el Cultivo de Manzano *Pyrus malus* L. en Arteaga, Coahuila.

Por:

ABRAHAM RAÚL PÉREZ DOMÍNGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Validación del Sistema de Predicción Maryblyt Para el Tizón de Fuego *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow *et al.*, en el Cultivo de Manzano *Pyrus malus* L. en Arteaga, Coahuila.

Por:

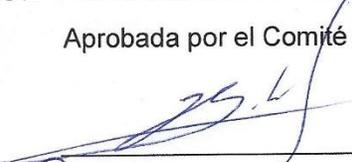
ABRAHAM RAÚL PÉREZ DOMÍNGUEZ

TESIS

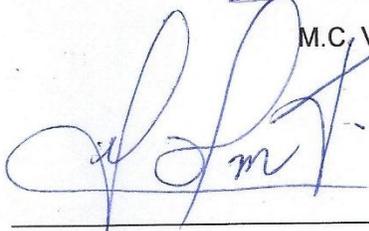
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

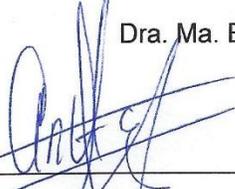
Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez

Asesor Principal


Dr. Gustavo Alberto Frías Treviño
Coasesor


Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019



AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por ser pilar y el fundamento de lo que hoy he alcanzado y porque por su bondad, amor y misericordia hoy he logrado una meta.

A mis padres Aquileo Perez y Tomasa Domínguez Ríos

Por ser los instrumentos que Dios utilizó para alentarme, apoyarme y sostenerme en medio de todo el proceso para poder llegar a cumplir esta meta.

A mi abuela Pastora

Quien ha sido parte importante de este logro y de quien recibí los consejos sabios que me alentaron para seguir adelante.

A mis hermanos Uriel, Ruth Miriam, Samuel, Susana

Quienes son piezas fundamentales del cumplimiento de esta meta y de quien he recibido consejos y apoyo incondicional para lograrlo.

A mis amigos

Por ser parte de la familia que Dios me regaló y con quien siempre conté en toda la carrera.

A mi familia CANESNA

Por ser la familia que nos abrazó y apoyó desde el comienzo de nuestra carrera.

A toda la familia Pastoral

Rogelio y Coky, Rogelio David y Ariadna, Joyce y Adrián, y a mi hermano y amigo Rogelio Jeremiah quienes me brindaron su apoyo durante toda nuestra estancia en Saltillo.

Al M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez

Por sus sabios consejos y por la inversión valiosa de su tiempo para lograr el desarrollo y culminación de esta investigación.

A la Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Por su valiosa aportación a la investigación y por su tiempo valioso para la revisión de la tesis.

Al Dr. Gustavo Frías Treviño

Por su valiosa aportación y apoyo para la investigación y por el tiempo invertido para la revisión de la tesis.

A mi Alma Mater

Por brindarme la oportunidad de seguir preparándome y por abrirme las puertas para superarme como profesionalista.

Al Ing. Ignacio González Leal

Por darnos los datos que eran necesarios para la investigación y por permitirnos trabajar en su Organización.

.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
INTRODUCCIÓN	1
Justificación	3
Objetivo	3
Hipótesis.....	3
I. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.1 Generalidades del Manzano.....	4
1.1.1 Morfología.....	4
1.1.2 Importancia económica.....	5
1.1.3 Estados fenológicos del manzano	5
1.1.4 Distribución.....	6
1.1.5 Clasificación taxonómica del manzano.....	6
1.1.6 Requerimientos climáticos.....	7
1.2 Generalidades del Tizón de Fuego.....	7
1.2.1 Morfología.....	8
1.2.2 Sintomatología.....	8
1.2.3 Ciclo de la enfermedad.....	10
1.2.4 Distribución.....	13
1.2.5 Clasificación taxonómica de Erwinia amylovora	13
1.2.6 Control	13
1.3 Generalidades del Modelo de Predicción Maryblyt	14
1.3.1 Tizón en flor.....	15
1.3.2 Tizón por cánceres	16
1.3.3 Tizón en puntos de crecimiento.....	16
1.3.4 Tizón por traumas.....	17

II.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1	Descripción de la zona de estudio	18
2.2	Proceso de validación del modelo de predicción Maryblyt.....	19
2.3	Validación del modelo en Rancho Guadalupe	20
2.4	Validación del modelo en lotes de la comunidad de Jame.....	21
2.5	Método de evaluación	22
III.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1	Predicciones para Rancho Guadalupe.....	24
3.2	Predicciones de lotes de la comunidad de Jame	30
IV.	CONCLUSIONES	34
V.	BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Fechas de los eventos de humectación en Rancho Guadalupe.....	21
Cuadro 2.- Fechas de los eventos de humectación y granizo en lotes de Jame	22
Cuadro 3.- Lotes del Rancho Guadalupe	22
Cuadro 4.- Lotes en la comunidad de Jame	23
Cuadro 5.- Predicción del evento de humedecimiento del 13 de marzo	24
Cuadro 6.- Predicción del evento de humedecimiento del 21 de marzo	25
Cuadro 7.- Predicción del evento de humedecimiento del 22 de marzo	26
Cuadro 8.- Predicción del evento de humedecimiento del 23 de marzo	26
Cuadro 9.- Predicción del evento de humedecimiento del 24 de marzo	26
Cuadro 10.- Predicción del evento de humedecimiento del 25 de marzo.....	27
Cuadro 11.- Predicción del evento de humedecimiento del 26 de marzo.....	27
Cuadro 12.- Predicción del evento de humedecimiento del 27 de marzo.....	28
Cuadro 13.- Predicción del evento de humedecimiento del 01 de abril	28
Cuadro 14.- Predicción del evento de humedecimiento del 02 de abril	28
Cuadro 15.- Porcentaje de daños en muestreos de Rancho Guadalupe.....	29
Cuadro 16.- Síntesis de los eventos con sus pronósticos	30
Cuadro 17.- Predicción del evento de granizo del 19 de marzo	31
Cuadro 18.-Predicción del evento de granizo del 22 de marzo	32
Cuadro 19.- Predicción del evento de granizo del 23 de marzo	32
Cuadro 20.- Porcentaje de daños en muestreos de Rancho Guadalupe.....	32
Cuadro 21.- Síntesis de los eventos con sus pronósticos	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Flor de pomácea esquematizada (Westwood, 1982).....	11
Figura 2.- Ubicación de Organización Rancho Guadalupe.....	18
Figura 3.- Ubicación de la comunidad de Jame	19
Figura 4.- Exudado bacteriano en flor	25
Figura 5.- Flores atizonadas	25
Figura 6. Racimos de flores y hojas atizonadas.....	31

INTRODUCCIÓN

La participación en la producción de manzana en el continente americano ha sido muy importante dentro de las últimas décadas ocupando esta el 14% de la producción mundial (FAO, 2017). México tuvo una aportación con 714149 toneladas en 53619 Has. durante el año 2017 (FAO, 2017) ocupando el lugar 21 en la producción mundial de manzana y quedando en quinto lugar en la producción del continente, cerca del 7% del total.

Dentro de la producción nacional el estado de Coahuila ocupó el lugar número 4 en el año 2017 con una producción de 22653.14 Ton en una superficie sembrada de 5759 Has. (SIAP, 2018). Las enfermedades bacterianas han sido responsables de grandes pérdidas en los cultivos en México mencionando al Tizón de Fuego de Peral y Manzano *Erwinia amylovora*, pudrición blanda *Erwinia carotovora*, cáncer del tomate *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*, *Xanthomonas campestris* pv *citri*, dichas pérdidas no solo se traducen en la disminución de la producción sino también en el aumento de la demanda y elevación exagerada de precios, así mismo en el aumento del costo del manejo del cultivo, disminución de superficie sembrada, elevación del índice de pobreza y conflictos políticos internacionales.

Debido a esto es de suma importancia desarrollar mecanismos de control más efectivos, con costos menores y más amigables con el medio ambiente que busquen la reducción de las aplicaciones químicas u optimicen el uso de estas; entre ellos han tenido un auge muy importante en la última década los sistemas de predicción los cuales han demostrado, la mayoría, ser efectivos en el cultivo y en el área donde se desarrollaron.

Dentro de los sistemas de predicción que se han desarrollado para *Erwinia amylovora* destaca el Maryblyt, el cual se ha seleccionado para verificar y adaptar a una región específica como lo es la Sierra de Arteaga por su facilidad de manejo y por tener disponibles las variables climáticas necesarias para su implementación.

Justificación

La presente investigación surge de la necesidad de determinar el tiempo oportuno para realizar las acciones de control efectivas para el Tizón de fuego del manzano *Erwinia amylovora*.

Objetivo

Validar la aplicación del modelo de predicción Maryblyt para predecir eventos de infección y aparición de síntomas del Tizón de fuego del manzano *Erwinia amylovora*.

