

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLOGICAS



**FENOLOGIA FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN
“HONEYCRISP” CON DIFERENTES PORTAINJERTOS DE MANZANO [*Malus
sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)]**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA
EN CIENCIAS HORTOFRUTÍCOLAS**

PRESENTA: DIANA LAURA ARAUJO PALLARES

CUAUHTÉMOC, CHIH., MAYO DE 2021

**FENOLOGIA FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN
“HONEYCRISP” CON DIFERENTES PORTAINJERTOS DE MANZANO [*Malus
sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)]**

Línea de investigación

FISIOLOGÍA VEGETAL



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

Los que suscriben, certifican que han leído y recomiendan a la Facultad de Ciencias

Agrotecnológicas la aceptación de la tesis de Maestría titulada: **FENOLOGIA FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN "HONEYCRISP" CON DIFERENTES PORTAINJERTOS DE MANZANO** [*Malus sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)]

Realizada por: **Diana Laura Araujo Pallares**

Como cumplimiento parcial de los requerimientos para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS HORTOFRUTÍCOLAS** :

Ratifican que las firmas son verdaderas:

Dr. Damian Aaron Porras Flores
Director
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas

M.C Ramón Saúl Luján Aguirre
Secretario de Investigación y Posgrado
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas

Dr. Oscar Cruz Álvarez
Director de tesis

Dr. José de Jesús Ornelas Paz
Co-Director

Dr. Rafael Ángel Parra Quezada
Asesor

Dr. Juan Luis Jacobo Cuellar
Asesor

Dra. María Antonia Flores Córdova
Asesor

Fecha

29 / Junio / 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

The undersigned certify that they have read, and recommend to the Agrotechnological Sciences Department for acceptance, a Master's thesis entitled: **FLORAL PHENOLOGY, YIELD AND FRUIT QUALITY IN "HONEYCRISP" WITH DIFFERENT APPLE ROOTSTOCK [Malus sylvestris (L.) var. domestica (Borkh) Mansf)]**

Submitted by: **DIANA LAURA ARAUJO PALLARES**

In partial fulfillment of the requirements for the degree of **MASTER OF SCIENCE**

Ratify that signatures are real:

Dr. Damian Aaron Porras Flores
Department Chair Agrotechnological
Sciences Department

M.C Ramón Saúl Luján Aguirre
Chairman of Research and Graduate
Studies
Agrotechnological Sciences Department

Dr. Oscar Cruz Álvarez
Major-professor

Dr. José de Jesús Ornelas Paz
Co- Major-professor

Dr. Rafael Ángel Parra Quezada
Advisor

Dr. Juan Luis Jacobo Cuellar
Advisor

Dra. María Antonia Flores Córdova
Advisor

29/10/2021

Date



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

Los que suscriben, miembros del Cuerpo Académico **UACH-CA17 HORTIFRUTICULTURA**, han fungido como parte integral en la asesoría de **DIANA LAURA ARAUJO PALLARES** durante el desarrollo y conclusión del trabajo e investigación: **FENOLOGIA FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN "HONEYCRISP" CON DIFERENTES PORTAINJERTOS DE MANZANO** [*Malus sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)]

Dr. Oscar Cruz Álvarez

integrante

Dr. Rafael Ángel Parra Quezada

integrante

Dr. Juan Luis Jacobo Cuellar

integrante

29/5nov/2021

Fecha

Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, C. Presa de la Amistad 2015,
Cd. Cuauhtémoc, Chih.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROTECNOLÓGICAS

Los que suscriben, miembros del Cuerpo Académico **UACH-CA11 FRUTALES DE ZONA TEMPLADA**, han fungido como parte integral en la asesoría de **DIANA LAURA ARAUJO PALLARES** durante el desarrollo y conclusión del trabajo e investigación: **FENOLOGIA FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN "HONEYCRISP" CON DIFERENTES PORTAINJERTOS DE MANZANO** [*Malus sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)]

Dra. María Antonia Flores Córdova

Integrante

29/ Junio / 2021

Fecha

Universidad Autónoma de Chihuahua

Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, C. Presa de la Amistad 2015,
Cd. Cuauhtémoc, Chih.

AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. Oscar Cruz Álvarez por su tiempo y dedicación al apoyarme a realizar esta investigación siempre con mucha disposición, y por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo. Le agradezco ser tan paciente y flexible, mis agradecimientos. En verdad reconozco que le tiene mucha entrega a su profesión. Gracias, por tanto.
- Al Dr. Juan Luis Jacobo Cuellar y el Dr. Ángel Rafael Parra Quezada por ser asesores de tiempo completo en cualquier duda estadística o técnica. Les agradezco infinito. Sin duda son los mejores profesores que he tenido en mi carrera profesional.
- A Dr. José de Jesús Ornelas Paz que siempre tuvo una disposición increíble para que yo realizara mis experimentos en el CIAD, y su empatía hacia mí como estudiante que también es mamá le agradezco desde mi corazón.
- A la Dra. María Antonia Flores Córdoba por ser parte de mi comité y sus buenas clases en el posgrado.
- A la Ing. Viridiana Chávez Leal y al Ing. Roberto Armendáriz que en huerta, en análisis o cualquier situación estaban dispuestos a ayudarme, los llevo en mi corazón. Son grandes compañeros.
- Al M.C. Ramón Saúl Luján Aguirre, que siempre me brindó la mejor atención resolviendo cada problema que se me presentaba académicamente o conforme a CONACYT, la verdad reconozco su trabajo, su empatía y su entrega.

.

DEDICATORIA

-A Dios por ser infinitamente bueno y darme salud para ayudarme a cumplir mis metas.

-A mi compañera de aventuras en este proceso, Arely. Por todas las trabas, luchas y aventuras que tuvimos en ese camino, risas y lágrimas. Sin duda tu amistad fue de las mejores recompensas en este camino.

-A mí querida amiga Priscila que siempre está para mí en momentos difíciles y me da su apoyo incondicional. Gracias por escucharme.

-A mi Suegra Paula que me apoyó en trámites, en consejos, y me da su apoyo infinito siempre. Gracias por estar.

-A mis cuñada Denisse que la quiero y agradezco las porras siempre que me daba.

-A mis hermanos Cristina, Valentín y Yiss, que siempre tienen las palabras precisas para alentarme en momentos difíciles y me daban su apoyo infinito. Son mi fortaleza y por su amor de preocuparse por mí siempre.

-A mis Padres, Lupita y Lorenzo que desde mi educación inicial me alentaron a conseguir más, a darme sus consejos, su ejemplo, su apoyo y sobre todo su amor, que soy afortunada de tenerlos. Simplemente hay deudas que no se pueden pagar.

-A mis hijos maravillosos Sofía, Sebastián y Ana Paula por ser mi fuente de poder, mis baterías, pero sobre todo mis alegrías, a ustedes principalmente por ser mi mundo entero.

-A mi esposo Jorge, por hacer conmigo un gran equipo, siempre me alentaste a que yo podía realizar cualquier cosa, no olvidaré en épocas de conteo, de raleo o de cosecha que ahí estaban tú y mis hijos, ¡eres maravilloso! Gracias por confiar en mí. Te amo demasiado.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	I
Dedicatoria	II
Índice General.....	V
Índice de Cuadros.....	VI
Índice de Figuras.....	VII
Resumen.....	VIII
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura	
2.1 Origen del Manzano.....	2
2.2 Morfología y taxonomía.....	2
2.3 Taxonomía.....	4
2.4 Composición nutrimental.....	4
2.5 Producción mundial	5
2.6 Producción en México.....	5
2.7 Variedades.....	6
2.8 Descripción de variedades.....	7
2.9 Floración en manzano.....	8
2.10 Temperatura.....	11
2.11 Raleo y retorno de floración.....	12
2.12 Portainjertos.....	13
2.13 Portainjertos utilizados en este estudio.....	14
2.14 Calidad de fruto.....	16
2.15 Plagas y enfermedades.....	17
III. Materiales y Métodos	
3.1 Área Experimental.....	22
3.1 Supervivencia.....	22
3.2 Fenología de floración.....	22
3.3 Mancha de Fugo.....	23
3.4 Área de la sección transversal del tronco (ASTT).....	23

3.5 Número de chupones.....	24
3.6 Rendimiento acumulado por árbol.	24
3.7 Número de Frutos	24
3.8 Eficiencia de producción acumulada por árbol.....	25
3.9 Rendimiento acumulado por hectárea.....	25
3.10 Probabilidad de heladas	25
3.11 Unidades frío.....	25
3.12 Estimados de horas grado de desarrollo.....	25
3.13 Índices de madurez en fruto	25
3.14 Acidez titulable.....	26
3.15 Diámetro.....	26
3.16 Peso	27
3.17 Color.....	27
3.18 Firmeza.....	28
3.19 Sólidos Solubles totales.....	29
3.20 Análisis estadístico.....	30

IV. Resultados y Discusión

4.1. Supervivencia de árboles de Honeycrisp.	41
4.2 Fenología de floración.....	42
4.2 Porcentaje de yemas despiertas.....	43
4.4 Rendimiento.....	45
4.5 Calidad de fruto.....,	40
4.6 Conclusiones.....,	40

V. Conclusiones.....	45
-----------------------------	-----------

VI. Literatura citada.....	46
-----------------------------------	-----------

ÍNDICE DE CUADROS

NÚMERO DE CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
Cuadro 1.	Principales productores de manzana en el Mundo.	17
Cuadro 2.	Principales productores de manzana en México.	18
Cuadro 3.	Indicadores del modelo Weibull 2019.	40
Cuadro 4.	Indicadores del modelo Weibull 2020.	41
Cuadro 5.	Características agronómicas de Honeycrisp.	35
Cuadro 6.	Características agronómicas de Honeycrisp	36
Cuadro 7.	Color e índice de redondez de frutos de manzana “Honeycrisp” con diferentes portainjertos.	37
Cuadro 8.	Peso y calidad de frutos de manzana “Honeycrisp” con diferentes portainjertos.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FÍGURA	TÍTULO	PÁGINA
Figura 1.	Partes de flor de manzana	21
Figura 2.	Etapas florales de manzano	22
Figura 3.	Supervivencia (%) de Honeycrisp	28
Figura 4.	Curvas de floración 2019	29
Figura 5.	Curvas de floración 2019	31
Figura 6.	Curvas de floración 2019	32
Figura 7.	Probabilidad de heladas	33
Figura 8.	Características agronómicas 2019-2020	34

RESUMEN

Chihuahua aporta el 84% de la producción nacional de manzana en México. Las principales variedades son “Golden Delicious” y “Red Delicious”. “Honeycrisp” es una variedad popular por su atractivo sabor y textura crujiente. La elección de variedad/portainjerto debe basarse a un adecuado diagnóstico. Los portainjertos ofrecen la posibilidad de controlar el vigor, precocidad y calidad de fruto, así como la resistencia o tolerancia a patógenos y condiciones del suelo. La hipótesis de este trabajo es que al menos un portainjerto favorecerá la producción de fruta de calidad sin comprometer el rendimiento. El objetivo del trabajo fue evaluar la fenología floral, rendimiento y calidad de fruto de “Honeycrisp” producida sobre diferentes portainjertos de manzano (M.26EMLA, M.9T337, G.30, G.11, G.969, G.41, G.202 y V.6). Se realizó en Cuauhtémoc, Chihuahua, México y se evaluó floración y su relación con horas grado de desarrollo, horas frío, producción y calidad de los frutos. En 2019 los portainjertos M.26, V.6 y G.41 fueron los primeros en iniciar floración, los portainjertos G.11, M.9, G.30, G.202, y G.969 retrasaron significativamente el inicio de la floración. En 2020 los portainjertos que iniciaron primero la floración primero fueron el G.202 y G.41, mientras que los últimos fueron G.202, M9, G11 y G41, siendo G.202, M9 y G11 los más consistentes en el retraso de la floración. En 2019 se presentó la mayor acumulación de horas frío e inició con mayor anticipación la floración. La calidad de los frutos fue promovida por los portainjertos G.11 y G.41.

Palabras clave: (Portainjertos, honeycrisp, floración, frío, rendimiento, calidad)

ABSTRACT

Chihuahua contributes 52% of the national apple production in Mexico. The main varieties are "Golden Delicious" and "Red Delicious". Honeycrisp is a popular variety for its attractive taste and crunchy texture. The choice of variety / rootstock must be based on an adequate diagnosis. The rootstocks offer the possibility of controlling the vigor, earliness and quality of the fruit, as well as the resistance or tolerance to pathogens and soil conditions. The hypothesis of this work is that at least one rootstock will favor the production of quality fruit without compromising performance. The objective of the work was to evaluate the floral phenology, yield and fruit quality of "Honeycrisp" produced on different apple tree rootstocks (M.26EMLA, M.9T337, G.30, G.11, G.969, G.41, G.202 and V.6). It was carried out in Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico and flowering was evaluated and its relationship with hours, degree of development, cold hours, production and quality of the fruits. In 2019, rootstocks M26, V6 and G41 were the first to start flowering, rootstocks G11, M9, G30, G202, and G.969 significantly delayed the start of flowering. In 2020, the rootstocks that started flowering first were G202 and G41, while the last ones were G.202, M9, G11 and G41, with G.202, M9 and G11 being the most consistent in delaying flowering. In 2019, the greatest accumulation of cold hours occurred and flowering began earlier. The quality of the fruits was promoted by the rootstocks G.11 and G.41.

Keywords: (rootstock, honeycrisp, flowering, cold, yield, quality)

I. INTRODUCCIÓN

El manzano [*Malus sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)] es un frutal con un importante valor económico a nivel mundial. El fruto del manzano es ampliamente utilizado para consumo en fresco y procesado (Saenger, 2017). A nivel mundial la superficie plantada de manzano asciende a 7,154,277 ha, rubro en que destacan la República Popular China, Estados Unidos, Turquía, Polonia, India y la República Islámica de Irán (FAOSTAT, 2019). En México hay 60,328 ha plantadas, donde Chihuahua aporta el 52% de esta superficie (SIAP, 2019). Las variedades predominantes son “Golden Delicious”, “Red Delicious” y en menor proporción “Granny Smith”, “Fuji”, “Jazz”, y “Honeycrisp” (Romero-Domínguez *et al.*, 2017). Esta última es una variedad de manzana popular entre los consumidores debido a su atractivo sabor y textura característica (DeBrouwer *et al.*, 2020) con sabor excepcional, ya que permanece crujiente y jugosa durante varios meses en almacenamiento (Watkins *et al.*, 2005). Sin embargo, las manzanas “Honeycrisp” son sensibles al daño por frío (Watkins *et al.*, 2004). Las plantaciones de manzano a alta densidad dependen del portainjerto utilizado, siendo los enanos los más deseables (Li *et al.*, 2015). El portainjerto también afecta el desarrollo del árbol, fenología de floración, rendimiento y calidad del fruto en diferentes cultivares de manzano (Kucukyumuk *et al.*, 2011). Los portainjertos ofrecen la posibilidad de controlar el vigor de la planta, su precocidad de producción y la resistencia o tolerancia a algunos patógenos y condiciones del suelo. Su elección debe estar sujeta a un adecuado diagnóstico de las condiciones del suelo y el vigor de la variedad (Angelis *et al.*, 2018). Evaluar la fenología de floración es importante en manzano, ya que determina aspectos que serán definitivos en el manejo del cultivo en el resto del ciclo (Guerrero *et al.*, 2006). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la fenología floral, rendimiento y calidad de fruto de “Honeycrisp” producida sobre diferentes portainjertos de manzano, en las condiciones edafoclimáticas de Cuauhtémoc, Chihuahua, México, durante dos años consecutivos. La hipótesis de trabajo es que al menos un portainjerto favorecerá la producción de fruta de calidad sin comprometer el rendimiento medio regional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen del manzano

La horticultura es tan antigua que se ha llegado a considerar una de las bases del sedentarismo humano (Childe, 1986). La manzana [*Malus sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)] es una fruta que goza de una larga historia y se le ha relacionado con la buena salud (Speil, 2009). Su cultivo es tan antiguo como la humanidad, siendo el manzano el árbol frutal más importante a nivel mundial (Hidalgo *et al.* 2016). La historia del manzano es complicada, debido a la amplia distribución geográfica de las variedades silvestres, esto ha dificultado diferenciar manzanas cultivadas y silvestres, ocasionando no poder tener una reconstrucción verdadera de la historia sobre el origen de los manzanos (Cornille *et al.*, 2019). El origen del manzano es incierto y poco preciso, algunos autores suponen que se originaron en el Cáucaso y el Turkestán, por la gran variación de las variedades silvestres, así como formas y sabores de las manzanas que se originan en estos sitios. *M. sieversii* es una especie aún presente en las montañas de Asia central, en el sur de Kazajistán, Kirguistán, Tayikistán y Xinjiang (provincia de China) (Iglesias *et al.*, 2014). El cultivo de la manzana se extendió a través de los años hacia Grecia y después al Imperio Romano y el resto de Europa. Los manzanos se plantaron pronto en casi toda Europa y un gran número de diferentes cultivares se identificaron a finales del siglo XVIII (Luby 2003; Hancock, 2008).

