

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS
ESPECIALIDAD EN CIENCIAS AGRÍCOLAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



ASIGNACIÓN DE MATERIA SECA Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL
EN BROTES ANUALES DE MANGO CV. ATULFO MANEJADOS
CON PODA MECANIZADA

TESIS

Que para obtener el título de Maestro en Ciencias

Presenta:

Vania Soledad Cruz Barrón

Director de tesis:

Dr. Rubén Bugarín Montoya

Xalisco, Nayarit, Julio 2011

Xalisco, Nayarit 29 de junio de 2011

DR. J. DIEGO GARGIA PAREDES
COORDINADOR DE POSGRADO CBAP
PRESENTE

Los que suscribimos, integrantes del Consejo Tutorial de la alumna **Vania Soledad Cruz Barrón**, declaramos que hemos revisado la tesis titulada **"Asignación de materia seca y extracción nutrimental en brotes anuales de mango cv. Ataulfo manejados con poda mecanizada"** y determinamos que la tesis puede ser presentada por la alumna para aspirar al grado de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias con opción terminal Ciencias Agrícolas.

ATENTAMENTE
EL CONSEJO TUTORIAL



Dr. Rubén Bugarín Montoya
Director



Dr. Gelacio Alejo Santiago
Coodirector



Dr. Gregorio Luna Esquivel
Asesor



Dr. Juan Apolinar Aguilar Castillo
Asesor



Dr. Diego García Paredes
Asesor



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/165/11

Xalisco, Nayarit., 29 de junio de 2011

Ing. Alfredo González Jáuregui
Director de Administración Escolar
Presente.

Con base al oficio de fecha 29 de junio de 2011, enviado por los CC. Dr. Rubén Bugarín Montoya, Dr. Gelacio Alejo Santiago, Dr. Gregorio Luna Esquivel, Dr. Juan Apolinar Aguilar Castillo y Dr. Diego García Paredes, donde se nos indica que el trabajo de tesis titulado "Asignación de materia seca y extracción nutrimental en brotes anuales de mango cv. Ataulfo manejados con poda mecanizada," cumple con lo establecido en forma y contenido, debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza a la C. Vanía Soledad Cruz Barrón, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente

"Por lo Nuestro a lo Universal"



Dr. J. Diego García Paredes
Coordinador del Posgrado

C.c.p.-Minutario.
C.c.p.-Expediente.

ref.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Autónoma de Nayarit y a CONACYT por el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría, así como también al Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias por el apoyo brindado durante mi formación como estudiante de maestría.

Mi más sincero agradecimiento y reconocimiento al Dr. Rubén Bugarín Montoya, por haberme guiado en la investigación científica desde mi formación como estudiante de licenciatura así como de maestría y sobre todo gracias por su apoyo y confianza en la realización de este proyecto.

Agradezco a mi consejo tutorial: Dr. Gelacio Alejo Santiago, Dr. Gregorio Luna Esquivel, Dr. Juan Apolinar Aguilar Castillo y Dr. Diego García Paredes, por el tiempo dedicado en la revisión de este trabajo, por su estímulo, paciencia, apoyo y comprensión a lo largo de este proyecto.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Chapingo y al Colegio de Posgraduados campus Montecillo Edo. De México por el apoyo brindado durante mi estancia académica, así como al Dr. Arturo Galvis Spinola, la Dra. Teresa Marcela Hernández Mendoza y al Sr. Gonzalo Galván por sus asesorías y colaboración en los experimentos de laboratorio.

Agradezco a la empresa NATURAMEX, y al productor Abelardo González por el apoyo y confianza para la realización de este proyecto así como las facilidades brindadas durante la etapa experimental de esta investigación.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

Agradezco a la Unidad Académica de Agricultura, por el apoyo y espacio brindado para la realización de los experimentos en el laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Planta.

Agradezco al Ing. Agrónomo Ricardo Rodríguez Bray por su apoyo incondicional y colaboración en los experimentos de campo y laboratorio siempre que lo requerí.

Agradezco a mis compañeras de maestría: Yael Bernal y Laura Ortega por su ánimo y apoyo y sobre todo por los buenos momentos compartidos a la hora del café.

Agradezco infinitamente a mi familia, por su apoyo, cariño, comprensión, confianza y sobre todo por su paciencia. Gracias por estar siempre que los necesité.

Agradezco a todas y cada una de las personas que de alguna manera participaron en la realización de este proyecto: maestros, alumnos, prestadores de servicio social, de prácticas profesionales, trabajadores de la UAA y UAN, familiares, amigos, conocidos, a todos ustedes ¡Muchas Gracias!.

DEDICATORIAS

Guillermo Agustin, tú que has sido mi fortaleza y motivo para salir adelante, mi fuente de inspiración y razón de vivir. Con amor para ti mi pequeño hijo.

INDICE DE CUADROS

CAPÍTULO IV

Cuadro	Página
Cuadro 4. 1 Localización y características de los huertos seleccionados.....	38
Cuadro 4. 2 Número de hojas totales en brotes anuales emitidas a partir de la poda mecánica	44
Cuadro 4. 3 Número y porcentaje de frutos comerciales y mango "niño" en los huertos en estudio. Ciclo 2007-2008.	53
Cuadro 4. 4 Número y porcentaje de frutos comerciales y mango "niño" producidos por árbol. Ciclo 2008-2009.	53
Cuadro 4. 5 Producción de mango (kg) por árbol (2007-2008 y 2008-2009)	54
Cuadro 4. 6 Rendimiento estimado de mango en los huertos en estudio.....	54
Cuadro 4. 7 Temperatura y Humedad Relativa diurna y nocturna durante los meses de Febrero-Junio en cinco huertos de mango cv. 'Ataulfo'	55

CAPÍTULO V

Cuadro 5. 1 Metodología utilizada en el procesamiento de muestra.....	62
Cuadro 5. 2 Propiedades de los suelos en huertos seleccionados	63
Cuadro 5. 3 Peso fresco y peso seco del material de poda en los huertos seleccionados. Ciclo 2007-2008	64
Cuadro 5. 4 Peso fresco y peso seco del material de poda en los huertos seleccionados. Ciclo 2008-2009	64
Cuadro 5. 5 Extracción nutrimental en frutos en los diferentes huertos seleccionados	70
Cuadro 5. 6 Factores de demanda nutrimental considerando los contenidos nutrimentales y la biomasa producida en frutos y material de poda anual	71

INDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO IV

Figura	Página
Figura 4.1 Número de flujos vegetativos emitidos a partir del periodo de poda en cinco huertos de mango 'Ataulfo'. Ciclo 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07); y 2008-2009 (Romera1 (29/07/08); Playita (30/07/08); Pájaros2 (07/08/08); Pájaros1 (09/08/08), Romera2 (09/10/07).....	41
Figura 4. 2 Número de hojas emitidas en dos ciclos de producción a partir del período de poda en cinco huertos de mango 'Ataulfo'. Ciclo 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07); y 2008-2009 (Romera1 (29/07/08); Playita (30/07/08); Pájaros2 (07/08/08); Pájaros1 (09/08/08); Romera2 (09/10/07).....	44
Figura 4. 3 Longitud de brotes anuales en cinco huertos de mango 'Ataulfo'. Ciclo 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07); y 2008-2009 (Romera 1 (29/07/08); Playita (30/07/08); Pájaros 2 (07/08/08); Pájaros 1 (09/08/08); Romera 2 (09/10/07).....	46
Figura 4. 4 Longitud de inflorescencia a partir del periodo de poda, en cinco huertos de mango 'Ataulfo' Ciclo 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07).....	47
Figura 4. 5 Volumen de copa en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes periodos de poda Ciclo: 2008-2009 (Romera 2 (09/10/07); Romera 1 (29/07/08); Playita (30/07/08); Pájaros 2 (07/08/08); Pájaros 1 (09/08/08).....	48
Figura 4. 6 Producción Total por árbol en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes periodos de poda en dos ciclos de producción 2007-2008 y 2008-2009. Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$	50

Figura 4. 7 Producción de frutos comerciales por árbol en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes periodos de poda en dos ciclos de producción 2007-2008 y 2008-2009. Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$.	51
Figura 4. 8 Producción de frutos no comerciales (Mango 'niño') por árbol en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes periodos de poda en dos ciclos de producción 2007-2008 y 2008-2009. Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$.	53

CAPÍTULO V

Figura 5. 1 Materia seca acumulada (kg/árbol) durante los ciclos 2007-2008 en cuatro huertos de mango cv. Ataulfo, manejados con poda mecanizada. ANOVA y Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$. Barras con letras diferentes presentaron diferencias significativas.	66
Figura 5. 2 Extracción de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn en el material de poda de huertos de mango 'Ataulfo'.	69
Figura 5. 3 Contenido de N en hoja de mango cv. Ataulfo	72
Figura 5. 4 Contenido de P en hoja de mango cv. Ataulfo	73
Figura 5. 5 Contenido de K en hoja de mango cv. Ataulfo	74
Figura 5. 6 Contenido de Ca en hoja de mango cv. Ataulfo	74
Figura 5. 7 Contenido de Mg en hoja de mango cv. Ataulfo	75



CONTENIDO	Página
INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE FIGURAS	V
CAPÍTULO V	VI
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Sistema de producción de mango	2
2.1.1. Mango cv. Ataulfo	4
2.2. Requerimientos edáficos y climáticos	5
2.2.1. Requerimientos climáticos en etapa productiva	6
2.3. Fenología del cultivo del mango	7
2.3.1 Crecimiento y desarrollo vegetativo del mango	7
2.3.2. Floración	9
2.3.3. Fructificación	14
2.4. Poda en el cultivo del mango	14
2.4.1. Ventajas y desventajas de la poda	15
2.4.2. Tipos de poda	16
2.4.3. Efecto de la poda en la fenología del mango	20
2.4.4. Índice de área foliar	22
2.5 Nutrición mineral en mango	23
2.5.1. Dosis de Fertilización	24
2.5.2. Dinámica Nutricional	29
2.5.3. Distribución de materia seca	31
2.5.4. Contenido nutricional en diferentes etapas fenológicas	31
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	34
3.1. Hipótesis	34
3.2. Objetivos	34
IV. LA PODA MECANIZADA EN LA FENOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE MANGO 'ATAULFO'	35
4.1. INTRODUCCIÓN	36
4.2. MATERIALES y MÉTODOS	37
4.2.1. Variables fenológicas	37

4.2.2. Producción de mango 'Ataulfo'	40
4.2.3. Análisis estadísticos.....	40
4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.3.1. Variables fenológicas.....	41
4.3.2. Producción de mango 'Ataulfo'	48
4.3.3. Temperatura y Humedad relativa	54
4.4 CONCLUSIONES.....	56
V. PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN MANGO 'ATAULFO'	57
5.1. INTRODUCCIÓN	58
5.2 Materiales y Métodos	60
5.2.1 Propiedades de los suelos en los huertos seleccionados	60
5.2.2 Poda	60
5.2.3. Cuantificación de biomasa aérea derivada de la poda	61
5.2.4. Cuantificación del contenido nutrimental en material de poda y frutos	61
5.2.5. Contenido nutrimental foliar en brotes anuales de mango 'Ataulfo'	62
5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	63
5.3.1. Análisis de suelo.....	63
5.3.2. Producción de biomasa en función de frecuencia de poda.....	64
5.3.3. Contenido y extracción nutrimental en material de poda	66
5.3.4. Extracción Nutrimental en fruto.....	70
5.3.5 Factores de demanda nutrimental	70
5.3.6. Contenido nutrimental foliar.....	71
5.4. CONCLUSIONES.....	76
VI. LITERATURA CITADA.....	77

RESUMEN

La determinación del momento oportuno de la poda mecánica después de la cosecha de frutos y la cuantificación de la demanda nutrimental, son esenciales para plantear estrategias de manejo en huertos de mango 'Ataulfo'. Los objetivos de ésta investigación fueron establecer el mejor periodo de poda mecanizada a partir de la cosecha, la determinación de los factores de demanda nutrimental considerando los requerimientos en el material de poda anual y los frutos cosechados, así como el contenido nutrimental foliar en brotes anuales, durante las etapas vegetativas, floración, fructificación y postcosecha durante dos ciclos de producción. La fecha de la poda mecánica promovió efectos significativos en la emisión de flujos vegetativos, número de hojas producidas, longitud de brote anual, así como en la producción de mango 'Ataulfo'. La producción de mango "niño", no fue atribuible al efecto de la poda. Asimismo, la acumulación de biomasa aérea en mango 'Ataulfo' estuvo asociada a la frecuencia de poda anual o bianual, así como a los días transcurridos desde la cosecha al momento de poda. Los árboles podados bianualmente, acumularon 200 % más de biomasa aérea en comparación a los árboles con poda anual. Se determinaron factores de demanda nutrimental, considerando los requerimientos nutrimentales en el material de poda anual y en los frutos frescos producidos. El contenido nutrimental foliar en brotes anuales varió entre las etapas de crecimiento vegetativo, floración, fructificación y postcosecha. La fecha de poda mecánica y la localidad, no tuvieron efecto sobre los valores del contenido nutrimental foliar.

