

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Fertilización de Post-Cosecha en Manzano (*Malus domestic*)

Por:

LUIS FERNANDO CAMARILLO CHARLES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Fertilización de Post-Cosecha en Manzano (*Malus domestic*)

Por:

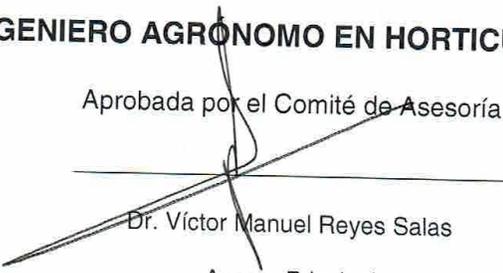
LUIS FERNANDO CAMARILLO CHARLES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría


Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Asesor Principal


Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Coasesor


Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2018

DEDICATORIAS

Con todo el cariño y amor a mis padres que los quiero mucho: **Fernando Camarillo Balderas y Julieta Charles Ortiz** que gracias al apoyo incondicional que me han brindado durante este largo camino hoy cumplí una de mis metas, además que me han enseñado que ser responsable en cada una de mis actividades, le doy muchas gracias a Dios por haberme dado una familia unida y con ganas de seguir adelante y estoy muy agradecido porque cada día gracias a ellos he podido salir adelante y realizarme como persona.

A mi hermano **Jesús Camarillo Charles** por su cariño y apoyo que me da día con día, además fue parte de seguir estudiando, espero ser un buen ejemplo para ustedes y muchas gracias por su motivación para concluir mis estudios.

A mi novia **Azulema Rodríguez López**, que día a día me apoyo para seguir adelante en el cumplimiento de mis estudios y por su apoyo para concluir mis estudios.

A mi tía **Carmen Charles Ortiz** que desde chico me estuvo apoyando en lo que yo necesitara y también dando buenos consejos estoy agradecido por todo lo que me han dado y su motivación durante mis estudios.

Para mis **primos** que han estado conmigo en cada etapa de mi vida y su convivencia desde niños muchas gracias por sus consejos y su amistad que hemos tenido.

Para mis **sobrinas(os)** que han sido parte para seguir estudiando y tener mayor motivación para concluir mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios, la Virgen de Guadalupe y San Judas Tadeo**, por tener la dicha de estar con vida y estar con mi familia, ya que ustedes han estado a mi lado en las buenas y malas dándome fuerzas para no rendirme, por ello pude concluir una etapa de mi vida y me has dado la oportunidad de ser mejor persona con todos los que me rodean.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por darme la oportunidad de realizar mi carrera profesional y sentirme orgulloso de ser un egresado de esta bonita institución llena de valores.

Al **Dr. Víctor Manuel Reyes Salas** por haberme ofrecido un proyecto para la realización de mi tesis, su apoyo durante su realización y su dedicación para la revisión del trabajo.

Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez por su colaboración y disponibilidad para la revisión del trabajo.

Al **Ing. Gerardo Rodríguez Galindo** por su colaboración y disponibilidad para la revisión del trabajo y por sus buenos consejos durante mi periodo profesional.

Al **Dr. Armando Hernández Pérez** por su apoyo durante mi periodo profesional y apoyo para el trabajo realizado

A mis amigos de generación **Ricardo Baeza (richi), José Luis Fernández (tocayo), José Cortinas** gracias por su amistad a lo largo de la carrera.

A mis amigos **Juan De Dios (fellote), Leonardo Méndez, Luis Yair (el comerciante), Oscar Nava (horribloso), Gamaliel Sánchez (el joven)** por su apoyo en el establecimiento del experimento y medición.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIAS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	3
Objetivo Específico.....	3
HIPOTESIS	3
REVISION BIBLIOGRAFICA	4
Origen del Cultivo	4
Morfología Del Cultivo	5
Requerimientos Ambientales.....	8
Requerimientos de Horas Frío para el Manzano	10
Funciones Fisiológicas de los Elementos.....	11
Propiedades del suelo	12
Textura del Suelo	13
Sistema Radicular del Manzano	14
Floración en manzano	16
Partes florales.....	17
Polinización y Fecundación en manzano.....	19
Polinización Entomófila.....	21
Absorción Nutrimental en Manzano.....	23
Funciones Fisiológicas de los Elementos.....	23
Fertilización	24
III. MATERIALES Y METODOS.....	33
Localización del Sitio Experimental	33
Material Vegetativo.....	33
Fertilizantes	33
Descripción del Experimento	33
Descripción de los tratamientos.....	34
Variables a Evaluar.....	35
Análisis de Estadístico.....	35
IV. Resultados y Discusión:	36
V. Conclusión:.....	39
Bibliografía.....	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Numero de flores por efecto de la aplicación de fertilizantes en el Periodo de postcosecha.....36

Cuadro 2.- Numero de frutos por efecto de la aplicación de fertilizantes en el Periodo de postcosecha.....37

Cuadro 3.- Promedio de clorofila total por efecto de las aplicaciones de fertilizantes en el periodo de postcosecha.....38

RESUMEN

El trabajo se realizó en el ciclo septiembre del 2016 a abril del 2017 se estudió el comportamiento de cuatro fertilizantes: Quelato de Fierro, Sulfato de Magnesio, Urea y Triple 19 en el huerto de Manzanos de la variedad: Agua Nueva 2 en porta injerto MM27 plantados en el año 2012, el cultivo cuenta con un sistema de riego por goteo. Fueron aplicadas diferentes dosis de fertilizantes: (5, 5, 7.5, 7.5, 7.5 gr/ árbol). El experimento consta en evaluar la floración, cuajado de fruto y clorofila total en 15 árboles de manzano (5 tratamientos, 3 repeticiones). Se promedió el número de flores/rama y se obtuvo el porcentaje de amarre de fruto, encontrándose diferencias en las variables; El quelato de Fierro, Sulfato de Magnesio y Urea mostraron mayor efectividad en cuanto a la floración, cuajado de fruto y clorofila total comparado con el sulfato de Magnesio y la Urea. El porcentaje de amarre de fruto fue alto, más que además de que los árboles de manzano tienen un buen cuajado de la fruta. Existe la falta de un árbol que actúe como polinizador, así como colmenas de abejas, puesto que el manzano requiere de una polinización entomófila debido a las características físicas del polen. Ésta garantiza un mejor transporte del grano de polen de las anteras del polinizador a la variedad comercial.

PALABRAS CLAVE: *Quelato de Fierro, Sulfato de Magnesio, Urea, Triple 19, floración, amarre de fruto, polinización entomófila, anteras, variedad comercial.*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la manzana es tan antiguo como la humanidad, se cree que la manzana de nuestros días procede de una especie silvestre de la familia de las Rosáceas, que crecía de forma natural en las regiones montañosas de Asia media, hace 15.000-20.000 años.

El consumo de manzana se debe en gran medida a que está compuesta en mayor parte de agua; lo que la convierte en una fruta refrescante e hidratante, y en menor proporción de azúcares como son; fructuosa, glucosa y sacarosa, además es una fuente discreta de vitaminas, minerales y fibra. Es la fruta por excelencia, ya que es bien tolerada por la mayoría de personas y se combina sin problemas con cualquier otro alimento. Su importancia lo convierte en un fruto producido en muchos países entre ellos México.

La manzana llegó a América de la mano de los primeros colonos, que llevaban consigo semillas del árbol. Se conservan documentos de la Massachusetts Bay Company, de Estados Unidos, que demuestran que en Nueva Inglaterra ya se cultivaba el manzano en 1630. Indígenas, misioneros y comerciantes llevaron las semillas hacia el oeste de los nuevos territorios (SAGARPA, 2013).