2.2 Morfología y taxonomía

El árbol de manzana pertenece a la familia de las *Rosáceas*, constituida por 90 géneros que engloba a 2500 especies, las cuales son principalmente nativas de las regiones templadas de Asia Central (Brown, 2012). [*Malus sylvestris* (L.) var. *domestica* (Borkh) Mansf)]. El manzano es un híbrido interespecífico de origen haploide que en los últimos años ha tenido una gran mejoría genética, y sobre todo en el proceso de selección a enfermedades y plagas comunes (García *et al.*, 2018). El árbol se caracteriza por ser caducifolio (Baugher, 2003), son árboles de una altura entre 1,5 y 7 m (dependiendo del portainjerto) y un ancho en la base de 1,0 a 4,5 m

(Jackson y Palmer, 1999). En condiciones naturales es de una forma redonda de la copa hasta una base y presenta hojas ovaladas, elípticas, lanceoladas, oblongas, lobuladas o aserradas (Baugher, 2003). Las yemas son ovoides con pequeñas escamas que sobresalen; las reproductivas son mixtas terminales insertadas sobre dardos y lamburdas en la mayoría de las variedades (Gil, 1999). Las yemas mixtas contienen entre cinco y ocho flores y un número similar de hojas, la flor central, en la mayoría de los casos es más grande y precoz que las laterales. Una flor contiene cinco sépalos, cinco pétalos, cinco pistilos y unos 20 estambres (Jackson et al Palmer, 1999). Las flores son blancas a rosas y se organizan en cinco (Westwood, 1993). Las semillas nacen en cinco carpelos formados de tejidos del mesocarpio y receptáculo (Jackson *et al.*, 1999). El fruto es oblongo, cónico u oblicuo, con diámetro entre 2 a 13 cm y presenta varias tonalidades verdes, amarillas y rojas (Baugher, 2003).

2.3 Taxonomía

Reino: Vegetal

División: Traqueofitas

Subdivisión: Pteropsidas

Clase: Angiospermas

Subclase: Dicotiledóneas

Orden: Rosales

Familia: Rosacea

Género: Malus

Especie: M. domestica Borkh (Cronquist, 1988).

La nomenclatura científica para las manzanas ha cambiado desde que Linnaeus la denominó *Pyrus malus*. Otras denominaciones en el pasado han sido *M. communis*, *M. sylvestris*, *M. pumila*, siendo *M. domestica Borkh* la denominación actual (Harris *et al.*, 2002).

2.4 Composición nutrimental

Su composición nutrimental la hace una de las frutas más completas para la alimentación humana. Es rica en sales minerales como potasio, fósforo, calcio y hierro. Contiene vitaminas A, B, C, E, niacina y una alta concentración de azúcares, principalmente glucosa y fructosa. El contenido en fibra, principalmente pectina, favorece las funciones gastrointestinales, a la vez que ayuda a equilibrar el nivel de azúcar en la sangre y el colesterol. Investigaciones recientes han indicado que la manzana contiene niveles elevados de compuestos biológicamente activos que actúan como antioxidantes de acuerdo con Palomo *et al.* (2010) la manzana es el segundo fruto con mayor concentración de compuestos antioxidantes y pueden

proporcionar protección contra las enfermedades cardiovasculares y el cáncer. Entre estos compuestos, se encuentran los compuestos fenólicos (Speil, 2009). Es así que el ácido clorogénico es el principal ácido fenólico presente en la manzana y tiene una gran capacidad para eliminar radicales libres que dañan nuestro organismo (Panzella *et al.*, 2013). Las prácticas agrícolas intervienen directamente en las propiedades de fruta (Sun *et al.*, 2002).

2.5 Producción mundial

La superficie plantada de manzano asciende a 7,154,277 ha, donde destaca la República Popular China, Estados Unidos, Turquía, Polonia, India y la República Islámica de Irán (FAOSTAT, 2019). A nivel mundial el principal productor de manzana es China, con un aporte del 50% de la producción (Atlas Agroalimentario, 2020).

Cuadro 1. Principales países productores de manzana a nivel mundial.

País	Producción (T)	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Área cosechada (ha)
China	39,235,019	20,785	2,071,674
Estados Unidos	4,652,500	42,047	1,188,060
Polonia	3,999,523	18,509	161,790
Turquía	3,625,960	20,745	174,690
Irán	2,519,249	22,242	140,287
India	2,327,000	7,520	301,000
México	659,692	14,37	125,923

Fuente: Elaborada con datos disponibles de 2019 de la FAO.

2.6 Producción en México

En México, la producción de manzana es de 659,692 mil toneladas en una superficie cosechada de 125,923 ha. A nivel nacional el estado de Chihuahua es el principal productor, con una producción del 84%, seguido por Puebla y Durango. México importa 284 mil toneladas (39.8%) debido a la insuficiencia para cubrir la demanda nacional (SIAP, 2019).

Las variedades más comunes son “Golden Delicious” y “Red Delicious” con 58% y 25%, respectivamente (SIAP, 2019).

Cuadro 2. Principales estados productores de manzana en México.

Entidad Federativa	Superficie plantada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Valor de la producción (miles de pesos)
Chihuahua	30,846	28,512	7,356,907
Coahuila	5,802	5,475	481,054
Puebla	7,620	6,309	169,331
Durango	6,467	6,381	85,700
Veracruz	834	818	99,345
Zacatecas	680	549	37,503
Chiapas	1,023	1,004	24,654
Nuevo León	1,289	1,261	33,002

Fuente: Elaborada con datos del Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP, 2019).

2.7 Variedades

La manzana es un fruto muy popular, cuyo color, tamaño y sabor varían en función de la variedad (Corona *et al.*, 2020). Las principales variedades plantadas en el estado de Chihuahua son “Red Delicious”, “Royal Gala”, “Golden Delicious”, “Fuji” y “Granny Smith”. Desde hace tiempo, hay especial interés por la variedad “Honeycrisp” porque en el mercado estadounidense tiene muy buenos precios, pero esta variedad es muy susceptible a la mancha de fuego y poco resistente al manejo pos cosecha (Toranzo, 2016).

2.8 Descripción de variedades

2.8.1 Golden Delicious.

Originaria de Estados Unidos (Siglo XIX) y es la principal variedad cultivada a nivel mundial. La piel es de verde amarillento a amarillo dorado con chapeo en rojo. La pulpa amarilla, consistente, crocante, perfumada y de sabor equilibrado. Se presenta en la mayoría de las huertas. Tiene gran demanda en el mercado por ser de tamaño grande, de piel fina, lisa y de color amarillo (López, 2017).

2.8.2 Red delicious

En el estado existe una superficie plantada de “Red Delicious” del 54% (SIAP, 2009). *Alternaría alternata f. sp. mali*, se considera el principal problema fitosanitario de esta variedad en la región noroeste de Chihuahua (Ramírez *et al.*, 2000). Esta variedad requiere 1234 UF (unidades frío) para su desarrollo (Richardson *et al.*, 1974).

2.8.3 Fuji

Esta variedad posee fecundación autógama y requiere 550 horas frío (Adams, 2006). Proviene de Japón, producto del cruzamiento entre ‘Rolls Janet’ x ‘Red Delicious’. Estas variedades y sus mutantes son muy empleados en plantaciones en Estado Unidos y numerosos países del hemisferio Sur. Su fruto es de buen calibre y destaca por su alto contenido de azúcares, su consistencia, su poca acidez y su excelente conservación. Su epidermis es de color rosa pálido sobre fondo verde. Los mutantes de ‘Fuji’ son ‘Fuji Redsport’, ‘Fuji Chofú’ y ‘Fuji Akifú’ (Iglesias, 1995).

2.8.4 Honeycrisp

“Honeycrisp” es una variedad originada en 1962 como parte del programa de mejoramiento de variedades de manzana resistentes al invierno con alta calidad de la Universidad de Minnesota (James, 1992). El árbol de “Honeycrisp” es moderadamente vigoroso, y ha demostrado una buena precocidad en portainjertos

enanos. Esta variedad fue generada como parte de la necesidad de crear nuevas variedades con características diferentes en el mercado global, es decir, con apariencia, sabor y aroma muy distintivos y atractivos para el consumidor (Iglesias *et al.* 2009). “Honeycrisp” es una variedad emergente de manzana y con mayor importancia en América del Norte debido a su sobresaliente sabor y características de textura (Gallardo *et al.* 2015)). En los últimos años ha ganado una gran popularidad entre los productores y consumidores de manzanas debido a su textura crujiente, sensación de jugosidad y sabor ligeramente ácido (Yanzi, 2010). Los frutos son de forma achatada redondeada y el color de la epidermis es del 60 al 90% rojo moteado distintivo sobre un fondo amarillo. La coloración del fruto se desarrolla si la exposición a la radiación solar es adecuada. El excelente sabor y textura se pueden mantener durante al menos seis meses en almacenamiento en frío (James, 1992). La superficie del fruto posee hoyuelos poco profundos y numerosas lenticelas pequeñas (puntos) color verde rojizo en el extremo del pedúnculo. Su pulpa se caracteriza por ser de color crema y gruesa. Evaluaciones sensoriales de la Universidad de Minnesota la han clasificado como una de las manzanas de mayor calidad en el mercado. El fruto de “Honeycrisp” ha mostrado un excelente comportamiento durante su almacenamiento en frío. El fruto de manzano “Honeycrisp” son susceptibles a bitter pit, escaldadura blanda, descomposición empapada, descomposición a baja temperatura y descomposición rápida por senescencia (DeEll *et al.*, 2010).

2.9 Floración del manzano

Las flores del manzano se caracterizan por ser epiginas, es decir, los sépalos, pétalos y estambres crecen por encima del ovario, el cual está fusionado con el receptáculo. El ovario está constituido por la fusión de cinco carpelos en cada uno de los cuales se desarrollan normalmente dos óvulos. El conjunto formado por la fusión del ovario y el receptáculo constituye el fruto y los 10 óvulos (dos por cada carpelo) son las semillas. Una vez desarrollada la flor tiene lugar la polinización y después la fecundación (Álvarez, 2001). El evento de floración es muy importante ya que determina aspectos que serán definitivos en el manejo del cultivo en el resto

del ciclo (Guerrero *et al.*, 2006). Los eventos o etapas de la floración afectan el rendimiento y calidad del fruto cosechado, por lo que se encuentra muy vinculado con la intensidad y cantidad de inversión para el manejo del cultivo durante el ciclo (Ramírez *et al.*, 2004).

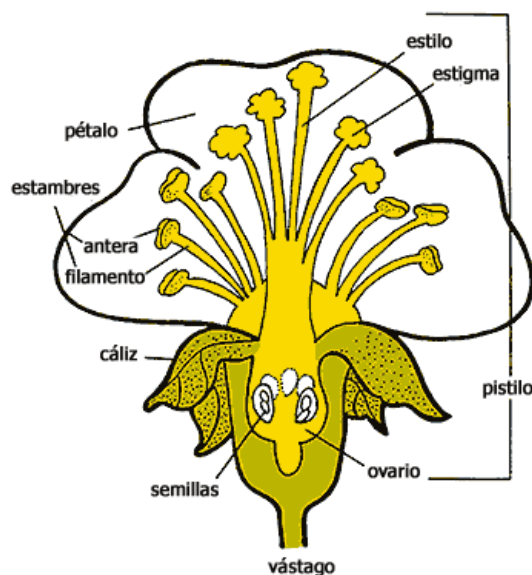


Figura 1. Morfología floral del manzano (Class Act, 2020)

Entre los factores determinantes en la floración (desarrollo óptimo de flor y fruto), se encuentra la temperatura, luz, humedad y condiciones apropiadas del suelo integradas a los factores genéticos y fisiológicos, cuyo impacto medible se verá en el rendimiento (Heins *et al.*, 2000). El proceso de brotación y amarre de fruto es el que determina si la cosecha es potencial y si tendrá productividad en el resto del ciclo (Ramírez *et al.*, 2008). Al final del invierno y previo a la brotación de yemas, éstas deben acumular calor para iniciar y completar su desarrollo (Luedeling, 2012). El efecto del portainjerto influye en la floración de la variedad, además que el requerimiento de calor es fundamental para completar todas las fases de F fenología floral. (Tabuenca *et al.*, 1971). Los daños de las heladas de primavera, el proceso de polinización y eficiencia del cuajado influyen directamente en la fenología de floración. (Zavalloni *et al.*, 2006). La fenología de la floración es sensible al cambio climático y es una de las principales alteraciones al funcionamiento de los

ecosistemas (Pardos, 2010). Tiene un impacto directo en la disponibilidad de frío y calor durante las etapas fenológicas como la latencia y el período de crecimiento del brote (Atkinson *et al.*, 2013). En consecuencia, las fechas de floración son una respuesta a la variación de temperatura durante el período de invierno y primavera (Yaacobi *et al.*, 2019). Después de que el árbol cumple sus requerimientos de frío y calor, las yemas inician su expansión. Las fenofases que integran la floración son punta plateada, punta verde, media pulgada verde, racimo estrecho, punta rosa, floración, caída de pétalo y amarre de fruto (Ballard *et al.*, 1971). El letargo del árbol se encuentra vinculado con el portainjerto, variedad, y características edafoclimáticas del sitio de producción. Es así que en primavera el almidón almacenado en tallos y raíces es solubilizado en azúcares disponibles, y permite a las yemas contribuir en el desarrollo de flores y hojas (Ohlendorf, 1991).

Figura Fenología floral del manzano. (UNIFRUT,2018).



2.10 Temperatura

La tasa de maduración de la manzana se vincula con el genotipo y los factores climáticos (acumulación de frío invernal y de unidades calor durante el desarrollo del fruto) (Ramírez *et al.*, 2002). La temperatura se considera como el principal factor de la fenología de la floración (Chmielewski *et al.*, 2004). El receso invernal o latencia, en manzano es un mecanismo adaptativo para sobrevivir en condiciones desfavorables durante el invierno. Cada variedad necesita diferentes temperaturas para salir del receso, el que se puede expresar en horas frío (HF) o unidades de frío (UF), en función del modelo empleado para su cálculo (Villafaña, 2013). Es por ello que se debe conocer con certeza las horas que necesita nuestra variedad, los incrementos de temperatura en invierno podrían reducir la acumulación efectiva de frío y, por lo tanto, retrasar la floración de primavera. Temperaturas más cálidas a

principios de la primavera podrían avanzar en el cumplimiento de los requisitos de calor, lo que llevaría a un inicio temprano de la floración (Cook *et al.*, 2012). La luz es un factor fundamental en el estudio del desarrollo de los árboles, por su rol en la fotosíntesis, su influencia en el desarrollo de la morfología de las hojas, su efecto sobre la diferenciación floral y cuaje de frutos, así como su importancia en el desarrollo y calidad de los frutos (Rom, 1991). Weinberger (1956) fue el primer investigador que propuso el uso de acumulación de horas frío para el árbol, ya que observó que se requieren temperaturas cercanas a los 7 °C para que el árbol descanse, sin embargo, este efecto puede ser modificado por temperaturas que superen este valor. Una alta intensidad de radiación puede ocasionar una brotación vegetativa temprana y causar disturbios en el comportamiento reproductivo del árbol. El manzano es un árbol caducifolio y requiere frío invernal que le permita acumular suficientes unidades frío (UF), para lograr una brotación de yemas florales que se traduzca en buenos rendimientos y cosecha uniforme (Ramírez *et. al.*, 1993). Los requerimientos de frío invernal para superar la endodormancia se encuentran determinadas genéticamente y son específicas para cada especie y variedad (Botelho *et al.*, 2007). No obstante, el calentamiento global ha modificado las condiciones de crecimiento. Si la última aparición de heladas primaverales avanza a un ritmo más rápido que el tiempo de floración. Es probable que disminuya el riesgo de heladas (Scheifinger *et al.*, 2003). Un daño por helada es un sobre enfriamiento y congelación que ocasiona deshidratación de células y órganos críticos (Pearce, 2001).