SUMMARY

The determination of the timing mechanical pruning after the fruit harvest and quantification of nutrient demand are essential to raise management strategies in orchards mango 'Ataulfo'. The objectives of this research were to establish the best time for mechanical pruning from the harvest, the determination of nutrient demand factors in considering the requirements for annual pruning material and harvested fruits and leaf nutrient content in annual outbreaks during the vegetative stages, flowering, fruiting and post for two production cycles. The date of mechanical pruning promoted significant effects on emission of vegetative shoots, number of leaves produced, annual shoot length and the production of mango 'Ataulfo'. The production of mango "niño" was not attributable to the effect of pruning. The accumulation of biomass in mango 'Ataulfo' was associated with the frequency of annual or biannual pruning, as well as the days from harvest to pruning. Trees pruned every two year, accumulated 200 % more biomass compared to trees with annual pruning. The factors of nutrient demand considering the nutritional requirements in the annual pruning material and fresh fruit produced. Leaf nutrient content in annual shoots varied between the stages of vegetative growth, flowering, fruiting and post. Mechanical pruning date and location had no effect in values of leaf nutrition status.

I. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es el quinto fruto más consumido en el mundo y el tercer fruto tropical con mayor producción e importación (Galán, 1999). México es el principal exportador a nivel mundial y ocupa el 4º lugar en producción de mango con 183 000 ha de superficie establecida, superado por India, China y Tailandia respectivamente (SAGARPA-SIAP, 2007). El Estado de Nayarit, se encuentra entre los principales productores de mango en México, con una superficie establecida de 21, 746 ha, cuya producción asciende a 148, 793 t, donde predominan los cultivares Ataulfo (35 %), Tommy Atkins (29 %), Haden (9 %), Kent (9 %), Keitt (7 %) (SAGARPA-SIAP, 2007).

El mejoramiento de la producción de los huertos de mango es un aspecto fundamental para incrementar la rentabilidad de estos sistemas de producción. En la actualidad, el manejo de los huertos modernos tiende a ser más integral, donde se incluyen entre otras prácticas, la poda manual o mecánica para reducir el porte de los árboles, adecuado manejo de la nutrición mineral, control de plagas y enfermedades, así como un mejoramiento del manejo postcosecha (Campbell y Wasielewski, 2000).

En mango, está documentado que la poda manual o mecánica, permite regular el desarrollo de la planta en función del equilibrio fisiológico así como la producción uniforme y el incremento de los rendimientos (Avilán *et al.*, 2000). La superficie establecida con mango cv. Ataulfo, manejados con poda en el Estado de Nayarit se ha incrementado al igual que en otras regiones del país. A la par de los beneficios derivados de la poda en huertos de mango, existen aspectos que se deben dilucidar a fin de mejorar el manejo de los huertos podados, tal es el caso del momento de la poda después de la cosecha, es decir determinar hasta cuando es factible podar en forma mecánica sin afectar de manera negativa la generación de brotes vegetativos y florales del siguiente ciclo de producción, así también documentar como afecta la fecha de poda en la cantidad de biomasa generada en brotes anuales y rendimiento de fruto en mango cv. Ataulfo. Otro aspecto importante, es la generación de

conocimiento de los requerimientos nutrimentales en árboles de mango con poda, lo que permitirá establecer estrategias apropiadas para el manejo de la nutrición mineral.

La acumulación de biomasa aérea en huertos podados de mango es cíclica y ofrece la perspectiva de que mediante la cuantificación de ésta y la concentración nutrimental en el material de poda, es posible determinar la demanda nutrimental en forma más precisa. Por supuesto que se deben considerar además las cantidades de reserva que se encuentran en estructuras permanentes del árbol para conocer la demanda total.

En este orden de ideas, la presente investigación tiene como propósito generar información técnica sobre la fecha de poda más conveniente después de la cosecha en huertos de mango cv. Ataulfo, cuantificación de biomasa aérea, factores de demanda nutrimental y contenido nutrimental foliar de macro y micronutrientes. Mediante la información generada será posible adecuar estrategias de manejo de la poda y fertilización mineral en huertos de mango.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistema de producción de mango

El mango, es uno de los frutales tropicales más importantes a nivel mundial, y figura dentro de los frutales de mayor demanda a nivel nacional y mundial superado tan sólo por cultivos como: café, caña de azúcar y naranja. El principal destino de este fruto es para consumo fresco así como la utilización de procesos industriales (Galán, 1999; SAGARPA-SIAP, 2007).

En México, la demanda de este frutal, ocasionó el establecimiento de nuevas plantaciones. Durante los últimos diez años se plantaron 26 mil hectáreas de mango

aproximadamente. Lo anterior, coloca a nuestro país como el principal país exportador de mango y el cuarto país productor de este cultivo, siendo los principales cultivares: 'Ataulfo', 'Manila', 'Kent', 'Tommy Atkins' y 'Keitt'. Hasta el 2007, la superficie establecida en México fue de 183 mil has aproximadamente, las cuales están distribuidas en los estados de Veracruz (16.5 %), Sinaloa (15.1 %), Michoacán (13.1 %), Chiapas (13 %), Guerrero (11.9 %), Nayarit (11.5 %), Oaxaca (9.8 %) y Otros (9.2 %) (SAGARPA-SIAP, 2007).

Desafortunadamente el incremento en la superficie cultivada y cosechada no se reflejó en la producción de este cultivo, ya que en el 2007, se cuantificó una superficie cosechada de 171 mil ha con una tasa promedio de crecimiento anual de 159.1 mil ha, cuya producción alcanzada fue de 1 701 000 t producidas por los estados de Sinaloa (21 %), Guerrero (17.5 %), Nayarit (14.2 %), Oaxaca (10.9 %) y el resto de los estados con un aporte menor del 10 %. Lo anterior, señala que a pesar del potencial productivo de este fruto, existen factores edafoclimáticos y de manejo agronómico que afectan la productividad de huertos de mango (Guzmán *et al.*, 1998; SAGARPA-SIAP, 2007; Avilán *et al.*, 2007).

En cuanto a las condiciones ambientales, como es el caso de las variaciones estacionales térmicas, así como la presencia de lluvia, heladas y humedad de suelo, están involucradas de manera directa con el crecimiento del árbol principalmente en frutales tropicales y subtropicales, donde la temperatura ambiente y la humedad del suelo, permiten el crecimiento excesivo del árbol convirtiéndolo improductivo en corto tiempo. Lo anterior se observó en el estado de Veracruz, donde la producción disminuyó en 3.3 % en los últimos diez años a causa de las condiciones climáticas que se han presentado, caso contrario sucedió en Nayarit, que a pesar de ser un estado con superficie inferior a otros estados se ha destacado principalmente por los rendimientos alcanzados y por tener la mejor calidad en su producto de exportación. El 2002, fue uno de los mejores años de producción para el estado de Nayarit, cuyo rendimiento fue de 15 t ha⁻¹. Además de las condiciones ambientales, el manejo agronómico es importante en la producción de mango, que engloba la nutrición

mineral y su relación con el desarrollo del cultivo, fertilización, riego, uso de poda, anillado, reguladores de crecimiento, producción forzada y altas densidades (Avilán, 1992, 1999; Avilán, *et al.*, 2005; SAGARPA-SIAP, 2007).

En Nayarit, el marco de plantación más utilizado es de 10 x 10 m, es decir, 100 árboles ha⁻¹. Sin embargo, con el paso de los años y mediante el uso de poda fue posible incrementar la densidad de plantación a 5 x 5 m. Cabe mencionar, que existen países donde la densidad de plantación varía de 250 a 1000 árboles ha⁻¹ como: Brasil, Sudáfrica, India y Australia. Lo anterior, señala que es necesario el implemento de técnicas agronómicas que permitan elevar la productividad del cultivo mediante el conocimiento pleno del desarrollo del cultivo para tener éxito en el manejo de la producción (Galán, 1999; Avilán, 2008; Vázquez-Valdivia *et al.*, 2009).

Por otro lado, Nayarit cuenta con una superficie cultivada de 21, 746 ha cuya producción fue de 148 793 t con rendimiento promedio de 7.1 t ha⁻¹ siendo Tepic, Compostela y Santiago Ixcuintla los principales municipios productores. Asimismo, Nayarit figura por ser un estado productor de mango 'Ataulfo', cultivar que se caracteriza por ser de origen Mexicano, con excelente calidad de exportación y vida de anaquel superior al resto de los cultivares (SAGARPA-SIAP, 2007).

2.1.1. Mango cv. Ataulfo

Es el único cultivar originario de México con calidad de exportación. Es un cultivar poliembriónico, que da origen a plantas vigorosas y con hábito de crecimiento desorganizado, ya que produce ramas largas con poca ramificación, por lo que para formar una copa bien estructurada es necesario realizar podas de formación. Es el cultivar más nuevo en el mercado de exportación y tiene muy buena aceptación sobre todo entre latinos y asiáticos. La vida de anaquel es excelente, superando a los cultivares floridianos (Vázquez y Pérez, 2006).

Con base a las estadísticas, este cultivar logra permanentemente un precio superior a las variedades que compiten en el mercado. Es susceptible a cenicilla, antracnosis, trips y ácaros y puede presentar una pudrición en el pedúnculo. También presenta alta incidencia de frutos partenocárpicos o "mango niño", los cuales alcanzan solo un cuarto o un sexto del tamaño de un fruto normal. El fruto es de excelente calidad con un peso promedio de 250 a 300 g; alcanza una madurez fisiológica cuando presenta un color verde amarillento, el cual se torna a un color amarillo-anaranjado, con un contenido de 18 °Brix en pulpa y una firmeza de 10 000 newtons (Vázquez-Valdivia *et al.*, 2000). Su consumo debe ser cuando el 100 % de la epidermis alcanza un color amarillo naranja, pues cuando no ha madurado lo suficiente, tiene un fuerte sabor a trementina. Los frutos expuestos a temperatura ambiente, alcanzan una vida de anaquel de dos a cuatro días más que los cultivares floridanos (EMEX, 1998).

2.2. Requerimientos edáficos y climáticos

El cultivo del mango se desarrolla en suelos fértiles con pH de 5.5 a 7.5, profundos y con buen drenaje. Sin embargo, es un frutal que se adapta a una gran cantidad de suelos, de textura diversa así como suelos pedregosos con pendientes pronunciadas e incluso ha logrado desarrollarse desde los 3 a los 500 msnm. La profundidad de suelo que éste necesita para desarrollarse, varía de los 40 a 80 cm, y depende considerablemente de la humedad y el drenaje; asimismo, es tolerante a los suelos de baja fertilidad y a la sequía (Mosqueda y Mata, 1998; Galán, 1999; Yuniarti y Santoso, 2000).

El mango se adapta a un amplio intervalo de climas, por lo que se cultiva tanto en zonas tropicales como subtropicales, de los 30° LN a 30° LS. Esta especie, puede desarrollarse hasta los 37° de latitud a partir del Ecuador (Mukherjee, 1953; Galán, 1990).

Por otro lado, la temperatura es otro factor que interviene en el crecimiento y desarrollo del mango. Este cultivo, puede tolerar temperaturas desde 4.4 hasta

50 °C; sin embargo, las temperaturas óptimas para el desarrollo de esta especie se encuentran entre 24 y 27 °C (Mosqueda *et al.* 1998). Durante el período de invierno tolera una temperatura mínima de 10 °C, mientras que en primavera tolera una mínima superior a 15 °C. La presencia de heladas es un factor limitante para el cultivo del mango, indicándose -6 °C como límite extremo y ocurriendo la muerte tras 13 h de exposición a -4 ó -6 °C (Campbell y Wasielewski, 2000; Sukhvibul *et al.*, 2004).

En Nayarit, las zonas productoras de mango presentan temperaturas mínimas que van desde los 16 a 20 °C y temperaturas máximas de 25 a 34 °C con clima cálido subhúmedo y lluvias en verano (Aw, (w)), cuya precipitación anual varía de 1250 a 1800 mm (González *et al.*, 1998; INIFAP).

2.2.1. Requerimientos climáticos en etapa productiva

El mango florece durante los meses de diciembre a febrero en las regiones tropicales y subtropicales del hemisferio norte, donde las temperaturas de 13 a 19 °C estimulan el desarrollo de las yemas florales, mientras que temperaturas de 25 a 31 °C inhiben la inducción floral. Asimismo, árboles jóvenes florecen con temperatura diurna de 15 a 18 °C y nocturna de 10 °C expuestos en período de 21 a 35 d. Lo anterior indica que el estímulo floral está dado por la presencia de bajas temperaturas, ya que éstas causan la salida del reposo y el calor primaveral determina la época de floración. Sin embargo, temperaturas inferiores a los 10 °C durante el período de floración reducen el desarrollo de flores hermafroditas y promueve las flores masculinas, mientras que durante el período de polinización estas mismas temperaturas afectan el proceso de meiosis de las células microsporas (Shu and Sheen, 1987; Mosqueda, 1989; Coletto, 1994; Shu, 1994; Osuna-Encino, *et al.*, 2000; Sukhvibul *et al.*, 2005).

La temperatura así como el estrés hídrico son indispensables en el desarrollo del mango principalmente en el período de floración, donde un período de estrés hídrico induce la floración del mango debido a que la deficiencia de agua afecta la turgencia de las células de las yemas florales. Por otro lado, es necesaria la presencia de bajas

temperaturas y períodos de sequía para lograr la floración del mango, sobre todo en lugares donde las estaciones no están bien definidas (Galán, 1999; Osuna-Encino *et al.*, 2000).