Hipótesis

El modelo Maryblyt describe acertadamente los eventos de infección y aparición de síntomas.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Generalidades del Manzano

1.1.1 Morfología

Árbol

El árbol alcanza como máximo 10 m. de altura y tiene una copa en forma de globo. El tronco es derecho, alcanzando normalmente de 2 a 2,5 m. de altura, la corteza es lisa, de color ceniciento verdoso sobre los ramos y escamosa y gris parda sobre las partes viejas del árbol. Tiene una vida aproximada de unos 60-80 años. Las ramas se insertan en ángulo abierto sobre el tallo, de color verde oscuro, a veces tendiendo a negruzco o violáceo y los brotes jóvenes terminan en una espina (FAUTAPO, 2014).

Raíz

El sistema radicular es leñoso; las plantas de semilla tienen una o más raíces pivotantes, mientras que las de estacas, acodo o estaquillas tienen varias raíces principales alrededor del tronco. La profundidad radicular depende del tipo de portainjerto y de la calidad del suelo (FAUTAPO, 2014).

Hojas

Las hojas son de forma oval, bordes aserrados, con el haz verde claro, de doble longitud que el pecíolo, con 4 - 8 nervios alternados y bien desarrollados, con una longitud de 4.13 cm. aproximadamente (FAUTAPO, 2014).

Flores

Las flores son grandes, se abren unos días antes que las hojas. Son hermafroditas de color rosa pálido y a veces blanco dependiendo de la variedad y en número de 3 a 6 unidas (FAUTAPO, 2014). La floración tiene lugar a finales de invierno e inicios de primavera, generalmente a principios de marzo.

Fruto

La manzana, es un fruto carnosos (pomo); según su forma puede ser achatada y/o redondeada. Tanto la forma como el color y sabor de los frutos difieren en una amplia gama que depende de la variedad: la fruta denominada Golden presenta un color dorado brillante; Royal Gala tienen una piel rojiza y otras como la verde doncella son verdosas (FAUTAPO, 2014).

1.1.2 Importancia económica

México tuvo una aportación con 714149 Toneladas en 53619 Has durante el año 2017 (FAO, 2017) ocupando el lugar 21 en la producción mundial de manzana y quedando en quinto lugar en la producción del continente, cerca del 7% del total.

Dentro de la producción nacional el estado de Coahuila ocupó el lugar número 4 en el año 2017 con una producción de 22653.14 Ton. en una superficie sembrada de 5759 Ha. (SIAP, 2018).

1.1.3 Estados fenológicos del manzano

Dormancia

Etapa de la yema después de formarse y antes de brotar (Wainwright,1992), en la que los manzanos hibernan y experimentan relativamente poca actividad (Dohinmoti.ru, 2019).

Punta plateada

Cuando las yemas se hinchan, pero antes de que se abran (Wainwright,1992); las escamas de la yema de la fruta se separan en la punta del brote, dejando al descubierto el tejido gris claro o plateado (Dohinmoti.ru,2019).

Punta verde

Etapa en que las puntas de las hojas saliendo de la yema muestran color verde (Wainwright,1992).

Centímetros verdes

Cuando las puntas de las hojas ya extienden entre de 1 y 1.5 centímetros de las escamas duras (Wainwright,1992).

Racimo apretado

Las hojas ya han salido y el racimo de las seis flores está apretado. Las flores todavía son verdes adentro de los sépalos (Wainwright,1992).

Rosada

Las flores muestran su color rosado mientras empiezan a salir de los sépalos (Wainwright,1992).

Plena floración

Las flores están abiertas y listas para recibir polen (Wainwright,1992).

Caída de pétalos

Después de estar abierta la flor unos días, el estigma y estilo se secan y los pétalos empiezan a caer (Wainwright,1992).

Cuajado de fruto

Las flores fecundadas empiezan a desarrollarse en frutas y a engrosarse (Wainwright,1992).

1.1.4 Distribución

De acuerdo a Montejo (2008) la manzana en México se cultiva en 23 estados, entre los cuales destacan los siguientes en orden de importancia: Chihuahua, Durango, Coahuila y Zacatecas. El estado con mayor superficie establecida es Chihuahua con el 34.91% del total de la producción nacional y es seguido por el estado de Durango, con el 18.85%, y ocupando como el tercer lugar el estado de Coahuila con el 13.72%, Puebla con el 9.49% y por último Zacatecas con el 3% de la producción nacional.

1.1.5 Clasificación taxonómica del manzano

De acuerdo a Montejo (2008) menciona que, aunque muchos autores mencionan al manzano con el nombre científico de *Pyrus malus* L. en un análisis histórico del manzano se concluye que el nombre científico apropiado para la manzana cultivada es el de *Malus domestica* por Bork.

Reino: Vegetal

División: Traquofitas

Subdivision: Pteropsidas

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotiledóneas

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Amygdaloideae

Género: *Pyrus*

Especie: *Pyrus malus*

Esquema clasificación taxonómica del manzano según Sinto y Wilson(1975)

1.1.6 Requerimientos climáticos

El manzano tiene un umbral de temperatura inferior de 7°C y un umbral de temperatura superior de 35°C teniendo como temperaturas optimas 18°C a 24°C y con una temperatura critica o de daño por heladas menor a -10°C daño a corteza y pérdida de yemas florales (CIREN-INIA ,2015).

1.2 Generalidades del Tizón de Fuego

El tizón de fuego es sin duda, la más devastadora bacteriosis de los frutales de pepita y algunas ornamentales de la familia de las Rosáceas. El agente causal es la bacteria *Erwinia amylovora* Burrill. Fue descrito por primera vez en el año 1789, en proximidades de la ciudad de Nueva York (Estados Unidos), y confirmada su etiología en 1884 en la Universidad de Cornell. En 1919 se le detectó en Nueva Zelanda y a fines de la década de 1950 en Inglaterra. Actualmente está presente en la mayoría de los países productores de frutas de pepita del mundo. (Rossini *et al*, 2013).

1.2.1 Morfología

Erwinia amylovora tiene bastones rectos, con dimensiones de 0.5 a 1.0 x 1.0 a 3 um. Se desplazan por medio de varios a muchos flagelos peritricos. Pertenece al grupo de las Erwinias y son las únicas bacterias fitopatógenas que son anaerobias facultativas; no producen enzimas pécticas y causan marchitamientos o enfermedades necróticas (Agrios, 2005).

1.2.2 Sintomatología

Las epidemias de tizón de fuego se desarrollan en varias fases, cada una de las cuales puede identificarse por un conjunto distintivo de síntomas. Reconocer estas fases y comprender cómo se desarrolla cada una es importante para evaluar los riesgos y para tomar decisiones sobre las medidas de control más apropiadas necesarias (Biggs & Turechek, 2014)

Tizón en la flor

Los síntomas del tizón de la flor son el resultado de infecciones directas de flores abiertas con pétalos intactos. Los primeros síntomas se desarrollan como un oscurecimiento de la base de la flor o del pecíolo, que puede ir acompañado de pequeñas gotas de exudado. El pecíolo infectado pronto se marchita y el patógeno invade el espolón y otras flores en el racimo. En algunos casos, el daño se limita al espolón fructífero, pero el patógeno a menudo continúa invadiendo y matando una parte de la rama o rama de soporte. Dado que las infecciones por floración son generalmente las primeras en desarrollarse y ocurren en grandes cantidades en un área amplia, son una fuente importante de inóculo secundario (Biggs & Turechek, 2014).

Tizón en canceres

Los síntomas del tizón en canceres se desarrollan como resultado de la actividad renovada del patógeno en los márgenes de los canceres de hibernación establecidos durante la temporada anterior (Steiner, 1990).

El primer síntoma del cáncer es la aparición de una zona estrecha, empapada de agua en el tejido de la corteza sana bordeando canceres activos. Esto solo se

puede ver cortando la corteza a través del margen del cáncer. Dentro de unos días después de esto, se pueden ver vetas parduzcas en el tejido interno de la corteza. La bacteria luego invade los brotes vegetativos cercanos internamente, lo que hace que se marchiten y mueran. Dichos brotes, especialmente los brotes de agua, a menudo se confunden con los síntomas del tizón temprano (Biggs & Turechek,2014).

Tizón en crecimientos

Los brotes jóvenes en crecimiento activo también son muy susceptibles a esta enfermedad, y en este caso, el marchitamiento provoca una pérdida de su rigidez, curvándose de forma característica, a modo de “cayado de pastor” (Cambra *et al.*, 2002).

A diferencia de los brotes infectados asociados con el daño por el cáncer que se invaden desde abajo, los brotes infectados a través de las puntas de las hojas no muestran decoloración temprana antes de marchitarse, pero permanecen verdes hasta que se desarrolla la necrosis. Las infecciones desde la punta del brote, que ocurren más temprano en la temporada, progresan rápidamente, matan todo el brote y con frecuencia invaden la extremidad de soporte donde puede desarrollarse un cáncer (Biggs & Turechek,2014).

Tizón en traumas

Los síntomas del tizón del trauma se desarrollan en muchos tejidos diferentes y se asocian con infecciones después de lesiones causadas por heladas tardías, granizadas o vientos fuertes que dañan el follaje. Estas lesiones aparecen para romper los mecanismos de defensa que la resistencia normalmente confiere en tejidos maduros de cultivares susceptibles y en cultivares resistentes como Red Delicious a fuego bacteriano (Suleman,1992). Pueden producirse efectos similares cuando se realizan cortes para eliminar ramas infectadas durante la temporada de crecimiento, que a menudo resultan en formación de pequeños chancros en los trozos de rama (Suleman ,1992).