A nivel mundial se producen aproximadamente 60 millones de toneladas de manzana al año en una superficie de 5.6 millones de hectáreas, siendo China el principal productor con más de 20 millones de toneladas, seguido de Estados Unidos de América con 5.0 millones (SIAP, 2013).

Actualmente en México la superficie sembrada de manzana es de 61,219.53 ha con una producción de 584,655.18 t de las cuales 39,544.70 ha se trabajan bajo condiciones de riego teniendo una producción de 491,524.34 t y bajo condiciones de temporal se siembran 21,674.83 ha con una producción de 93,130.84 t (SIAP, 2013). Los estados con mayor superficie y producción de manzana son en orden de importancia Chihuahua, Durango y Coahuila.

Las tendencias nacionales son estables en superficie, pero inestables en cuanto a la producción dado a factores climáticos como lo pueden ser las heladas tardías y el granizo entre otros. Debido a que el consumo *per cápita* de manzana en México aumentó de 3.7 a 7.9 Kg de 1980 al 2011, la importación de manzana ha cobrado cada vez mayor auge, ya que la producción nacional no abastece las necesidades de los consumidores en el país, lo que obliga a nuestros productores y empresarios a ser más competitivos, ya que debe satisfacerse primero la demanda del mercado nacional y después buscar posicionarse de mejor manera internacionalmente (SAGARPA, 2013).

Los manzanos requieren de un ambiente con clima templado, con humedad relativa estable, una temperatura menor a 25° C en verano. Son muy resistentes al frío en invierno en dormancia y al romper la latencia en forma lenta al inicio de la primavera, con ello se reduce el riesgo de heladas tardías en primavera, aunque los órganos anuales como hojas, flores y frutos, sean sensibles (FAO, 2013).

Objetivo General

Determinar el comportamiento de los árboles de manzano en cuanto a la floración, cuajado de frutos y cantidad de clorofila total, en cada uno de los tratamientos utilizando Quelato de Fierro, Urea, Sulfato de Magnesio y Triple 19 de manera radicular.

Objetivo Específico

Determinar el efecto de cada uno de los fertilizantes aplicado en la raíz de los árboles.

Cuantificar el número de flores/rama en cada uno de los árboles.

Determinar el cuajado de frutos en cada uno de los árboles.

Evaluar si hubo efecto de cada uno de los fertilizantes en la clorofila total de cada tratamiento

HIPOTESIS

La Aplicación de Fertilizantes Quelatados y Sulfatados incrementa la Floración, Amarre de Fruto y cantidad de clorofila total en los Árboles de Manzano (*Malus domestica*).

REVISION BIBLIOGRAFICA

Origen del Cultivo

Desde la aparición de los hombres sobre la tierra, su objetivo principal para asegurar su propia existencia, fue la obtención de alimento, para adquirir una buena alimentación de mejor calidad y en cantidades necesarias, para ello, era indispensable la nutrición de las plantas (Cosmocel, 1987).

(Tamaro 1974), menciona que el manzano es originario de las partes templadas de Europa, las regiones del Cáucaso y del Asia central y se encuentra principalmente en regiones montañosas poco elevadas.

(Juscafresa 1978), reporta que se conocen varias especies de manzano, procedentes del hemisferio boreal, que vegetan en estado silvestre desde América del norte hasta la Manchuria.

(Cepeda 1987), menciona que el manzano (*Pyrus malus* L.) es indudablemente uno de los cultivos más antiguos y que en la actualidad se encuentra distribuido en la mayoría de las regiones templadas, siendo originario de la región del Cáucaso en la URSS, aunque algunos autores reportan que es originario del Asia Central.

(Melvin 1982), dice que posee alrededor de 15 especies de las cuales 2 proceden de Europa, 4 del norte de América y el resto de Asia.

Morfología Del Cultivo

(Edmond 1976), señala que las hojas son simples, alternas y dentadas o lobuladas, varían en forma, tamaño, color, espesor, pubescencia y textura. Mediante estas diferencias se pueden identificar las especies de manzano y dentro de ellas las variedades. Por ejemplo, las hojas de la variedad Delicious son moderadamente anchas con respecto a las variedades Jonathan, que son pequeñas y angostas.

(Edmond 1976), las flores son perfectas, con cáliz pentalobulado, cinco pétalos separados moderadamente grandes, numerosos estambres separados y un ovario con cinco celdas y estigma. De la yema florar mixta, situada en el extremo de cada espolón, nacen cinco o más flores.

(Tamaro 1968), Los frutos varían en forma, tamaño y color, época de madurez y otras características. En general las manzanas son esféricas, con cavidades en el extremo basal (tallo) y en el apical (flor) y la piel es verde, roja o amarilla, pudiendo cambiar dos o los tres pigmentos (dependiendo de la variedad), la pulpa es blanca o amarilla.

(Tamaro 1968), expresa que el tallo es recto y alcanza ordinariamente de 2 a 5 metros de altura, con corteza cubierta por lentejuelas lisas de color verde ceniciento sobre las ramas. Tienen una vida de 70 a 80 años como término medio, las ramas se insertan en un ángulo abierto con el tallo. El leño es de color pardo, pesado, duro, compacto y susceptible de pulimento; los anillos leñosos del tallo y de las ramas son de color azul oscuro y se hacen compactas muy pronto.

(Edmond 1976), indica que el sistema radical consta comúnmente de una raíz principal o pivotante relativamente corta y varias raíces laterales grandes y extendidas que se ramifican en una red de raíces más pequeñas.

Clasificación Taxonómica

Sinnto y Wilson (1975) clasifican al manzano de la siguiente manera.

Reino.....Vegetal

División.....Traqueofita

Subdivisión....Pteropsida

Orden.....Rosales

Familia.....Rosaceae

Clase.....Angiosperma

Subclase.....Dicotiledóneas

Genero.....Pirus

Especies.....Malus

Poda

(Álvarez 1974), menciona que con la poda se persigue, entre otros, los siguientes fines: ayudar y corregir los hábitos de crecimiento y de fructificación de cada variedad, de forma que se obtengan árboles de esqueleto equilibrado y robusto, capaz de soportar el peso de la cosecha (teniendo siempre en cuenta las tendencias típicas de la variedad).

También dice que el objetivo que debe perseguir todo fruticultor en la producción de manzano son de buen tamaño, aspectos y calidad comercial, al más bajo precio posible, la mayoría de las veces, el éxito de la plantación de manzana depende de una acertada e inteligente elección de la variedad a plantar y del medio natural (suelo, clima y parásitos) donde van a cultivarse.

(Álvarez 1988) refiere que el manzano es una especie poco exigente en cuanto al suelo y clima, sin embargo, la fruticultura necesita conocer el límite de tolerancia al frío sin que el árbol sufra daño.

(Telles 1945), menciona que, con el fin de dar regularidad uniforme y constante de la capa o fronda, normalizar la producción de frutos, hacerlos de manera fácil la cosecha y mejor clase; amputar las ramas secas y dañadas, todo ello a favor de la fructificación a causa de tener mayor iluminación y aireación, se ejecutan las podas que sean necesarias principalmente en los primeros tres años de su plantación.

Requerimientos Ambientales

(Juscafresa 1974), describe que al manzano como poco exigente con el clima, pero que prospera mejor en climas relativamente fríos que en los cálidos y templados. Existen variedades que en climas cálidos ofrecen una producción muy por debajo a la de los climas fríos.