2.11 Raleo y retorno de floración

El incremento de la carga de frutos tiene un efecto directo en el crecimiento de los árboles, tamaño, color y periodo de almacenamiento del fruto, así como el retorno de floración (Robinson y Watkins, 2003). Para asegurar el adecuado crecimiento de los árboles frutales, se recomienda limitar a no más de 4 frutos por cm² del área de la sección transversal del tronco, durante el crecimiento y desarrollo del fruto, con lo cual evitará la sobrecarga de los árboles y reducirá la alternancia del próximo

ciclo (Robinson, 2008). Para alcanzar mejores resultados, el realeo de los frutos debe realizarse en fechas próximas al final del evento de floración, es decir, desde la etapa de amarre de fruto y 10 días posteriores. Etapa que se caracteriza por la intensa división celular en el fruto, la competencia entre frutos y el crecimiento de brotes (Lakso y Goffinet, 2013). En este sentido, la práctica de raleo temprano conduce a una menor competencia por nutrientes y mayor disponibilidad de luz, en la que se puede obtener mejor calidad de fruto (Marchioreto, 2019).

2.12 Portainjertos

El rendimiento y la calidad del fruto son parámetros que encuentran vinculados con factores edafoclimáticos, genéticos y de manejo agronómico. Sin embargo, es primordial la elección adecuada de un portainjerto. Estas elecciones pueden mejorar o romper el potencial de rendimiento de un huerto. En la actualidad la fruticultura se basa en plantaciones de alta densidad mediante el uso portainjertos clonales y enanizantes. La elección del portainjerto sobre el que se va a realizar la plantación es también de suma importancia, pues determinará muchas de las características futuras de la plantación, entre ellas la incidencia de plagas y enfermedades (Prado et al., 2011). Con el uso de estos portainjertos se pretende incrementar la eficiencia de producción (volumen y calidad del fruto) así como también ofrecer resistencia a plagas y enfermedades (Robinson et al., 2003; Li et al., 2015). Los portainjertos ofrecen la posibilidad de modificar las características de la planta y existen dos tipos de portainjertos de acuerdo con su origen: los multiplicados por semilla (francos) y los multiplicados en forma vegetativa (clonales) (Angelis et al., 2018). Los francos provienen de semilla y por lo tanto son genéticamente diferentes, lo que conduce a variabilidad en crecimiento y comportamiento de la planta injertada, además son árboles vigorosos, tienen buen anclaje y se adaptan a diferentes tipos de suelo. Por su vigor, se usa en plantaciones en bajas densidades. Son susceptibles a pudrición de cuello (*Phytophthora cactorum*), agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*), pulgón lanígero (*Erisoma lanigerum*) y tizón de fuego (*Erwinia amylovora*) (Parra et al., 2005). Varios trabajos de investigación reportan que el uso de portainjertos afecta el desarrollo del árbol, fenología de floración, rendimiento,

adaptación, precocidad, y productividad, así como la maduración del fruto, calidad, y comportamiento poscosecha de la apariencia, textura y sabor (Hohn,1990; Kucukyumuk y Erdal, 2011). Así mismo, algunos parámetros fisicoquímicos de calidad de fruto como son el diámetro ecuatorial, diámetro polar, firmeza, ácidos solubles, y la relación longitud/diámetro del fruto, se encuentran vinculados con el portainjerto (Parra *et al.*, 1998). La elección del portainjerto sobre el que se va a realizar la plantación es también de suma importancia, pues determinará muchas de las características futuras de la plantación, entre ellas la incidencia de plagas y enfermedades (Prado *et al.*, 2011).

2.13 Portainjertos utilizados en este estudio

2.13.1 M.9T337

El portainjerto M.9T337 es popular en los sistemas de alta densidad, ya que posee un vigor enanizante altamente productivo. Su sistema radicular es débil por lo que es necesario emplear un sistema de tutorado (Mandl, 1990). Se adapta mejor a suelos fértiles, de textura media y bien drenados, requiere un manejo eficiente del sistema de riego (Angelis *et al.*, 2018). Este portainjerto es susceptible a mancha de fuego (*Erwinia amylovora*) (Russo *et al.*, 2007), pudrición del cuello (*Phytophthora* spp.) y es sensible a la enfermedad de replante y a pulgón lanígero del manzano (*Eriosoma lanigerum*) y carece de resistencia al invierno (Neroli *et al.*, 2003). Además, tiene una eficiencia de rendimiento muy alta y reduce la alternancia con Honeycrisp (Fazio *et al.*, 2013)

2.13.2 M.26 EMLA

Se considera como el primer clon libre de virus, el cual fue liberado en 1950. Proviene de una cruce entre 'M.9' x 'M.16' (Mandl, 1990). No tolera exceso de humedad en el suelo. Su uso requiere de un sistema de tutoreo. Es medianamente vigoroso. Este portainjerto es susceptible a mancha de fuego (*Erwinia amylovora*) (Russo *et al.*, 2007) y altamente susceptible a pudrición del cuello (*Phytophthora* spp.) (Mandl, 1990).

2.13.3 G.30

Proveniente del programa de mejoramiento de portainjertos de manzano Geneva®. Norelli et al. (2003) demostraron que es altamente resistente a mancha de fuego y muestra en 70% menor mortalidad de árboles con respecto a 'M.26' y 'M.9'.

2.13.4 G.11

Proveniente del programa de mejoramiento de portainjertos de manzano Geneva®. Es muy precoz y presenta alta eficiencia de producción (Robinson et al., 2011). Está demostrando ser un buen reemplazo de "M.9" (Fazio et al., 2013). Presenta tolerancia a mancha de fuego (Fazio et al., 2009)

2.13.5 G.41

El portainjerto G.41 proviene del programa de mejoramiento de portainjertos de manzano Geneva®. Es tolerante a pulgón lanígero (Fazio et al., 2013). Presenta tolerancia a mancha de fuego (*Erwinia amylovora*) y a la enfermedad de replantación de manzanas. Además de buena resistencia al invierno (Fazio et al., 2009b) Es de los patrones más eficientes al reducir la alternancia con "Honeycrisp" (Robinson et al., 2011).

2.13.6 G.969

Proviene del programa de mejoramiento de portainjertos de manzano Geneva®. Es eficiente en rendimiento y es de vigor enanizante. Puede ser una excelente opción para variedades con crecimiento débil como Honeycrisp. Es tolerante a pulgón lanígero (Fazio et al., 2013). Presenta tolerancia a mancha de fuego (*Erwinia amylovora*) (Fazio et al., 2009b)

2.13.7 G.202

Proveniente del programa de mejoramiento de portainjertos de manzano Geneva®. Es un árbol con un vigor más grande que M.26. Posee una alta eficiencia de rendimiento y es muy precoz (Fazio et al., 2013). Es tolerante a mancha de fuego (*Erwinia amylovora*) (Fazio et al., 2009) y a pulgón lanígero Fazio (Fazio et al., 2013).

2.13.8 V.6

Es un portainjerto de polinización abierta producto entre el cruce de “Dolgo crabapple” x “Haralson Apple”. La serie Vineland (V) proviene de Vienland, Ontario, Canada. (Elfving *et al.*, 1993). Posee vigor enanizante, resistente al invierno, facilidad de propagación, susceptibilidad a mancha de fuego (*Erwinia amylovora*) y a pulgón lanígero de la manzana (Ordoñez-Beltrán *et al.*, 2016)).

2.14 Calidad de fruto

La calidad de los productos frescos comprende muchos atributos, como apariencia (tamaño, forma, color, brillo, presencia de defectos y descomposición), textura (firmeza, nitidez, jugosidad, harinosidad y dureza), sabor (dulzura, acidez, astringencia, aroma y sabores desagradables), valor nutritivo (vitaminas, minerales, fibra dietética, fitonutrientes) y ausencia de compuestos y microorganismos dañinos para el hombre (Kader, 2001). De manera reciente se ha incrementado la necesidad de cuantificar los parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en manzana, debido a que este fruto tiene relevancia comercial y económica; además, los consumidores exigen cada vez mejores estándares de calidad (Corona *et al.*, 2020). La manzana es un fruto muy popular entre los consumidores debido a su valor nutricional y el impacto social que tiene la imagen icónica de la manzana con respecto al cuidado de la salud (Boyer *et al.*, 2004). El fruto contiene muchos compuestos nutricionales (azúcares, alcoholes, ácidos orgánicos, aminoácidos) benéficos para la salud humana. La ingesta del fruto constituye un aporte importante de antioxidantes, entre estos, el ácido caféico y clorogénico, además de procianidinas, catequinas ((+)-catequina y (-)-epicatequina) y flavonoles derivados de quercetina (Wolfe *et al.*, 2003; Panzella *et al.*, 2013). Además, posee ácidos hidroxibenzoicos (ácido gálico, ácido syringico, ácido gentísico), ácido hidroxicinámico y sus derivados (ácido *p*-cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido clorogénico), flavonoides (quercetina, epicatequina, catequina, procianidinas) y antocianinas (cianidinas y sus glucósidos) (Tsao *et al.*, 2005).

El equilibrio entre azúcares y ácidos orgánicos son responsables del olor de la manzana (Hecke *et al.*, 2006). Las antocianinas son responsables de la coloración roja de la piel de la manzana, por lo tanto, durante el proceso de maduración las variedades de manzana con frutos rojos sintetizan flavan-3,4-dioles y glucósidos cianurantes (Corona-Leo, L.S., Hernadez-Martinez, D.M y Meza-Márquez, O.G. (2020). Varios parámetros de calidad, como el contenido de sólidos solubles totales (SS) y la firmeza, son atributos muy importantes para aceptación de la manzana (McCluskey *et al.*, 2013). La cáscara de la manzana contiene la mayor concentración de floridzina, procianidinas B2 y C1, catequina y epicatequinas presentes (Carbone *et al.*, 2011). Estudios recientes han reportado que los frutos son ricos en flavonoides y otros antioxidantes naturales, que pueden eliminar eficazmente los radicales libres y reduce el impacto del cáncer (Yuan, 2019). Hay varios estudios de intervención en humanos que indican la reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular en mujeres durante un ensayo clínico (Chai *et al.*, 2012). En otro estudio clínico se observó la reducción del riesgo de cáncer en un nivel significativo en el que fue observado con el consumo de una manzana al día, y el consumo de más de una manzana al día redujo el riesgo en aproximadamente 50% (Palomo *et al.*, 2010).

Corona-Leo, L.S., Hernadez-Martinez, D.M y Meza-Márquez, O.G. (2020) Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*) cosechadas en México. Biotecnia vol.22 no.1. 9p.

2. 15 Plagas y enfermedades

La incidencia de plagas y enfermedades puede reducir el rendimiento de los cultivos (Dordas, 2008) y en el gasto en fungicidas ocupa el segundo lugar respecto al total control sanitario y en el riesgo de la enfermedad es mayor donde los portainjertos susceptibles se usan (Latorre, 2000).

2.15.1 Mancha de fuego (*Erwinia amylovora*).

Esta bacteria se encuentra presente en 46 países distribuidos en todos los continentes, con excepción de China, Brasil y Chile (Rodríguez *et al.*, 2004). La mancha de fuego es causada por *Erwinia amylovora*, patógeno que reduce significativamente la producción de la manzana en México y el mundo (Pérez *et al.*, 2017), debido a que inverna en los bordes de los chancros formados durante la estación de crecimiento anterior, sobre los hospederos que crecen cerca de los huertos y sobre las yemas y tejidos leñosos. Al final de la primavera, estos chancros remanentes vuelven a mostrar actividad, se reproducen y se propagan hasta la corteza sana adyacente (Agríos *et al.*, 2004). Los síntomas causados por *Erwinia amylovora* consisten en marchitamiento de flores, hojas, brotes y frutos, acompañado de un cambio de color evidente en todas las partes infectadas, causando necrosis total (Thomson, 2000). Para la infección de la flor, *E. amylovora* necesita incrementar el tamaño de su población a través de una fase epifítica que puede ocurrir en el estigma. La bacteria primero coloniza el estigma, se multiplica en su superficie, seguido de la migración a lo largo del estilo hacia la copa de flores (facilitada por la lluvia o el rocío intenso), además de la transmisión por insectos. Las bacterias pueden entrar a través de heridas o grietas en la corteza causadas por heladas. Las ramas infectadas deben cortarse por lo menos a 30 cm de distancia de donde el tejido presenta síntomas visibles. Esto es debido a que las bacterias ya se han movido a tejido nuevo y este todavía no presenta síntomas (Nischwitz., 2011). Posterior a la poda de ramas infectadas, es de primordial importancia desinfectar las herramientas usadas con una solución de cloro al 10%.

12.5.2 Podredumbre del cuello (*Phytophthora cactorum*)

Las especies de *Phytophthora* causan la pudrición de raíces en muchos cultivos ornamentales leñosos con pérdidas económicas significativas en viveros (Benson *et al.*, 2001). La pudrición de la raíz provocada por *Phytophthora* se asocia con el amarillamiento de las hojas, marchitez y potencialmente la muerte de la planta (Benson *et al.*, 2001). Esta enfermedad suele estar asociada con suelos compactos o pesados, generalmente arcillosos o arcillo-limosos o con un nivel freático próximo a la superficie del suelo. En estos terrenos el drenaje suele ser insuficiente y se

pueden producir encharcamiento que causa un prolongado contacto del agua con las raíces y el cuello de las plantas, lo cual favorece el crecimiento y la multiplicación de este hongo (Almacellas, 2008). Las zoosporas se transportan fácilmente en todo el volumen de suelo, lo que resulta en la intensificación de la severidad y propagación de la enfermedad (Erwin *et al.*, 1996). En el cultivo de la manzana, la susceptibilidad a la infección por *Phytophthora cactorum* está influenciada por el tipo de portainjerto usado (Carreño *et al.*, 2006). El drenaje y riego adecuado pueden ser factores importantes para reducir las condiciones favorables para el crecimiento del inóculo de *Phytophthora* en el suelo (Erwin *et al.*, 1980).

2.15.3 Palomilla de la manzana (*Cydia pomonella*)

A nivel mundial la palomilla de la manzana (*Cydia pomonella*) es la plaga más importante en manzano y peral. El desarrollo de la polilla de la manzana se produce entre los umbrales inferior y superior de temperatura de 10° C y 31 °C (Alston, 2020). Las larvas de este insecto realizan galerías al interior de los frutos, lo que genera un daño estético y de calidad. Esto provoca pérdidas económicas tanto en la etapa de producción, empaque y comercialización. La resistencia a insecticidas en *C. pomonella* es principalmente de tipo metabólico, pues se basa en la acción de enzimas decodificadoras que degradan los insecticidas antes que éstos ejerzan su efecto tóxico sobre la plaga (Bouvier *et al.*, 2002). La confusión sexual se basa en la saturación del huerto con feromona que imita a la liberada por la hembra para atraer al macho de esta especie con el fin de prevenir su encuentro (Ripa y Luppochini, 2015).

2.15.4 Pulgón lanígero (*Eriosoma lanigerum*)

Se reportan más de 450 especies de pulgones de interés que se alimentan de plantas, pero solo alrededor de 100 son consideradas como plagas de importancia económica, ya que este áfido al alimentarse ocasiona hipertrofia y ruptura de tejido en raíces y parte aérea de los árboles de manzano (Brown *et al.*, 1991).