Núñez-Elisea y Davenport (1994), señalaron que el éxito de un estrés hídrico en el cultivo del mango depende del período en que éste se realice, es decir, período de sequía aplicado durante el otoño promueve el rompimiento temprano de la yema floral, mientras que un estrés hídrico durante el verano no genera respuesta productiva. Sin embargo, Galán (1999) mencionó que en regiones tropicales, el estrés hídrico es el responsable de la inducción floral e incluso refuerza la intensidad y sincroniza la floración en zonas subtropicales.

2.3. Fenología del cultivo del mango

2.3.1 Crecimiento y desarrollo vegetativo del mango

El crecimiento de mango se presenta en flujos vegetativos y el número que logra emitir depende de las condiciones climáticas en las que se desarrolla. Estudios realizados por Whiley *et al.*, (1991) señalan que el mango 'Haden', tiene crecimiento moderado a temperaturas de 15 a 20 °C; sin embargo, si se presentan temperaturas de 25 a 30 °C, se genera la producción de dos a tres veces más flujos vegetativos con mayor peso de materia seca que los flujos desarrollados en temperaturas inferiores a los 14 °C. Por otro lado, Kurup (1967), reportó que el árbol de mango puede emitir hasta 5 brotaciones vegetativas y tan sólo 2 ó 3 están bien definidas debido a las condiciones ambientales, tipo de cultivar y regiones en las que se desarrolla el cultivo.

Estudios realizados en Venezuela con mango 'Haden' reportaron que la primera brotación se sobrepone con el final de la fase de fructificación; mientras la segunda sucede después de un período de reposo de aproximadamente dos meses a partir del primer flujo (Cumare y Avilán, 1994).

El crecimiento vegetativo y la fase productiva de los brotes de mango están determinados por el tiempo, es decir, el desarrollo vegetativo se detiene para dar inicio al período de floración (Galán, 1999). Estudios realizados en Australia, por Chacko y Turnbull (1992) señalaron que el brote y la expansión foliar en un flujo individual ocurre rápidamente durante un período de dos semanas. Mientras que en la India, Ferrari y Sargent (1996), y Simao (1960) en Sao Paulo, Brasil, indican que cada período vegetativo dura de 30 a 45 d; los 15 ó 20 d primeros d son utilizados para el desarrollo del brote en longitud y diámetro, y los restantes para completar la maduración, cerrando así el periodo activo (Avilán, *et al.*, 2000).

El crecimiento vegetativo del mango, se presenta en flujos y éstos se desarrollan en la yema apical o lateral de los tallos, los cuales, al transcurrir dos semanas aproximadamente se convierten en un nuevo tallo terminal y da lugar a nuevos flujos vegetativos o reproductivos. A diferencia de los flujos vegetativos, el desarrollo de los flujos reproductivos se presenta una vez al año en tallos o brotes individuales (Davenport, 2007).

La iniciación del crecimiento de los brotes es el comienzo del desarrollo de los flujos vegetativos o productivos. Los primeros eventos que ocurren al comienzo de la iniciación son la división celular y la elongación de las células latentes en los primordios florares y/o meristemas axilares, seguidos por la división celular del meristemo apical. Además, es necesaria una previa inducción que provoque una respuesta fisiológica a los factores externos e internos de la planta, como son: temperatura, estrés hídrico, poda, fertilización nitrogenada, riego, entre otros (Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Davenport, 2000, 2003).

El mango puede producir 5 tipos distintos de brotes: 1) Brote vegetativo (sólo hojas), 2) Inflorescencia pura (sólo flores). 3) Brote mixto (hojas y flores; estas últimas casi siempre en las axilas de las hojas). 4) Brote de transición vegetativo a floral (hojas en la parte inferior y flores en la superior). 5) Brote de transición floral a vegetativa (flores en la parte inferior y hojas en la parte superior) y 6) brote quimérico (flores a un lado y hojas a otro) (Davenport y Núñez-Elisea 1997).

Los brotes emitidos en respuesta al estímulo de la inducción, son determinados por otros factores que se presentan al inicio de la diferenciación sexual. Por ejemplo, una poda ligera en el subtrópico durante los meses de verano, emite brotes vegetativos en las yemas axilares; asimismo, si se poda durante los meses de invierno se promueve la iniciación floral en los brotes axilares (Mosqueda y Mata, 1998; Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Davenport, 2000, 2003, 2007).

Por otro lado, los brotes desarrollados a partir de la inducción floral, se definen durante el período de iniciación, una vez que la planta alcanzó su madurez fisiológica para convertirse en yemas vegetativas o productivas. Existen otros factores involucrados en el desarrollo de las yemas como son la acumulación de citoquininas en los primordios florales, la producción y transporte de auxinas desde raíz hasta las hojas, así como altas concentraciones de nitrógeno y abundante riego. Finalmente, el tipo de brote que logre desarrollarse es controlado en la diferenciación floral, mediante la temperatura y reguladores de crecimiento vegetativo o productivo (Mata y Mosqueda, 1998; Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Davenport, 2007).

2.3.2. Floración

El cambio que sufre la planta de estado vegetativo al reproductivo involucra cambios de morfogénesis y diferenciación celular en los meristemos de los brotes apicales como es la inducción y diferenciación floral. El periodo entre la diferenciación floral y la emergencia de las inflorescencias es de 29 días aproximadamente. Asimismo, el desarrollo de flores hermafroditas y masculinas está en función de la temperatura y el estrés ocasionado por sequía, el cual incrementa la intensidad y sincroniza la floración tanto en regiones tropicales como subtropicales (Reece *et al.*, 1946; 1949; Singh 1963; Goguey, 1995; Davenport y Núñez -Elisea, 1997; Galán Saúco 1999; Davenport, 2007).

La temperatura tiene efecto directo en el desarrollo del cultivo, ya que a menores o iguales a 19 °C (13 a 19 °C) durante siete semanas son determinantes para la inducción e iniciación floral en mango y el período mínimo de temperaturas bajas para que ocurra la floración es entre 21 y 30 d. Asimismo, temperaturas de 5-10 °C

durante la noche son apropiadas para la inducción floral (Shu y Sheen, 1987; Núñez, 1994; Batten y McConchie, 1995, Davenport 2007).

El estrés hídrico, es otro de los factores involucrados en los mecanismos de inducción floral. En regiones tropicales, se recomienda someter el cultivo a un estrés hídrico dos o tres meses antes de la floración. Además, es necesaria la presencia de bajas temperaturas para realizar la inducción, ya que el estrés hídrico no reemplaza el estímulo que generan las bajas temperaturas (Cassin *et al.*, 1969; Singh, 1977; Whiley, 1993; Nuñez-Elisea y Davenport, 1994; Chaikiattiyos *et al.*, 1994).

Lo anterior explica que la transición de los brotes productivos a vegetativo se debe al cambio de bajas a altas temperaturas durante el desarrollo de los flujos. De igual manera, la presencia de altas temperaturas durante la iniciación floral, disminuye el potencial de floración (Núñez, 1994; Batten y McConchie, 1995; citado por Davenport, 2007).

Por otro lado, la edad de los flujos, es otro de los factores involucrados en la inducción floral y se facilita en los tallos viejos del árbol, así como en aquellas inflorescencias que en el ciclo anterior desarrollaron brote vegetativo y no productivo; lo anterior, permite con facilidad el desarrollo de flor y fruto en el siguiente año de producción. Por otro lado, la floración también puede desarrollarse en brotes jóvenes, sobre todo cuando el árbol ha sido podado y se estimula el desarrollo de brotes en los tallos maduros o viejos (Galán, 1999; Davenport, 2007).

La floración se facilita en brotes viejos por la acumulación y obtención de reservas de hidrato de carbono, las cuales, son vitales para el crecimiento de las hojas, flores y frutos. En este sentido, la acumulación de carbohidratos se produce durante los meses de otoño-invierno previos a la floración, fundamentalmente en la raíz y madera del árbol. Los periodos de floración y fructificación demandan grandes cantidades de energía así como una disminución de las reservas (Galán, 1999).

La diferenciación floral comienza después de la cosecha y se relaciona con el estado morfológico y expansión de la yema. Sin embargo, cada año varía el inicio de la

diferenciación floral. Este proceso, da lugar a la formación de primordios en los diferentes verticilos florales hasta la fase de reposo y antesis (Coletto, 1994; Mosqueda y Mata, 1998; Davenport, 1997).

A continuación se mencionan los cuatro estadios en que se realiza la diferenciación floral (Mosqueda y Mata, 1998):

1) Ciclo generativo: Incremento en grosor y profundidad de la yema, seguido por un alargamiento e hinchazón de los puntos de crecimiento axilar.

2) Alargamiento del eje principal y desarrollo de los primordios florales en la panícula. La iniciación de los ejes secundarios es acropétala.

3) Alargamiento del eje principal e iniciación de los ejes primarios distales. Los ejes primarios basales se alargan, mientras que la diferenciación y el alargamiento de los ejes florales se dan de manera acropétala.

4) La iniciación y diferenciación de los ejes primarios y secundarios permiten el desarrollo del eje principal. Se puede observar la iniciación de las flores hermafroditas y masculinas en los ejes secundarios y terciario. Asimismo, ocurre la diferenciación de las flores hermafroditas y masculinas con cinco y ocho estadios, respectivamente.

Coletto (1994), señala que la fertilidad de las yemas se relaciona con el estado nutritivo del árbol. Una vez que se pasa el período de diferenciación, la yema entra en un período de reposo, donde presentan la máxima potencialidad de crecimiento sin embargo, no permanecen quietas debido al efecto inhibitor de los brotes en crecimiento.

El ABA es la hormona que desempeña el papel fundamental en mango. Se forma en las hojas adultas en fotoperiodo corto y se transloca vía floema hacia las yemas, donde origina la formación de escamas en lugar de primordios foliares. La salida del reposo de las yemas requiere un período de calor, el cual, puede ser sustituido por las condiciones fotoperiódicas de días largos, o bien la presencia de citoquininas y

giberelinas. La fase de post reposo se caracteriza por el aumento de peso seco de las yemas que conduce irreversiblemente a la brotación. Al término de esta fase, la yema recupera su capacidad para la brotación o floración (Coletto, 1994).

Estudios realizados por Davenport (2003), señalan que el desarrollo de yemas vegetativas, está asociado con la síntesis de giberelinas y la presencia de bajas temperaturas como ocurre en plantaciones situadas en la parte baja del trópico, donde las temperaturas son de 18 °C (Davenport, 2007).

La floración, surge a partir del mecanismo de diferenciación floral, en donde, las condiciones de estrés invernal y/o hídrico estimulan la apertura y desarrollo de las yemas florales. Sin embargo, factores como: cultivar, temperatura, humedad, clima, entre otros, se involucran en el desarrollo de la floración, la cual comienza con el estímulo de los brotes vegetativos y termina con el cuajado de frutos. Durante la floración ocurren procesos fenológicos como: formación del polen, polinización, germinación del polen, crecimiento del tubo polínico y fecundación (Coletto, 1994; Mata y Mosqueda, 1998; Galán-Saúco, 1999; Osuna-Enciso *et al.*, 2000; Davenport, 2007).

A partir de la diferenciación floral, la yema se desarrolla hasta formar una inflorescencia, la cual, varía según el cultivar establecido. Asimismo, se presenta en las yemas terminales y/o axilares de los brotes vegetativos. La floración comienza con la apertura de las primeras flores y cuando el 50-90 % de las flores están abiertas se le conoce como plena floración. La época y el tiempo de floración depende de factores genéticos, ambientales y culturales (Coletto, 1994; Mosqueda y Mata, 1998).

El proceso de anthesis en las flores masculinas y hermafroditas tienen duración de una a dos h, donde las primeras en abrir son las hermafroditas pero ambas permanecen frescas durante 24 h posteriores, el proceso de apertura se inicia entre las seis de la tarde y seis de la mañana, con un pico máximo entre las cero y cuatro h (Coletto, 1994; Mosqueda y Mata, 1998; Galán, 1999).

La inflorescencia del mango está formada por ejes ramificados primarios, secundarios, terciarios, rara vez cuaternarios y/o directamente en tres botones florales, algunas veces se acompañan de hojas. El color de la inflorescencia puede ser verde, amarillo o rojo según sea el cultivar y se oscurece a medida que ésta envejece. En la inflorescencia se localizan flores masculinas y hermafroditas, sin embargo las últimas se sitúan en el ápice de los ejes primarios, secundarios y terciarios. Las flores del mango son pentámeras, rara vez presentan 4 ó 7 pétalos. El número de flores por panícula varía de 100 a 17 000 flores según el cultivar, localidad, clima, posición dentro del árbol y productividad (Singh, 1963; Singh *et al.*, 1966; Galán, 1984; Goguey, 1995; Kosterman y Bompard, 1993; Mosqueda y Mata, 1998; Galán, 1999).

Las flores masculinas y hermafroditas, tienen un estambre fértil, con un filamento de color blanco, una antera rosada y cuatro estaminoides sin anteras. En las flores hermafroditas, el ovario es súpero, globoso, brillante y amarillo, presentando un estilo de inserción lateral de longitud similar al estambre, curvado hacia arriba, liso y con un estigma. Asimismo, las flores masculinas el ovario es muy reducido, e incluso algunas no presentan. En mango 'Manila', se observó que la longitud del gineceo comparada con la del estambre fértil dificulta la polinización cruzada, y por lo tanto el bajo amarre de fruto. Sin embargo, bajo condiciones ambientales favorables no se presenta este problema (Mosqueda y Mata, 1998; Galán, 1999).