Tizón de raíz

El tizón de la raíz se desarrolla como un cáncer justo debajo de la unión del injerto, que eventualmente rodea y mata al árbol. Estas infecciones son inusuales ya que el tronco y las extremidades del vástago que intervienen por encima de la unión del injerto y por debajo de los síntomas visibles de tizón en el vástago permanecen sin síntomas. Los cánceres de raíz pueden aparecer a mediados del verano, pero pueden no detectarse hasta finales del verano y principios del otoño, lo que a menudo induce un follaje rojo temprano en el otoño (Biggs & Turechek, 2014).

1.2.3 Ciclo de la enfermedad

Las bacterias invernan en los bordes de los cáncros formados durante la estación anterior, sobre los cáncros que aparecen en otros hospedantes y quizá en las yemas y al parecer en los tejidos leñosos sanos. Sobreviven con mayor frecuencia en las grandes ramas y rara vez en las ránulas que tienen menos de 1 cm de diámetro. En la primavera, las bacterias en estos cáncros "remanentes" vuelven a mostrar actividad, se reproducen y se propagan hasta la corteza sana adyacente. Cuando el clima es húmedo, las masas bacterianas absorben agua y aumentan de volumen más allá de la capacidad de los tejidos, lo cual hace que algunas porciones de ellas exuden a través de las lenticelas y salgan hasta la superficie del tejido. Esta exudación de goma, denominada lama o exudado bacteriano, consiste de savia de la planta, millones de bacterias y subproductos bacterianos. Por lo común, dicho exudado aparece en primer término casi en el momento en que se produce la floración del peral. Varios insectos, tales como las abejas, moscas y hormigas, son atraídas por el exudado dulce y pegajoso y se impregnan de él, posteriormente frecuentan las flores, dejan una porción del exudado que contiene bacterias en el néctar y quizá también en el pistilo de la flor. En algunos casos, las bacterias son llevadas también desde los cáncros exudantes hasta las flores por las salpicaduras de lluvia. Cuando el exudado se seca suele formar filamentos aéreos que pueden ser diseminados por el viento y servir como inoculo (Agrios, 2005).

La bacteria penetra a través de aberturas naturales, como los ya mencionados nectarios y estigmas en la flor (Figura 1), así también por las estomas en las hojas. En el manzano, por ejemplo, existe un apretado ordenamiento de estambres y abundantes tricomas en los estilos, que parecen impedir que la bacteria llegue al hipanto (región donde se encuentran los nectarios), sin embargo, con la presencia de los insectos polinizadores el nivel de dificultad de alcance se reduce al mínimo por lo tanto si puede presentarse una infección en flor a través de los nectarios.

A través de las sustancias que secretan, producen la plasmólisis y después la muerte y el colapso de las células parenquimáticas vecinas. Al mismo tiempo, degradan algunos de los componentes de la lámina media y de las paredes celulares. Dichas bacterias se propagan con rapidez, principalmente a través de los espacios intercelulares, pero también a través de la lámina media macerada (Agrios,2005)

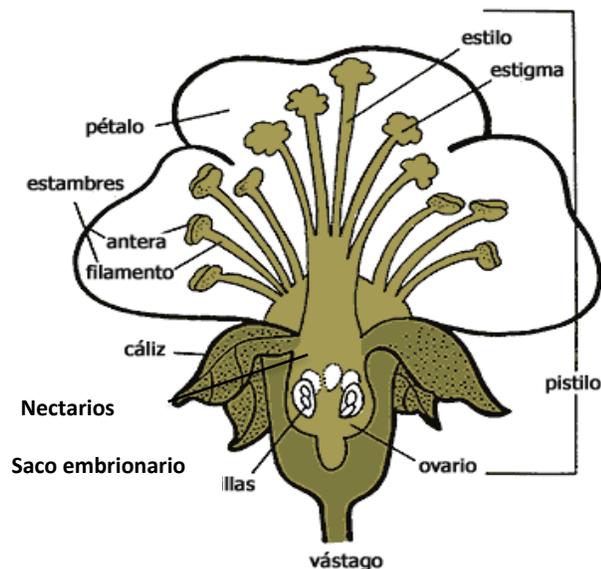


Figura 1.- Flor de pomácea esquematizada (Westwood, 1982).

En ocasiones, las bacterias ocasionan la ruptura de las delicadas paredes celulares de la flor, lo cual permite que el protoplasto sea invadido. En algunos casos, se produce la desintegración de varias capas de células parenquimáticas plasmolisadas. Esto da lugar a la formación de cavidades sumamente grandes que se llenan de bacterias. Desde la flor las bacterias descienden hasta el pedicelo y

penetran en la corteza del espolón del fruto. La infección del espolón causa la muerte de todas las flores, hojas y frutos sostenidos por él (Agrios,2005).

La penetración e invasión de las hojas, cuando se produce, es similar a la de las flores. Aun cuando los estomas e hidátodos sirvan como puntos de entrada para las bacterias, parece ser que la mayoría de las infecciones foliares se producen a través de heridas producidas por insectos, tormentas de granizo, etc. Al parecer, las bacterias se desarrollan mejor y más rápido en el mesófilo esponjoso que en el parénquima en empalizada. Desde el parénquima de las nervaduras, las bacterias penetran en el peciolo y llegan al tallo a través del peciolo (Agrios,2005).

Recientemente se ha demostrado que *E. amylovora* penetra en los tejidos de sus hospedantes a través de heridas, y quizá a través de los delicados tejidos de las flores y hojas que han sido dañados, inicialmente coloniza los vasos de sus hospedantes y se distribuye a través de ellos, colonizando otros tejidos sólo después durante el proceso de infección. Sin embargo, contrariamente a lo que ocurre en otros marchitamientos bacterianos, *E. amylovora* se distribuye en sus hospedantes a través de sus vasos e invade rápidamente a otros tejidos, destruyendo a las células y causando los síntomas característicos de los tizones y canchros durante el proceso.

Las bacterias infectan a las ramitas tiernas y jóvenes a través de sus lenticelas, por las heridas producidas por diversos agentes y por medio de insectos. Son infectadas también a través de las infecciones de las hojas y flores. En las ramitas, las bacterias se mueven intercelularmente o si penetran en los vasos xilemáticos que han sido dañados recorren pequeñas distancias a través de la xilema. En poco tiempo producen el colapso y la degradación de las células corticales, formando grandes cavidades. En las ramitas jóvenes, las bacterias pueden llegar al floema, por el cual son transportadas después hacia la punta de la ramita y hasta las hojas. La invasión de las grandes ramitas y ramas se limita principalmente a la corteza. El avance de ella depende de la succulencia de los tejidos y de las condiciones predominantes de humedad y temperatura. Bajo condiciones adversas al desarrollo del patógeno, la hospedante forma capas de corcho en torno a las zonas infectadas y limita así la expansión del cancro. En las

variedades susceptibles y durante los climas cálido-húmedos, las bacterias se propagan desde los espolones o vástagos hasta los órganos de dos, tres o más años, destruyendo su corteza (Agrios,2005).

1.2.4 Distribución

De acuerdo al CABI-EPPO (2013) se ha reportado la presencia del Tizón de fuego en Europa, Asia, África, América del Norte, América Central y el Caribe, además de algunas partes de Oceanía.

1.2.5 Clasificación taxonómica de *Erwinia amylovora*

De acuerdo al CABI (2018) la clasificación taxonómica es:

Dominio: Bacterias

Filo: Proteobacterias

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Enterobacteriales

Familia: Enterobacteriaceae.

Género: *Erwinia*

Especie: *Erwinia amylovora*

Esquema Clasificación taxonómica de *Erwinia amylovora*

1.2.6 Control

Tratamientos con microorganismos que comparten nicho con *E. amylovora* para lograr su desplazamiento, utilizar material de plantación certificada, realizar solo poda invernal, evitar variedades sensibles, desinfección de equipos y de útiles de poda, empleo de modelos de predicción que estimen el riesgo de enfermedad en función de los datos meteorológicos y fenológicos (Agrointegra,s.f.).

1.3 Generalidades del Modelo de Predicción Maryblyt

Debido a los grandes estragos que ocasiona el Tizón de fuego ha habido la necesidad de desarrollar mecanismos de control, eficientes y oportunos con el fin de evitar daños catastróficos en el cultivo del manzano. Tomando en cuenta la conciencia ecológica y la preocupación por la salud humana se han desarrollado los modelos de predicción los cuales han resultado ser un boom para agricultura moderna y que han representado un método de control eficiente al reducir las aplicaciones excesivas de productos químicos, los cuales son perjudiciales a la salud humana, convirtiendo el control químico en una opción racional.

Uno de los modelos de predicción que ha demostrado ser eficiente es el Maryblyt, cuyas características son adaptables a la región del objetivo de estudio pues fue desarrollado para zonas semiáridas del pacifico de Estados Unidos de Norteamérica.