Este áfido puede invernar en la raíz y en la parte aérea de la planta. La población que inverna en la parte aérea es más susceptible a temperaturas congelantes

(Hetherington, 2009). Poblaciones altas y recurrentes del fitófago pueden reducir el vigor, productividad del árbol y la calidad del fruto al ocupar espacios en el interior del canal estilar y los lóculos de la semilla (Brown *et al.*, 1995). El incremento de pulgón lanígero en huertos de manzana parece estar asociado con una mayor oscilación en las temperaturas extremas y reducción en la precipitación pluvial (Ramírez *et al.*, 2011). La selección de portainjertos resistentes puede contribuir a la erradicación de esta plaga al prevenir la etapa de hibernación que ocurre en el suelo y evitar la aplicación de pesticidas y daños al medio ambiente y a la salud humana (Fazio *et al.*, 2013)

2.15.5 Replante

La enfermedad de replante de manzano es uno de los factores restrictivos para el desarrollo de la industria de la manzana (Laurent, 2017). Los agricultores se ven enfrentados cada día más a tener que replantar huertos. Ante esta realidad existen posibles métodos de control de la enfermedad de replante. Según Winkelmann *et al.* (2019) reportan que esta enfermedad provoca severas supresiones de crecimiento y una disminución de rendimiento y calidad del fruto en todas las áreas de producción de manzana.

Los agentes causales de este fenómeno son complejos, y su presencia implica crecimiento vegetativo reducido, árboles atrofiados con la consecuente reducción del rendimiento (Mazzola y Manici, 2012). Esta enfermedad puede persistir más de 30 años y exhibe una alta presión económica en sistemas de producción de frutales (Klaus, 1939). La enfermedad de replante se atribuye a factores bióticos como hongos (*Phytophthora cactorum*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia*), bacterias (*Agrobacterium tumefaciens*), actinomicetos y nematodos; y a factores abióticos como alteraciones nutricionales, pH del suelo, fitotoxinas, compactación del suelo, desbalance hídrico, contaminación por metales pesados y arsénico (Granatstein *et al.*, 2001)

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área experimental

El presente trabajo se realizó durante 2019 y 2020 en una huerta establecida en el año 2014, localizada en el “Campo 2B” de la ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México (28° 28’ 32” N, 106° 58’ 58” O) con una altura de 2,138 msnm. La temperatura y precipitación media anual es de 14.4 °C y 415 mm, respectivamente. El material vegetal consistió de la variedad “Honeycrisp” injertada en ocho portainjertos de manzano (G.30, G.96, G.202, G.41, G.11, M.9, M.26 y V.6). Los portainjertos fueron importados de Estados Unidos como parte del proyecto NC-140 asociado con la evaluación agronómica de portainjertos de árboles frutales. El marco de plantación fue de 4 x 1.20 m (2083 árboles ha⁻¹), con soporte, riego por goteo y sistema de conducción para evitar daño en el árbol.

3.2 Diseño experimental

Se dispuso de 8 portainjertos con 5 repeticiones en un diseño experimental completamente al azar. La unidad experimental fue cada árbol variedad/portainjerto. Se identificó el número de árbol y el espacio en el sitio de plantación y la asignación fue aleatoria.

3.3 Supervivencia

Se contó el número de árboles vivos por variedad/portainjerto.

3.4 Fenología de floración

Se capturó información de temperaturas máximas y mínimas durante los años 2019 y 2020 y con estos datos se calcularon los grados día (GD) con temperaturas críticas de 4.5-35°C. En cada año de evaluación se cuantificó y registró el estadio de yemas florales. Esta actividad fue realizada a partir del 1 de marzo hasta completar el evento de floración, con intervalos de 3 días. Los GD se relacionaron con la cinética de floración por variedad-portainjerto con el modelo Weibull modificado (Pennypacker *et al.*, 1980). $Y = 1 - e^{[-(t/b)^c]}$; donde y = ese la proporción de floración por unidad de tiempo t = tiempo en grados día, $1/b$ = es un estimador de la tasa de

incremento del evento de floración por unidad de tiempo en GD, c = es un parámetro de la forma de la curva y es adimensional.

3.5 Mancha de fuego

Se contó el número de brotes infectados por mancha de fuego (*Erwinia amylovora*).

3.6 Área de la sección transversal del tronco (ASTT)

Se midió el perímetro del tronco del árbol 30 cm arriba de la unión del injerto y se estimó el área de la sección transversal, utilizando la fórmula $ASTT = C^2 / 4 \pi$, donde C = es la circunferencia del tronco expresada en cm y π corresponde al valor de $\pi = 3.1416$.

3.7 Número de chupones

Se cuantificó el número de chupones por unidad experimental.

3.8 Rendimiento por árbol.

Este parámetro se obtuvo al pesar los frutos cosechados por árbol (kg).

3.9 Número de frutos

Se cuantificó y registró el número de frutos.

3.10 Eficiencia de producción acumulada por árbol.

Esta variable se obtuvo como el cociente del rendimiento acumulado (kg) y área de sección transversal del tronco. Los resultados se expresaron en kg cm² de ASTT.

3.11 Rendimiento por hectárea

Producto del rendimiento por árbol (kg) por la densidad estimada de cada portainjerto.

3.12 Unidades frío

Para el cálculo y determinación de este indicador climático, se inició con el registro de temperaturas máximas y mínimas (2019 y 2020) mediante el uso de un sensor datalogger RHT10® (FLIR Systems, USA). El cálculo de unidades frío (UF) se realizó mediante el procedimiento propuesto por Richardson *et al.* (1974).

3.13.1 Calidad de fruto

3.13.2 Acidez titulable

Se determinó por árbol de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (AOAC, 1990). Se tomaron 5 ml de jugo y se neutralizó con una solución de NaOH a una concentración 0.1 N, en la que se empleó fenolftaleína al 2% como indicador. El cálculo de los valores se realizó con la siguiente expresión:

$$\% \text{ de áidez} = \frac{\text{mlNaOH} * \text{N} * \text{Meq. Ac.} * \text{V} * 100}{\text{Peso muestra} * \text{alícuota}}; \text{ donde, N= Normalidad de NaOH, V =}$$

Volumen total (ml de extracto después de homogeneizar la muestra), Meq. Ac. = Meq. del ácido, que es el que se encuentra en mayor proporción en la manzana. Los resultados se expresaron en % de ácido málico.

3.13.3 Diámetro ecuatorial y polar

Estos parámetros fueron determinados sobre el plano polar y ecuatorial del fruto mediante un vernier digital KNOVAMR de acero con longitud de 6" (Truper®, México). Los resultados se expresaron en mm.

3.13.4 Índice de redondez.

Se hizo un seguimiento de los diámetros longitudinal y ecuatorial y con esa información se hizo un análisis de regresión y con los datos de diámetro polar y

ecuatorial, el índice de redondez (IR) se calculó con la siguiente expresión: $IR = \frac{dp}{de}$, donde dp y de son el diámetro polar y ecuatorial, respectivamente. Un valor mayor a 1 indica un fruto alargado.

3.13.5 Peso del fruto

Se obtuvo mediante una balanza electrónica digital Scout® Pro SP602 (OHAUS, USA), con capacidad de 0.6 kg y aproximación de 0.01 g. Los resultados se expresaron en gramos (g).

3.13. Color

Este parámetro se determinó sobre la epidermis en la parte ecuatorial (ambas caras) del fruto mediante espectrofotómetro portátil Konica minolta CR-410C obteniendo las coordenadas de color CIE 1976 (L^*a^*b) (Voss, 1992). Posteriormente se obtuvieron los valores de cromaticidad $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, ángulo de tonalidad o “hue” ($h^* = \arctan(b^*/a^*)$).

3.13.6 Firmeza

Se determinó en la zona ecuatorial del fruto, en la que se empleó un texturómetro manual (McCormick®, USA) con una punta cilíndrica de 7 mm. Los resultados se expresaron en kg cm^2 , que es la fuerza aplicada hasta la penetración del puntal.

3.13.7 Sólidos Soélubles Totales (SST)

Se cuantificaron con un refractómetro digital portátil PAL-1 (ATAGO®, USA), el cual utiliza un rango de 0-32 °Brix. Los resultados son expresados en °Brix.

3.13.8 Relación SST/ATE

Este parámetro se calculó como la relación entre SST/AT. Se expresó de forma adimensional.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Supervivencia de árboles

En el año 2019, los 38 árboles del experimento mostraron una excelente respuesta, al tener 100% de supervivencia. En el año 2020, un árbol tipo V.6, murió a causa de mancha de fuego (*Eriwina Amylovora*). Al respecto, es conocido que esta bacteria incrementa su presencia en la época de floración (Johnson *et al.*, 1998). Además, se tiene que tomar en cuenta la susceptibilidad de las variedades con el portainjerto para tener buena resistencia (Johnson *et al.*, 2016). Por otro lado, Cabrera (2020) menciona que el portainjerto M.26 posee un mecanismo de acción diferente para proteger a la planta de *E. amylovora*. Así mismo Fazio (2015) señala que la serie Geneva tiene alta tolerancia a esta bacteria.

4.2 Unidades frío.

El manzano al ser un frutal de hoja caduca necesita para florecer haber acumulado durante la época invernal cierta cantidad de frío. Las necesidades de frío invernal dependen principalmente del tipo de cultivar (Botelho *et al.*, 2007) y para medir el frío es necesario contar la cantidad de horas en las que el árbol estuvo expuesto por debajo de una temperatura determinada (Uribe *et al.*, 2001) (Arora *et al.*, 2003). El modelo utilizado consiste en tomar los valores horarios de las temperaturas y transformarlos en unidades frío según el método de Richardson *et al.* (1974), el cual fue desarrollado en la Universidad de Utah en EEUU por el equipo de trabajo de Richardson. En la figura 3 podemos observar el comportamiento de las unidades frío para los años 2019 y 2020 en la variedad “Honeycrisp”. No existen diferencias significativas entre los dos años.

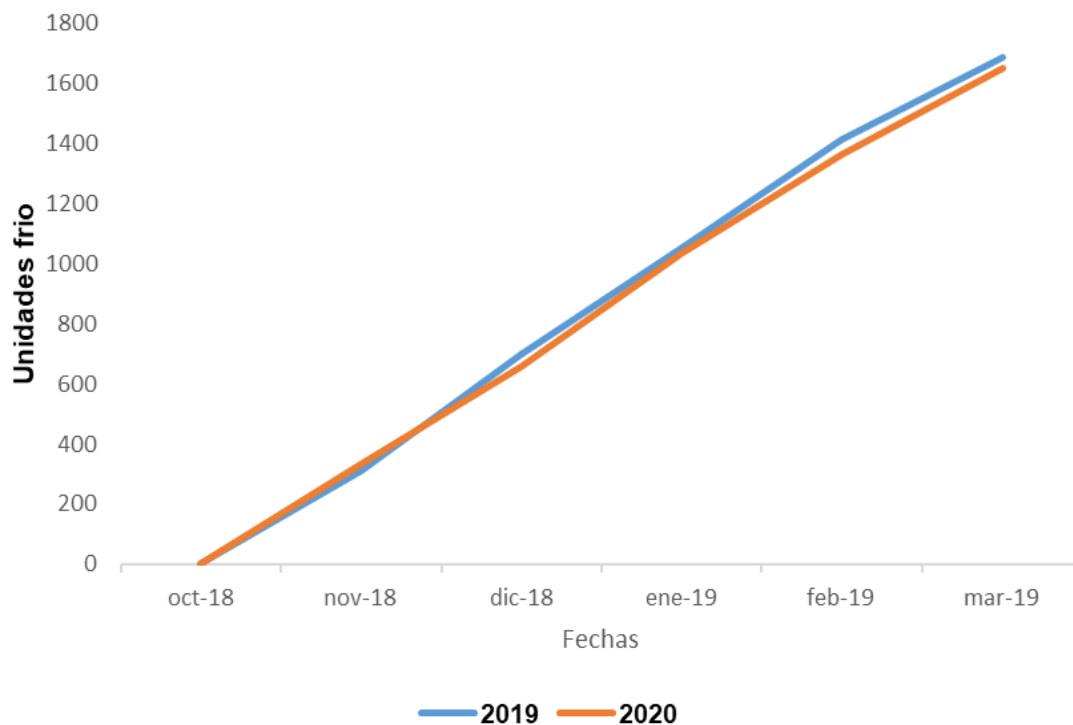


Figura 3. Unidades frío acumuladas durante los inviernos 2018-2019 y 2019-2020 en Cuauhtémoc Chihuahua.

Cuando los árboles de manzano cumplen el periodo de dormancia, estos empiezan a acumular horas frío, lo cual permite una buena floración y el inicio de un nuevo ciclo vegetativo (Martínez, 2012) con el desarrollo adecuado del cultivo (Zegbe *et al.*, 2016). En la figura 4. Podemos observar la comparación de la floración sobre horas grado de desarrollo, el cual nos indica floraciones distintas, una compacta y una muy alargada. Atkinson *et al.* (2013) menciona que la baja acumulación de frío invernal propicia un alargamiento del periodo de brotación, como ocurrió durante 2020 en comparación con 2019. Existen factores externos para reducir el frío y afectar la floración de árboles frutales como el calentamiento global, diversos investigadores han pronosticado la disminución en la acumulación de horas frío en diversas regiones del mundo (Medina *et al.*, 2019). Además, se le atribuyen factores

como una deficiente nutrición, un mal manejo, un raleo inadecuado y una alternancia de frutos, estos dos últimos estrechamente relacionados, Robinson en (2008) dice que para asegurar el adecuado crecimiento de los árboles frutales, se recomienda limitar a no más de 4 frutos cm² del área de la sección transversal del tronco, lo cual evitará la sobrecarga de los árboles y reducirá la alternancia del próximo ciclo ya que en 2019, aun con este aclareo en 2019 que fue un año muy productivo hubo una alternancia en los árboles en el año del 2020, propiciado una floración baja y deficiente.