Por otro lado, a pesar del número de estambres que tiene la flor, solo uno o dos son fértiles y capaces para desarrollar los granos de polen. Estudios realizados por Robbertse *et al.*,(1998) indican que el polen se desarrolla a partir de las meiosis de las células madres de microsporas situadas en las anteras jóvenes de los botones florales, las cuales, son muy sensibles a temperaturas menores de 10 °C (Galán, 1999).

Los granos de polen al ser adheridos al estigma germinan entre 1 y 2 h, éstos crecen en el tubo polínico hasta alcanzar el óvulo. Dentro de los tubos polínicos, se van al saco embrionario para fertilizar la célula gamética y célula central. Por otro lado, la

apertura de las flores inicia durante la noche, y alcanza su máxima apertura durante las 9 y 11 de la mañana, mientras la receptividad del estigma puede ocurrir 18 h antes de la antesis hasta 72 h después. La presencia de bajas temperaturas, afecta la polinización del mango, ya que temperaturas de 7-10 °C provocan el aborto del ovario a causa de un acortamiento del pistilo y a su vez la dicogamia protogínica, perjudicando la autopolinización, así como una disminución en la viabilidad del polen (Mosqueda y Mata, 1998; Galán, 1999).

La polinización en el mango es entomófila, principalmente por insectos del orden Díptera, como la mosca casera, Himenóptera como la abeja común, Lepidóptera y Heteróptera. Sin embargo, la polinización cruzada es la más importante en frutales debido a que las anteras y estigmas no maduran al mismo tiempo, este tipo de polinización mejora la fructificación del mango. (Coletto, 1994; Galán, 1997)

2.3.3. Fructificación

El amarre de fruto se inicia posterior a la polinización y fecundación, en el cual, el amarre de fruto es proporcional al número de flores perfectas, sin embargo, estudios realizados en mango 'Manila' señalan que el amarre varía de 22 a 46 %, mientras que el porcentaje de frutos que llega a maduración es de 0.15 a 0.25 % (Mata y Mosqueda, 1994).

El crecimiento del fruto de mango es de carácter sigmoide y se da en las paredes del ovario con la división y elongación celular. La duración del proceso varía con el cultivar y se detiene de cuatro a cinco semanas antes de la maduración fisiológica (Coletto, 1994; Mosqueda y Mata, 1998; Galán, 1999)

2.4. Poda en el cultivo del mango

Las condiciones climáticas en las que se desarrolla el cultivo del mango, inducen un excesivo y rápido crecimiento vegetativo que ocasionan la baja productividad del cultivo en corto tiempo (Avilán *et al.*, 2000).

El crecimiento del árbol es debido a la gran actividad biológica que presenta la planta en su interior y se expresa principalmente en la altura y formación del dosel vegetal. El mango alcanza alturas de 10 a 40 m, y diámetro de copa de 20 m. Asimismo, el dosel vegetal presenta gran número de brotes vegetativos que originan el sombreado, mala circulación de aire y baja penetración de luz; lo que se refleja de manera directa en mal desarrollo y calidad de frutos (Gil *et al.*, 1998; Galán, 1999; Avilán *et al.*, 2000 y Vázquez-Valdivia *et al.*, 2005). Por lo tanto, la poda que es un conjunto de operaciones a base de cortes y despuntes que se realizan en la planta, con el objetivo de conseguir una mejor adaptación del cultivo, así como, regular el desarrollo y conseguir un equilibrio fisiológico que permita el crecimiento controlado de la parte vegetativa y por ende una producción uniforme, ha estado revolucionando la fruticultura moderna (Avilán, 2000).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAHÍA



SISTEMAS DE SIEMBRAS

2.4.1. Ventajas y desventajas de la poda

Algunas de las ventajas de emplear la poda en mango según Avilán *et al.* (2005), son las siguientes:

- Estimular el desarrollo frecuente de nuevos retoños en árboles muy jóvenes y generación de nuevas ramificaciones con producción comercial de fruta temprana.
- Estimular crecimiento sincronizado de brotes vegetativos en toda la copa del árbol, y a su vez, remover estructuras de inflorescencias de la temporada anterior, los cuales inhiben el crecimiento de nuevos brotes.
- Estimular la ramificación de las ramas existentes, que tiene como resultado el incremento en la producción de frutos en el árbol.
- Restaurar con rapidez la productividad de los árboles a los que se les ha hecho una poda severa o de formación.
- Restringir las plagas y enfermedades al favorecer la luz, aireación y penetración de las aspersiones.

2.4.2. Tipos de poda

El cultivo de mango se ha orientado con podas de acuerdo a las necesidades de las regiones. Por citar ejemplos, en climas tropicales, se ha utilizado la poda únicamente con la finalidad de eliminar la madera seca, ramas enfermas o débiles a causa de los fuertes vientos generados por las lluvias y huracanes. Asimismo, el control del crecimiento y altura del árbol se efectúa mediante el corte de brotes situados en la parte apical o lateral de la copa con sierras rotatorias. En plantaciones ubicadas en climas subtropicales como Sudáfrica, se ha practicado la poda de formación para corregir el hábito de crecimiento, facilitar el desarrollo de la copa y evitar una floración precoz. Lo anterior se realizó en cultivares como 'Keitt', 'Palmer' y 'Van-Dyke' (Oosthuysen, 1993, 1995; Wolstenholme y Whaley, 1995; Galán, 1999).

Los periodos de crecimiento del mango se identifican desde las ramas terminales hasta el tronco principal del árbol. Los tallos o brotes vegetativos presentan un espacio internodular conocido como "unidad intercalar", los cuales se acortan gradualmente hasta formar un grupo denso de yemas y hojas en la punta del tallo conocido como "intercalación" (Davenport, *et al.*, 2005). En base a lo anterior se realizan una serie de cortes o despuntes en las diferentes etapas de crecimiento que se mencionan a continuación:

- **Fase de vivero**

Las bajas temperaturas presentes en el subtrópico durante el invierno, provocan la floración precoz en árboles de mango injertado y el debilitamiento del mismo. Para evitar el desarrollo de floración, algunos viveristas realizan aplicaciones de ácido giberélico (100 ppm) cada dos meses durante el periodo de otoño-primavera. Sin embargo, puede desarrollarse alguna flor y ésta puede ser eliminada mediante poda manual, que consiste en el corte de la panícula justo por debajo del nudo terminal cuando los frutos alcancen el tamaño semejante a un frijol (Galán, 1990). Asimismo, si el corte se realiza por encima del nudo terminal, es posible que las yemas florales logren producir una inflorescencia que un brote vegetativo. Para disminuir este problema, Galán y Fernández (1987), plantaron en campo los patrones injertando a los 1-2 años. De esta manera, se consiguió un desarrollo vigoroso y un retraso en la

floración hasta el 3-4° año. Lo anterior, no se presenta en el trópico, donde el problema consiste en conseguir una corta vida juvenil y una rápida producción (Galán, 1999).

- **Fase de formación**

Las plantas de mango llegan del vivero con un tallo principal de 70 cm a 1m de altura (Fivaz *et al.*, 1997; Oosthuysen, 1997). Después de plantarlos, el patrón de desarrollo normal de estos árboles se caracteriza por presentar crecimientos frecuentes de brotes vegetativos y una ramificación escasa, la cual se recomienda despuntarse.

El despunte de las ramas, genera el crecimiento rápido de brotes laterales y crecimiento vegetativo sincronizado en toda la copa del árbol. Es necesario, pinzar por debajo de la yema terminal, para evitar destruir superficie foliar necesaria para el proceso de elaboración de asimilados. Además, se debe considerar las condiciones climáticas del cultivo, es decir, en regiones subtropicales, no pinzar durante los meses de fin de otoño-invierno, para evitar la aparición de inflorescencias. Pinzar el mismo número brotes laterales que definan la estructura de la copa. Cabe mencionar, que cultivares como 'Hedī' desarrollan brotes laterales de forma espontánea y no es necesaria la realización de pinzamientos. Mediante los pinzamientos realizados durante los primeros dos o tres años de plantación, permiten que la copa tome la forma "pirámide irregular" (Fivaz y Grove, 1998; Galán, 1999).

La poda de formación descrita anteriormente, es la más utilizada en Sudáfrica. Sin embargo, cada localidad adapta ésta técnica considerando el crecimiento y condiciones climáticas donde se desarrolla el cultivo. En México y Puerto Rico, la poda de formación se realiza mediante el despunte de los brotes vegetativos en el primer o segundo entrenudo, para cultivares 'Keitt' y 'Palmer' desde el establecimiento de la plantación, mientras que en Australia, se realiza mediante el pinzamiento de la planta cada dos o tres crecimientos y continuar la apertura del follaje del centro del árbol. La poda de formación, puede acelerar la madurez sexual

del mango, mediante la obtención de árboles con estructuras ramificadas (Crane *et al.*, 1997; Guzmán-Estrada, *et al.*, 1998; Goguey, 1997; Galán, 1999).

- **Fase Productiva**

La poda en fase productiva, comienza a partir de los 7 u 8 años de la plantación y se realiza para controlar el crecimiento lateral y apical de la copa del árbol. Este tipo de poda, se efectúa con el apoyo de maquinaria que permite ajustar el porte del árbol. La frecuencia de poda, depende del cultivar, condiciones climáticas, densidad de plantación, vigor de los árboles y época deseada de la producción. A través la poda de fructificación, es posible regularizar y mejorar la eficiencia productiva mediante el mantenimiento del equilibrio fisiológico de la planta y se realiza cuando los brotes laterales de la copa del árbol comienzan a tocarse entre hileras. Por otro lado, la poda debe efectuarse al término de la cosecha para permitir el desarrollo de flujos vegetativos y éstos logren alcanzar la madurez antes del invierno o de la época de sequía. Lo anterior permite el desencadenamiento de la floración en la siguiente primavera. (Crane *et al.*, 1997; Galán, 1999; Avilán, *et al.*, 2000).

La forma usual del manejo de poda, consiste en la eliminación de las ramas bajas del árbol. Estudios realizados por Peter Young (1999), señalan que la eliminación de las ramas bajas puede conducir la formación de ramas capaces de resistir el peso de los frutos y que éstos no toquen el suelo.

La eliminación de la floración terminal es otra práctica que se realiza junto con la poda para evitar que ésta coincida con el período de bajas temperaturas. Lo anterior, se realiza en condiciones subtropicales para favorecer la emisión de una segunda floración que coincida con el período de temperaturas superiores y evitar o disminuir el aborto de fruto. Ésta práctica se puede realizar mediante la eliminación química o manual de las flores, así como, la aplicación de ácido giberélico que logren detener el proceso de floración (Galán, 1999). Por otro lado, la eliminación de la floración terminal en cultivares poco sensibles al aborto del embrión no es necesaria, sin embargo, incrementa y retarda la cosecha. Ésta práctica es útil para sincronizar la

floración y se recomienda en cultivares como 'Sensation' (Oosthuysse, 1995; Kachru *et al.*, 1971; Oosthuysse y Jacobs, 1997; Oosthuysse, 2000).

Finalmente, el empleo de la poda de fructificación, tiene como objetivo estimular el crecimiento vegetativo adecuado para la próxima cosecha y su éxito depende del ciclo fenológico del mango, cultivar, condiciones ambientales así como la disponibilidad de nutrientes y agua (Galán, 1999; Avilán *et al.*, 2000; Davenport *et al.*, 2005).

- **Fase de rejuvenecimiento**

Este tipo de poda se utiliza para rejuvenecer las plantaciones que tengan árboles de un tamaño tan grande que no permiten realizar la cosecha, así como, en las plantaciones alcanzadas por los años de escasa o nula producción. Mediante este tipo de poda, es posible obtener árboles de porte bajo, que a su vez facilita el manejo de la copa, así como el mantenimiento de su forma y la realización de podas de despunte subsecuentes. Lo anterior, permite la recuperación del árbol aproximadamente un año, iniciando su producción con tan sólo una pérdida de cosecha. El período para realizar la poda está en función de las condiciones ambientales donde se encuentra el cultivo, así como, el tipo de cultivar plantado (Galán, 1999; Davenport *et al.*, 2005).

La poda de rejuvenecimiento, se utiliza para realizar un cambio varietal mediante la eliminación del dosel vegetal, es decir, debe eliminarse hasta dejar únicamente el tronco principal a una altura aproximada de 1- 1.5 m sobre el suelo (Galán, 1999). Este tipo de poda se utiliza para aclarar una plantación vieja. En México, se realiza mediante la apertura de ventanas en el centro de la copa, eliminando las ramas que tienen un ángulo de inserción menor de 45 °C. Lo anterior permite una mayor iluminación y favorece la emisión de flores provenientes de material viejo. La poda, disminuye la dominancia apical causada por un bajo número de ejes con crecimiento ortotrópico y favorece la diferenciación floral (Goguey, 1997; Galán, 1999).

2.4.3. Efecto de la poda en la fenología del mango

El crecimiento excesivo de los árboles de mango, disminuye la productividad debido a la baja densidad de plantación de árboles por ha. Como medida a esta problemática, existen diversas técnicas para modificar y controlar el tamaño de los árboles, como son: el empleo de patrones enanizantes, baja altura de injertación, aplicación de reguladores de crecimiento, así como inductores de floración y el uso de la poda. En este sentido, el uso de la poda, permite el empleo de altas densidades de población y a su vez, incrementa la productividad del mango (Avilán *et al.*, 2000; Avilán *et al.*, 2003; Kulkarni, 1991; Ram, 1992).