Biggs & Turechek (2014) definen a Maryblyt TM versión 7.1 como un programa integral de ordenador para la predicción de eventos de infección y el desarrollo de síntomas específicos para la mayoría de las fases de la epidemia de la enfermedad en manzanas y peras. La primera versión se desarrolló en 1988 en la Universidad de Maryland y se basó en informes de investigación publicados y observaciones sobre la ocurrencia de la plaga en los huertos de manzanas de Maryland. Las pruebas posteriores en más de 20 ubicaciones en las regiones noreste, sureste, medio oeste y noroeste del Pacífico de los EE. UU y en Canadá desde 1989 hasta 1991 condujeron a muchas mejoras que permiten una amplia aplicación del programa para manzanas y peras en diferentes climas. Maryblyt ha sido la base principal de recomendaciones en el control del fuego bacteriano desde 1989. Su uso ha dado lugar a una notable mejora en el nivel de control obtenida y una reducción en el número de aplicaciones de antibióticos aplicados compararse con otros enfoques convencionales.

Maryblyt también predice la aparición de cuatro tipos distintos de síntomas de tizón de fuego: flor, cáncer, crecimiento y tizón traumático. No predice el tizón del portainjerto. El programa se puede operar en tiempo real para evaluar los riesgos

actuales o el progreso de una epidemia, o en un modo de simulación para predecir eventos futuros utilizando datos meteorológicos previstos. La información generada en ambos modos del programa proporciona una base para tomar decisiones sobre cuándo realizar tratamientos de control específicos y cuándo es razonablemente "seguro" retrasarlos (Biggs & Turechek ,2014).

Steiner (1990) estableció los fundamentos del modelo de predicción Maryblyt que utiliza tres medidas de unidades de calor acumulativas para monitorear indirectamente el desarrollo del huésped, las poblaciones de patógenos, la disponibilidad de vectores de insectos y el desarrollo de síntomas.

- Los grados-día acumulados > 40F (4.4C) se utilizan para controlar la edad de las flores y la aparición de insectos vectores.
- Las horas-grado acumulados > 65F (18.3 C) se utilizan para establecer el potencial de infección epifítica (EIP), que es un índice de riesgo de infección. El EIP se calcula expresando el número de horas grado > 65F acumulado en los últimos 80 (manzana) o 120 (pera) grados día > 40F como un porcentaje de 198 DH > 65F, que representa el umbral de infección. Por ejemplo, si el EIP está por debajo de 100, ocurrirán pocas infecciones, si el EIP es de 100-150, esto es suficiente para soportar una epidemia de tizón en flor, y si el EIP excede de 200-250, se puede esperar una gran cantidad de infecciones con cualquier evento de humectación.
- Los DD acumulativos > 55F (12.7C) se usan para predecir el desarrollo de síntomas, una vez que se ha producido la infección.
- DD y DH son calculados por el programa utilizando una función de onda sinusoidal con un máximo de 90F (32C) y varios umbrales de temperatura mínima.

1.3.1 Tizón en flor

El modelo Maryblyt supone una abundancia de inóculo y para que se produzca una infección en flor, se deben cumplir cuatro condiciones en secuencia:

- Las flores deben estar abiertas con estigmas expuestos para la colonización y los pétalos intactos (las flores en la caída de pétalos son resistentes);

- La acumulación de al menos 198 DH > 65 ° F (110 DH > 18,3 ° C) dentro del último 80 DD > 40 ° F (44.4 DD > 4,4 ° C) para las manzanas o dentro de la última 120 DD > 40 ° F para peras (define el potencial de infección epifítica (EIP) para la flor abierta más antigua y, por lo tanto, la flor más colonizada del huerto);
- Un evento de humedecimiento que ocurre como rocío o >0,01 pulgada (0.25 mm) de lluvia, o >0,10 pulgadas (2,5 mm) de lluvia el día anterior (permite el movimiento de las bacterias de estigmas colonizados a los nectaroides y una temperatura promedio de >60 ° F (15.6 ° C) (esto puede influir en la velocidad a la que las bacterias migran hacia los nectaroides así como la multiplicación de bacterias necesaria para establecer infecciones)

Cuando se cumplen todas estas condiciones mínimas en secuencia, se produce infección y se esperan síntomas de la primera plaga después de una acumulación de 103 DD adicionales > 55F (57 DD > 12.7 C). Los DH se reducen en un tercio, la mitad o se restablecen a cero si la temperatura no supera un umbral de 64 F (17.8) durante uno, dos o tres días, respectivamente. Sin embargo, una vez que DH supera los 400 (EIP = 200), no se realizan ajustes negativos.

1.3.2 Tizón por cánceres

Este evento puede predecirse de manera bastante confiable con la acumulación de al menos 196 DD > 55 ° F (109 DD > 12.7 ° C) después de la punta verde (generalmente sobre la caída de pétalos más una semana) (Steiner 1990b)

1.3.3 Tizón en puntos de crecimiento

Maryblyt pronostica solo los primeros síntomas iniciales de tizón. Los pronósticos se basan en la suposición de que los vectores de insectos están presentes. Estos primeros síntomas generalmente se desarrollan con la acumulación de 103 DD > 55F (57 DD > 12.7 C) después de la primera aparición de flores o síntomas de tizón en el área inmediata cuando la temperatura diaria promedio es de 60F (15.6 C) o más. Maryblyt también se puede usar para identificar diferentes insectos que contribuyen al tizón al restar 103 DD del total de DD > 55 F que muestra el programa el día de los primeros síntomas del tizón.

1.3.4 Tizón por traumas

Los síntomas del tizón del trauma se basan en infecciones asociadas con heladas tardías, granizo o vientos fuertes. Se pueden esperar síntomas cuando el EIP alcanza los 100, pero generalmente son más severos cuando el EIP excede los 200-250.

Una vez que ocurre la lesión, los síntomas se puede esperar después de un intervalo de 103 DD> 55 ° F (57 DD> 12,7 ° C) similares.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción de la zona de estudio

El Municipio de Arteaga se ubica en el sureste del estado de Coahuila en las coordenadas 101° 50 '24" longitud oeste y 25° 25 '58" latitud norte, limita al norte con el municipio de Ramos Arizpe; al sur con el estado de Nuevo León y al oeste con el municipio de Saltillo (Coahuila, s.f.). Este municipio se encuentra enclavado en el macizo montañoso que forma parte de la Sierra Madre Oriental y que es conocido generalmente como la Sierra de Arteaga; con una altura de 1,700 a 3,500 m.s.n.m (Montejo,2008).

La investigación se realizó en dos ranchos diferentes que a continuación se enumeran: Rancho Guadalupe, el cual se encuentra en la carretera Matehuala-Saltillo km. 207 (ver figura 1), y dos lotes afueras de la comunidad de Jame, la primera en Buenos Aires y la segunda en Landín (ver figura 2) pertenecientes al Ing. Víctor Manuel Sánchez Valdez.