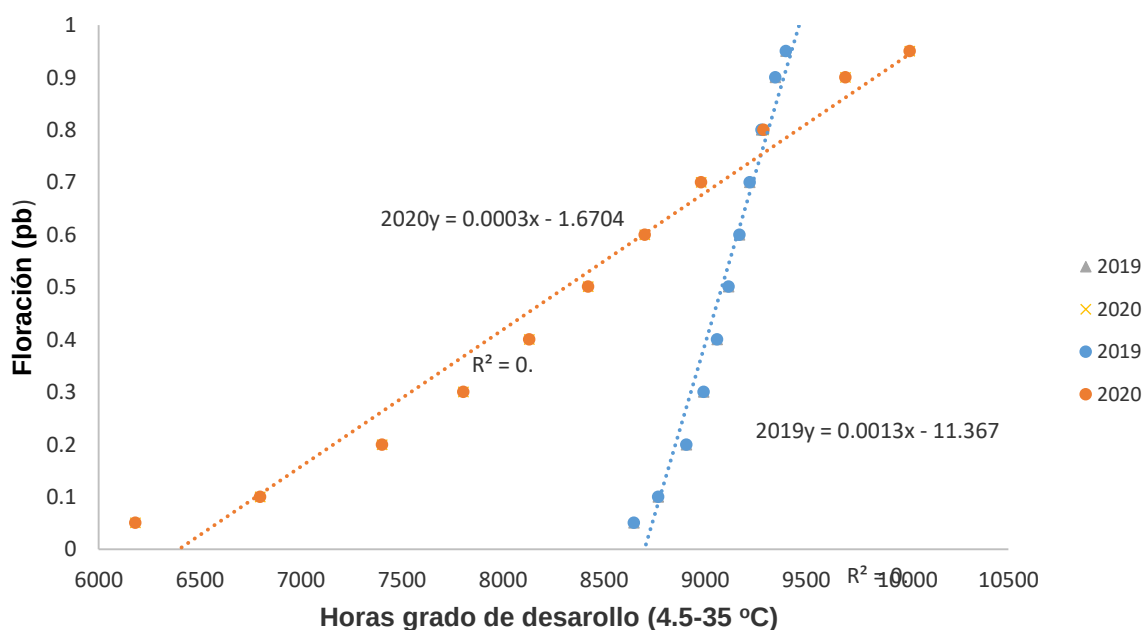


Figura 3. Curvas de floración 2019 en función al modelo Weibull, en horas grado desarrollo en “Honeycrisp” injertado en diferentes portainjertos, respecto a su etapa de floración,

La dormancia es un proceso fisiológico que se desarrolla como un mecanismo de supervivencia ecológica para superar el frío invernal (Faust *et al.*, 1997). Los resultados indican que los portainjertos G.41 y G.969 favorecieron un mayor porcentaje de yemas despiertas. Mientras que los portainjertos con menor porcentaje de yemas despiertas fueron M.26, V.6 y G.202. En este sentido, los frutales caducifolios requieren temperaturas frías en invierno para romper la

endodormancia además de temperaturas cálidas de primavera para iniciar la ruptura de yemas florales. Luedeling *et al.* (2013), señalan que el riesgo de heladas depende de ambos cambios en la fenología de la floración. Si bien se sabe que los impactos del cambio climático en los árboles frutales han promovido la disminución de la acumulación de frío (Templ *et al.*, 2017), también parece posible compensar la falta de frío con una mayor acumulación de calor (Harrington *et al.*, 2010). La acumulación de frío es de suma importancia ecológica y productiva. Es observable que el tiempo transcurrido en los portainjertos no tiene grandes diferencias, ya que éstas pueden ser originadas por la temperatura ambiente del ciclo en cuestión, por características genotípicas o acumulación efectiva de frío durante el invierno. Por lo tanto, deben hacerse esfuerzos para utilizar portainjertos que cumplan los requisitos de frío. El método más comúnmente utilizado para compensar la falta de frío invernal es la aplicación de productos químicos, agrupados bajo el término “compensadores de frío”, aunque lo apropiado es el de “promotores de brotación”, los cuales han generado recomendaciones muy diferentes sobre la época y dosis de aplicación. (Erez, 1987b). Por ejemplo, Gil *et al.* (1997) recomienda su aplicación al inicio de la fase de yema hinchada. La cianamida hidrogenada (H_2CN_2) es el compuesto químico más potente para promover la brotación y su uso se ha extendido en manzano, con un marcado efecto sobre las yemas vegetativas (Erez, 1987b). También el momento de la poda influye sobre la brotación. Con podas tempranas es difícil obtener una buena brotación lateral, debido a la dominancia de las yemas cercanas al corte de poda (Erez, 1995).

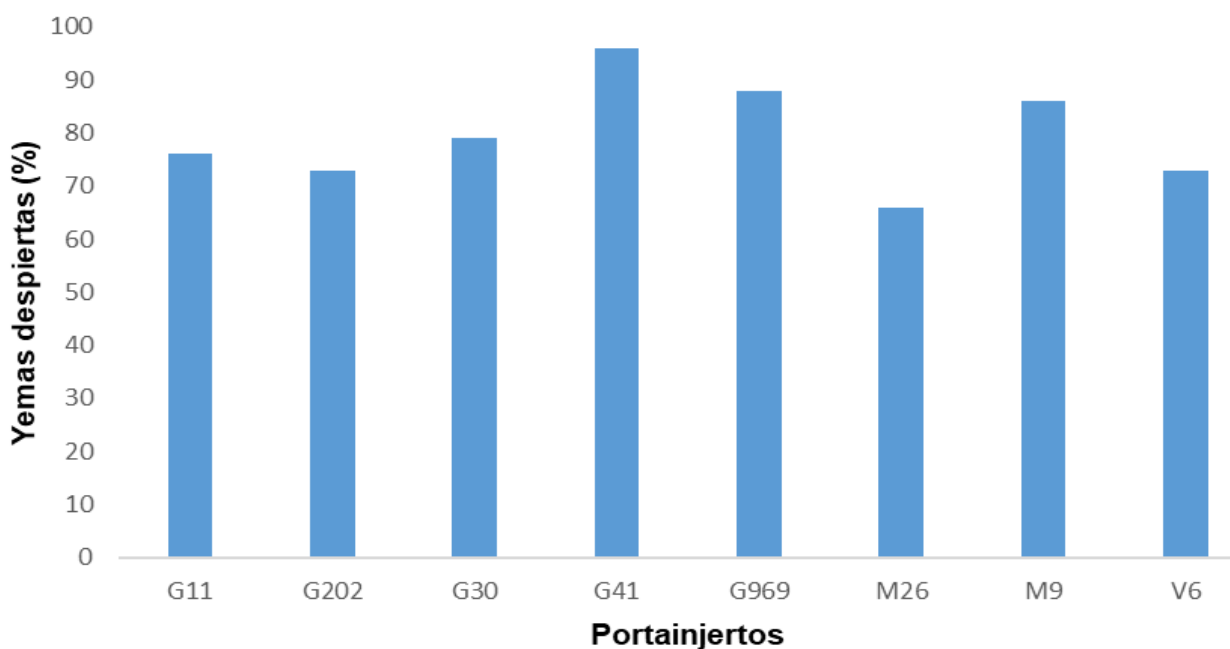


Figura 6. Promedio de (%) de yemas florales despiertas en “Honeycrisp” con diferentes portainjertos durante 2019 y 2020.

4.3 Fenología de floración

El inicio de floración es causado directamente por el efecto del portainjerto sobre la variedad (Tabuenca et al., 1971). La relación de la acumulación de horas grado de crecimiento (Anderson et al., 1986) con la fenología floral y el uso del modelo Weibull se observa en los cuadros 4 y 5, donde es posible apreciar cómo se determinó el porcentaje de floración que se obtiene sustituyendo en la ecuación el valor de t en horas grado de desarrollo con inicio de cálculo el día 1 de marzo a que ocurre el evento de floración como en otros estudios (Chaar, 2013). Los eventos de floración para el año 2019 en cada una de las combinaciones variedad-portainjerto se observan en la figura 4. Los portainjertos M.26, V.6 y G.41 fueron los primeros en iniciar floración. Los portainjertos G.11, M.9, G.30, G.202, y G.969 retrasaron significativamente el inicio de la floración, estando sujetos a una menor probabilidad de riesgo de heladas, lo cual podría ser un indicador a considerar para el manejo y evasión de heladas tardías muy comunes en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. La forma más efectiva para combatir el daño por frío, además de elegir solamente

aquellas áreas menos propensas a la ocurrencia de heladas, es seleccionar los cultivares más resistentes (Hernández, 1994; Kondratenko *et al.*, 2003; Barranco *et al.*, 2005). Las fechas de inicio de brotación de “Honeycrisp” en el año 2019 estuvieron entre el 28 de marzo y el 14 de abril del 2019, las cuales tienden a ser similares a las observadas en otros estudios, donde el proceso de brotación inició entre el 20 y 28 de marzo (Ramírez–Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 1999). El intervalo de confianza de las pendientes define que las curvas dentro de cultivares no tuvieron diferencias significativas. En la Figura 5 se observan los cambios de fase de las fechas en el comienzo de la floración entre portainjertos para el año 2020. Los portainjertos que iniciaron primero la floración primero fueron el G.202 y G.41, mientras que los últimos fueron el G.202, M.9, G.11 y G.41, siendo estos últimos ideales para evitar las heladas tardías. Específicamente M.26 fue de los portainjertos con floración temprana, pero el último en terminar floración, teniendo una floración prolongada. En el Cuadro 5 se observan los indicadores del modelo Weibull y su bondad de ajuste para floración.

Cuadro 4. Indicadores del modelo Weibull y su bondad de ajuste para floración (%) de manzana cv Honeycrisp sobre diferentes portainjertos durante el año 2019 en Cuauhtémoc, Chihuahua.

Porta- injerto	Modelo Weibull	Indicadores del ajuste del modelo			
	$Y = 1 - e^{- (t/b)^c}$	Pendiente (1/b)	Pr > F	R ² (%)	Coef de variación
G30	$Y = 1 - e^{- (t / 9182) 59.4531}$	10.9E-05 a	<0.001	99.9	17.6
M9T337	$Y = 1 - e^{- (t / 9185) 52.9670}$	10.9E-05 a	<0.001	99.9	38.2
G41	$Y = 1 - e^{- (t / 9185) 43.3030}$	10.9E-05 a	<0.001	99.9	17.4
G11	$Y = 1 - e^{- (t / 9205) 45.8129}$	10.9E-05 a	<0.001	99.9	27.0
G969	$Y = 1 - e^{- (t / 9149) 73.5800}$	10.9E-05 a	<0.001	99.9	21.4
M26EMLA	$Y = 1 - e^{- (t / 9238) 32.7069}$	10.8E-05 a	<0.002	99.9	54.0
V6	$Y = 1 - e^{- (t / 9193) 37.0568}$	10.9E-05 a	<0.001	99.9	35.1
G202	$Y = 1 - e^{- (t / 9150.6) 71.9894}$	10.9E-05 a	<0.001	99.9	25.0

El porcentaje de floración se obtiene sustituyendo en la ecuación el valor de t en horas grado de desarrollo con inicio de cálculo el día 1 de marzo a que ocurre el evento de floración. Valores en la columna pendiente con misma letra significa igualdad estadística entre ellos.

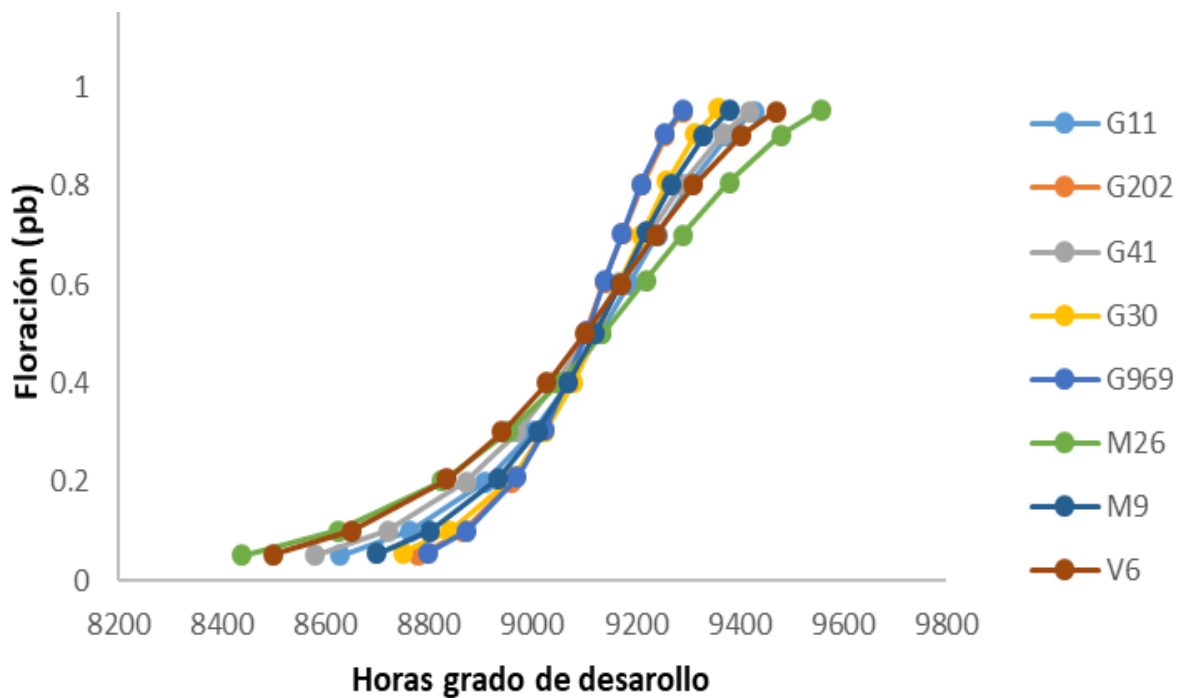


Fig. 4. Curvas de floración 2019 en función al modelo Weibull, en horas grado desarrollo en “Honeycrisp” injertado en diferentes portainjertos.

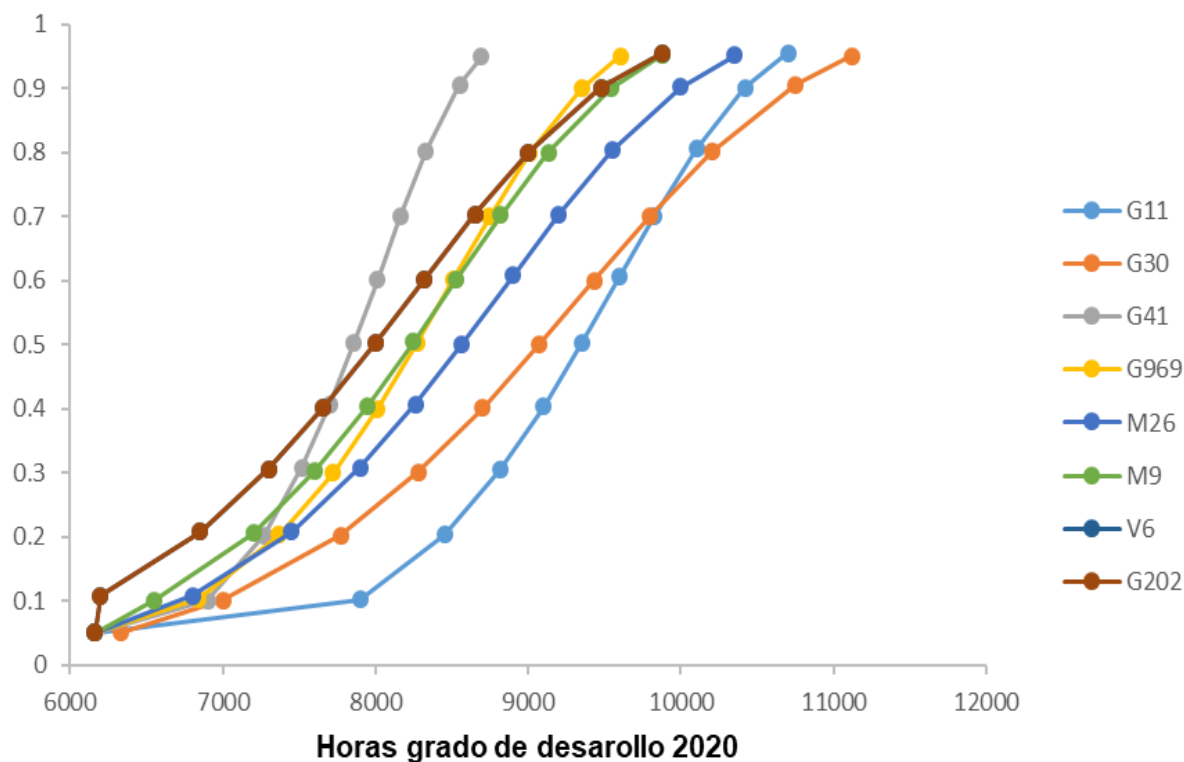
Cuadro 5. Indicadores del modelo Weibull y su bondad de ajuste para floración (%) de manzana “Honeycrisp” con diferentes portainjertos durante el año 2020 en Cuauhtémoc, Chihuahua.

Porta- injerto	Modelo Weibull	Indicadores del ajuste del modelo			
	$Y = 1 - e^{- (t/b)^c}$	Pendiente (1/b)	Pr > F	R ² (%)	CV(%)
G30	$Y = 1 - e^{- (t / 8327.8) 9.8487}$	12.0E-05 a	<0.001	99.3	6.8
M9T337	$Y = 1 - e^{- (t / 8613) 8.1759}$	11.6E-05 a	<0.002	97.5	11.1
G41	$Y = 1 - e^{- (t / 8055) 14.4883}$	12.4E-05 a	<0.005	94.7	19.4
G11	$Y = 1 - e^{- (t / 9658.7) 11.0783}$	10.4E-05 a	<0.01	97.9	16.7
G969	$Y = 1 - e^{- (t / 8580) 9.7469}$	11.7E-05 a	<0.001	98.8	10.0
M26EMLA	$Y = 1 - e^{- (t / 8974) 7.816}$	11.1E-05 a	<0.002	97.5	14.3
V6	$Y = 1 - e^{- (t / 8415) 7.0827}$	11.9E-05 a	<0.02	86.8	25.3
G202	$Y = 1 - e^{- (t / 9544) 7.2245}$	10.5E-05 a	<0.001	98.4	11.0

*El porcentaje de floración se obtiene sustituyendo en la ecuación el valor de t en Horas grado de desarrollo con inicio de cálculo el día 1 de marzo a que ocurre el evento de floración. Valores en

la columna pendiente con misma letra significa igualdad estadística entre ellos. cv: coeficiente de variación.