(Wallace 1966), afirma que la mayoría de los manzanos se cultiva en áreas con temperaturas diurnas de verano relativamente altas, pero cuando son muy altas en excesos máximos y con falta de humedad en el suelo, puede resultar dañino para la fruta. La luz solar contribuye a fines de verano y principios de otoño a que madure la fruta y adquiera color y a la maduración de la madera.

Climáticos

(Calderón1988), refiere que al manzano es una especie poco exigente en cuanto a suelo y clima. Sin embargo, el fruticultor necesita conocer el límite de la tolerancia al frío sin que el árbol sufra daño, su necesidad de frío invernal durante el periodo de reposo, los efectos de heladas sobre la floración, temperatura requerida entre la salida del reposo invernal y la época de floración, sus necesidades de floración, de insolación, humedad, el efecto de las temperaturas de verano y otros datos.

(Calderón 1983), asegura que los factores del clima son de más importancia en condiciones normales que los factores suelo y bióticos, ya que el clima prácticamente no puede ser cambiado en un lugar dado, mientras que gran cantidad de condiciones del suelo o bióticos desfavorables, son relativamente fáciles de modificar.

Hídricos

(Álvarez 1988), afirma que el manzano utiliza gran cantidad de agua, como todos los vegetales de frutos carnosos y un árbol adulto necesita entre 200 y 300 litros de agua por año por kilo de fruta producida. Este consumo está repartido a lo largo del ciclo vegetativo con cifras diarias desde 1 mm/día según los meses de la zona.

(Álvarez 1988), si se riegan suelos salinos o con agua salina, más de 0.8 g/lit, se debe pensar en incrementar la lámina a fin de lavar las sales y evitar la degradación del suelo. Esto es importante en riegos como el goteo, y no se debe tener en cuenta en otros sistemas, como los riegos por inundación que, por su bajo grado de eficiencia, producen lavados importantes

Edáficos

(Álvarez 1974), menciona que, aunque el manzano posee una gran flexibilidad de adaptación para los diferentes tipos de suelo y se encuentran huertos de manzano en los terrenos más dispares, el rendimiento de cada tipo de suelo no es igual, ni en la calidad, ni cantidad de fruta, ni el desarrollo del árbol; por ello, debe huirse de los suelos con características extremas. No debe aconsejarse nunca el establecimiento de plantaciones de frutales en terrenos muy arenosos o excepcionalmente calizos, ni en los compactos, de encharcamiento fácil y difícil aireación. La calidad del terreno en que se va a realizar la plantación es uno de los factores decisivos en el éxito de la misma.

(Juscafresa 1978), dice que la acidez y la alcalinidad del suelo le son de bastantes indiferentes, por lo que se puede desarrollar perfectamente en las tierras consideradas inaptas para otros frutales, sin que causen diferencias notables a causa de estos extremos.

(Mendoza 1965), menciona que plantando un árbol quedará en el mismo suelo durante muchos años, siempre que este reúna condiciones apropiadas entre las cuales destacan sus características físicas: consistencia, color, textura, drenaje, etc., y sus características químicas como pH, riqueza en minerales, exceso de sales, escasez de nutrimentos, etc.

(Álvarez 1974), Es de primordial importancia que el suelo tenga una profundidad mínima de un metro y medio de tierra suave y rica contando con un buen drenaje. En suelos ricos y con disponibilidad de riegos esta profundidad puede disminuir.

Requerimientos de Horas Frío para el Manzano

Los requerimientos de horas frío son propios de cada especie y variedad en particular y existen variedades de alto requerimiento de frío y otras de poca exigencia, que se comportan bien y brotan normalmente (Calderón 1987).

La presencia de bajas temperaturas es necesaria en frutales caducifolios durante su reposo. La exposición al frío tiene una doble función por un lado induce a que se presente y por otro lado a que se termine el letargo (Calderón, 1990) Las bajas temperaturas son las que ponen fin al periodo de reposo de las yemas.

Es interesante indicar que la acción de las bajas temperaturas invernales para romper el periodo de reposo tiene un efecto puramente local sobre cada yema del árbol, no transmitiendo su efecto de una parte a otra.

En la primavera, las yemas que brotan son casi siempre las apicales, siguen las florales, luego las mixtas y finalmente las vegetativas laterales. Probablemente este orden se debe a las exigencias de frío, por lo que brotan primero las que son satisfechas con menos horas (Calderón, 1990)

Funciones Fisiológicas de los Elementos

(Millar, et al. 1982) citado, por (López 1990), reportaron que el crecimiento y desarrollo de la planta está determinado por numerosos factores del suelo, clima y otros factores inherentes a la planta misma. Algunos de estos factores están controlados por el hombre, pero la mayoría de ellos no pueden ser controlados. Agregan estos autores que no solo se requiere que los elementos nutritivos estén presentes en forma tal que las plantas puedan utilizarlos, sino que también debe haber un balance entre ellos, de acuerdo con las cantidades que la planta necesita. La esencialidad fue determinada en cada caso por la exclusión de un elemento particular del medio en el cual las plantas tienen su desarrollo. Está convenido que para que un elemento sea esencial debe cumplir con los siguientes requisitos:

- La planta no completa su ciclo de su vida en ausencia del elemento.
- La acción del elemento debe ser específico; otro elemento no puede sustituirlo completamente.

- El elemento debe estar directamente involucrado en la nutrición de la planta, esto es, ser un contribuyente metabólico esencial, o por lo menos, requerido para la acción del enzima.
- La acción del elemento debe ser en el metabolismo vegetal.

Propiedades del suelo

Reacción del suelo (pH). La disponibilidad de nutrientes para el manzano está influenciada por factores del suelo como el pH que indica la acidez o alcalinidad y para la región Norte de México, los suelos son ligeramente alcalinos.(FAO, 2013.)

Los suelos de la zona manzanera de la Sierra de Arteaga en Coahuila, pertenecen a los grupos Leptosol lítico en las faldas de la Sierra y Calcisolhaplico en los valles (FAO, 2013; INEGI, 2013). Por estas características, estos suelos tienen pH alcalino, que como tal tiene poca importancia, pero por sus efectos indirectos, se provoca indisponibilidad de los nutrimentos como fósforo, boro, manganeso, hierro, cobre y zinc, además se afecta la disponibilidad de nitrógeno porque a un pH de 7.5 en la solución del suelo, el ion amonio se transforma en amoniaco y se volatiliza hasta un 30% y en el proceso de nitratación las bacterias nitrosomonas y nitrosococcus reducen su actividad a este pH, disminuyendo la eficiencia en la absorción de nitrógeno. El manzano requiere de un pH óptimo de 5.5 a 7, que son condiciones de suelos ligeramente ácidos a neutros.

Otra observación son las mezclas donde los metales como Fe, Cu y Zn no deben mezclarse, situaciones que se complementan en el tema de antagonismos y sinergismo (FAO, 2013).

El pH también influye en la presencia de hongos y bacterias en el suelo, el pH adecuado para desarrollo de los hongos es 5.0 a 8.5 y el pH para bacterias es de 5.5 a 9.0. FAO, 2013.

La alcalinidad desarrolla un aumento en la concentración osmótica que puede llegar a ser más alta en la solución del suelo que en las células de las plantas, además de que ocasiona problemas físicos como la dispersión de coloides del suelo, bloqueando poros y formando costras. (FAO, 2013)

(Tisdale y Nelson 1991), mencionan que los problemas creados por suelos calcáreos derivan de su humedad excesiva y dificultades nutritivas en ellos. La presencia excesiva de calcio disminuye la disponibilidad de ciertos nutrimentos.