La falta de información técnica sobre el uso de la poda en el cultivo del mango, ha generado que la actividad se limite únicamente a podas de mantenimiento, así como eliminación de ramas enfermas, quebradas y/o viejas. Sin embargo, estudios realizados por Rao y Shanmugavelu (1976), citado por Gil *et al.*, (1998), demuestran que la poda sirve para estimular la producción. Campbell y Rao (2000) mencionaron que una poda severa no perjudica el árbol, pero reduce la cosecha del siguiente año. Lo anterior dio lugar a que el Instituto de Investigación de las Frutas Cítricas y Subtropicales de Sudáfrica (1979) estableciera experimentos para observar el efecto de la poda en la producción del mango y se encontró que la producción fue mayor en plantas podadas en comparación con las no podadas. En estudios realizados por Rao y Khader (1980), sobre el uso de la poda y el ciclo fenológico del cultivo, encontraron que, realizar una poda cuatro meses y medio antes de la floración, confirma lo expuesto por el Instituto de Investigación de las Frutas Cítricas, al observar un incremento en la producción durante los siguientes 3 años de efectuar la poda en relación a los 9 años de producción anterior. En este sentido, Núñez (1986) señaló que la floración y retoños de mango 'Haden' y 'Manila' bajo la influencia de la poda y el rocío de nitrato de potasio, triplica la emisión de panículas por brotes comparado con árboles no podados. Mientras que, Reece *et al.*, (1949) indican que la remoción de yemas terminales durante el período de diferenciación floral produjo inflorescencias axilares (Gil *et al.*, 1998). Así mismo, estudios realizados por Madhava y Abdul (1975), señalan que mediante la remoción de ramas

localizadas alrededor y centro de la copa incrementan la producción de 954 frutos a 3412 y 1615 frutos dos años después respectivamente (Avilán *et al.*, 2001).

La baja producción del mango se atribuye a la falta de inducción floral en árboles situados en el trópico, mientras que en el subtropico el problema se debe a un pobre cuajado de los frutos. Para solucionar el problema, además de una poda, se recomienda la aplicación de inductores de crecimiento para asegurar la floración del cultivo. En este contexto, Medina-Urrutia (1994) realizaron estudios con el uso de la poda y la aplicación de reguladores de crecimiento como el paclobutrazol (PBZ) para inducir la floración y reducir la alternancia, y se encontró que en árboles 'Tommy Atkins' de 4 años de edad, triplicó el número de brotes por rama así como el porcentaje de brotación con respecto a los árboles no podados. Mientras la aplicación de PBZ no tuvo efecto sobre la emisión de brotes pero si en el incremento de la floración.

En 1997, Rojas y Leal, estudiaron el efecto de la poda moderada, raleo de ramas y brotes, combinada con aspersiones foliares de nitrato de potasio y calcio al 6 % en árboles de mango 'Haden' de 3 años de edad. La poda no tuvo efecto en la brotación vegetativa y floral, mientras la aplicación de nitratos, aumentó significativamente la cantidad de brotes florales en las ramas emitidas (Avilán *et al.*, 2007)

Los árboles podados tratan de restituir el balance que existe entre el sistema radical y la parte aérea, es decir, a mayor intensidad de la poda mayor desarrollo vegetativo. Avilán *et al.*, (2001) mencionan que árboles podados *versus* no podados se caracterizan por presentar diferencias significativas en cuanto al desarrollo y crecimiento de flujos vegetativos, longitud total de brotes así como el número de flujos desarrollados por brote. La poda, en función de su intensidad, afecta los procesos productivos de la planta, ya que el incremento en el desarrollo vegetativo disminuye la concentración de las reservas de almidón en el árbol, las cuales, se asocian con los procesos de floración y fructificación (Mika 1986, citado por Avilán *et al.*, 2001; Whiley, *et al.*, 1989, 1991; Verheij, 1986 y Cull, 1991).

Por otro lado, la baja producción de mango se debe a la falta de inducción floral. Estudios realizados por Nuñez-Elisea y Davenport (1992), indican que las hojas maduras son las que producen el estímulo floral; y en climas tropicales, la baja concentración del estímulo floral es compensada sólo por el incremento de la proporción de hojas maduras en la copa (Nuñez-Elisea y Davenport, 1992; Avilán *et al.*, 2000, 2001).

Mientras en el trópico la baja producción es atribuida a la falta de inducción floral, en el subtropical, ésta es usualmente segura pero el cuajado de frutos es pobre (Rao y Shanmugavelu, 1975; Schaffer y Gaye, 1989; Lal *et al.*, 2000; Whiley, 1993; Sharma y Singh, 2006).

2.4.4. Índice de área foliar

El índice de área foliar, se define como la capacidad de ocupación del terreno por la parte aérea de la planta. A medida que el índice de área foliar aumenta, a través de los años, la captación de la luz por la planta es mínima, debido a que no alcanza una penetración neta afectando principalmente procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis y la respiración, en los cuales existe una estrecha relación en ambos procesos para realizar funciones vitales en la planta. Uno de los efectos que tiene el incremento del índice de área foliar es la producción de materia seca, es decir, durante las primeras etapas de desarrollo de la planta, la producción de materia seca es menor, debido al índice de área foliar o dosel vegetal que tiene la planta; a medida que aumenta el área foliar, aumenta la producción de materia seca pero no la productividad del árbol (Avilán *et al.*, 2000).

En estudios realizados por Turell (1961) en árboles de naranjo, se observó que pasados los primeros diez años de vida de la planta, el aumento de área foliar se incrementa en relación con la eficiencia productiva, es decir 20 kg de frutos representa aproximadamente 20 m³ del incremento de la copa (Wheaton *et al.*,

1978). Mientras que Avilán (1986) encontró que en regiones tropicales la eficiencia productiva inicia a partir del sexto año de plantación.

Para el caso de mango, se puede considerar la eficiencia productiva mediante el índice de fructificación comparando la producción de frutos y el desarrollo vegetativo (Avilán, 1980 y 1988); y a su vez, establecer periodos que conformen el ciclo de vida productivo de la planta (Gilbert, 1979). Cabe señalar que la eficiencia productiva en el cultivo del mango va disminuyendo conforme decrece el índice de fructificación ya que incrementa el índice de área foliar y no la producción de fruto, esto ocurre aproximadamente a partir de los 15 años de edad hasta los 28 ó más, es importante señalar que la duración del mismo está asociada con las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolla el cultivo.

2.5 Nutrición mineral en mango

Dentro del manejo agronómico de huertos frutales, la nutrición mineral constituye un factor importante a considerar, puesto que impacta en gran medida, en el rendimiento máximo a alcanzar, en una condición edafoclimática determinada cuando no existen limitaciones de agua.

La práctica de la fertilización es el medio por el cual se proporcionan al cultivo, los nutrientes que requiere para llevar a cabo sus funciones metabólicas; y su propósito, es suministrar los nutrientes que el cultivo necesita, cuando el suelo no es capaz de aportarlos en la cantidad y oportunidad que la planta los demanda para su óptimo desarrollo.

La fertilización con insumos inorgánicos u orgánicos en especies frutales, es de mayor complejidad que en cultivos anuales, en virtud de que en los árboles frutales, se produce una competencia en el reparto de los nutrientes aplicados en la fertilización, entre los distintos componentes vegetativos y reproductivos que pueden conducir a un desequilibrio en el crecimiento, afectando la producción, calidad y vida

poscosecha de los frutos. Las consecuencias de este desequilibrio nutricional en la producción pueden ser inmediatas o manifestarse lentamente en el tiempo, por lo que retornar la producción de huertos a su nivel inicial puede durar años (Silva y Rodríguez, 1995). Estos mismos investigadores, refieren que las especies frutales por sus características de cultivos perennes, presentan un historial de manejo y nutricional que se refleja en el contenido de las reservas nutricionales, las cuales determinan en gran parte su comportamiento en la temporada en que se aplica la fertilización.

2.5.1. Dosis de Fertilización

Rodríguez (1993), propuso un modelo simplificado para estimar la dosis de fertilización en especies anuales, que también ha sido empleada con éxito en huertos frutales. De acuerdo con este modelo, la dosis de fertilización que se debe aplicar es función de la magnitud del déficit nutrimental entre la demanda del cultivo, y la oferta o suministro del suelo, previa consideración de la eficiencia de recuperación o uso del fertilizante por el cultivo, donde las prácticas de manejo agrícola y las condiciones edafoclimáticas imperantes en el sistema de producción, influyen significativamente en cada uno de los tres parámetros mencionados. La precisión de la estimación de estos parámetros depende de la cantidad y calidad de la información existente para cada cultivo. La siguiente ecuación integra los tres aspectos antes mencionados para calcular una dosis de fertilizante:

$$\text{Dosis} = (\text{DEM} - \text{SUM}) / \text{ERF}$$

Donde:

DEM = Demanda nutrimental del cultivo (kg nutriente ha⁻¹)

SUM = Suministro nutrimental edáfico (kg nutriente ha⁻¹)

ERF = Eficiencia de Recuperación de Fertilizante por el cultivo

2.5.1.1. Demanda Nutrimental

La demanda se conceptualiza como la cantidad de nutriente requerida por la planta para satisfacer sus necesidades metabólicas y alcanzar el máximo rendimiento alcanzable en un sistema de producción; de tal manera que la cantidad de nutriente

no sea la que limite el rendimiento alcanzable. Para su estimación, se requieren estudios detallados de los órganos de la planta en cuanto a la concentración de nutriente en condiciones de no restricción nutrimental.

La demanda nutrimental es función de la eficiencia fotosintética del cultivo variando de manera directa y proporcional al rendimiento alcanzable, cuyo límite de éste es impuesto por las características del marco físico y la calidad de las prácticas de manejo que se realicen. De acuerdo con Silva y Rodríguez (1995), para estimar la demanda nutrimental es necesario efectuar estudios sobre el crecimiento y partición de la materia seca en los distintos componentes de las plantas por lo que se requieren análisis destructivos de los árboles, con el propósito de determinar la partición de la materia seca y la concentración de los nutrientes en los distintos órganos. Indicaron además que los estudios deben considerar un mínimo de dos años para cuantificar el incremento de la materia seca anual de las estructuras permanentes, así como muestreos intermedios en el ciclo del crecimiento anual. Los árboles deben corresponder a huertos en plena producción, con un crecimiento y producción equilibrada y sostenida, con un manejo agronómico adecuado, desarrollado en agrosistemas representativos.

En el caso de frutales y específicamente para mango, existe poca investigación acerca de la demanda nutrimental, ya que los estudios se han centrado en cuantificar la extracción nutrimental en fruto. Además, los resultados reportados en la literatura no concuerdan entre sí. Guzmán-Estrada *et al.* (1997) calcularon que una producción promedio de 15.9 t ha^{-1} de frutos frescos de mango, extrae aproximadamente 104 kg N, 12 kg P, 99 kg K, 88 kg Ca, 47 kg Mg, 871 g Mn, 174 g B, 375 g Zn, 435 g Cu y 956 g Fe. Por su parte, Avilán (1983), indicó que para una producción de 16 t ha^{-1} de frutos o una cosecha de 220 kg de frutos por planta, representa una extracción de 23 kg de N, 3 kg de P y 25 kg de K.

En otro estudio, sobre el contenido y extracción nutrimental en frutos de mango 'Manila', Guzmán *et al.* (1996) señalaron que cuando el fruto cosechado alcanza la

madurez fisiológica, el fruto extrae 348.6 mg de N, 42.1 mg de P, 529.5 mg de K, 66.9 mg de Mn y 0.6 mg de Zn por kg de fruto seco.

Laborem *et al.*, (1979) reportaron que en 16 variedades de mango obtuvieron un promedio de 30 a 1,108 mangos colectados con un promedio de 16 a 417 kg por árbol. El contenido de agua varió de 74 a 72 % y el rendimiento de 7.5 a 30 t ha⁻¹ de fruto fresco con una media de 15.9 t ha⁻¹ y 3.8 t ha⁻¹ de peso seco. Asimismo, el contenido de nutrientes fue: N 1.1 a 1.3 %; P 0.1 a 0.6 %; K 2 a 3.5 %; Ca 1.6 a 2.9; Mg 0.8 a 1.7 %; Mn 14 a 346 ppm; B 27 a 87 ppm; Zn 67 a 128 ppm; Cu 64 a 143 ppm y Fe 131 a 398 ppm.

Los distintos órganos que componen a un frutal presentan diferente concentración de N; y éstas diferencias, están dadas por la composición de la materia seca de cada uno de los componentes. Las hojas, se caracterizan por presentar alto contenido de N, debido a la cantidad de proteínas involucradas en su estructura, indispensables en el desarrollo y función de la misma. Por otro lado, las estructuras permanentes de un frutal presentan baja concentración de N por los altos contenidos de hemicelulosa, celulosa, y lignina. El rango de concentración de N en las estructuras permanentes varía de 0.3 a 0.5 % y depende de la edad del árbol. En relación a los brotes después de la poda, la concentración de N oscila de 0.8 y 1 % en diversas especies frutales. La concentración de N en hojas senescentes varía debido a que más del 50 % del contenido de N se moviliza antes de la caída de las hojas, y a su vez, dificulta establecer la concentración de N en este tipo de hojas (Silva y Rodríguez, 1995).

Lo anterior da una idea parcial de los requerimientos nutrimentales en frutos de mango; sin embargo, pueden existir errores en la estimación de la demanda nutrimental puesto que se tiene que considerar en el cálculo de la demanda nutrimental, los otros componentes en crecimiento como son: hojas, brotes anuales, raíces y estructuras permanentes.