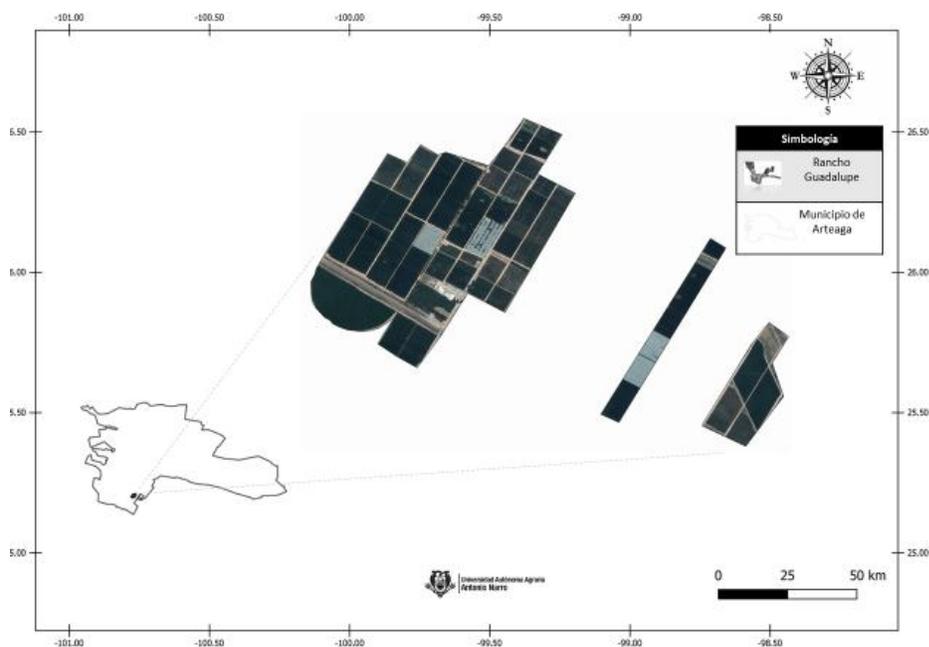


Figura 2.- Ubicación de Organización Rancho Guadalupe

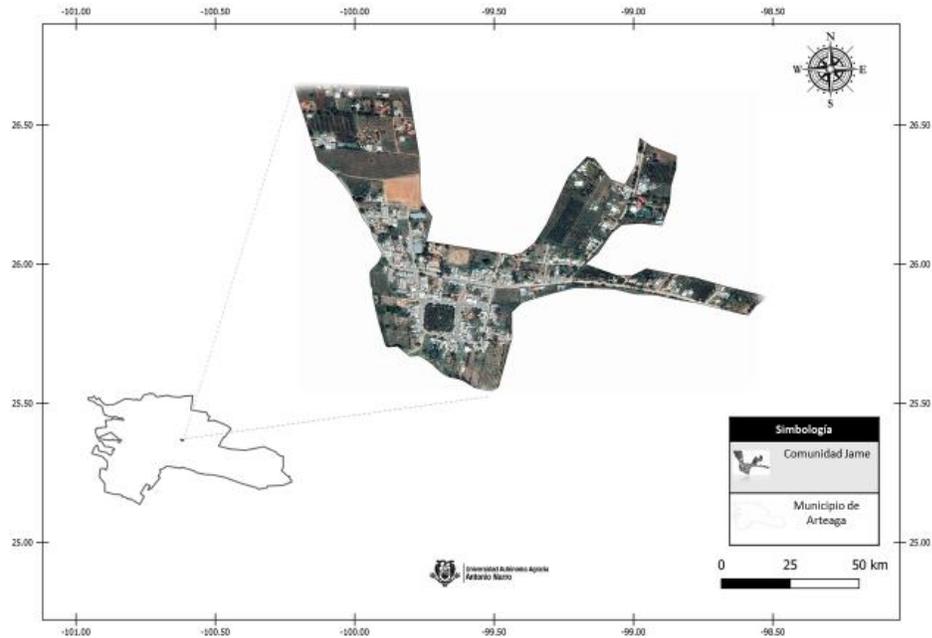


Figura 3.- Ubicación de la comunidad de Jame

2.2 Proceso de validación del modelo de predicción Maryblyt

Para la validación del modelo de predicción se monitorearon diversos lotes en la Sierra de Arteaga desde primera flor a flor abierta hasta el cuajado de fruto y visitados inmediatamente después de un proceso de humectación (lluvia o rocío) o de trauma (granizo) y donde cerca de los lotes existieran y estuvieran a disposición los datos climáticos necesarios para el funcionamiento del programa.

Para completar el proceso de validación se tuvo acceso a los datos climáticos de la estación meteorológica de Rancho Guadalupe y de la estación meteorológica de CONAGUA en la comunidad de Jame.

Las variables climáticas y fenológicas que se solicitaron a continuación se mencionan:

- Temperatura máxima y mínima diaria
- Precipitación, rocío y granizo o cualquier evento de humectación
- Presencia de flores desde flor abierta hasta cuajado del fruto

Los datos climáticos del Rancho Guadalupe fueron proporcionados por su programa de monitoreo que tiene en su estación meteorológica dentro del rancho y

que durante todo el año de manera automática mide los datos temperatura mínima diaria, temperatura máxima diaria, precipitación, rocío, y granizo. Para los datos del rancho del Ing. Víctor Manuel Sánchez Valdez los datos fueron proporcionados por la estación meteorológica de CONAGUA dentro de la comunidad de Jame y que manualmente monitorea la temperatura mínima diaria, temperatura máxima diaria, precipitación, y la percepción del encargado de tres eventos de granizo.

Para la comprensión del modelo se tuvo un enfoque más prioritario hacia daños de infección en flores y por traumas (Tizón en flor y Tizón por trauma) siendo los principales problemas a nivel mundial.

En una hoja de Excel se hicieron las predicciones utilizando la Calculadora de días grado de la Universidad de Davis California poniendo los principios del modelo de predicción Maryblyt el cual se basa en lo siguiente:

- Un método de cálculo seno simple con un corte horizontal
- Umbral de temperatura superior (UTS) de 32°C;
- Para calcular la vida de las flores un umbral de temperatura inferior (UTI) de 4.4°C hasta acumular los 44 grados día
- Para calcular el tiempo de infección de una flor un umbral de temperatura inferior (UTI) de 18.3°C hasta acumular las 110 horas grado
- Para calcular la fecha de la aparición de los primeros síntomas se utilizó un umbral de temperatura inferior (UTI) de 12.7°C hasta acumular los 57 grados día
- En presencia de un trauma en el árbol se omite el cálculo de las horas grado para que ocurra la infección e inicia simultáneamente el conteo de los días grado para la aparición de síntomas de Tizón por trauma

2.3 Validación del modelo en Rancho Guadalupe

Dentro de la temporada de floración se presentaron varios eventos de humectación para los cuales fue necesario hacer predicciones singulares, para ello se tomaron en cuenta los cuatro principios necesarios para una infección en flor, siendo este el principal problema a nivel mundial.

Las fechas en las que se presentaron eventos con una posibilidad alta de infección se encuentran descritas en el cuadro 1.

Cuadro 1.- Fechas de los eventos de humectación en Rancho Guadalupe

Fecha	Evento
13 de marzo del 2019	Rocío
21 de marzo del 2019	Rocío
22 de marzo del 2019	Precipitación(10.41mm) y rocío
23 de marzo del 2019	Rocío
24 de marzo del 2019	Rocío
25 de marzo del 2019	Rocío
26 de marzo del 2019	Rocío
27 de marzo del 2019	Rocío
01 de abril del 2019	Precipitación(4.572mm) y rocío
02 de abril del 2019	Rocío

Conociendo las fechas de los eventos de humectación se realizó las predicciones específicas para cada evento.

2.4 Validación del modelo en lotes de la comunidad de Jame

Para la validación del modelo de predicción, al igual forma que en el Rancho Guadalupe, se tomaron en cuenta los cuatro principios para que se dé una infección en flor, sin embargo, debido a las condiciones climáticas se dio un énfasis al daño ocasionado por un trauma que en este caso fue resultado del granizo.

Las fechas en las que se presentaron eventos de humectación y granizadas con una alta posibilidad de infección en flor se encuentran descritas en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Fechas de los eventos de humectación y granizo en lotes de Jame

Fecha	Evento
19 de marzo del 2019	Precipitación(18mm) y granizo
22 de marzo del 2019	Precipitación(2mm) y granizo
23 de marzo del 2019	Precipitación(2mm) y granizo

De la misma forma que se hicieron las predicciones para el Rancho Guadalupe así también se hizo para el rancho del Ing. Víctor Sánchez respetando los principios ya mencionados anteriormente, además se hizo una separación de eventos para las predicciones de precipitación y granizo, ya que ocasionan daños diferentes.

2.5 Método de evaluación

Se hizo un muestreo al azar de doscientos racimos (florales o de fruto), según fue el caso de cada lote, y en los cuales se tuvo la oportunidad para verificar la presencia o ausencia de los síntomas iniciales en la fecha que indico el pronóstico de aparición síntomas (cuadro 3 y 4).

Cuadro 3.- Lotes del Rancho Guadalupe

Lotes	Variedad
Amanecer Sur	Golden vigas
Chihuahua	Golden marios
Huerta de en Medio	Royal gala
Mirador Huerta Nueva	Royal gala
Mirador Techo	Golden vigas
Casa Blanca	Golden delicious
Refugio	Golden delicious

Cuadro 4.- Lotes en la comunidad de Jame

Lotes	Variedad
Tarihuanes	Golden viga
Buenvista	Golden viga

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Predicciones para Rancho Guadalupe

El primer evento de humedecimiento fue un rocío, el cual ocurrió el 13 de marzo y donde se cumplieron las cuatro condiciones, en secuencia, necesarias para una infección en flor. De acuerdo a los datos climáticos proporcionados por el Rancho Guadalupe se hizo el cálculo de la duración de vida de la flor, la acumulación de las horas grado para la infección en flor, y la acumulación de los días grado para la aparición de síntomas en el racimo floral (Cuadro 5). En el orden mencionado se señaló los días en que se acumulan los 44 grados día de la duración de la flor (quinta columna); las 110 horas grado para la infección en flor (séptima columna); y los 57 grados día para la aparición de síntomas (novena columna).

La fecha de aparición de síntomas de este evento fue pronosticada el 31 de marzo, y se verifico el 02 de abril con un muestreo que revelo exudados bacterianos en los pistilos florales en lotes de Amanecer Sur y Huerta de en Medio (ver Figura 6); flores atizonadas en los lotes Chihuahua y Mirador Huerta Nueva (ver Figura 7).