Textura del Suelo

(Tisdale y Nelson 1991), La textura del suelo determina la distribución del tamaño de poros dentro de los agregados del suelo, y a su vez la estructura determina la conectividad y distribución de poros entre los agregados. El movimiento del agua y las raíces es controlado por la textura y la estructura, por ejemplo, una textura arenosa y estructura en bloques crea macroporos que permiten un mejor crecimiento de raíces. El tamaño de poro y su rugosidad en la conectividad de los poros (tortuosidad) determinan el movimiento del agua en las zonas de raíces, por ejemplo, la textura arcillosa y estructura en placas limita el crecimiento de raíces y el movimiento del agua, respecto a una textura

media y estructura granular, que facilita el crecimiento de raíces y el movimiento del agua.

La textura y estructura afectan la densidad aparente del suelo (D_a) y, por ende, la conductividad térmica del suelo; ésta aumenta al incrementarse la D_a y el contenido de agua en el suelo, que repercute en la nutrición, porque la absorción y crecimiento de raíces del manzano inicia a partir de $6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Childers et al; 1992). Por ello, para empezar a fertilizar el manzano, se requiere aplicar el riego y que la temperatura del suelo sea superior a $6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto ocurre al final de la dormancia, en los meses de febrero, pero puede ser afectado por el calentamiento global y presentarse antes.

Sistema Radicular del Manzano

(Childers et al; 1992), las raíces del manzano con fines de nutrición y agua deben cumplir las siguientes funciones claves: a) Anclaje, b) Absorción mineral, c) Síntesis de ciertas hormonas del manzano y d) Tamaño de raíz que afecta el tamaño del árbol y el espaciamiento entre ellos. Para el establecimiento de una huerta de manzano el suelo debe tener en los primeros 0.3 m una buena aireación y drenaje, para permitir un desarrollo extensivo de las raíces

(Maib et al., 1996), el árbol de manzano con un patrón estándar tiene un sistema radicular formado por raíz principal o de extensión, raíz lateral o adventicia y raíces de absorción, es considerada una raíz superficial entre los frutales, porque más del 70 % de su volumen radicular está entre los primeros

0.4 m de profundidad del suelo, por lo cual ésta es la zona de absorción de agua y nutrientes en árboles con crecimiento estándar.

El engrosamiento de la raíz del manzano ocurre cada ciclo de desarrollo durante los meses julio y agosto por varios años hasta que se detiene y puede durar detenido por varios años (Maib et al., 1996). Lo que indica, que este crecimiento coincide con la parte final del crecimiento de los brotes y del fruto.

(Maib et al., 1996), el sistema de raíces de un árbol maduro consta de raíces de diferente edad, diámetro y grado de tuberización. Las raíces jóvenes son inicialmente blancas con pelos radicales cortos, después de una a cuatro semanas las raíces empiezan cambiar a un color café y los pelos radicales empiezan a secarse. El cambio por la tuberización y lignificación de la raíz a color café ocurre de dos a tres semanas entre mayo y septiembre, pero toma 12 semanas durante invierno en la dormancia.

La corteza de la raíz una vez oscurecida es removida por lombrices y microorganismos, y a la par de esto ocurre un engrosamiento secundario en otras raíces, que van a formar el sistema de raíces perennes; las raíces laterales se mantienen sin engrosar y desaparecen (Del-Real-Laborde et al., 1990).

En el árbol de manzano, las raíces pueden dividirse en dos tipos: raíces de extensión y raíces laterales. Las raíces de extensión son las que engruesan y sobreviven. El crecimiento de las raíces blancas varía de 0.3 a 2 mm y las raíces de extensión tienen un crecimiento de 1 cm/día, ambos crecimientos son mayores por la noche. (Del-Real-Laborde et al., 1990).

(Maib et al., 1996), Los pelos radicales donde se realiza la mayor absorción de agua y nutrientes, tienen una longitud de 0.025 a 0.05 mm, los exudados de éstos pelos radicales contienen carbohidratos como malato, citrato y oxalato, que son señales para los procesos de absorción de nutrientes y de la interacción con los microorganismos del suelo.

Floración en manzano

El éxito de un huerto de manzano depende totalmente de la fenología de floración del polinizador compatible (donador de polen) y la movilidad de la abeja entre las variedades compatibles (polinización cruzada), para lograr un óptimo cuajado de fruto y buen rendimiento. Durante el verano y otoño tiene lugar la progresiva diferenciación de los órganos florales, después del reposo invernal, la diferenciación precede, siempre incluyendo a la yema en la formación de gránulos de polen y de los óvulos. Las yemas florales son las primeras en abrirse en el mes de abril, dando origen a flores completas, listas para la fecundación (Goldway *et al.*, 2001).

La inflorescencia del manzano es un corimbo formado de 3 a 8 flores hermafroditas del grupo pentámero, cada botón floral tiene en su base dos yemas de madera; los botones florales pueden ocupar una posición lateral sobre la madera de dos años, o una posición terminal en la ramilla de dos años.

Un árbol carga aproximadamente 100 000 flores, pero sólo es suficiente del 2 al 4% de estas lleguen a un buen término para que la fructificación sea suficiente y se logre una buena producción (Ramírez y Cepeda, 2001); sin

embargo, Mc Gregor (1976), menciona que con un 5 % se producirá una cosecha comercial.

Estudios realizados en la región manzanera de Arteaga, reportan que se requiere 3.5 flores para cosechar un fruto de óptima calidad, siempre y cuando se cuente con la presencia de colmenas fuertes de abejas durante la floración del manzano (Mata, 2002).

La condición de nutrición en los árboles de manzano influye sobre la calidad de la flor, los niveles de nitrógeno, boro y calcio afectan directamente el desarrollo de los órganos reproductores (Ryugo, 1988), también se observan efectos similares cuando la condición hídrica de la planta es deficiente en el momento del inicio de la formación de flores (Ramírez y Uriu, 1976).

Partes florales

Sépalos

Del latín *separ*, separado. Es cada una de las partes que componen el cáliz, ordinariamente de color verde o en algunos casos del mismo color que los pétalos (Salvat, 1976). Los sépalos protegen las partes internas de la flor en las yemas.

En algunos frutales los sépalos persisten durante toda la vida de la flor, incluso del fruto. Los sépalos pueden estar libres entre sí, constituyendo el cáliz dialisépalo, o soldados, formando una sola pieza; llamado cáliz gamosépalo.

Pétalos

Los pétalos son de color rosa pálido y blancos, algunas veces pueden estar manchados de color púrpura (Agusti, 2004). Se encuentran dentro de los sépalos y se les llama colectivamente corola. El color fuerte de los pétalos; así como el perfume, constituye un atractivo para los insectos, particularmente para las abejas, que ayudan a la polinización.

Puede suceder como en el cáliz, que sus piezas están libres entre sí (corola dialisépala) o que los pétalos están soldados (corola gamopétala); esta disposición es de sumo interés por cuanto en la base de los pétalos están los nectarios en la mayoría de las plantas.

Estambres

Del latín *stamen*, urdimbre. Es el órgano masculino que trae los sacos polínicos en las angiospermas, el estambre es homólogo a un microsporofilo y consta, generalmente, de dos partes: el filamento y la antera, que suele estar formada por dos tecas unidas por una porción estéril. Cada teca suele llevar en su seno dos sacos polínicos (Salvat, 1976).