La carencia de información sobre los requerimientos nutricionales de los componentes anteriores requiere de estudios, que permitan precisar la demanda y finalmente establecer una dosis de fertilización acorde a las necesidades del cultivo, incrementando así la productividad, calidad de fruto y la rentabilidad del sistema (Silva y Rodríguez, 1995).

2.5.1.2. Suministro nutrimental edáfico

La absorción de nutrientes por la planta depende de su capacidad de exploración radicular y de la disponibilidad del nutriente en el área de exploración del cultivo. El suministro de N está ligado al proceso de mineralización de la materia orgánica presente en el suelo; dicha materia orgánica posee diferentes fracciones que se clasifica dependiendo de la resistencia que presenta ante el ataque de la biomasa microbiana, responsable de la mineralización, proceso indispensable para hacer asimilable el nutriente; por lo tanto, contribuye en el suministro del N y también se le atribuye a la biomasa microbiana como responsable de la inmovilización de una parte del nitrógeno incorporado vía productos fertilizantes (Silva y Rodríguez, 1995). Por lo se considera que el 15 % de la fertilización nitrogenada anterior permanece como nitrógeno inmovilizado y que pasa posteriormente a incrementar los reservorios activos de N del suelo.

La vegetación presente en los huertos tiene un efecto en el N del suelo, ya que distintas malezas que crecen en el suelo contienen una biomasa de 6000 a 8000 kg materia seca ha^{-1} . Si se considera que la maleza entre hileras corresponde al 50 % de la superficie, la biomasa de la vegetación se encuentra entre 3000 y 4000 kg de materia seca ha^{-1} . Lo anterior, significa que existe una competencia entre la vegetación y las raíces de las plantas, sobre todo cuando el suministro del suelo se encuentra de 40 a 60 kg N ha^{-1} (Silva y Rodríguez, 1995).

2.5.1.3. Eficiencia de Recuperación de Fertilizante

Los productos fertilizantes aplicados al suelo no son aprovechados en su totalidad debido a un conjunto de reacciones que se presentan en el sistema suelo. El fertilizante en presencia de humedad se disuelve y los iones (nutrientes) siguen

diferentes rutas y no permanecen en el suelo en espera de ser absorbido por el cultivo, en este sentido cada nutriente tiene diferente facilidad de absorción marcado por su dinámica y por la capacidad de exploración de las raíces de absorción que posee el cultivo; el nutriente que no llega a los tejidos del cultivo permanece en el suelo y con frecuencia se pierde por alguna vía.

Del total de nitrógeno aplicado al suelo, el 85 % se dirige hacia el "pool" de N inorgánico (PNI) y aproximadamente el 15 % es utilizado o inmovilizado en formas orgánicas por la biomasa del suelo y forma parte del "pool" de N estabilizado (PNE) y del "pool" de N lábil (PNL). Por otro lado, el N inorgánico presenta pérdidas por los procesos de lixiviación, desnitrificación y volatilización de NH_3 principalmente en las fuentes de fertilizantes amoniacales.

En el caso de nitrógeno, para una diversidad de condiciones edafoclimáticas y de manejo se ha determinado una variación en la eficiencia de recuperación de 43 a 80 % y en promedio 54 % (Bloom *et al.*, 1988, citado por Silva y Rodríguez, 1995).

Lindberg *et al.*, 1989; Burns, 1976, encontraron que la pérdida de N mineralizado es de 20 % en condiciones normales ocasionada por los procesos de volatilización, desnitrificación y lixiviación y sólo una fracción sufre inmovilización por los microorganismos presentes en el suelo. El porcentaje de pérdida depende del tipo de suelo donde se desarrolla el cultivo, la inmovilización alcanza hasta 20 %, la desnitrificación 15 % y la volatilización 5 %, por lo que la eficiencia de recuperación del fertilizante en cultivos anuales y tropicales es de 50 a 65 % (Silva y Rodríguez, 1995).

Para el caso de P y K, la eficiencia de la fertilización es afectada por la baja movilidad de los nutrientes en el suelo, especialmente para el caso de P. Asimismo, la nutrición de las plantas, depende de la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo y de su capacidad para la penetración y exploración del sistema radicular a través del proceso de difusión. En especies frutales, cuantificar el sistema radicular

es un trabajo difícil de realizar, interpretar y analizar, sin embargo, se han realizado estudios en frutales como: manzano, pera, vid, kiwi, durazno y ciruelo por diversos investigadores (Atkinson, 1980; Nagarajah, 1987; Gandar y Hughes, 1988).

2.5.2. Dinámica Nutricional

Para incrementar la productividad del mango y mejorar la calidad de los frutos es necesario implementar un plan de fertilización que permita ajustar el manejo de nutrición con el ciclo de vida del árbol; las investigaciones y datos disponibles en las fuentes bibliográficas con que se cuenta no corresponden en su totalidad al cultivo de mango, sin embargo proporcionan una idea del movimiento de los nutrientes en los órganos de la planta.

En el modelo simplificado para especies frutales, propuesto por Silva y Rodríguez (1995), consideran que la nutrición se realiza en dos ciclos: interno y externo. El ciclo interno de la nutrición consta de tres etapas, movilización, almacenaje y reutilización de los nutrientes orgánicos e inorgánicos presentes en los órganos de crecimiento anual y en las estructuras permanentes del árbol. El ciclo externo de la nutrición en frutales consiste en la distribución de los carbohidratos hacia los diferentes puntos de atracción de la planta como son: la respiración, frutos, órganos vegetativos (hojas, brotes, raíces, tronco) y órganos de reserva, así como la demanda o requerimiento nutricional que cada uno de éstos requiere para desarrollar sus funciones dentro de la planta. La movilización de nutrientes involucra la transformación de aquellos compuestos complejos aplicados a la planta en compuestos simples, móviles y fáciles de transportar y son movilizados hacia los centros de almacenaje y hacia los centros de crecimiento en forma de almidón, proteínas móviles, azúcares simples, aminoácidos y solutos inorgánicos, via xilema y floema. En manzano y cerezo, estos compuestos se movilizan durante el período de senescencia, mientras son almacenados en el período de dormancia, y por último, son reutilizados desde los centros de almacenaje hacia los nuevos sitios de crecimiento de la planta. Además de los procesos bioquímicos, existen otros factores ambientales y de manejo agronómico involucrados con el flujo y distribución de nutrientes como son la

temperatura, fotoperíodo, disponibilidad de agua, poda, anillados, sombreado excesivo y la fertilización, los cuales, determinan un flujo y distribución de nutrientes diferente entre los componentes de la planta (Silva y Rodríguez, 1995).

El nitrógeno, es uno de los elementos con mayor movilización en árboles frutales, asociado con el balance del desarrollo vegetativo y productivo del árbol. El tiempo de aplicación de N en el árbol depende de los procesos fenológicos y fisiológicos de la planta (Stassen *et al.*, 1981) y calidad de fruto (Shear and Faust, 1980). Se ha observado en el caso de frutales, que durante las etapas de floración y fructificación, el nitrógeno utilizado proviene de las reservas acumuladas en la raíz, hojas y corteza. En la primavera, el N es tomado de las reservas acumuladas durante el mes de noviembre, y dicha acumulación surge al término de la cosecha; como resultado de ella, es el incremento del número de hojas, distribución de la raíz, madera y corteza. Las reservas de N, son tomadas de las estructuras permanentes del árbol para llevar a cabo una vez más, el desarrollo de los frutos. Se ha cuantificado que del total de nitrógeno acumulado, el 13 % de N se encuentra en raíz, mientras que el contenido de N en brotes jóvenes y viejos se incrementa conforme a la edad del árbol. El % de N en árboles de 2 a 18 años varió de 0.49 % de N en raíz, 0.34 % de N en corteza, 1.37 % de N en hojas jóvenes, 1.47 % de N en hojas maduras, 0.48 % de N en fruto y 0.86 % de N en hueso (Stassen *et al.*, 2000).

Al igual que el N, el P tiene un ciclo interno en la planta, sin embargo, es un nutriente con poca movilidad y se encuentra principalmente en la solución del suelo. Para el caso de mango 'Sensation', estudios realizados por Stassen *et al.*, 2000, indicaron que el % de P en raíz es de 0.12 %, corteza 0.10 %, hojas jóvenes y maduras 0.17 %, fruto 0.06 % y hueso 0.17 %.

En el mismo estudio sobre la captación y distribución de macronutrientes en árboles de mango de 2, 6 y 18 años, Stassen *et al.*, 2000, encontró una estrecha relación entre el K y las estaciones del año. En dicho estudio se determinó que las hojas y los frutos contienen hasta 20 % de K del total que se encuentra presente en todo el

de 1.8 a 2.4 %. En 1987, osciló de 2.3 a 2.5 % y en fase de fructificación durante 1986 osciló de 1.5 a 3.5 mientras que en la misma fase en el año 1987 varió de 0.9 a 2.9 %. Las concentraciones más bajas se presentaron durante el período de quiescencia y diferenciación floral. La concentración de Mg durante las cuatro etapas fenológicas fue de 0.1 a 0.7 % con una media de 0.3 %. Durante la fase vegetativa (tres meses antes de la floración) la concentración fue de 0.3 a 0.7%; siete meses antes de la floración fue de 0.1 a 0.4 %; cuatro meses después de la cosecha fue de 0.2 a 0.4 %; durante el período de floración la concentración varió de 0.2 a 0.3 % y de 0.3 a 0.4 % en fase de fructificación. En el caso de Fe, la concentración en las cuatro etapas fenológicas varió de 37.8 a 210.7 mg kg⁻¹ con una media de 106.5 mg kg⁻¹. La concentración en etapa vegetativa, tres meses antes de floración varió de 68.6 a 156.4 mg kg⁻¹; siete meses antes de la floración fue de 50.4 a 171.8 mg kg⁻¹ y cuatro meses después de la cosecha fue de 61.7 a 81.5 mg kg⁻¹. En etapa de floración la concentración fue de 61.7 a 81.5 mg kg⁻¹ y de 107.2 a 151.7 mg kg⁻¹. Durante la etapa de fructificación de de 66.8 a 177.4 mg kg⁻¹. La menor concentración de Fe se presentó durante la etapa de fructificación. La concentración de Cu en las cuatro etapas fenológicas fue de 5.1 a 13.8 mg kg⁻¹ con una media de 9.7 mg kg⁻¹. Durante la etapa vegetativa la concentración fue de 7.4 a 12.4 mg kg⁻¹ siete meses antes de floración, 7.7 a 11.2 mg kg⁻¹ cuatro meses después de la cosecha. En etapa de floración fue de 8 a 8.8 mg kg⁻¹ y de 10.3 a 11.8 mg kg⁻¹ en el siguiente año. En fructificación la concentración varió de 5.1 a 7.9 mg kg⁻¹ y de 7.4 a 13.4 mg kg⁻¹ el siguiente año. El contenido de Mn en las diferentes etapas fenológicas varió de 14.6 a 64.6 mg kg⁻¹ con una media de 35.8 mg kg⁻¹. La etapa vegetativa presentó una concentración de 37.1 a 64 mg kg⁻¹ tres meses antes de la floración y de 14.6 a 62.7 mg kg⁻¹ siete meses antes de la floración y cuatro meses antes de la cosecha fue de 15.4 a 29.4 mg kg⁻¹. Durante la floración osciló de 45.1 a 61.6 mg kg⁻¹ y de 17.5 a 29.5 mg kg⁻¹ en el siguiente año. En la etapa de fructificación la concentración varió de 30 a 64.4 mg kg⁻¹ y de 17.6 a 33.1 mg kg⁻¹ durante el siguiente año. La mayor concentración de Fe se presentó durante la etapa de floración donde se encuentran involucrados los procesos de diferenciación floral. La concentración de Zn en las etapas fenológicas fue de 9.3 a 36.2 mg kg⁻¹ con una

media de 23.2 mg kg⁻¹. Durante la etapa vegetativa tres meses antes de floración fue de 9.3 a 22.8 y de 19.1 a 33.5 siete meses después de floración fue de 19.1 a 33.5 mg kg⁻¹. En etapa de floración fue de 18.3 a 19.6 mg kg⁻¹ y de 15.2 a 23.5 mg kg⁻¹ el siguiente año. La concentración en etapa de fructificación fue de 21.7 a 26.7 mg kg⁻¹ y de 19.1 a 36.2 mg kg⁻¹ en el siguiente año. La variación de Zn está asociada con la inestabilidad de las cuatro etapas fenológicas.

Oosthuysen (2000) encontró en árboles de mango, que la concentración foliar de N, K, Ca, Mn, Fe, Cu y Zn se incrementó durante la fase del crecimiento de fruto y disminuyó durante las etapas de fructificación y maduración. Asimismo, la variación de Ca, K, N y Mn fue más notoria que la concentración de Mg y P. La variación del contenido nutrimental foliar de Ca y K incrementó aproximadamente 0.5 %, N 0.2 %, mientras que P y Mg tuvieron un pequeño incremento de aproximadamente 0.01 %. También se presentó una disminución en el contenido de N, K y Ca durante el desarrollo del fruto. La reducción de N fue de 0.3 %, Ca disminuyó 0.8 %, en algunos casos disminuyó hasta 1 % y K disminuyó aproximadamente 0.35 %. La disminución de P y Mg fue mínima aproximadamente de 0.03 %. En relación al contenido nutrimental foliar de micronutrientes, solo el Mn presentó una variación muy marcada, ya que se incrementó hasta 619 mg kg⁻¹ durante el desarrollo de fruto y disminuyó a 93 mg kg⁻¹. El contenido nutrimental en mango varió en relación a las etapas fenológicas, siendo principalmente la etapa de fructificación la que demanda mayor cantidad de nutriente, debido a los cambios que surgen en el crecimiento, desarrollo y maduración del fruto.