Fig. 5. Curvas de floración 2020 en función al modelo Weibull, en horas grado desarrollo en “Honeycrisp” injertado en diferentes portainjertos.



4.5 Rendimiento

Las características agronómicas nos permiten comparar la eficiencia de cada portainjerto sobre la variedad. En el cuadro 7 se pueden observar las características de rendimiento para los años 2019 y 2020. Los portainjertos con el mayor número de racimos florales y frutos fueron el G.41 y G.30. El portainjerto que presentó mayor eficiencia de producción fue el G.41. DeLong *et al.* (2004) observó que G.41 es muy apropiado para Honeycrisp en comparación con G.30, el cual tuvo 5.3 cm menos de ASST que G.41 con 17.5 cm. Estos resultados pueden estar asociados con la relación inversa entre la densidad de plantación y la eficiencia de producción, donde el vigor del árbol es la característica más afectada (Robinson *et al.*, 2003). En otros

estudios se ha reportado una mayor eficiencia de producción en árboles G.969 y G.41 (Russo *et al.*, 2007). La eficiencia de producción en base a la relación entre el ASST es similar a la de los portainjertos enanos con mayor eficiencia en este estudio. Los portainjertos M.9 y M.26 G.30 presentaron una eficiencia de rendimiento intermedia además de ser los más vigorosos (Domínguez *et al.*, 2017), y los portainjertos con baja eficacia de producción fueron los G.202 y V.6. Estudios previos indican que si el ASST es más pequeño y se combina con una plantación de alta densidad se obtiene un alto potencial de productividad (Prinzio *et al.*, 2004). De igual forma, también se indica el efecto de la carga de fruto en el crecimiento de los árboles, tamaño, color del fruto, almacenamiento, así como trastornos y rebrote (Robinson y Watkins, 2003). El número más alto de chupones fue el M.9. De manera similar Reig *et al.* (2019) reportó en su trabajo a M.9 en "Honeycrisp" como portainjerto altamente productor de chupones.

Cuadro 6. Características agronómicas de rendimiento en manzana "HoneyCrisp" con diferentes portainjertos durante 2019 y 2020.

Portainjerto	YD	RF	NF	ASST	NCH
G41	65 a	53 a	61 a	12.2cd	3
G30	64 a	42 a	70 a	17.15a	6
M9	63 a	23 a	41 a	12.5bcd	9
M26	45 a	25 a	35 a	10.95c	2
G969	45 a	39 a	57 a	13.75abc	3
V6	40 a	23 a	27 a	15.35ab	-
G11	38 a	30 a	46 a	13abc	3
G202	27 a	28 a	18 a	11dc	3

*Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo prueba no paramétrica de Mann-Whitney ($p \leq 0.05$). YD: Yemas dormidas RF: Racimos florales NF: Numero de frutos NCH: Numero de chupones ASST: Área de la sección transversal del tronco.

Cuadro 7. Rendimiento en manzana “HoneyCrisp” con diferentes portainjertos durante 2019 y 2020

Portainjerto	EP (kgcm ²)	RA (kg).	EPH (kg)
G41	1.01 a	12.9 a	42990a
G30	0.89 a	14.2 a	31523 a
M9	0.80 a	10 a	28234 a
M26	0.69 a	7 a	28711 a
G969	0.86 a	11.9 a	30832 a
V6	0.66 a	10 a	28711 a
G11	0.88 a	11 a	33074 a
G202	0.58 a	6.4 a	21236 a

*Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo prueba no paramétrica de Mann-Whitney ($p \leq 0.05$). EP: Eficiencia de producción; RA: Rendimiento por árbol EAH: Eficiencia de producción por hectárea

4.6 Calidad de fruto

Las propiedades organolépticas de la manzana están relacionadas con el contenido de sólidos solubles totales, acidez total y su relación (SSC:TA o TSS:TA) (Magwaza et al., 2015). Los atributos cualitativos de los frutos analizados en este estudio se muestran en el cuadro 8. El G.11 favoreció la producción de frutos con los valores más altos de L (46.25), C* (38.83) y °h (222.88). Reig *et al.* (2019) observó que los frutos de los árboles "Honeycrisp" en "G.11" tiene el valor más alto de L* (Piagentini *et al.*, 2008) y firmeza. Se ha demostrado previamente que la calidad se puede ver afectado por varias prácticas agrícolas, incluida la exposición a la luz solar y el programa de fertilización (Revea, 1970; Bramlage et al., 1983). El color del fruto depende de la síntesis y tipo de pigmentos vegetales presentes en los tejidos, que constituyen la base química de este atributo de calidad. Los pigmentos se dividen en tres tipos: clorofilas, antocianinas y carotenoides, que proveen tonalidades verdes, azul a rojo-púrpura, y amarillo a rojo, respectivamente (Barry, 2009). El índice de redondez obtenido del resultado del diámetro polar y ecuatorial del fruto lo obtuvo el portainjerto más alto lo obtuvo M.26 con 1.405 lo que indica un fruto alargado. Cuando el índice de redondez es menor que 1 es un fruto achatado.

Cuadro 8. Color e índice de redondez de frutos de manzana “Honeycrisp” con diferentes portainjertos 2019.

Portainjerto	Color			IR
	L*	C*	°hue	
G11	46.25 a*	38.83 a	222.88 a	1.29 b
G202	45.89 ab	37.78 a	219.84 ab	1.21 b
G30	44.92 abc	37.41 a	218.36 bc	1.33 ab
G41	43.12 bc	37.25 a	217.82 bc	1.39 ab
G969	42.95 bc	36.99 a	213.69 bc	1.28 b
M26	41.69 c	36.685 a	211.85 bc	1.405 a
M9	41.16 c	36.415 a	211.52 c	1.28 b
V6	40.30 c	34.715 b	211.24 c	1.28 b

IR: Índice de redondez (diámetro ecuatorial/diámetro polar). *Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo prueba no paramétrica de Mann-Whitney ($p \leq 0.05$)

Los frutos con mayor peso se encontraron con los portainjertos G.11 y M2.26, con 198.5 g, mientras que el menor peso se obtuvo con el M.9 (178 g). Kalcsits *et al.* (2019) reportan que el peso de “Honeycrisp” varía según la densidad y tamaño del dosel entre 122 y 482g. Es así que una ventaja en los árboles de manzano, plantados en alta densidad es producir frutos con calidad y grado de madurez homogéneos (Serra *et al.* 2016), como lo fue en estos resultados que no hubo gran diferencia significativa en todas las combinaciones portainjerto-variedad. Estos parámetros fisicoquímicos de calidad de fruto se encuentran vinculados con el portainjerto (Parra *et al.*, 1998.). En esta investigación, al comparar portainjertos se encontró diferencias significativas ($p \leq 0.05$). El contenido de sólidos solubles totales se relaciona con la presencia de azúcares (glucosa y fructosa) y en menor medida con ácidos orgánicos y sustancias pécticas (Mditshwa *et al.*, 2017). El contenido más alto de SST se obtuvo con el portainjerto G.11 (18.5 °Brix). Los sólidos solubles varían en las manzanas de 10 a 20.5 °Brix. (Guerra *et al.* 2005). Con respecto a la acidez titulable, ésta fue estadísticamente diferente en función del portainjertos con valores que fluctuaron entre 1.34 y 2.64%, siendo 'M26 ' y 'G.41' los que obtuvieron el valor más alto. (Flores-Córdova *et al.* (2018) reportaron valores en acidez titulable de 0.462, lo que observamos es un valor alto en nuestros resultados. El valor más

alto en firmeza se obtuvo con M.26, con valor de 7 kg/F, lo que es igual a 68.46 N. Watkins et al. (2004) dicen que un valor de firmeza cercano a 53 N es característico de una manzana crujiente, esto ocasionado por el portainjerto y densidad de plantación. (Peck et al. (2006) declararon que los sistemas de producción de alta densidad tienen enorme efecto sobre la firmeza de la manzana.

Cuadro 9. Peso y calidad de frutos de manzana “Honeycrisp” con diferentes portainjertos 2019.

Portainjerto	PF (g)	SST	AT (% ácido málico)	SST/AT	Firmeza (kg/f)
M26	198.05 a	15.8 bc	2.68 a	12.75 a	7 a
G41	198.05 a	15.3 bc	2.05 b	10.26 b	6.5 ab
G30	191.83 a	14.7 c	1.78 bc	9.405 b	6bc
G11	188.7 a	18.5 a	1.68 cd	8.95 b	5.8 cd
G969	187.4 a	16.45 a	1.68 cd	8.385 b	5.6 cde
M9	178 a	15.3 bc	1.61 de	7.93 bc	5.5 de
V6	172.9 ab	15.2 bc	1.51 de	7.2 c	5.3 e
G202	158 b	15 bc	1.34 e	5.22 d	5 e

PF: peso de fruto; SST: sólidos solubles totales (°Brix); AT: acidez titulable. *Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo prueba no paramétrica de Mann-Whitney ($p \leq 0.05$)

V.CONCLUSIONES

Los árboles Geneva tuvieron un 100% de supervivencia, mientras que V.6 perdió un árbol en 2020. La fructificación y rendimiento fueron afectados por el año de cultivo. Los portainjertos M.26, V.6 y G.41 fueron los primeros en iniciar floración. Los portainjertos G.11, M.9, G.30, G.202, y G.969 retrasaron significativamente el inicio de la floración, estando sujetos a una menor probabilidad de riesgo de heladas, promovieron la fructificación y rendimiento, respectivamente. En 2020, los valores máximos de estas variables fueron los portainjertos G.202 y G.41, mientras que los últimos fueron el G.202, M.9, G.11 y G.41. En 2019 se presentó una buena acumulación de frío la cual inició una floración más abundante y más compacta, mientras que el 2020 tuvo menos acumulación de frío, dando una floración más larga y deficiente. En rendimiento y calidad de los frutos en 2019 fueron promovida por los portainjertos G.11 y G.41.

VI. LITERATURA CITADA

- Agentini, A. M., Priovani , M. E. Guemes , D. R. (2008).** Evaluación del color para determinar la susceptibilidad al pardeamiento enzimático de diferentes variedades de manzanas. *ArgenColor*. vol. 8, núm. 2. 66-77p.
- Adams, R., (2006)** Update A Report From the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics SubcommitteeA Report From the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee.Vol 116. Num 6.
- Agrios, G.N. (2004).** Tizón del fuego del peral y del manzano. *Fitopatología*. Ed. Limusa, México, D.F. Cap. 12. 562-567p.
- Almacellas, J., Marín, J.P., Tora, R., Dolset., A, (2008).** Descripción y control de las enfermedades más importantes en manzana y peral. *Vida Rural*, ISSN; 1133-8938, 1-8p.
- Alvarez, C.E.. (2001).** Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación. Bogota, Colombia. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill interamericana, 2 3a Ed. (2001); 246 pp..
- Alston, D., (2020).** Polilla de la manzana (*Cydia pomonella*). Extensión de la Universidad Estatal de Utah y el Laboratorio de Diagnóstico de Plagas de Plantas de Utah, E.U.A. 1, 7p.
- Angelis., V, Calvo., P.C (2018).** Portainjertos en manzano. Allen, Río Negro, Argentina.: Área Comunicaciones del INTA Alto Valle Folleto 12p.
- Anderson, G., Bjørn, s., L Ake, O.H., Iverfeldt, M., Rutgers V,L. (1986).** The effect of oxygen on release and uptake of cobalt, manganese, iron and phosphate at the sediment-water interfaceWesterlundGeochimica et Cosmochimica Acta Volume 50, Issue 6, Junio de 1986 , páginas 1281-1288
- Aristizibal, L., Villegas. E. B., González, O,H.,(1995).** Efectos del aceite agrícola y el dormex (Cianamida Hidrogenada) sobre la brotación de yemas en manzano (*Malus domestica* Borkh.) cv. Anna. In: Memorias, II Simposio internacional sobre el Manzano. Artes Gráficas Tizán, Manizales, Colombia. 131p.
- Arora, R., Rowland L.J., Tanino K. (2003).** Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience*, 38(5):911-921.

Arora, R., Rowland, L.J., Panta, G.R.(1997). Cold hardiness and dormancy transitions in blueberry and their association with accumulation of dehydrin-like proteins *Physiologia Plantarum*.101(1):8-16.

Atlas Agroalimentario, 2020
https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019

Atkinson, C., M. Else. (2001). Understanding how rootstocks dwarf fruit trees. *Compact Fruit Tree*, 34(2):46-49.

Atkinson et al., 2013 Atkinson, N.J., Lilley, C.J., Urwin, P.E.(2013) Identification of genes involved in the response of *Arabidopsis* to simultaneous biotic and abiotic stresses. *Plant Physiol* , 162 (2013) , págs. 2028 - 2041

Bai, X., Zhang H., Ren, S. (2013).Antioxidant activity and HPLC analysis of polyphenol-enriched extracts from industrial apple pomace. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 93(10): 2502-2506.

Ballard, B.E (1974). Farmacocinética y temperatura. *Revista de Ciencias Farmacéuticas*, 63 (9), 1345-1358

Ballard, J.K., E. L. Proebsting, R.B., Tukey, and H. Mills. (1982). Critical temperatures for blossom buds. *Wash. Universidad Estatal de Washington. Extensión cooperativa. Egipto*. 17-41p.

Barranco, D., Ruiz, N. y Gómez-del Campo, M. (2005). Frost tolerance of eight olive cultivars. *HortScience*, 40(3):558-560.

Barry, C.S. (2009). The stay-green revolution: Recent progress in deciphering the mechanisms of chlorophyll degradation in higher plants. *Plant Sciences*, 176: 325-333.

Baughner, A. (2003). Anatomy and taxonomy. Baughner, A. y S. Singha (eds.). *Concise encyclopedia of temperate tree fruit*. Food Products Press, New York, NY. 3-8p.

Benson, D.M.(2001) Diseases of Ornamentals and Trees in Nurseries. APS Press, St. Paul, MN . 52–56p.