La flor del manzano tiene numerosos estambres aproximadamente 15 y se encuentran en la parte alta del pistilo. Los granos de polen del manzano se asemejan a diminutas partículas amarillas de polvo. Son redondos o gruesamente triangulares, con un diámetro de 25 micras. Cada antera contiene cerca de 3,500 granos de polen, dado que existen 20 anteras en promedio habrá por flor más de 70,000 granos de polen. El polen del manzano es pegajoso y se adhiere al cuerpo piloso de la abeja que visita las flores en

busca de néctar. Es así que cada abeja puede transportar 100,000 granos de polen (Childers *et al.*, 1995)

Pistilo

Se le conoce como el órgano femenino, y se compone de tres partes: la parte basal u ovario que contiene los óvulos jóvenes que, con otras partes forma el fruto, los estilos, unidos al ovario, que llevan en el ápice las superficies receptivas adherentes conocidos como estigma, donde caen, se adhieren y germina los granos de polen (Childers *et al.*, 1995). La flor del manzano, tiene un pistilo con un ovario compuesto por cinco alvéolos formados por la testa y el tegumento, cada alvéolo está provisto de dos óvulos, si todos fueran fecundados la manzana contendría 10 semillas (Lalatta, 1990)

Polinización y Fecundación en manzano

La formación del fruto del manzano, comprende dos fases: a) Polinización, es decir el transporte de los granos de polen de la antera al estigma del ovario. b) La fusión del núcleo espermático del polen con el núcleo femenino, de tal fusión surge la semilla mientras que del ovario y de los tejidos circundantes, tiene origen el fruto. Este proceso se llama amarre de fruto. La fecundación del manzano solo se dará, cuando el polen transportado contenga alelos diferentes, si los alelos son iguales que los del pistilo serán rechazados y ocurrirá la autoincompatibilidad (Goldway *et al.*, 2001).

En el manzano existe el fenómeno común de autoincompatibilidad, que consiste en que el polen de una cierta flor no es apto para fecundar el ovario de la misma flor, ni tampoco los ovarios de flores de la misma variedad, por lo general es esterilidad masculina, dicho fenómeno previene la endogamia y promueve el cruzamiento (Goldway *et al.*, 2001).

Es donde recae la necesidad de incorporar abejas a los huertos, por ser las encargadas de transportar el polen de una variedad al ovario de otra variedad, con la finalidad de llevarse a cabo efectivamente la fecundación y la fusión del núcleo, al momento de ocurrir este proceso de combinación aumenta el balance hormonal de la flor autoinfértil (Valdés, 1983).

La posibilidad de éxito aumenta cuando se tienen diversas variedades polinizadoras, la selección se realiza con el criterio que la variedad polinizadora cuente, con polen en cantidades abundantes y de alta germinación (Hjeltnes and Nornes, 2007), durante, antes y después de su floración completa.

Las abejas son las responsables de la polinización cruzada, que es el intercambio de pólenes entre plantas de la misma especie, pero de distinta

Variedad. Un gen simple polimórfico, llamado S-Locus, es el responsable de la polinización en las variedades auto incompatibles (Goldway *et al.*, 2001). Es importante considerar a las condiciones ambientales, así el clima en el momento de floración juega un papel importante en la polinización y por ende en la fecundación.

Las condiciones óptimas para la germinación del grano de polen en el estigma y el crecimiento del tubo polínico deben estar entre 21 y 27°C (Childers *et al.*, 1995).

A medida que la temperatura cae a -2 °C, la formación de hielo dentro de los tejidos de la flor puede causar lesión en la capa superficial del fruto. A los -3 °C y a temperaturas más inferiores, los estilos y óvulos pueden ser destruidos, evitando la fecundación. A los 5 °C puede hacer que el polen no germine y a los 10 °C el crecimiento del tubo polínico sea muy lento (Norton, 2002).

Polinización Entomófila

La polinización del manzano es entomófila, lo que significa que recae en la acción de los insectos para transportar los granos de polen, las abejas son los principales agentes polinizadores. Esto se debe a las características del polen del manzano, que lo hacen pesado y pegajoso, limitando la acción del viento

Como un vector eficaz para este cultivo. La polinización cruzada se conoce como la transferencia del polen de la antera al estigma de una flor de la misma planta o entre diferentes plantas (Monoicas y Dioicas). De ahí que, una buena cosecha de manzana depende de la polinización cruzada acertada, por lo que es fundamental que una fuente de polen compatible esté presente en la huerta (Wilson and Elfving, 2003).

Para llevarse a cabo una adecuada polinización es necesaria una armonía entre el polinizador y la flor receptiva, siendo la abeja melífera la más apta en este proceso (Gupta, 2005).

La efectividad de la abeja como polinizadora del manzano también depende de otros factores, algunos relacionados con las colmenas y otros con factores ambientales o con la presencia de flora competitiva (Persano, 2002)

Sin embargo, el amarre de los frutos es afectado por múltiples factores tanto antes como después de la floración y en la región productora de manzano de la sierra de Arteaga, Coahuila., la deficiencia de frío, estrés de agua, heladas, granizo, etc., limitan la capacidad productiva (Mata,2008).

Estudios efectuados en la sierra de Arteaga, Coahuila, señalan que las presencias de abejas favorecen al amarre de fruto en 75 % para Golden Delicious y 76.5 % para Red Delicious, además de establecer que el utilizar dos colmenas por hectárea aseguran la visita de las abejas a la mayor cantidad de flores dentro de la huerta, considerando que dichas colmenas tengan una alta capacidad de trabajo para hacer más eficiente la polinización (Mata *et al.*, 1998)

Así mismos estudios realizados en la misma región manzanera afirman que en un periodo de floración ausente de la presencia de las abejas el amarre de fruto descendió a solo 2.7 % y con la presencia de abejas se logra una permanencia de 35.75 frutos de alta calidad a la cosecha, en 25 yemas florales. (Mata, 2002)

Absorción Nutricional en Manzano

Los puntos de crecimiento de la raíz y los pelos radicales son conocidos como raíces de absorción de nutrientes y de agua. Tanto las raíces blancas y las leñosas absorben los nutrientes y el agua, pero las raíces blancas tienen mayor absorción que las raíces leñosas. (Marschner, 1995).

El agua tiene un camino desde la raíz hasta las hojas siguiendo un gradiente descendente de potencial hídrico, el potencial hídrico es el estado energético con que se encuentra el agua en el continuo suelo-planta-atmósfera, y se puede expresar en forma de peso, masa o volumen y actualmente se expresa en unidades de Pascal (Pa). (Marschner, 1995).

El movimiento de los nutrientes en solución a través de membranas selectivamente permeables, se conoce como vía simplasto, este movimiento es mediante transportadores para mover los iones a través de la membrana celular en contra de un gradiente químico y electroquímico, la energía utilizada es proporcionada por la proteína transmembranal en forma de Adenosina Tri Fosfato (ATP por su sigla en inglés) (Marschner, 1995).

Funciones Fisiológicas de los Elementos

Millar, et al. (1982) citado, por López (1990), reportaron que el crecimiento y desarrollo de la planta está determinado por numerosos factores del suelo, clima y otros factores inherentes a la planta misma. Algunos de estos factores están controlados por el hombre, pero la mayoría de ellos no pueden ser controlados.

Agregan estos autores que no solo se requiere que los elementos nutritivos estén presentes en forma tal que las plantas puedan utilizarlos, sino que también debe haber un balance entre ellos, de acuerdo con las cantidades que la planta necesita.

(Millar, et al. 1982) citado, por (López 1990), no obstante haber recibido considerable estudio la estructura atómica a través de los años, no ha sido posible predecir la esencialidad de un elemento. La esencialidad fue determinada en cada caso por la exclusión de un elemento particular del medio en el cual las plantas tienen su desarrollo. Está convenido que para que un elemento sea esencial debe cumplir con los siguientes requisitos:

- La planta no completa su ciclo de su vida en ausencia del elemento.
- La acción del elemento debe ser específico; otro elemento no puede sustituirlo completamente.
- El elemento debe estar directamente involucrado en la nutrición de la planta, esto es, ser un contribuyente metabólico esencial, o por lo menos, requerido para la acción del enzima.
- La acción del elemento debe ser en el metabolismo vegetal y no a través de modificación del sustrato.