III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. Hipótesis

- La fecha de poda mecanizada después de la cosecha, tiene relación estrecha con el crecimiento vegetativo y floración de los brotes anuales, así como la producción de mango cv. Ataulfo.
- La cuantificación de la biomasa aérea y concentración nutrimental de macro y micronutrientes en el material de poda y frutos permitirá precisar factores de demanda nutrimental ($\text{kg nutriente t}^{-1}$ de fruto cosechado) en mango cv. Ataulfo.
- La determinación analítica de los contenidos nutrimentales foliares en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y amarre de fruto, permitirá generar índices para el diagnóstico nutrimental foliar.

3.2. Objetivos

- Determinar el mejor periodo de poda mecanizada en huertos de mango cv. Ataulfo después de la cosecha, mediante la cuantificación del crecimiento vegetativo de brotes anuales, floración y producción de fruto.
- Cuantificar la extracción nutrimental de macro y micronutrientes en el material de poda y frutos, con el fin de determinar factores de demanda nutrimental, que permitan calcular los requerimientos nutrimentales en función del rendimiento de fruto fresco en mango cv. Ataulfo.
- Determinar el contenido nutrimental foliar en brotes anuales de mango 'Ataulfo' en las etapas de crecimiento vegetativo, floración, fructificación y postcosecha, con el propósito de generar índices para el diagnóstico nutrimental.

IV. LA PODA MECANIZADA EN LA FENOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE MANGO 'ATAULFO'.

RESUMEN

El empleo de nuevas técnicas agronómicas en huertos de mango, como es la poda manual o mecánica, pueden mejorar la producción y calidad de frutos, así como el rendimiento por unidad de superficie y área foliar. La práctica de la poda se ha desarrollado lentamente de manera particular en el mango, dado que se carece de investigación científica y tecnológica suficiente acerca de sus efectos en la fenología del árbol. En este sentido, se estudió el efecto de la fecha de poda mecanizada después de la cosecha, en respuesta del crecimiento vegetativo y floración de los brotes anuales y la eficiencia productiva de mango 'Ataulfo'. El estudio comprendió 2 ciclos de producción (2007-2008 y 2008-2009). Durante los dos años de estudio, se evaluaron las variables fenológicas: número de flujos vegetativos, número de hojas por flujo vegetativo, longitud de inflorescencia, período de floración, brotes e inflorescencia por m², volumen de copa y producción por árbol en cada uno de los cinco huertos en estudio, ubicados en los ejidos 5 de Mayo y Mecatán de los municipios de Tepic, y San Blas, Nayarit. Se encontraron diferencias significativas en el número de flujos vegetativos, longitud de brote anual, longitud de inflorescencia y la emisión de hojas por flujo vegetativo debido a los días transcurridos de la cosecha a la poda. La producción de mango y el número de frutos producidos por árbol (mango comercial y mango "niño") varió significativamente por efecto de la poda. En el segundo año de estudio, se observaron diferencias estadísticas en el número de flujos y número de hojas producidos por brote anual, siendo mayor en árboles con poda bianual. La longitud de brotes anuales no varió significativamente en los huertos con poda anual. El volumen de copa, al igual que la emisión de hojas en brotes anuales y número de flujos vegetativos fue mayor en huertos con poda bianual. En huertos con poda anual, el volumen de copa también varió de manera significativa, y se atribuye esta diferencia principalmente a la edad de los árboles y a la fecha de poda. Por segundo año consecutivo en algunos huertos, la producción de mango "niño" fue mayor que el mango comercial cosechado por árbol.

4.1. INTRODUCCIÓN

El mango, es uno de los frutales tropicales más importantes a nivel mundial, asimismo, figura dentro de los frutales de mayor consumo y su principal destino es para consumo fresco así como la utilización de procesos industriales (Galán, 1999; SAGARPA-SIAP, 2007). Sin embargo, a pesar del potencial productivo de este fruto, existen factores involucrados en la rentabilidad de este cultivo como son: las condiciones ambientales en las que se desarrolla el mango, así como el manejo agronómico (Guzmán *et al.*, 1998; SAGARPA-SIAP, 2007; Avilán *et al.*, 2007).

En el estado de Nayarit, figura el cv. Ataulfo como uno de los principales frutos con mayor superficie establecida, el cual se caracteriza por ser un cultivar poliembriónico, que da origen a plantas vigorosas y con hábito de crecimiento desorganizado, ya que produce ramas largas con poca ramificación. Además, las condiciones climáticas en las que se desarrolla el cultivo del mango, inducen un excesivo y rápido crecimiento vegetativo, alcanzando alturas de 10 a 40 m, y diámetro de copa de 20 m, que ocasionan la baja productividad del cultivo en corto tiempo (Avilán *et al.*, 2000). De esta manera, el dosel vegetal presenta gran número de brotes vegetativos que originan el sombreeo, mala circulación de aire y baja penetración de luz; lo que se refleja de manera directa en mal desarrollo y calidad de frutos. Diferentes reportes concuerdan que la baja producción del mango se atribuye a la falta de inducción floral en árboles situados en el trópico, mientras que en el subtrópico el problema se debe a un pobre cuajado de los frutos (Rao y Shanmugavelu, 1975; Schaffer y Gaye, 1989; Whitley, 1993; Gil *et al.*, 1998; Galán, 1999; Lal *et al.*, 2000; Avilán *et al.*, 2000; Vázquez-Valdivia *et al.*, 2005; Sharma y Singh, 2006).

En mango, está documentado que la poda manual o mecánica, permite regular el desarrollo de la planta y un equilibrio fisiológico, así como la producción uniforme y el incremento de los rendimientos; sin embargo, es necesario tener conocimiento previo antes de implementar la poda en huertos, ya que puede reducir y/o atrasar la productividad por un mal manejo agronómico (Avilán *et al.*, 2000).

Un aspecto importante que debe dilucidarse con respecto a la poda mecánica o manual, es determinar el momento oportuno de realizarla sin afectar de manera negativa la generación de brotes vegetativos y florales del siguiente ciclo de producción, así también documentar como afecta la fecha de poda en la cantidad de biomasa generada en brotes anuales y rendimiento de fruto en mango cv. Ataulfo.

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el mejor período de poda mecanizada en huertos de mango cv. Ataulfo después de la cosecha mediante la cuantificación del crecimiento vegetativo de brotes anuales, floración, y eficiencia productiva.

4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1. Variables fenológicas

El trabajo se realizó durante 2 años consecutivos y comprendió los ciclos de producción 2007-2008 y 2008-2009. Los huertos seleccionados, fueron clasificados como: Romera1, Romera2, Playita, Pájaros1 y Pájaros2 (Cuadro 4.1). Los primeros tres huertos se localizaron en el ejido 5 de mayo y los dos últimos en el ejido de Mecatán, ambos ejidos pertenecen al estado de Nayarit. La edad promedio de los árboles de mango osciló entre 12 y 14 años, con densidad de plantación de 120 árboles ha¹.

Los huertos Romera2 y Romera1, fueron podados de manera bianual, el primero se realizó en el año 2007, mientras que el segundo se podó en el 2006 y 2008. Sin embargo, los huertos Playita, Pájaros1 y Pájaros2, se podaron de manera anual en el año 2007 y 2008 respectivamente (Cuadro 4.1).

Las variables fenológicas evaluadas fueron: número de flujos vegetativos, número de hojas por flujo vegetativo, longitud de brote anual, longitud de inflorescencia, período de floración, brotes vegetativos y reproductivos por metro cuadrado de dosel vegetal y volumen de copa, en las cuales se consideró brotes anuales y bianuales derivados de la poda mecánica según el período realizado.

En cada huerto se estableció un equipo registrador de temperatura y humedad relativa de la marca Hoboware, mediante los cuales se estuvieron monitoreando en intervalos de 30 min durante los meses de Febrero-Julio (2009).

Cuadro 4. 1 Localización y características de los huertos seleccionados

Tratamiento		Localidad (Ejido)	Número de Repeticiones (árboles)	Ubicación geográfica		
Fecha de poda				Altitud	LN	LW
T1 9/sep/2006 Romera 1	T1 29/julio/2008 Romera1	5 de mayo	10	120 m	21° 41' 5"	105° 04' 4"
T2 16/jul/2007 Pájaros 1	T2 9/ago/2008 Pájaros 1	Mecatán	10	133 m	21° 35' 4"	105° 08' 5"
T3 6/ago/2007 Pájaros 2	T3 7/ago/2008 Pájaros 2	Mecatán	10	129 m	21° 35' 4"	105° 08' 5"
T4 8/oct/2007 Romera 2	T4 8/oct/2007 Romera 2	5 de mayo	10	102 m	21° 39' 5"	105° 04' 4"
T5 9/oct/2007 Playita	T5 30/jul/2008 Playita	5 de mayo	10	93 m	21° 41' 6"	105° 04' 5"

Nota: T1, T2, T3, T4 Y T5: Corresponde a los tratamientos y el número de repeticiones corresponde al total de árboles muestreados.

Con el fin de estudiar las variables fenológicas del número de flujos vegetativos, número de hojas por flujo vegetativo, longitud de brote anual, longitud de inflorescencia, período de floración, brotes vegetativos y reproductivos por m² de dosel vegetal y volumen de copa derivadas a partir de la fecha de poda, en cada uno de los árboles seleccionados se efectuó el etiquetado y evaluación de 4 brotes vegetativos ubicados en cada punto cardinal del árbol a una altura aproximada de dos metros.

- **Número de flujos vegetativos:** Ésta variable se cuantificó en cada uno de los brotes vegetativos seleccionados. La evaluación se inició después de la poda y finalizó al inicio de la floración.
- **Número de hojas por flujo vegetativo:** Se contabilizó el número de hojas desarrolladas en cada uno de los flujos vegetativos emitidos a partir de la poda mecánica durante dos ciclos de producción. El conteo de hojas inició en etapa vegetativa hasta llegar al período de floración. Asimismo, la evaluación de ésta variable se efectuó con un promedio quincenal hasta llegar al período de floración.
- **Longitud de brote anual:** Se consideró como brote anual, al total de flujos acumulados emitidos a partir de la poda, los cuales se midieron con cinta métrica por períodos mensuales hasta la floración.
- **Longitud de inflorescencia:** La medición de la longitud se realizó en dos momentos, el primero fue cuando la inflorescencia cumplió el 90 % de anthesis y el segundo durante el amarre de fruto.
- **Período de floración:** Con el fin de observar el efecto de la fecha de poda en la inducción de la floración, se contabilizó el número de días a partir de la poda hasta el inicio de floración.
- **Número de brotes vegetativos y reproductivos por m²:** Esta variable se evaluó con un cuadrante de metal de 50 cm por 50 cm (0.25 m²), el cual se posicionó a la mitad del brote etiquetado en cada uno de los puntos cardinales y se contabilizó el número de brotes vegetativos y reproductivos antes y durante el 60 y 90 % de la floración respectivamente. La metodología se basó en los estudios realizados por Medina *et al.*, (2007) sobre la fenología y eficiencia productiva en el cultivo del naranjo.
- **Volumen de copa:** Se estimó con la altura y diámetro de copa, en donde la altura se consideró desde la superficie del suelo hasta la cima del árbol y se utilizó un estadal retractable. El diámetro de copa fue medido con cinta métrica

y se realizó en las direcciones N-S y E-O considerando el límite del dosel vegetal. El volumen de copa fue estimado mediante la fórmula siguiente: $VC = 4/6 * \pi * altura * r^2$ (Pérez *et al.*, 2002).

4.2.2. Producción de mango 'Ataulfo'

Con el fin de observar el efecto de la poda mecánica en la producción y calidad de mango 'Ataulfo', se evaluaron dos categorías en los frutos cosechados por árbol, bajo los estándares de la empresa "NATURAMEX" donde se consideró la calidad comercial (exportación y nacional) y frutos partenocárpicos (mango "niño"). Asimismo se pesó cada categoría de fruto producido por árbol con una balanza de la marca Ohaus® y se estimó la cantidad producida por huerto y por ha. Finalmente se realizó la comparación entre tratamientos.

4.2.3. Análisis estadísticos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde los tratamientos corresponden a la fecha de poda de cada ciclo de producción 2007-2008 y 2008-2009, y las repeticiones correspondieron al número de árboles muestreados, es decir 1 repetición correspondió a un árbol. Con los datos de las variables evaluadas (número de flujos vegetativos, número de hojas por flujo vegetativo, longitud de brote anual, longitud de inflorescencia, período de floración, brotes vegetativos y reproductivos por m², volumen de copa y producción) se realizó el análisis de varianza y Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) mediante el programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2009). En total se hicieron dos análisis; uno para el ciclo 2007-2008, y otro para el ciclo 2008-2009 (Cuadro 4. 1). Cabe mencionar que las variables: longitud de brote, número de hojas y longitud de inflorescencia además de la prueba de Tukey, fueron analizados mediante la prueba de modelos polinómicos.