Cuadro 5.- Predicción del evento de humedecimiento del 13 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
13/03/2019	11.6	25.8	14.29	14.29	2.46	59.04	6.12	
14/03/2019	6	26.8	12	26.29	2.41	116.88	5.37	5.37
15/03/2019	1.3	27.3	10.39	36.68	2.35		4.99	10.36
16/03/2019	5.8	18.8	7.87	44.55	0.04		1.86	12.22
17/03/2019	6	12.5	4.84		0		0	12.22
18/03/2019	7.8	15.6	7.29		0		0.78	13
19/03/2019	5.7	14.3	5.58		0		0.3	13.3
20/03/2019	4.9	18.3	7.16		0		1.59	14.89
21/03/2019	3.1	19.5	7.08		0.14		1.96	16.85
22/03/2019	4	22	8.63		0.74		3.03	19.88
23/03/2019	3.5	19.9	7.37		0.21		2.12	22
24/03/2019	3.3	23.7	9.2		1.21		3.65	25.65
25/03/2019	4.5	25.5	10.58		1.85		4.56	30.21
26/03/2019	6.8	26	12.02		2.17		5.14	35.35
27/03/2019	5.1	23.8	10.07		1.31		3.91	39.26
28/03/2019	6.5	23.6	10.65		1.3		4	43.26
29/03/2019	4.3	26.7	11.09		2.26		5.06	48.32
30/03/2019	6.9	26.2	12.19		2.26		5.27	53.59
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	59.27



Figura 4.- Exudado bacteriano en flor



Figura 5.- Flores atizonadas

Los días 21, 22, 23 y 24 de marzo se produjeron eventos de humedecimiento con temperaturas muy próximas al rango mínimo de temperatura para infección en flor por lo que el proceso de infección fue ralentizado provocando que la aparición de síntomas fuera simultánea para los diferentes eventos de humectación.

Para los cuatro eventos la fecha de aparición de síntomas fue el 07 de abril (Cuadro 6, 7, 8 y 9) y se verificaron en un muestreo el 08 de abril. De acuerdo al muestreo se encontró síntomas nuevos de exudados en varias flores (Figura 6) solo en el lote Amanecer Sur; en cambio en los lotes Huerta de en Medio, Mirador Techo, y Chihuahua no mostraron síntomas nuevos, solo los observados en la infección del día 13 de marzo.

Cuadro 6.- Predicción del evento de humedecimiento del 21 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
21/03/2019	3.1	19.5	7.08	7.08	0.14	3.36	1.96	
22/03/2019	4	22	8.63	15.71	0.74	21.12	3.03	
23/03/2019	3.5	19.9	7.37	23.08	0.21	26.16	2.12	
24/03/2019	3.3	23.7	9.2	32.28	1.21	55.2	3.65	
25/03/2019	4.5	25.5	10.58	42.86	1.85	99.6	4.56	
26/03/2019	6.8	26	12.02	54.88	2.17	151.68	5.14	5.14
27/03/2019	5.1	23.8	10.07		1.31		3.91	9.05
28/03/2019	6.5	23.6	10.65		1.3		4	13.05
29/03/2019	4.3	26.7	11.09		2.26		5.06	18.11
30/03/2019	6.9	26.2	12.19		2.26		5.27	23.38
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	29.06
01/04/2019	4.5	19.1	7.4		0.07		1.88	30.94
02/04/2019	3.6	21.8	8.37		0.66		2.9	33.84
03/04/2019	0.7	25.2	9.19		1.61		4.04	37.88
04/04/2019	4.1	25.5	10.43		1.84		4.53	42.41
05/04/2019	2.6	26.5	10.38		2.13		4.79	47.2
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	52.08
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	56.41

Cuadro 7.- Predicción del evento de humedecimiento del 22 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
22/03/2019	4	22	8.63	8.63	0.74	17.76	3.03	
23/03/2019	3.5	19.9	7.37	16	0.21	22.8	2.12	
24/03/2019	3.3	23.7	9.2	25.2	1.21	51.84	3.65	
25/03/2019	4.5	25.5	10.58	35.78	1.85	96.24	4.56	
26/03/2019	6.8	26	12.02	47.8	2.17	148.32	5.14	5.14
27/03/2019	5.1	23.8	10.07		1.31		3.91	9.05
28/03/2019	6.5	23.6	10.65		1.3		4	13.05
29/03/2019	4.3	26.7	11.09		2.26		5.06	18.11
30/03/2019	6.9	26.2	12.19		2.26		5.27	23.38
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	29.06
01/04/2019	4.5	19.1	7.4		0.07		1.88	30.94
02/04/2019	3.6	21.8	8.37		0.66		2.9	33.84
03/04/2019	0.7	25.2	9.19		1.61		4.04	37.88
04/04/2019	4.1	25.5	10.43		1.84		4.53	42.41
05/04/2019	2.6	26.5	10.38		2.13		4.79	47.2
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	52.08
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	56.41

Cuadro 8.- Predicción del evento de humedecimiento del 23 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
23/03/2019	3.5	19.9	7.37	7.37	0.21	5.04	2.12	
24/03/2019	3.3	23.7	9.2	16.57	1.21	34.08	3.65	
25/03/2019	4.5	25.5	10.58	27.15	1.85	78.48	4.56	
26/03/2019	6.8	26	12.02	39.17	2.17	130.56	5.14	5.14
27/03/2019	5.1	23.8	10.07	49.24	1.31		3.91	9.05
28/03/2019	6.5	23.6	10.65		1.3		4	13.05
29/03/2019	4.3	26.7	11.09		2.26		5.06	18.11
30/03/2019	6.9	26.2	12.19		2.26		5.27	23.38
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	29.06
01/04/2019	4.5	19.1	7.4		0.07		1.88	30.94
02/04/2019	3.6	21.8	8.37		0.66		2.9	33.84
03/04/2019	0.7	25.2	9.19		1.61		4.04	37.88
04/04/2019	4.1	25.5	10.43		1.84		4.53	42.41
05/04/2019	2.6	26.5	10.38		2.13		4.79	47.2
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	52.08
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	56.41

Cuadro 9.- Predicción del evento de humedecimiento del 24 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
24/03/2019	3.3	23.7	9.2	9.2	1.21	29.04	3.65	
25/03/2019	4.5	25.5	10.58	19.78	1.85	73.44	4.56	
26/03/2019	6.8	26	12.02	31.8	2.17	125.52	5.14	5.14
27/03/2019	5.1	23.8	10.07	41.87	1.31		3.91	9.05
28/03/2019	6.5	23.6	10.65	52.52	1.3		4	13.05
29/03/2019	4.3	26.7	11.09		2.26		5.06	18.11
30/03/2019	6.9	26.2	12.19		2.26		5.27	23.38
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	29.06
01/04/2019	4.5	19.1	7.4		0.07		1.88	30.94
02/04/2019	3.6	21.8	8.37		0.66		2.9	33.84
03/04/2019	0.7	25.2	9.19		1.61		4.04	37.88
04/04/2019	4.1	25.5	10.43		1.84		4.53	42.41
05/04/2019	2.6	26.5	10.38		2.13		4.79	47.2
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	52.08
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	56.41

Los días 25, 26 y 27 de marzo se presentaron eventos de humedecimiento importantes y con temperaturas altas suficientes para lograr las condiciones necesarias para la infección en flor y para la aparición de síntomas; siendo así que las fechas para aparición de síntomas fueron el 09 de abril (Cuadro 10), 10 de abril (Cuadro 11) y 11 de abril (Cuadro 12), sin embargo , debido a limitaciones en del transporte para el traslado , se verifico la aparición de síntomas el 11 de abril con un muestreo en la cual se encontraron tejidos florales ya necrosadas figura en los lotes de Amanecer Sur y Mirador Huerta Nueva pero no se encontró síntomas nuevos en los lotes de Chihuahua y Mirador Techo.

Cuadro 10.- Predicción del evento de humedecimiento del 25 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
25/03/2019	4.5	25.5	10.58	10.58	1.85	44.4	4.56	
26/03/2019	6.8	26	12.02	22.6	2.17	96.48	5.14	
27/03/2019	5.1	23.8	10.07	32.67	1.31	127.92	3.91	3.91
28/03/2019	6.5	23.6	10.65	43.32	1.3		4	7.91
29/03/2019	4.3	26.7	11.09	54.41	2.26		5.06	12.97
30/03/2019	6.9	26.2	12.19		2.26		5.27	18.24
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	23.92
01/04/2019	4.5	19.1	7.4		0.07		1.88	25.8
02/04/2019	3.6	21.8	8.37		0.66		2.9	28.7
03/04/2019	0.7	25.2	9.19		1.61		4.04	32.74
04/04/2019	4.1	25.5	10.43		1.84		4.53	37.27
05/04/2019	2.6	26.5	10.38		2.13		4.79	42.06
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	46.94
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	51.27
08/04/2019	2.9	23.5	8.97		1.14		3.54	54.81
09/04/2019	3.3	23.2	8.94		1.05		3.43	58.24

Cuadro 11.- Predicción del evento de humedecimiento del 26 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
26/03/2019	6.8	26	12.02	12.02	2.17	52.08	5.14	
27/03/2019	5.1	23.8	10.07	22.09	1.31	83.52	3.91	
28/03/2019	6.5	23.6	10.65	32.74	1.3	114.72	4	4
29/03/2019	4.3	26.7	11.09	43.83	2.26		5.06	9.06
30/03/2019	6.9	26.2	12.19	56.02	2.26		5.27	14.33
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	20.01
01/04/2019	4.5	19.1	7.4		0.07		1.88	21.89
02/04/2019	3.6	21.8	8.37		0.66		2.9	24.79
03/04/2019	0.7	25.2	9.19		1.61		4.04	28.83
04/04/2019	4.1	25.5	10.43		1.84		4.53	33.36
05/04/2019	2.6	26.5	10.38		2.13		4.79	38.15
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	43.03
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	47.36
08/04/2019	2.9	23.5	8.97		1.14		3.54	50.9
09/04/2019	3.3	23.2	8.94		1.05		3.43	54.33
10/04/2019	2.4	25.5	9.81		1.77		4.33	58.66