Fertilización

La fertilidad natural de un suelo normalmente no aporta los suficientes nutrimentos para cumplir con la demanda de los cultivos, necesaria para obtener su máximo rendimiento y producción, por lo tanto, se requiere de

complementación con fertilizantes (Etchevers, 1997; Alcántar y Sandoval, 1999).

La fertilización consiste en añadir al terreno abonos orgánicos y minerales, o bien, correctores y enmiendas, para elevar el nivel nutritivo de los árboles y eliminar así un factor que limita la producción. (Lalata, 1988)

(Trocme 1997) cita que son muchos elementos requeridos en la planta para su desarrollo, algunos son utilizados por ella en mayor cantidad que otros.

(Ravel 1976), menciona que la fertilización es necesaria y tiene por objeto:

- Proporcionar a la planta nutrición de la que tiene necesidad para vivir, desarrollarse y dar buena producción.
- Restituir al suelo los principales elementos que ha cedido a la cosecha, para conservarlo en buen estado de fertilidad.

Los elementos necesarios en cantidades relativamente débiles, son llamados oligoelementos, microelementos, elementos tranzas, elementos catalíticos o elementos menores, de los cuales son siete: Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso, Molibdeno, Boro y Cloro. (Trocme 1979).

Investigadores como (Juscafresa 1983), menciona que los frutales por su larga permanencia en el suelo y por desarrollarse al margen de toda alternativa de cultivo, al cabo de un cierto tiempo y debido a su continuo consumo puede haber agotado de las fuentes naturales del suelo ciertos micronutrientes que, por lo regular no han sido repuestos. Además, comenta que la deficiencia puede ser causada por la carencia real del mismo o por encontrarse de forma inasimilable a causa del bloqueo ejercido sobre el por otro elemento en exceso.

La falta de uno o de varios elementos nutritivos puede dar lugar a enfermedades carenciales, que presentan sintomatologías específicas bastante frecuentes y suelen tener relación con las funciones que los elementos ejercen en las plantas (Lalata, 1988 y Trocme, 1979).

(Mulder 1949) citado por (Coauntanceua 1971) menciona que los síntomas de carencia pueden ser variables según la gravedad de la deficiencia responsable y pueden clasificarse en tres categorías: Colores cloróticos en las hojas, deformación de hojas, frutos, tallos y manchas necróticas en las hojas, en los frutos de ramas enteras.

Hierro (Fe)

(Fuentes 1983), menciona que, aunque este elemento no forma parte de la clorofila, como ocurre con el Magnesio, su presencia es esencial, junto con el Manganeso y el Zinc, para la formación del pigmento clorofílico. Forma parte de muchas enzimas. Se asimila bajo la forma de ión ferroso (Fe^{++}) y también en forma orgánica.

(Tamhane.1983), menciona que el hierro no es un constitutivo de la clorofila, pero es esencial para su formación. Participa en varias reacciones de oxidación y reducción en las plantas y por consiguiente es esencial para la síntesis de las proteínas y varias reacciones metabólicas.

(Tisdale y Nelson 1991), dicen que es uno de los elementos metálicos más comunes en la corteza terrestre. Su contenido total en los suelos, sin embargo, es viable, cuando oscila desde un valor tan bajo como de 200 ppm hasta más del 10%. Se halla en los suelos como óxidos e hidróxidos y fosfatos, así como en las

estructuras reticulares de los silicatos primarios y en las barras minerales.

Bajo distintas condiciones del suelo, pequeñas cantidades de hierro son liberadas durante la alteración debida a los agentes atmosféricos de los minerales primarios y secundarios, y otra parte es absorbida por las plantas.

El contenido de hierro total no tiene valor en el diagnóstico de las deficiencias del hierro, de hecho, ninguna prueba adecuada ha sido desarrollada para este propósito. Las deficiencias en hierro son proporcionadas en algunos suelos calcáreos y algunos casos, un alto nivel de fósforo del suelo ha sido relacionado a la clorosis férrica.

(Trocme y Gras 1979), dicen que el hierro (Fe) es indispensable para la formación de la clorofila, aunque no sea uno de sus constituyentes, y además forma parte de diversas enzimas de oxidación.

(Juscafresa 1978), reporta que es un catalizador energético que actúa en los procesos respiratorios de las plantas y en la formación de la clorofila.

En el Manual de Fertilidad de suelos (1988), se dice que el hierro es un catalizador que ayuda a la formación de la clorofila y actúa como portador de oxígeno.

(Rodríguez1974). El hierro tiene gran influencia en la formación de la clorofila, aunque no forme parte de ella. Por esta razón, la falta de hierro siempre da lugar a clorosis o amarillamiento.

(Shear 1980), menciona que el rango adecuado de fierro para el cultivo delmanzanoseconsiderade40 a 300ppm.

El Fe en el suelo

Para (Baeyens 1970) y (Loué 1988), el Fe total es muy abundante en los suelos, ya que varía entre 200 ppm. A más de 10 %. Es el cuarto elemento en el peso de la corteza terrestre (alrededor del 5 %) después del oxígeno, el silicio y el aluminio. Los principales minerales que contienen Fe son: óxidos (hematita FeO_3 , goetita FeOOH , magnetita Fe_3O_4), Sulfuros (pirita FeS_2), Carbonatos (siderita FeCO_3) y silicatos (olivino $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \text{SiO}_4$, glauconita). La descomposición de los minerales en el suelo es el resultado de las reacciones de hidrólisis y oxidación con el agua y el aire, el Fe es abundante como constituyente de los óxidos e hidróxidos. Además, el contenido de Fe soluble representa una parte extremadamente débil del Fe total.

El Hierro libre, el que no está contenido en minerales primarios, que sea depositado en la superficie de las partículas minerales o floculando con compuestos húmicos, es la forma más accesible a las raíces y la más susceptible de formar complejos (Trocme, 1979).

(Calderón 1989), establece que el fierro se encuentra en los árboles frutales entre 10 y 1000 partes por millón (ppm), cuya función principal es la síntesis de clorofila, por lo que su deficiencia se manifiesta por clorosis de las hojas, también actúa como catalizador en los procesos enzimáticos que dan lugar a importantes reacciones de oxidación y reducción en el interior de los vegetales y en los de síntesis de proteínas de cloroplastos. Así mismo ayuda a la absorción de nutrimentos.

(Lalatta 1988), indica que el hierro forma parte de diversas enzimas que catalizan los procesos fundamentales de la fotosíntesis, de la respiración y de los óxido-reducciones en general, considerándolo necesario para el normal desarrollo de las estructuras de los cloroplastos y para la biosíntesis del pigmento clorofílico.

Efecto del pH en la Disponibilidad de Nutrientes

La disponibilidad de nutrientes a las plantas está altamente relacionada al pH del suelo. La actividad del Fe, Mn y Al se incrementa al aumentar la acidez del suelo y el óptimo para la mayoría de las plantas es de rango 6.0 a 6.8, en este rango no hay deficiencias o exceso de Fe, y Mn disponible (Lucas y Knezec, 1983).