- Botelho, R.V., Müller M.M.L. (2007).** Evaluation of garlic extract on bud dormancy release of 'Royal Gala' apple trees. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47:738-74.
- Bouayed, J., Hoffmann, L., Bohn, T. (2011).** Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chemistry*, 128: 14-21.
- Bouvier, J., T. Boivin, D. Beslay, and B. Sauphanor. (2002).** Respuesta a insecticidas dependiente de la edad y variación enzimática en larvas de polilla de la manzana susceptibles y resistentes. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 51 (2): 55-66
- Boyer, J., Liu, R. (2004).** Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*. 3; 1-15.
- Bramlage, W., Drake, M., Weis, S., Marmo, C., (1983).** The effect of mineral nutrition on keeping quality of McIntosh apples being grown in Massachusetts. *Proceedings of the 89th Annual Meeting of the Massachusetts Fruit Growers Association*, 89, 122–133.
- Brown, A.G., and Janick, J., J.N. (1975)** Moore. *Apples Advances in fruit breeding*, Prude University Press. Indiana. 3-37p.
- Brown, M. W. Glenn, D.M. ,Wisniewski, M. E. (1991).** Functional and anatomical disruption of apple roots by the woolly apple aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*J. 84(6):1823-1826.
- Brown, S.L., Baneness, M.L Bryne, D.H. (2012).** Apple in *Handbook of plant breeding*, Vol 8 Springer.329-366.
- Butron, B., José Gilberto. (1999.)** Evaluación de cinco portainjertos de manzano (*Malus spp.*) y tres tratamientos preventivos para un suelo bajo condición de replante. *Biblioteca Central, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)*, 1, 97p.
- Cabrera. D. (2020).** Evaluación de portainjertos para manzano-portainjertos de la serie GENEVA®: Mayor eficiencia y sostenibilidad en la producción de manzana. *Revista INNIA, Vol.h .6. Núm. 61, 73-76Pp.*

- Carbone, K., Giannini, B., Picchi, V., Lo Scalzo, R., Cecchini, F., (2011).** Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. *Food Chemistry*, 127, 493-500.
- Carreño, A., J. Blanco, y B. Villegas. (2006).** Selección de hongos biocontroladores de *Phytophthora cactorum*, agente causal de la pudrición radical y de corona en manzano. *Agronomía*, 14(1): 89-96.
- Chaar, J.E. (2013).** Resistencia a heladas en plantas frutales. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3): 109-121.
- Chai, S.C., Hooshmand, S., Saadat, R.L., Payton, M.E., Brummel-Smith, K., Arjmandi, B.H.(2012).** Daily apple versus dried plum: impact on cardiovascular disease risk factors in postmenopausal women. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 112, 1158-1168.
- Childe, G., (1986).** Los orígenes de la civilización, México: Fondo de Cultura Económica. De Escobar, Matías (1924). *Americana Thebaida Vitas Patrum de los Religiosos Hermitaños de NP. San Agustín de la Provincia de San Nicolás de Tolentino, México. Imprenta Victoria.* 2.75-185.
- Chmielowski, F., Muller, A. Bruns, E, (2004).** Climate changes and trends in phenology of fruits trees and field crops in Germany, 1961-200. *Agricultural and Forest Meteorology* 1: 9-78.
- Class Act, (2020).** Floración de manzana publicado por la Asociación de Manzaneros de los Estados Unidos [U.S. Apple Association.] Si desea información adicional, por favor escriba a: U.S. Apple Association, P. O. Box 1137, McLean, VA 22101-1137, (703) 442-88p.
- Cook, B.I., Wolkovich, E.M., Parmesan, C. (2012).** Divergent responses to spring and winter warming drive community level flowering trends. *Proc. Natl. Acad. Sci.* Vol. 109. 9000-9005p.
- Corona, L., L.S. Hernandez, M., D.m. Meza, M., O.G. (2020).** Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*)

- cosechadas en México. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos. Biotecnia vol.22 no.1. 9p.
- Cornille, A., Antolín, F., Garcia, E., Vernesi, C., Fietta, A., Brinkkemper, O., ... Roldán-Ruiz, I. (2019).** A Multifaceted Overview of Apple Tree Domestication. Trends in Plant Science, August 2019, Vol. 24, No. 8. 13p.
- Cronquist, A. (1988).** The Evolution and Classification of Flowering Plants. 2a edición. New York, Botanical Garden, Bronx, USA.
- Darbyshire, R., Farrera, I., Martinez-Lüscher, J., Leite, GB, Mathieu, V., El Yaacobi, A., y Legave, J.-M. (2017)** Una evaluación global de modelos de fenología de floración de manzana para la adaptación climática. Meteorología agrícola y forestal, Vo. 180. 243-253P.
- DeBrouwer, EJ, Sriskantharajah, K., El Kayal, W., Sullivan, JA, Paliyath, G. y Subramanian, J. (2020).** Pre-harvest hexanal spray reduces bitter pit and enhances post-harvest quality in ‘Honeycrisp’ apples (*Malus domestica* Borkh.) *Malus domestica* Borkh.). Scientia Horticulturae, 273, 109610.
- DeEll, J.R. Ehsani., M.(2010).** Efect of 1-methyl cyclopropene (1mcp) in apples cv. Red delcious harvested states in convetational cold and atmospehe controlled. HortScience. 45414417.
- DeLong, JM, Prange, RK y Harrison, PA (2004).** La influencia del enfriamiento retardado previo al almacenamiento sobre la calidad y la incidencia de trastornos en la manzana “Honeycrisp”. Biología y tecnología de poscosecha, 33 (2),162-165
- Domínguez, A. (2007).** Efecto del encalado total y la aplicación de Thidiazuron en el rendimiento y calidad de frutos del manzano. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis División Ingeniería. 42 p.
- Dordas, C., (2008).** Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 28, 33–46.
- Ehlenfeldt, M.K., Rowland, L.J., Ogden, E.L., Vinyard, B.T., (2012).** Cold-hardiness, acclimation, and deacclimation among diverse blueberry genotypes. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 137, 31–37.

- Elfving, D.C Schecter, I., Hutchinson, A.. (1993).** Artículo de revista La historia de los portainjertos de manzana Vineland. Horticultural Research Institute of Ontario, Ontario, Canada, 47, 52-58.
- Erez, A., Fishman, S., y Couvillon, GA (1987).** La dependencia de la temperatura de la ruptura de la latencia en las plantas: Simulación por computadora de procesos estudiados bajo temperaturas controladas. Revista de biología teórica, 126 (3), 309–321
- Erez, A., Couvillon, G. (1987b).** Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. Journal of the American Society for Horticultural Science. 112(4): 677-680.
- Perez, (1995).** Fainalgas vulgares". Colecciones Universitarias Departamento de Zoología, Instituto de Biología (IBUNAM), "Fainalgas vulgares" Pérez, .Colección Nacional de Ácaros (CNAC). En "Portal de Datos Abiertos UNAM" (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México
- Erwin, DC y Ribeiro, OK (1996).** Enfermedades por Phytophthora en todo el mundo . Sociedad Americana de Fitopatología (APS Press).
- Erwin, L., and Janice, C.(1980).** Scott Seasonal and Size Patterns, Trophic Structure, and Richness of Coleoptera in the Tropical Arboreal Ecosystem: The Fauna of the Tree Luehea seemannii Triana and Planch in the Canal Zone of Panama. Vol. 34, No. 3, pp. 305-322 (18 pages)
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2019).** FAOSTAT Producción agrícola [online]. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/> [Acceso: 18 JUNIO 2020]
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2018).** FAOSTAT Producción agrícola [online]. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/> [Acceso: 18 JUNIO 2020]
- Faust, M; Erez, A; Rowland, LJ; Wang, SY; Norman, HA. (1997).** Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. HortScience 32(4): 623-62.
- Fazio, G., H. Aldwinckle, T. Robinson (2013a).** Unique Characteristics of Geneva Apple Rootstocks. New York fruit quarterly, 21pp

- Fazio, G., Aldwinckle, H. y Robinson, T. (2013b).** Unique characteristics of apple tree rootstocks Geneva®. Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado .Fraiburgo, SC , 1 .
- Fazio, G., D. Kviklys, and T. Robinson, (2009).** QTL Mapping of Root Architectural Traits in Apple Rootstocks. Hortscience 44:986-987.
- Fazio, G., Robinson, T.L., Aldwinckle, H.S., (2015).** The Geneva apple rootstock breeding program. In: In: Janick, J. (Ed.), Plant Breeding Reviews Vol. 39. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 379–424.
- Flores-Córdova M.A., Soto-Parra, J.M., Salas-Salazar, N.A., Sánchez –Chávez, E., Piña-Ramírez, F.J (2018).** Efecto del subproducto industrial CaCO_3 en los atributos de calidad, contenido fenólico y capacidad antioxidante de manzana cvs Golden Delicious y Top Red. Nova scientia, vol.10 no.20 , 7p.
- García, B., J. Olaya, P., T. Cos, T., J. E. Ruiz, G., L. Sánchez, L., E. (2018).** Frutales de hueso y pepita. En influencia del cambio climático en la mejora genética de las plantas (412). Murcia, España: Compobell, S.L. (Murcia)
- Gallardo, R. K., I, Hanrahan., Y. A. Hong, and J. J. Luby, (2015).** Crop load management and the market profitability of ‘Honeycrisp’ apples. HortTechnology, 25(4), 575-584.
- Gil, G.F. (1999).** Fruticultura: el potencial productivo. Alfaomega Grupo Editor, México, DF
- Gil, F G (1997).** Fruticultura: El Potencial Productivo. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 109-110p.
- Granatstein, D., & M. Mazzola(. 2001).** Alternatives to fumigation for control of apple replant disease in Washington State orchards. IOBC WPRS Bulletin, 24(5):265-272p.
- Guerra, M., Casquero.P. A. (2005).** Evolución de la Madurez de Variedades de Manzana y Pera en Almacenamiento Frigorífico Conjunto con Absorbedor de Etileno. Información Tecnológica, Vol. 16 N°4, 11-16p.
- Guerrero, P.V., Romo, A., Orozco, C.J., Berlanga, A.D., Gardea, A.A. y Parra, R. (2006)** Polinización en manzanos "Red Delicious" y "Golden Delicious". Revista Fitotecnia Mexicana, 29, 2, 41p.

- Hancock, J. F. (2008).** Temperate fruit crop breeding: germplasm to genomics: Springer Science & Business Media.
- Harrington, C.A., Gould, P.J., St Clair, J.B., (2010).** Modeling the effects of winter environment on dormancy release of Douglas-fir. *For. Ecol. Manage.* 259, 798–808.
- Harris, S. A., Robinson, J. P., & Juniper, B. E. (2002).** Genetic clues to the origin of the apple. *Trends in Genetics*, 18(8), 426-430.
- Hattingh MJ, Beer SV, Lawson EW (1986).** Microscopía electrónica de barrido de flores de manzana colonizadas por *Erwinia amylovora* y *E. herbicola* . *Fitopatología* 76: 900–904.
- Hecke, K., Herbinger, K., Veberic, R., Trobec, M., Toplak, H., Štampar, F. (2006).** Sugar, acid and phenol contents in apple cultivars from organic and integrated fruit cultivation. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60, 1136–1140.
- Heins. R.D., Liu, B., Runkle, E. (2000).** Regulation of crop growth and development based on environmental factors. *Acta Horticulturae* 514: 13-2p.
- Hernández, M. L. (1994).** Tipología, génesis y desarrollo de las heladas en el Valle Medio del Ebro. *Geographica* 31:95-114p.
- Hetherington, S. (2009.)** Wolly aphid. In: integrated pest management. The State of New South Wales, Industry & Investment NSW. Apple and Pear Australia Limited. Australia. 134-140.
- Hidalgo F. Gomez, U., Escalera-Cruz. A.D., Rojas-Navi, P., Delgado-Flores, P., Mamani-Villca, R., Hinojosa-Castañón, J. (2016).** Beneficios de La Manzana (*Malus Domestica*) en la Salud. *Rev. Inv. Inf. Salud, Cochabamb*, Volumen 11, Numero 28. 10.
- Hohn, E, (1990)** Quality criteria of Apple, *Acta Hort* 285-111-11.
- Iglesias, I. (1995a.)** Variedades de manzano. *Vida Rural*, 2(15): 92-98
- Iglesias, I, Xrbo, J, Bonany, (2009).** Innovación varietal en manzano, Instituto de Recerca y Tecnología Agroalimentarias. España. 15p.
- Iglesias, I., S. Alegre, J. Bonany y J. Carbó.(2014).** La fruticultura del siglo XXI en España. Serie agricultura. Grupo Cajamar, Spin. 404.

- Jackson, D.I. y Palmer N.E. (1999).** Pome fruits. Temperate and subtropical fruit production. 2a ed. CABI Publishing, Wallingford, UK. 189-202.
- Jacques J. Nicolas, Florence C. Richard-Forget, Pascale M. Goupy, Marie-Josèphe, M., Amiot, S., Aubert., Y. (2012).** Enzymatic browning reactions in apple and apple products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Francia. Vol.34. 9p.
- James J. (1992).** Apple Honeycrisp Apple, Bedford Department of Horticultural Science, University of Minnesota. Minnesota report university of Minnesota. Obtenido de University of Minnesota Digital Conservancy, <https://hdl.handle.net/11299/141481>. 2p.
- Johnson, K.B., Stockwell, V.O., (1998.)** Management of fire blight: a case study in microbial ecology. Ann. Rev. Phytopathol. 36, 227-248p.
- Johnson, KB, Smith, TJ, Temple, TN, Gutiérrez, E., Elkins, RB y Castagnoli, SP (2016).** Integration of acibenzolar-S-methyl with antibiotics for protection of pear and apple from fire blight caused by *Erwinia amylovora* Crop Protection, 88, 149-154.p.
- Kader, A.A., (2001).** Quality assurance of harvested horticultural perishables. Acta Hort. 553, 51-55p.
- Kalcetis, L., Manchado-Souza, F.P., Barcelos-Bisi, R., Farias, D. (2019).** Advances in the production of temperate fruits in the tropics. Vol. 41 .39-49p
- Klaus, H., (1939).** Das problem der bodenmüdigkeit unter Berücksichtigung Des Obstbaus. Landw. Jahrb. 89, 413–459p.
- Kondratenko, P. V. y Sylayeva, A. M. (2003).** Ecological tolerance of fruit crops in different climatic zones of Ukraine. Acta Hort. 618:527-533.p.
- Kösters, R., Preger, A.C., Du Perez, C.C., Amelung, W., (2013).** Re-aggregation dynamics of Volume 131, Número 8 .730-735p.
- Kucukyumuk, Z. and Erdal, I. (2011).** Rootstock and cultivar effect on mineral nutrition, seasonal nutrient variation and correlations among leaf, flower and fruit nutrient concentrations in apple trees. Bulg. J. Agric. Sci., 17: 633-641p.
- Lakso, A.N., Goffinet, M.C., (2013).** Apple fruit growth. Hist. Soc. Q. 21 (1), 11–14;

- Latorre, B. A., Rioja, M. E., and Wilcox, W. F. (2001).** Phytophthora species associated with crown and root rot of apple in Chile. *Plant Dis.* 85:603-606p.
- Laurent, A.S., Merwin, I.A., Fazio, G., Thies, J.E., Brown, M.G., (2010).** Rootstock genotype succession influences apple replant disease and root-zone microbial community composition in an orchard soil. *Plant & Soil*, 337: 259–272p.
- Legave, J.M., Blanke, M., Christen, D., Giovannini, D., Mathieu, V., Oger, R., (2013).** A comprehensive overview of the spatial and temporal variability of apple bud dormancy release and blooming phenology in Western Europe. *Int. J. Biometeorol.* 57 (2), 317–331.
- Li, B.-Z., Wang, J.-F., Ren, X.-F., Bao, L., Zhang, L.-Q., Zhang, L.-S., Han, M., Zhan, D., (2015).** Root growth, yield and fruit quality of 'Red Fuji' apple trees in relation to planting depth of dwarfing interstock on the Loess Plateau. *Eur J of Hortic Sci* 80, 109–116p.
- Llamas LJ, Carvajal ME, Orozco AJA, Rascón CA, Romo CA, Guerrero PVM, González HVA y Gardea BAA. (2002).** Respuesta metabólica y brotación de yemas de manzano por la aplicación de promotores de brotación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25:411-417p.
- Luby, J. (2003).** Taxonomic classification and brief history. pp. 1-14. En: Ferree, D.C. e I.J. Warrington (eds.). *Apples, botany, production and uses*. CABI Publishing, Wallingford, UK. E
- Luby, J. J. (2003).** Taxonomic classification and brief history. *Apples: botany, production and uses*, 1-14p.
- Luedeling E. (2012).** Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review. *Scientia Horticulturae* 144:218-229p.
- Luedeling, E., Guo, L., Dai, J., Leslie, C., Blanke, M.M., (2013).** Differential responses of trees to temperature variation during the chilling and forcing phases. *Agric. For. Meteorol.* 181, 33–42p.
- Ma B., L. Liao, Q. Peng, T. Fang, H. Zhou, S. S. Korban and Y. Han (2017).** Reduced representation genome sequencing reveals patterns of genetic diversity and selection in apple. *Journal of Integrative Plant Biology* 59:190-204, doi10.1111/jipb.12522.