Cuadro 12.- Predicción del evento de humedecimiento del 27 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulado(4.4)	Diario	Acumulado(18.3)	Diario	Acumulado(12.7)
27/03/2019	5.1	23.8	10.07	10.07	1.31	31.44	3.91	
28/03/2019	6.5	23.6	10.65	20.72	1.3	62.64	4	
29/03/2019	4.3	26.7	11.09	31.81	2.26	116.88	5.06	5.06
30/03/2019	6.9	26.2	12.19	44	2.26		5.27	10.33
31/03/2019	3.1	28.4	11.5		2.84		5.68	16.01
01/04/2019	4.5	19.1	7.4		0.07		1.88	17.89
02/04/2019	3.6	21.8	8.37		0.66		2.9	20.79
03/04/2019	0.7	25.2	9.19		1.61		4.04	24.83
04/04/2019	4.1	25.5	10.43		1.84		4.53	29.36
05/04/2019	2.6	26.5	10.38		2.13		4.79	34.15
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	39.03
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	43.36
08/04/2019	2.9	23.5	8.97		1.14		3.54	46.9
09/04/2019	3.3	23.2	8.94		1.05		3.43	50.33
10/04/2019	2.4	25.5	9.81		1.77		4.33	54.66
11/04/2019	2.3	29.1	11.53		3.04		5.86	60.52

En los días 01 y 02 de abril se presentaron eventos de humedecimiento más temperaturas altas, y con temperaturas promedio arriba de 15.6, causando que se cumplieran las condiciones adecuadas para una infección en flor y para la aparición de síntomas; por lo tanto, después de realizar el pronóstico (Cuadro 13 y 14) se detectó el 17 de abril como fecha de aparición de síntomas. Para verificar los síntomas se acudió el 18 de abril a los lotes; en los que se confirmó daños de exudados en flores (Figura 6) y algunos racimos con síntomas iniciales de necrosis (Figura 7) que más adelante se agudizaron como los lotes Casa Blanca y Refugio.

Cuadro 13.- Predicción del evento de humedecimiento del 01 de abril

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulado(4.4)	Diario	Acumulado(18.3)	Diario	Acumulado(12.7)
01/04/2019	4.5	19.1	7.4	7.4	0.07	1.68	1.88	
02/04/2019	3.6	21.8	8.37	15.77	0.66	17.52	2.9	
03/04/2019	0.7	25.2	9.19	24.96	1.61	56.16	4.04	
04/04/2019	4.1	25.5	10.43	35.39	1.84	100.32	4.53	
05/04/2019	2.6	26.5	10.38	45.77	2.13	151.44	4.79	4.79
06/04/2019	8.4	24.9	12.22		1.83		4.88	9.67
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	14
08/04/2019	2.9	23.5	8.97		1.14		3.54	17.54
09/04/2019	3.3	23.2	8.94		1.05		3.43	20.97
10/04/2019	2.4	25.5	9.81		1.77		4.33	25.3
11/04/2019	2.3	29.1	11.53		3.04		5.86	31.16
12/04/2019	2.8	27.5	10.9		2.47		5.22	36.38
13/04/2019	2.6	24.3	9.26		1.37		3.82	40.2
14/04/2019	0.4	24.3	8.66		1.32		3.64	43.84
15/04/2019	1.5	24.8	9.18		1.49		3.92	47.76
16/04/2019	0.4	26.1	9.56		1.9		4.39	52.15
17/04/2019	4.9	29.2	12.63		3.25		6.28	58.43

Cuadro 14.- Predicción del evento de humedecimiento del 02 de abril

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
02/04/2019	3.6	21.8	8.37	8.37	0.66	15.84	2.9	
03/04/2019	0.7	25.2	9.19	17.56	1.61	54.48	4.04	
04/04/2019	4.1	25.5	10.43	27.99	1.84	98.64	4.53	
05/04/2019	2.6	26.5	10.38	38.37	2.13	149.76	4.79	4.79
06/04/2019	8.4	24.9	12.22	50.59	1.83		4.88	9.67
07/04/2019	2.6	25.5	9.85		1.76		4.33	14
08/04/2019	2.9	23.5	8.97		1.14		3.54	17.54
09/04/2019	3.3	23.2	8.94		1.05		3.43	20.97
10/04/2019	2.4	25.5	9.81		1.77		4.33	25.3
11/04/2019	2.3	29.1	11.53		3.04		5.86	31.16
12/04/2019	2.8	27.5	10.9		2.47		5.22	36.38
13/04/2019	2.6	24.3	9.26		1.37		3.82	40.2
14/04/2019	0.4	24.3	8.66		1.32		3.64	43.84
15/04/2019	1.5	24.8	9.18		1.49		3.92	47.76
16/04/2019	0.4	26.1	9.56		1.9		4.39	52.15
17/04/2019	4.9	29.2	12.63		3.25		6.28	58.43

Si bien el porcentaje de daño en los muestreos realizados en Rancho Guadalupe (Cuadro 15) no es tan alto como se esperaba por todos los eventos que de humedecimiento es debido al control que se tiene para esta enfermedad; causando que el nivel de riesgo se minimizara.

Cuadro 15.- Porcentaje de daños en muestreos de Rancho Guadalupe

Muestreo	Porcentaje de daños en muestreo de 200 racimos por lote						
	A. Sur	Chihuahua	H. Medio	M. H. Nueva	M. Techo	C. Blanca	Refugio
02/04/2019	20%	9.5%	7%	4.5%			
08/04/2019	4%	0%	0%		0%		
11/04/2019	2%	0%		4%	0%		
18/04/2019						7%	10%

Ramírez–Legarreta *et al.*, (2004) mencionan que la intensidad y cantidad de inversión para el manejo del cultivo durante el ciclo, depende de todos los eventos colaterales que ocurren durante la etapa de floración del manzano y su efecto sobre la densidad de flores por lo tanto es de suma importancia ejercer un control adecuado.

La mayoría de los productores actúan de manera correctiva al ver la aparición de síntomas; sin embargo, pocos tienen la posibilidad de monitorear los datos climáticos tan exactos para la aplicación de modelo como el Rancho Guadalupe.

Aunque el modelo mostró oportunidades de manejo muy eficaces ,se encontró severas limitaciones como lotes con variedades tempranas y tardías y floraciones muy prolongadas; el segundo , un problema singular que los estados manzaneros

de México enfrentan pues la realidad en campo es que se tienen huertos con períodos de brotación–amarre de fruto cercanos a los 60 días, situación que hace más compleja la toma de decisiones, como manejo de plagas y enfermedades y manejo de daño por heladas(Ramírez–Legarreta *et al.*, 2008).

Cuadro 16.- Síntesis de los eventos con sus pronósticos

Evento	Días de duración de una flor	Días para una infección	Días para aparición de síntomas	Fecha de aparición de síntomas
13 /03/2019	4	2	18	31/03/2019
21/03/2019	6	6	13	07/04/2019
22 /03/2019	5	5	13	07/04/2019
23/03/2019	5	4	13	07/04/2019
24/03/2019	5	3	13	07/04/2019
25/03/2019	5	3	14	09/04/2019
26/03/2019	5	3	14	10/04/2019
27/03/2019	4	3	14	11/04/2019
01/04/2019	5	5	13	17/04/2019
02/04/2019	5	4	13	17/04/2019

3.2 Predicciones de lotes de la comunidad de Jame

En lotes de Buenavista y Tarihuanes de Jame se presentaron tres eventos de humedecimiento los días 19, 22 y 23 de marzo, simultáneamente con caída de granizo ocasionando traumas en flores, hojas, y madera joven (heridas) que acelero el proceso de infección por la entrada directa de la bacteria en las heridas.

El día 19 de marzo, en el lote Buenavista ,aunque existió un evento de humedecimiento, las temperaturas fueron muy bajas para detonar el proceso de infección en flores ;sin embargo debido a la caída de granizo se dio la infección a través de las heridas en flores , hojas y madera joven .De acuerdo al pronóstico la aparición de síntomas fue el día 03 de abril (Cuadro 17) y se verifico en un muestreo tres días después encontrándose racimos florales atizonadas (ver Figura 5) y hojas necrosadas (ver Figura 8).

Figura 6. Racimos de flores y hojas atizonadas



El día 22 y 23 de marzo ocurrieron eventos de lluvia con caída de granizo en el lote de Tarihuanes. De acuerdo al pronóstico la fecha de aparición de síntomas fue los días 04 y 05 de abril en el orden ya mencionado (Cuadro 18 y 19) y se verificó en un muestreo el día 06 de abril el cual mostro síntomas de flores atizonadas (ver Figura 6) y racimos con follaje fuertemente necrosadas (Ver Figura 7) independientemente de ser eventos separados.