(Lindsay y Schwab 1982), indican que la solubilidad del hierro decrece por cada unidad que se incrementa el pH del suelo. En terrenos ácidos de pH bajo, a causa de la actividad anaerobia de las bacterias, el óxido de Hierro puede ser reducido en su forma soluble, sulfato de ferroso, que de ser excesivas puede llegar a intoxicar las raíces del árbol causándole la muerte. (Razeto 1982), establece que las deficiencias de hierro son más comunes en suelos con pH alto (7.0-8.5), y en suelos calcáreos.

Deficiencia de Fe en el Suelo

(Cepeda 1993) y (Trocmé 1979), mencionan que la deficiencia de hierro (Fe) en el manzano se manifiesta en el amarillamiento general de las hojas, que recibe el nombre de clorosis férrica, este síntoma empieza siempre por las partes más jóvenes y se extiende posteriormente a todo el árbol en sentido descendente.

(Cepeda 1993) y(Trocme 1979), existen casos en que se manifiesta esta carencia, incluso en terrenos bien provistos de Fe, pero en los cuales este elemento se encuentra en forma insoluble y no puede ser absorbido por las raíces; esto ocurre en suelos alcalinos o calizos. Este síntoma aparece ya entrada la primavera, en el mes de mayo.

El mismo autor recomienda que para corregir la clorosis férrica, aplicar los compuestos orgánicos con complejos de hierro, denominados quelatos, por ser los más eficientes.

(Brown 1982), menciona que los problemas más comunes en suelos alcalinos son las deficiencias de hierro, la salinidad y la toxicidad por el elemento Boro.

(Elmer.1982), menciona que el exceso de manganeso en el suelo, también contribuyen a la deficiencia de hierro.

(Juscafresa 1978), menciona que una deficiencia en el suelo puede ser causada por la deficiencia real del mismo o por estar en forma inasimilable. El exceso de Ca y Mg en el suelo bloquea al Fe y a pesar de estar en cantidad suficiente para cubrir los requerimientos del árbol, es difícil su asimilación.

La clorosis es más pronunciada en hojas jóvenes, pero en algunos casos las hojas viejas se tornan amarillentas y eventualmente caen prematuramente. En árboles cloróticos el tamaño de la fruta es reducida y la madurez se retarda.

Deficiencia en la Planta

(Álvarez 1988), señala que un exceso de cal impide que las raíces del manzano puedan absorber hierro. Para corregir estos problemas basta con bajar el pH, movilizándolo así el Fe en forma asimilable.

(Fuentes Y.J.L. 1983), dice que los síntomas más claros de la carencia del hierro se producen en las hojas, que pierden su color verde (Clorosis férrica). En una primera fase amarillean las hojas entre los nervios, aunque éstos conservan su color verde; en casos más graves, los nervios también se vuelven amarillos, y en los casos más extremos las hojas aparecen casi blancas.

La viña y los frutales son los cultivos donde se da con mayor frecuencia la clorosis férrica. El hierro se mueve muy poco dentro de la planta, por cuyo motivo, los síntomas de carencia aparecen, en primer lugar, en las hojas nuevas.

Así las deficiencias de hierro ocurren en las plantas a menos que: Ocurra una reducción de hierro en los suelos y un aumento en la solubilidad de éste; los quelatos adicionados facilitan grandemente el transporte de hierro que es absorbido por las raíces el Fe^{+2} es la especie de hierro en la solución del suelo más disponible para las plantas. Además, es también importante que la inhibición del Fe^{+3} es provocada por algunos iones como los hidroxilos, ortofosfatos, pirofosfatos, níquel cobre, manganeso y zinc.

Quelatos

Quelato o quelatado es un vocablo que se deriva del griego y significa “garra”. Como indica esta palabra los quelatos tienen una tendencia marcada a retener fuertemente ciertos cationes (Guzmán, 1970).

(Baeyens et al., 1970), menciona que son compuestos metalo-orgánicos de estructura cíclica formado por átomos suministradores de electrones, con un metal central receptor de estos electrones. (Tisdale y Nelson 1970), reportan que, a excepción del sulfato ferroso, quizás los compuestos del hierro más utilizados sean los quelatos, los cuales contienen entre el 6 y 12 % de hierro. Sin embargo, la duración de su efecto es corta sobre todo en suelos alcalinos.

III. MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó bajo condiciones de campo abierto durante el periodo comprendido de 09 de septiembre de 2016 al 18 de abril del 2017 en la Huerta de árboles de Manzano, ubicada en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, a una altura 1600 msnm, con coordenadas geográficas de 25° 12' 148" latitud Norte y 100° 45' 838" longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

Material Vegetativo

El experimento se realizó en un huerto que cuenta con sistema de riego por goteo, donde se utilizaron 15 árboles de manzano del cultivar: Agua Nueva 2 en porta injerto MM27 plantados en el año 2012.

Fertilizantes

Se utilizaron fertilizantes químicos Quelato de fierro, Sulfato de Magnesio, Urea y Triple 19, fueron aplicados directamente al suelo.

Descripción del Experimento

El experimento consta de 5 tratamientos con 3 repeticiones en cada uno. Se seleccionaron 15 árboles de una edad de 4 años, se marcó una rama por árbol con similar longitud, posteriormente fueron fertilizados y contadas las flores, frutos y hojas por cada rama seleccionada.

Fórmulas utilizadas:

$$\text{Clorofila total (mg/g)} = \frac{(7.12 \cdot \% \text{Abs660nm}) + (16.8 \cdot \% \text{Abs643nm})}{(10 \cdot 2.5\text{g})}$$

$$\text{Clorofila a (mg/g)} = \frac{(9.93 \cdot \% \text{Abs660nm}) - (0.777 \cdot \% \text{Abs643nm})}{(10 \cdot 2.5\text{g})}$$

$$\text{Clorofila b (mg/g)} = \frac{(17.6 \cdot \% \text{Abs643nm}) - (2.81 \cdot \% \text{Abs660nm})}{(10 \cdot 2.5\text{g})}$$

Descripción de los tratamientos

Cuadro 1.- Tratamientos aplicados para la Floración, Amarre Fruto y cantidad de clorofila total en Manzano.

Trat	Productos	Dosis gr/árbol	Repeticiones
1	Sulfato De Magnesio Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	3
2	Triple 19 Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	3
3	Urea Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	3
4	Triple 19 Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	3
Test	Urea Sulfato de Magnesio	7.5 g 7.5 gr	3

Diseño experimental

El diseño utilizado en el experimento fue bloques al azar, con 4 tratamientos y cada uno con 3 repeticiones.

Fechas de las aplicaciones de cada uno de los tratamientos (antes de la floración)

- La primera aplicación fue el 09 de septiembre del 2016.
- La segunda aplicación fue el 09 de octubre del 2016.
- La tercera aplicación fue el 09 de noviembre del 2016.

Variables a Evaluar

Número de Flores/rama

Para determinar esta variable se cuantificaron las flores de cada tratamiento.

Número de Frutos/rama

Para determinar esta variable se cuantificaron los frutos de cada uno de los tratamientos.

Cantidad de clorofila total hojas/rama

Para determinar esta variable se recolectaron las hojas de las ramas seleccionadas, para posteriormente ser trituradas en un mortero aplicando etanol para la extracción de clorofila.

Análisis de Estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó usando el programa SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System) bajo el modelo de bloques al azar posteriormente se realizó la comparación de medias, empleando la prueba de promedios de Duncan al 5%.