- Magwaza, L.S., Opara, U.L., (2015).** Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—a review. *Sci. Hortic.* 184, 179–192p.
- Mandl, B.(1990).** Portainjertos de manzano, Agropecuaria Hemisferio Sur S.P.R.L. 30 p.
- Marchioretto, LDR, De Rossi, A., Amaral, LO do y Ribeiro, AMA de S. (2019).** Eficacia y modo de acción de los diluyentes de flores en los manzanos “Fuji More”. *Scientia Horticulturae*, 246, 634–642p.
- Martínez, D. G. (2012).** La brotación de la vid en Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora. Folleto técnico núm. 44. 26-27 pp
- Mathers, H. M. (2004).** Supercooling and cold hardiness in sour cherry germplasm: flower buds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(5):675-681.p.
- Mazzola, M., Manici, L.M. (2012).** Apple replant disease: role of microbial ecology in cause and control. *Annu. Rev. Phytopathol.* 50, 45–65p.ma
- McCuskey, J.J., Horn, BP., Durham, C.A., Mittelhammer, R.C., Hu, Y., (2013).** Valuation of internal quality characteristics across apple cultivars. *Agribusiness.* 29, 228–241p.
- Medina, G., Grageda, J.A., Ruiz, J.I., Casas, V.M., Rodríguez, C.M. (2019).** Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, 10-6, 13p.
- Michigan State University Extension, (2004).** Critical Spring Temperatures for Fruit Bud Development Stages.
- Modibowsca, L. (1946).** Frost injury to apples cultivars. *HortiScience*, 22, 4650p.
- Nischwitz., C. (2011).** Fuego bacteriano del manzano y el peral (*Erwinia amylovora*). Utah State University Extension y Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory.
- Norelli, J.L., Jones, A.L., and Aldwinckle, H.S. (2003).** Fire blight management in the Twenty-first century: using new technologies that enhance host resistance in apple. *Plant Disease* 87:756–765p.
- Norelli, JL , Holleran, HT , Johnson, WC , Robinson, TL & Aldwinckle, HS (2003).** Resistencia de Ginebra y otros portainjertos de manzana a *Erwinia amylovora* *Plant Dis.* 87115381550.

- Ohlendorf, L.P. (1991).** Integrated Pest Management for Apples and Pears. Div. Agric. Nat. Res. Univ. Calif. Oakland, California, USA. pp: 13-15p.
- Ordoñez-Beltrán, M.F., Jacobo-Cuellar, J.L., Parra-Quezada, R.A., Guerrero-Prieto, V.M y Ríos-Velazco, C. (2016)** Pulgón lanígero e impacto ambiental por el uso de pesticidas en manzano en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol.7, Núm. 3. 573-583pp
- Panzella, L., Petriccione, M., Rega, P., Scortichini, M., & Napolitano, A. (2013).** A reappraisal of traditional apple cultivars from Southern Italy as a rich source of phenols with superior antioxidant activity. Food Chemistry, Vol. 140 Num. (4), 672–679p.p
- Pardos., J., A., (2010).** Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia e Innovación, Madrid
- Parra, Q. R. A. y Guerrero, P. V. M. (2005).** Descripción de portainjertos de manzano y diseño de plantaciones con portainjertos clonales. Folleto Técnico Núm. 13 INIFAP-Sierra de Chihuahua. 35 p
- Parra, R, A. Guerrero., V, M., (1998).** Efecto del portainjerto sobre la calidad del fruto en manzano (*Malus domestica* Borkn) cv. Starkspur Supreme Delicious.. Revista Fitotecnia Mexicana Vol.21.37-48.
- Parra-Quezada, R. Á., V. M. Guerrero-Prieto. (2005).** Descripción de portainjertos de manzano y diseño de plantaciones con portainjertos clonales. INIFAP-Sierra de Chihuahua, Folleto Técnico (13): 1–35.
- Palomo, I., Yuri, J.A., Moree, R., Quilodran, A., Neira, A. (2010).** El consumo de manzanas contribuye a prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y cáncer; Antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción. Revista chilena de nutrición. Vol. 37, Núm. 3. 8p.
- Pearce, R.S., 2001.** Plant freezing and damage. Ann. Bot. 87, 417–424.
- Peck, G.M., Andrews, P.K., Reganold, J.P., Fellman, J.K., (2006).** Apple orchard productivity and fruit quality under organic, conventional, and integrated management. HortScience 41, 99–107p.

- Pennypacker S. P., H. D. Knoble, C. E. Antle and L. V. Madden (1980).** A flexible model for studying plant disease progression. *Phytopathology* 70:232-235p.
- Pérez-Holguín, G., L. Robles-Hernández, A. González-Franco y J. Hernández-Huerta. (2017).** Control in vitro de *Erwinia amylovora* con extractos bioactivos de *Ganoderma lucidum*. *Revista Mexicana de Fitosanidad*, 1(1): 1–7p.
- Prado., E., Dapaena.,M.,A., Blázquez . Miñaro., M.,N., (2011).** Guía ilustrada de las enfermedades, las plagas y la fauna beneficiosa del cultivo del manzano, Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario) Consejería de Agroganadería y Recursos Autóctonos del Principado de Asturias
- Prengaman, K.(2018).** Primera cosecha de un estudio de portainjertos Geneva. 11 mayo 2018, de Washington State Fruit Commission. Sitio web: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjct55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1564967](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjct55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1564967).
- Prinzio, D., Alcides, P., Magdalena, J., Triebeck, G. (2004).** Evaluación comparativa de dos técnicas de aplicación de agroquímicos en manzanos de alta densidad. *Agro ciencia*, V. 20 Núm. 2. 73-83p
- Ramírez – Rodríguez, H. y Cepeda – Siller, M. (1993). *El manzano*. Segunda Edición. Editorial Trillas. UAAAN; México. 208 p.
- Ramírez L., M, R., Jacobo C.,J,L., (2000).** El Corazón Mohoso, su Importancia Económica en Diferentes Estratos de Tecnificación de Huertos y su Relación con la Producción de Manzano Red Del. *Revista mexicana de fitopatología NIFAP-CIRNOC Volumen 18, Número 1, 2000, 6*
- Ramírez, L. M. R.; Ruíz, C. J. A.; Medina, G. G.; Jacobo, C. J. L.; Parra, Q. R. A.; Ávila, M. M. R. y Amado, A. J. P. (2011).** Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp.* 2:223-237
- Ramírez, L.M.R., Jacobo, C.J.L., Gardea, B.A.A, y Parra, Q.A.R. (2008).** Modelo de Desarrollo Floral en Manzanos [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh)] *Revista mexicana de fitopatología*. Vol.26, n.2, pp.153-163
- Ramírez, M, R. Lagareta, Jacobo J. L. Ávila, M. R. Gutiérrez. y Parra., R, A., (2004).** Eficiencia del uso de plaguicidas en huertos de manzana [*Malus*

- silvestres* (L). Mill. Var. *domestica* (Borkn) Mansf.] en Chihuahua México, Revista de Fitopatología 22:403: -413
- Ramírez, M.R., Jacobo, J.L , Mario René Ávila, M.R, Gutierrez, R. (2004).** Validación de un Sistema de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Huertos de Manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.]. Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 22, núm. 2
- Ramírez, R.H., Abott, D., Benavides, A, M., (2002).** Fisiología y Manejo del Manzano. Universidad Autónoma Agraria 'Antonio Narro'. Saltillo, México. 164 p.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA:** Diccionario de la lengua española, 23.^a ed., [versión 23.3 en línea]. <https://dle.rae.es>. Julio (2020)
- Reeve, R., (1970).** Relationships of histological structure to texture of fresh and processed fruits and vegetables. J. Texture Stud. 1, 247–284p.
- Reig, G., Lordan, J., Miranda Sazo, M., Hoying, S., Fargione, M., Reginato, G.,... Robinson, T. (2019).** Effect of tree type and rootstock on the long-term performance of 'Gala', 'Fuji' and 'Honeycrisp' apple trees trained to Tall Spindle under New York State climatic condition. Scientia Horticulturae, 244, 277-293
- Richardson, E. A.; Seeley, S. D.; Walker, D. R. (1974).** A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. HortScience 9, 331-332
- Ripa, R., Luppochini, P. (2015).** Polilla de la manzana *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), La Cruz, Chile, 1p En escrito aparece Ripa et al.,
- Robinson, T., Aldwinckle, H., Fazio, G. and Holleran, T. (2003).** The Geneva series of apple rootstocks from Cornell: performance, disease resistance, and commercialization. Acta Horticulturae. (ISHS) 622:513-520.
- Robinson, T.L, and C.B. Watkins. (2003).** Crop load of Honeycrisp affects not only fruit size but also many quality attributes. New York Fruit Quarterly 11(3): 7-10.
- Robinson, T.L. (2008).** Crop load management of new high-density apple orchards. NY Fruit Quarterly 16(2): 3-7p.

- Robinson, J., Thorvaldsóttir, H., Gutman, M., Lander, E., Getz, G y Merisov, J. (2011). Integrative genomics viewer. *Nature Biotechnolog.* Volume 29, 24–26p
- Rocha, A.M., Morais, A.M., (2003).** “Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes”. *Food Control.* 14(1): 13-20p.
- SRom, C. R., 1991. Light Thresholds for Apple Tree Canopy Growth Development. *HortScience*, Vol. 26(8): 989-992p.
- Romero, D., L. Parra Q.,R.A. Jacobo C.,J.L. Ojeda B., D.L. Guerrero P., V.M. Ávila Q.,Ruiz, A.,T.D.J. (2017).** Respuesta de portainjertos de manzano a vigor, eficiencia de producción y concentraciones foliar y en fruto de NPK. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(4), 849-861p.
- Rumberger, A., Yao, S., Merwin, I.A., Nelson, E.B., Thies, J.E., (2004.** Rootstock genotype and orchard replant position rather than soil fumigation or compost amendment determine tree growth and rhizosphere bacterial community composition in an apple replant soil. *Plant Soil* 264, 247–260p.
- Russo, N. (2007).** Controlling Apple Rootstock Fire Blight with Resistant Rootstocks and Streptomycin Resistance Management. Cornell University, Ithica, PhD Diss. 124 p.
- Russo, N.L., Robinson, T.L. Fazio., Aldwinckle, H.S. (2007.)** Field evaluation of 64 apple rootstocks for orchard performance and fire blight resistance. *HortScience* 42. (7) 1517-1525p.
- Russo., N,L Robinso N.T, Gennaro., Fazio Herb., S.A. (2007).** Evaluación de campo de 64 portainjertos de manzano para determinar el rendimiento del huerto y la resistencia al tizón del fuego. *HortScience*, volumen 42: Número 7, 1517-1525.p.
- Saenger, T., Huber, F., and Humpf, H. U., (2017).** Short-term biomarkers of apple consumption. *Mol. Nutr. Food Res.* 61,10 p.
- Saenger, T., Huber, F., Humpf, H. U., (2017).** Short-term biomarkers of apple consumption. *Mol. Nutr. Food Res.* 61,1600629p.
- SAGARPA-INCA RURAL. (2007).** Sistema Nacional Manzana. Plan Rector.35-47p.

- Sauphanor, B., and J. Bouvier. (1995).** Cross-resistance between benzoylureas and benzoylhydrazines in the codling moth, *Cydia pomonella* L. Pestic. Sci. 45:369-375p.
- Shaltout, A. D., and C. R. Unrath. (1983).** Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples [Dormancy, chill units, under North Carolina conditions. Journal American Society for Horticultural Science 108: 957-961p.
- Shtienberg D, Shwartz H, Oppenheim D, Zilberstaine M, Herzog H, Manulis S and Kritzman G. (2003).** Evaluation of local and imported fire blight warning systems in Israel. Phytopathology 93:356-363p. En el escrito está el nombre diferente
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2015).** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018).** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx>.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera .(2019).** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>
- Speil, M., Pirovani, M. E., Guemes, D. R., Gargalio, N., Piagnatini, A. M. (2009).** Características fisicoquímicas de los frutos de tres variedades de manzana cultivadas en la región centro-este de la provincia de santa Fe. Revista Fave. Ciencias Agrarias.
- Sun, J., Chu, Y., Wu, X., Liu, R.H., (2002).** Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. J. Agric. Food Chem. 50, 7449-7454.p.
- Tabuenca M. C. y M. Gracia (1971).** Influencia del patrón de la época de salida del reposo invernal de la variedad. Anales de la Estación Aula Dei Experimental 11: 51-57p.

- Templ, B., Templ, M., Filzmoser, P., Lehoczky, A., Bakšienė, E., Fleck, S., Gregow, H., Hodzic, S., Kalvane, G., Kubin, E., Palm, V., Romanovskaja, D., Vucetic, V., Žust, A., Czucz, B., Team, N.S.P., (2017).** Phenological patterns of flowering across biogeographical regions of Europe. *Int. J. Biometeorol.* 61, 1347–1358p.
- Thomson, S, V., (2000).** Epidemiology of fire blight: the disease and its causative agent, *Erwinia amylovora*. CAB Intl., Wallingford, UK. Pp. 9–36p.
- Toranzo., J., (2016).** Producción mundial de manzanas y peras. General Roca, Río Negro, Argentina.: Ediciones INTA
- Tsao, R., Yang, R., Xie, S., Sockovie, E., Khanizadeh, S. (2005).** Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 4989-4995p.
- UNIFRUT, 2019** <https://www.unifrut.com.mx/>
- Uribe, H ., Catalán A. (Eds.). (2016).** Caracterización hidroclimatológica y del uso de suelo del secano de la Región de O'Higgins". *Boletín INIA N° 320*, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Rayentué. Rengo, Chile 110 p.
- Villafaña Ferrer, J. (2013).** Modelos predictivos para la Fenología de dos variedades de manzanos en un huerto de la localidad de Los Niches, VII Región, en base a parámetros climáticos. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/14969>
- Watkins, C. B.; Kupferman, E. Rosenberger D.A. (2004a).** Apple. Postharvest Quality Maintenance Guidelines. En: *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, 8 (1) 66p.
- Watkins, C.B., Erkan M., Nock J.F., Engarman K.A., Beaudry R.M., R.E., Moran. R.E., (2005).** Harvest date effects on maturity quality, and storage disorders of 'Honeycrisp' apples, *HortSci*. 40: 164–169p.
- Watkins, C.B., J.F., Nock S.A., Weis Jayanty S., Beaudry R.M., (2004b).** Storage temperature, diphenylamine, and pre-storage delay effects on soft scald, soggy

- breakdown and bitter pit of 'Honeycrisp' apples. *Postharvest Biol. Technol.* 32: 213–221p.
- Weinberger, J. H. (1966).** Prolongued dormancy trouble in peaches in the southeast in relation to Winter temperatures. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 67:107-112p.
- Westwood, M.N. (1993).** Temperate-zone pomology. 3a ed. Timber Press, Oregon, OR
- Winkelmann, T., Smalla, K., Ameren, W., Baab, G., Grunewaldt-Stöcker, G., Kanfra, X. (2019).** Apple replant disease: causes and mitigation strategies. *Curr. Issues Mol. Biol.* 30, 89–106p.
- Wolfe K, Wu X, Liu RH. (2003).** Antioxidants activity of apple peels. *J Agric Food Chem.* 51: 609 – 614p.
- Yaacobi, AE, Oukabli, A., Hafidi, M., Farrera, I., Ainane, T., Cherkaoui, SI y Legave. (2019).** Validated model for apple flowering prediction in the Mediterranean area in response to temperature variation. *Scientia Horticulturae*, 249, 59–64.p.
- Yanzi, Zhang, P. L. (2010).** Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in 'Honeycrisp' apple flesh. *Food Chemistry*, Vol. 123. Num. 5 2013-2018p.
- Yuan, G., He, S., Bian, S., Han, X., Liu, K., Cong, P. y Zhang, C. (2019).** Identificación de todo el genoma y análisis de expresión de los principales genes de la familia de proteínas de látex (MLP) en el genoma de la manzana (*Malus domestica* Byaarkh.). *Gene*, 144275.p.
- Zavalloni, C., Andresen, J.A., Winkler, J.A., Flore, J.A., Black, J.R., Beedy, T.L., (2006).** The pileus project: climate impacts on sour cherry production in the great lakes region in pastand projected future time frames. *Acta Horticulturae* 707, 101–108.
- Zegbe, D. J. A., Mena, C. J., Medina, G. G., Serna, P. A. y Echavarría, C. F.(2016).** Disminución de las horas frío como efecto del cambio climático en México *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Volumen 10. Número 6.8p.
- Zentmyer, G.A., 1980.** *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. American Phytopathological Society Monograph 10, 96 p.