Cuadro 17.- Predicción del evento de granizo del 19 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
19/03/2019	4	15	5.13	5.13	0		0.46	0.46
20/03/2019	5	19	7.6	12.73	0.07		1.89	2.35
21/03/2019	3	19	6.78	19.51	0.06		1.75	4.1
22/03/2019	5	20	8.1	27.61	0.25		2.29	6.39
23/03/2019	4	19	7.13	34.74	0.06		1.82	8.21
24/03/2019	4	24	9.62	44.36	1.33		3.86	12.07
25/03/2019	7	26	12.1		2.18		5.17	17.24
26/03/2019	6	26	11.6		2.12		5.01	22.25
27/03/2019	8	23	11.1		1.16		3.96	26.21
28/03/2019	5	25	10.6		1.71		4.42	30.63
29/03/2019	8	26	12.6		2.24		5.35	35.98
30/03/2019	7	28	13.1		2.95		6.1	42.08
31/03/2019	8	26	12.6		2.24		5.35	47.43
01/04/2019	6	21	9.1		0.5		2.8	50.23
02/04/2019	3	23	8.76		0.99		3.33	53.56
03/04/2019	4	24	9.62		1.33		3.86	57.42

Cuadro 18.-Predicción del evento de granizo del 22 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
22/03/2019	5	20	8.1	8.1	0.25		2.29	2.29
23/03/2019	4	19	7.13	15.23	0.06		1.82	4.11
24/03/2019	4	24	9.62	24.85	1.33		3.86	7.97
25/03/2019	7	26	12.1	36.95	2.18		5.17	13.14
26/03/2019	6	26	11.6	48.55	2.12		5.01	18.15
27/03/2019	8	23	11.1		1.16		3.96	22.11
28/03/2019	5	25	10.6		1.71		4.42	26.53
29/03/2019	8	26	12.6		2.24		5.35	31.88
30/03/2019	7	28	13.1		2.95		6.1	37.98
31/03/2019	8	26	12.6		2.24		5.35	43.33
01/04/2019	6	21	9.1		0.5		2.8	46.13
02/04/2019	3	23	8.76		0.99		3.33	49.46
03/04/2019	4	24	9.62		1.33		3.86	53.32
04/04/2019	6	23	10.1		1.08		3.67	56.99

Cuadro 19.- Predicción del evento de granizo del 23 de marzo

Fecha	Temperaturas		Degree-days		Degree-hours		Degree-days	
	Min	Max	Diario	Acumulados(4.4)	Diario	Acumulados(18.3)	Diario	Acumulados(12.7)
23/03/2019	4	19	7.13	7.13	0.06		1.82	1.82
24/03/2019	4	24	9.62	16.75	1.33		3.86	5.68
25/03/2019	7	26	12.1	28.85	2.18		5.17	10.85
26/03/2019	6	26	11.6	40.45	2.12		5.01	15.86
27/03/2019	8	23	11.1	51.55	1.16		3.96	19.82
28/03/2019	5	25	10.6		1.71		4.42	24.24
29/03/2019	8	26	12.6		2.24		5.35	29.59
30/03/2019	7	28	13.1		2.95		6.1	35.69
31/03/2019	8	26	12.6		2.24		5.35	41.04
01/04/2019	6	21	9.1		0.5		2.8	43.84
02/04/2019	3	23	8.76		0.99		3.33	47.17
03/04/2019	4	24	9.62		1.33		3.86	51.03
04/04/2019	6	23	10.1		1.08		3.67	54.7
05/04/2019	8	25	12.1		1.87		4.88	59.58

Debido a la caída de granizo que se presentó en los lotes de Jame, los síntomas en el muestreo fueron con un porcentaje de daño muy alto en los racimos (Cuadro 20). No obstante, los huertos registraron una floración profusa lo que provocó un rendimiento aceptable (De 12 a 15 Kg/Ha.).

Cuadro 20.- Porcentaje de daños en muestreos de Rancho Guadalupe

Muestreo	Porcentaje de daños en racimos en muestreo de 200 racimos por lote	
	Tarihuanes	Buenavista
06/04/2019	62%	68%

Cuadro 21.- Síntesis de los eventos con sus pronósticos

Evento	Días de duración de una flor	Días para una infección	Días para aparición de síntomas	Fecha de aparición de síntomas
19/03/2019	6		16	03/04/2019
22/03/2019	5		14	04/04/2019
23/03/2019	5		14	05/04/2019

IV. CONCLUSIONES

El modelo Maryblyt versión 7.1 describe los eventos de aparición de síntomas del Tizón de fuego en dos localidades de la sierra de Arteaga.

La validación del modelo es aplicable para eventos de prendimiento por lluvias, rocío y granizo, ocurridas durante la floración y con temperaturas superiores a 18.3°C, detectadas durante el 2019.

En el valle de Huachichil durante la floración aparecieron dos eventos de infección por lluvia y siete eventos de infección por rocío.

En el valle de Jame durante la floración se presentaron tres eventos de infección por caída de granizo que causó el Tizón por trauma.

La velocidad de una infección señala que a cualquier evento de lluvia en flor y a temperaturas superiores a 18.3°C se deberá aplicar la acción de control.

V. BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. Fifth Ed. Academic Press, Burlington. 538,561-564 p.

Agrointegra. Sin fecha. Guía de protección integrada: Manzano https://www.agrointegra.eu/images/pdfs/GuaProteccionIntegrada_MA_NZANO.pdf (3, agosto,2019)

Biggs, A.R. & Turechek W. W. 2014. Maryblyt™ 7.1 (for Windows) A Predictive Program for Forecasting Fire Blight Disease in Apples and Pears (Version 7.1). West Virginia, USA. 48 p.

CABI. 2018. *Erwinia amylovora* (fireblight) <https://www.cabi.org/isc/datasheet/21908#2C79E742-9A0B-4459-B5CF-2CA0CAD7EEFB> (3, agosto, 2019)

CABI/EPPO. 2013. *Erwinia amylovora*. (Distribución mapa) <https://www.cabi.org/isc/abstract/20133421489> (3, agosto,2019)

Cambra, M.A., A. Palacio, C. Lozano, J. Crespo. 2002. El fuego bacteriano de las Rosáceas. *Erwinia amylovora*. Informaciones Técnicas, 1/2002. Dirección General de Tecnología Agraria, Departamento de Agricultura, Gobierno de Aragón.

CIREN-INIA. 2015. Manzano. <https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/12/Manzana.pdf> (30, junio,2019)

Coahuila. Sin fecha. Datos Municipios. <https://coahuila.gob.mx/> (10, agosto 2019)

Dohinmoti.ru. 2019. Los efectos de las heladas en los manzanos. <https://dohinmoti.ru/preguntas-m%C3%A1s-frecuentes/4003-los-efectos-de-las-heladas-en-los-manzanos.html> (21, noviembre, 2019)

FAO. 2019. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (26, junio, 2019)

FAUTAPO. 2014. Información Técnica del Manzano. En Texto guía del Participante: Producción de Manzana. Fundación Educación para el Desarrollo. FAUTAPO Sucre, Bolivia.82p.

Montejo, J.C. 2008. Diagnóstico del sistema producto Manzana (*Pyrus malus* L.) en la sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 70 p.

Ramírez, Legarreta, M.R., Jacobo–Cuéllar, J.L., Ávila–Marioni, M.R. y Parra–Quezada, R.A. 2004. Eficiencia del uso de plaguicidas en huertos de manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. domestica (Borkh.) Mansf.] en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología 22:403–413.

Ramírez, Legarreta, M.R., Jacobo–Cuéllar, J.L., Gardea–Béjar, A.A. y Parra–Quezada, R.A. 2008. Modelo de desarrollo floral en manzanos [*Malus sylvestris* (L.) Mill. Var. domestica (Borkh.) Mansf.] Red Delicious y Golden Delicious como herramienta de toma de decisiones en el manejo integrado de enfermedades. Revista Mexicana de Fitopatología 26:153–163 p.

- Rossini, M., Marini D., Glayetto A., Arroyo L., Raygon J.M., Toncovih M., Prenol L., Bado S., Zotto A.** 2013. Deteccion precoz del Tizon de fuego. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria-Centro Regional Patagonia Norte- Estacional Experimental Agropecuaria Alto valle, 2da Edicion .
Argentina: Ediciones INTA.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_tizon-de-fuego.pdf
- SIAP, S. d.** 2018. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta SIACON NG [Aplicacion movil]. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- SIAP.** 2018. Sistema de Informacion Agroalimentaria de Consulta SIACON-NG[Aplicacion movil].
<https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Steiner, P.W.** 1990. Predicting canker, shoot and trauma blight phases of apple fire blight epidemics using the Maryblyt program. Acta Hortic. 273:149158.
- Steiner, P.W., & Lightner, G.** 1996. MARYBLYT™ 4.3. A predictive program for forecasting fire blight disease in apples and pears. Gempler's Inc. Belleville, WI, USA. 53 p.
- Suleman, P.,** 1992. Factors affecting the development of fire blight symptoms in vegetative apple tissues. Doctor. Diss., Univ. of Maryland, College Park, MD.
- Wainwright, P.A.** 1992. Guía para el Cultivo del Manzano en Costa Rica. Costa Rica: ICE publicaciones.

Westwood, M.N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Traducido del inglés por L. Rallo Romero, Perez Camacho, M.M. Caballero Reig, R. Fernandez Escobar y D. Barranco Navero. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.