IV. Resultados y Discusión:

Numero de flores:

Una vez analizado los resultados se observó que el tratamiento (3) que consistió en Urea, mas Quelato de Fierro fue el que obtuvo el mayor número de flores promediando 22 flores por rama, seguido del tratamiento (4) Triple 19, mas Quelato de Fierro promediando 20 frutos por fruto por rama . (Cuadro 1)

En el tratamiento testigo (Sulfato de Magnesio, Urea) se contabilizó un promedio de 16 (flores por rama). Por lo que los tratamientos fueron superiores en un 37.5% al testigo. Esto coincide con lo reportado por **Ryugo(1988)** donde menciona que la condición de la nutrición en los arboles de manzano influye sobre la calidad y cantidad de la flor ya que los niveles adecuados de nitrógeno fosforo y calcio afectan directamente el desarrollo de los órganos reproductores.

Cuadro 1.- Numero de flores por efecto de la aplicación de fertilizantes en el Periodo de pos cosecha

Trat	Productos	Dosis gr/árbol	Promedio de flores
1	Sulfato De Magnesio Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	12
2	Triple 19 Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	14
3	Urea Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	22
4	Triple 19 Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	20
Test	Urea Sulfato de Magnesio	7.5 g 7.5 gr	16

Numero de frutos:

Una vez analizados los resultados se observo que el tratamiento 1 (Sulfato de Magnesio, Urea, Quelato de Fierro) fue el que obtuvo mayor amarre de frutos promediando 6 (frutos por rama) seguido del tratamiento 3 (Urea, Quelato de Fierro) promediando 4 frutos por árbol, muy similar al tratamiento 4 (Triple 19 , Quelato de Fierro) promediando 4 (frutos por árbol). **Cuadro 2.** En el tratamiento testigo (Sulfato de Magnesio, Urea) se contabilizo 2 (frutos por rama). Por lo que al amarre fue de un 50% en el tratamiento 1 un 18% en el tres y en el tratamiento cuatro fue de un 20%. Esto supera lo reportado por **Ramírez y Cepeda**, (2001) donde menciona que un árbol de manzano carga aproximadamente 100 000 flores, pero sólo es suficiente del 2 al 4% de estas lleguen a un buen término para que el fructificación sea suficiente y se logre una buena producción.

Cuadro 2.- Numero de frutos por efecto de la aplicación de fertilizantes en el Periodo de post-cosecha

.Trat	Productos	Dosis gr/árbol	Promedio de frutos
1	Sulfato De Magnesio Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	6
2	Triple 19 Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	3
3	Urea Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	4
4	Triple 19 Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	4
Test	Urea Sulfato de Magnesio	7.5 g 7.5 gr	2

Clorofila total:

Una vez analizado los resultados se observó que el tratamiento 1 (Sulfato de Magnesio, Urea, Quelato de Fierro) fue el que obtuvo la mayor cantidad promediando 2.6 mg de clorofila por gramo de hoja. Seguido del tratamiento 2 (Triple 19, Urea, Quelato de Fierro) promediando 1.7 mg de clorofila por g de hoja muy similar al tratamiento 4 (Triple 19, Quelato de Fierro) el que promediando 1.5 mg de clorofila por g de hoja **Cuadro3**. Por otro lado, se observa que los tratamientos aplicados con Quelatos de Fierro mejoran notablemente la cantidad de clorofila total esto coincide con lo reportados por **(Rodríguez1974)**. Donde menciona que el hierro tiene gran influencia en la formación de la clorofila, aunque no forme parte de ella. Por esta razón, la falta de hierro siempre da lugar a clorosis o amarillamiento.

Cuadro 3.- Promedio de clorofila total por efecto de las aplicaciones de fertilizantes en el periodo de post- cosecha.

Trat	Productos	Dosis gr/árbol	Promedio de clorofila total
1	Sulfato De Magnesio Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	2.6052
2	Triple 19 Urea Quelato de Fierro	5 g 5 g 5 g	1.7036
3	Urea Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	0.7230
4	Triple 19 Quelato de Fierro	7.5 g 7.5 g	1.5864
Test	Urea Sulfato de Magnesio	7.5 g 7.5 gr	0.2666

V. Conclusión:

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo, es probable que se pueda incrementar en un 37.5 % la floración en manzano aplicando Urea, Quelato de fierro, Triple 19 en los meses de octubre noviembre y diciembre.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo al aplicar Sulfato de Magnesio, es probable que se pueda incrementar hasta un 50 % el amarre de frutos en manzano.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo al aplicar Sulfato de Magnesio, es probable que se pueda incrementar hasta un 90% la cantidad de clorofila por g de hoja en manzano.

Bibliografía

- Díaz, M.D.H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. Ed. AGT Editor, S.A. México.
147-173 pp.
- Alvarez, R.S.1988. El Manzano. 5a Edición . Editorial Aedos,S.A. Barcelona,
España.
- Tamaro D, Dr. 1968. Tratado de Fruticultura. 4a Edición. Editorial Gili S.A.
Barcelona España.
- Mesejo, C. C. 2012. Citricultura. El Cuajado del Fruto, Polinización y
Partenocarpia. Las giberelinas. Departamento de producción vegetal.
Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España.
- Miranda, C. 2010. Polinización y cuajado en árboles frutales. Departamento de
Producción Agraria. Sección de Fruticultura y Viticultura. Universidad
Pública de Navarra
- Tamaro, D, Dr. 1974. Tratado de Fruticultura. G. Gili.S.A. Barcelona España.
- Calderon, A,E. 1983. La Poda de los Arboles. 3a Edición. Limusa. México.
- Cepeda ,D , J, M. 1983. Química de Suelos. UAAAN, Buenavista,
Saltillo,Coahuila, México.
- Cepeda, C.A. 1981. Efecto de la Fecha de Recolección de Manzana (*Malus
Silvestris* Hill) Sobre la Maduración en refrigeración. Tesis Licenciatura.
Horticultura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.

- Mata, B. A. 2002. Las visitas de abejas por flor: su efecto en la producción del manzano Golden Delicious. Tesis licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 56 p.
- Cepeda, S. N. Y F. D. Hernández, 1983. Revisión Bibliográfica de Enfermedades Asociados Al Cultivo del Manzano (Pyrus Malas L.), Boletín N.8, U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo, Coahuila.México.
- Edmon, J.B. 1976. Principios de la Horticultura. 3a Edición, Traducida por Federico G. Editorial. C.E.C.S.A. México. D.F. 34
- Juscáfresa. B. 1978. Árboles Frutales. 6a Edición. Editorial Aedos. S.A. Barcelona España.
- Loué, Andre. 1988. Los Microelementos en la Agricultura. Edición. México D.F. P.62.
- RODRÍGUEZ, J. L. 2002. Inducción a la floración y cuajado de frutos. Revista Productores de Hortalizas 24: 20.
- Tamaro D, Dr. 1968. Tratado de Fruticultura. 4a Edición. Editorial Gili S.A. Barcelona España.
- Tamaro, D, Dr. 1974. Tratado de Fruticultura. G. Gili.S.A. Barcelona España.
- Tamhane, R, V. 1983. Suelos: Su Química Y Fertilidad En Zonas Tropicales. Editorial Diana. Mexico.D.F.
- Telles, O. 1945. El Manzano Y El Peral, Balome. Truco Editor. México.
- Tisdale, L.S. Y Nelson, L.W. 1991. Fertilidad de los Suelos Y Fertilizantes. 1a Edición
- Trocme Y Grass,Raymon. 1979. Suelos Fertilizantes En Fruticultura. 2a Edición Editorial Mindi-Prensa. Madrid España.

Calderón, A. E. 1985. Fruticultura General. Tercera edición. Editorial Limusa.
México.

Calderón, A. E. 1987. Fruticultura general. El esfuerzo del hombre. Editorial
Limusa, México. p. 763.

Calderón, A. E. 1990. Manual del Fruticultor Moderno. Vol. 2. Ediciones Ciencia
y Técnica. SA pp 211-282.