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. Variables fenológicas

4.3.1.1. Número de flujos vegetativos

Los resultados mostraron que el tiempo transcurrido entre la fecha de cosecha y el momento de la poda, influyen en el número de flujos vegetativos emitidos hasta el periodo floral independientemente de que se trate de una poda anual o bianual, ya que se observó que mango 'Ataulfo' es capaz de emitir dos flujos vegetativos si es podado en los meses de julio y agosto como sucedió en los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2, pero si se retrasa hasta los meses de septiembre y octubre solo podrá emitir un solo flujo vegetativo antes del periodo floral tal como se observó en los huertos Romera 1, Playita y Romera 2. Asimismo, se pudo observar el efecto del periodo de poda con el mismo número de flujos emitidos durante la poda realizada en el mes de octubre (Figura 4.1). El número de flujos que logra emitir un brote vegetativo a partir del periodo de poda se atribuye al periodo en que se realiza la poda mecánica, es decir, que mientras más próxima sea la poda al término de la cosecha más número de flujos vegetativos emitirá mango 'Ataulfo'.

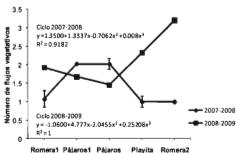


Figura 4.1 Número de flujos vegetativos emitidos a partir del periodo de poda en cinco huertos de mango 'Ataulfo'. Ciclo 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07); y 2008-2009 (Romera1 (29/07/08); Playita (30/07/08), Pájaros2 (07/08/08), Pájaros1 (09/08/08), Romera2 (09/10/07).

Durante el segundo año de estudio, los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas en el número de flujos emitidos a partir de una poda anual o bianual, las cuales se atribuyen a que durante el período transcurrido una vez efectuada la poda, permitió el desarrollo de flujos vegetativos. El huerto Romera 2 presentó diferencias respecto al resto de los huertos, ya que emitió un mayor número de flujos vegetativos debido a la poda bianual; y presentó una diferencia de días de 304 días, 302, 293 y 294, respecto a los huertos Pájaros1, Pájaros2, Romera1 y Playita, respectivamente (Figura 4.1). Por otro lado, en mango 'Ataulfo', las condiciones climáticas tuvieron efecto en el crecimiento vegetativo durante el desarrollo del cultivo y se expresó en el número de brotes desarrollados así como el estímulo del período de poda. Por otro lado, los huertos podados durante el 2008, mostraron diferencias entre tratamientos a pesar de presentar períodos similares en la poda mecánica siendo el huerto Playita el que emitió mayor número de flujos vegetativos. Lo anterior se atribuye a la distribución del crecimiento del dosel vegetal, como lo sustentó Lee *et al.*, (2006); en donde el crecimiento de mango 'Ataulfo', está controlado por las condiciones de temperatura así como el nivel de nutrición que contenga el árbol. Asimismo, en el huerto La Playita, se observó que el mayor número de flujos se presentó en aquellos brotes que estuvieron expuestos a la radiación solar, lo contrario con Lee *et al.*, (2006) quienes reportaron que la orientación o punto cardinal no mostró tendencia en el crecimiento vegetativo. Además, el número de flujos emitidos es variable debido al período de reposo que se presenta en el árbol, independientemente de la actividad presente durante el período de sequía (Bautista *et al.*, 1991).

Además existen factores hídricos y ambientales que definen la emisión de flujos vegetativos, tal es el caso las lluvias y temperaturas presentes al término del período de cosecha, las cuales, son completamente diferentes a las de septiembre y octubre, ya que durante estos meses, se inicia la presencia de bajas temperaturas y las condiciones hídricas son mínimas. Lo anterior se ve reflejado no sólo en el número de flujos que logre emitir un brote, sino en la diferenciación floral de éstos, ya que son los flujos productivos los involucrados en la producción que logre alcanzar un árbol; de esta manera, se espera que la emisión de flujos productivos sea mayor que

los flujos vegetativos. Resultados similares encontró Avilán *et al.*, (1998); Lee *et al.*, (2006); Vázquez-Valdivia *et al.*, (2009).

4.3.1.2. Número de hojas por flujo vegetativo

El efecto del período de poda mecánica se observó también en el número de hojas emitidas, como se aprecia en la Figura 4.2, los huertos Romera1 y Playita desarrollaron mayor número de hojas por flujo vegetativo que el resto de los huertos. Cabe señalar que el huerto Romera1, fue podado durante el 2006, pero se consideró en la medición, los brotes anuales desarrollados en el 2007 para llevar a cabo dicho muestreo y aunque se presentó una diferencia de 394 días, emitieron el mismo número de hojas por año. Por otro lado, los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2 fueron podados durante el mismo año con una diferencia de 31 días en el período de poda, la cual, no tuvo efecto significativo respecto la emisión de hojas. El huerto Romera2, presentó significativamente menor cantidad de hojas por flujo vegetativo ($\alpha = 0.05$) comparado con los demás huertos de mango 'Ataulfo'. Lo anterior se vió reflejado en el lento desarrollo y emisión de los flujos vegetativos, donde posiblemente las condiciones hídricas y ambientales afectaron considerablemente el crecimiento y desarrollo de brotes y hojas.

Durante el periodo 2008-2009, no se observaron diferencias significativas respecto al número de hojas emitidas por flujo vegetativo entre los huertos de Romera 1 y Playita debido a que fueron podados en un intervalo de 1 día de diferencia. Lo mismo ocurrió entre los huertos Pájaros1 y Pájaros 2 al presentar una diferencia de 7 días de poda. Sin embargo, entre los huertos podados Romera 1 y Playita, respecto a Pájaros 1 y Pájaros 2, si se presentaron diferencias, con un espacio de 11 días entre los períodos de poda, encontrándose el mayor número de hojas emitidas durante el mes de Julio, lo mismo ocurrió en el Huerto Romera 2, a pesar de ser un huerto manejado con poda bianual. En la Figura 4.2, se observa la dinámica de crecimiento respecto al período de poda y los días transcurridos después de cosecha. Se observa el efecto de realizar una poda durante el verano, la cual se traduce en el desarrollo de brotes vegetativos y/o productivos así como la presencia de citoquininas y auxinas, contenido nutrimental y presencia o ausencia de agua los

cuales, son los principales responsables en el desarrollo vegetativo (hojas, brotes) y productivo (iniciación y diferenciación floral) (Mata y Mosqueda, 1998; Davenport y Núñez-Elisea, 1997; Davenport, 2007).

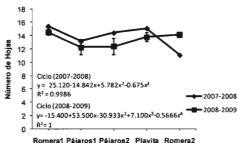


Figura 4. 2 Número de hojas emitidas en dos ciclos de producción a partir del período de poda en cinco huertos de mango 'Ataulfo'. Ciclo 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07); y 2008-2009 (Romera1 (29/07/08); Playita (30/07/08); Pájaros2 (07/08/08); Pájaros1 (09/08/08); Romera2 (09/10/07).

Cuadro 4. 2 Número de hojas totales en brotes anuales emitidas a partir de la poda mecánica

Huerto	Hojas totales 2007-2008	Huerto	Hojas totales 2008-2009
Romera1 (9/sep/06)	15.43 ^a	Romera1 (29/jul/07)	15.56 ^a
Pájaros1 (16/jul/07)	13.13 ^{ab}	Pájaros1 (8/ago/08)	12.11 ^b
Pájaros2 (6/ago/07)	14.47 ^{ab}	Pájaros2 (7/ago/08)	13.02 ^b
Playita (8/oct/07)	15.04 ^a	Playita (30/jul/08)	12.52 ^b
Romera2 (9/oct/07)	11.14 ^b	Romera2 (9/oct/07)	13.71 ^{ab}

4.3.1.3. Longitud de brote anual

El período en que fue realizado la poda mecanizada en los árboles de mango 'Ataulfo' promovió diferencias significativas en la longitud de brotes anuales, tal y como puede apreciarse en la Figura 4.3. La mayor longitud de brotes anuales durante el período 2007-2008, se obtuvo en los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2 con respecto a los demás huertos, sin diferencias estadísticas entre ambos, a pesar de haber una diferencia de 21 días en la fecha de poda. En el caso del huerto la Romera1, la poda mecánica se realizó en el año 2006 y se evaluó en el año 2007 considerando solo el crecimiento anual de los brotes durante el periodo 2007-2008, el cual presentó menor crecimiento diferencial (Tukey $\alpha = 0.05$) en los brotes anuales con respecto a los huertos Pájaros1 y Pájaros2. Comparativamente en el huerto la Romera2 y Playita durante 2007-2008, no se presentaron diferencias significativas en el crecimiento de brotes anuales, lo que se atribuye a una diferencia de solo un día en la fecha de poda, por lo que la oportunidad para el crecimiento de brotes fue similar en el tiempo. El crecimiento de brotes anuales en los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2 fue superior de manera significativa comparado con los huertos Romera 2 y Playita, con una diferencia en la fecha de poda de 68 y 69 días entre la poda del huerto Pájaros 1 y éstos; y de 62 y 63 días entre el huerto Pájaros 2 y los huertos Romera 2 y Playita.

Durante el período 2008-2009, el crecimiento de brotes anuales presentó diferencias significativas entre los huertos como se aprecia en la Figura 3, siendo el huerto Romera 2 el que desarrolló brotes anuales de mayor crecimiento a los que se desarrollaron en los demás huertos, y se observó una diferencia de 80 cm superior a la longitud de los brotes emitidos en el huerto Romera 2 con respecto al resto de los huertos. Ésta diferencia puede atribuirse principalmente al periodo en que fue realizada la poda mecanizada, ya que entre este huerto y los demás existió una diferencia de 304 días, 302, 293 y 294, para el caso de los huertos Pájaros 1, Pájaros 2, Romera 1 y Playita, respectivamente. Es importante indicar que en el huerto Romera 2, las podas se realizaron en el 2007 y 2009. Durante el año 2007, la poda se efectuó de manera tardía el 8 de octubre de 2007, ocasionando que se

inhibiera la emisión de brotes generativos durante el 2008, por lo que se desarrollaron solamente flujos vegetativos.

Las diferencias obtenidas en el crecimiento de brotes anuales son atribuidas a las fechas de poda y no a la tasa de crecimiento diaria de los brotes, la cual osciló de 1.78 a 6.50 en el periodo 2007-2008 y de 0.32 a 0.48 cm/día durante 2008-2009.

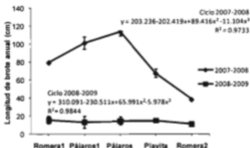


Figura 4. 3 Longitud de brotes anuales en cinco huertos de mango 'Ataulfo'. Ciclo 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07); y 2008-2009 (Romera 1 (29/07/08); Playita (30/07/08); Pájaros 2 (07/08/08); Pájaros 1 (09/08/08); Romera 2 (09/10/07).

4.3.1.4. Longitud de inflorescencia

El desarrollo de inflorescencias presentó diferencias estadísticas entre tratamientos. El efecto del periodo en que fue realizada la poda diferenció a los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2 del resto de los huertos. La Figura 4.4, muestra como el crecimiento de la inflorescencia es menor entre más se retrase del periodo de poda. Huertos manejados con 1 semana de diferencia muestran longitudes similares. Sin embargo, una poda tardía realizada en el mes de octubre retrasa el crecimiento de inflorescencia como se presentó en el huerto la Romera 2. Además del periodo de poda, existen otros factores involucrados en el crecimiento y desarrollo de inflorescencia como la temperatura, humedad relativa y el periodo de lluvias (Pérez-

Barraza *et al.*, 2007; Chaikiattiyos *et al.*, 1994). En Mango 'Haden' se ha comprobado que no hay presencia de flor cuando el régimen de temperatura oscila entre los 25 y 35 °C. Sin embargo se requieren de 19 a 13 °C para la inducción floral. (Shu y Sheen, 1987).

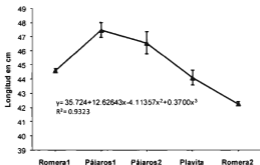


Figura 4. 4 Longitud de inflorescencia a partir del período de poda, en cinco huertos de mango 'Ataulfo' Cicio 2007-2008 (Romera 1 (9/09/06), Pájaros 1 (16/07/07), Pájaros 2 (6/08/07), Playita (8/10/07) y Romera 2 (9/10/07).

4.3.1.5. Volumen de copa

Los resultados del volumen de copa mostraron el efecto que tiene la poda mecánica en el desarrollo de dosel vegetal, así como la edad del árbol. En la Figura 4.5, se muestran las diferencias alcanzadas por el incremento del volumen de copa por una poda anual o bianual. En esta evaluación, el huerto Romera 2, fue diferente al resto de los demás huertos con un volumen de 454 m³. El excesivo crecimiento vegetativo fue desarrollado por el período en que se realizó la poda, ya que este huerto muestra una diferencia de 304 días, 302, 293 y 294, para caso de los huertos Pájaros 1, Pájaros 2, Romera 1 y Playita. En cuanto a los huertos podados en el mismo período como fue Romera 1 y Playita no presentaron diferencias significativas, mientras que los huertos Pájaros 2 y Pájaros 1 si mostraron diferencias respecto a los huertos mencionados. Cómo se mencionó anteriormente, la edad de los árboles pudo ser otro factor que influyó en el volumen de copa y

concuerta con lo citado por Avilán *et al.*, (2000). En este sentido, se puede definir que la edad de los árboles influyó en el incremento del volumen de copa ya que los árboles presentan un aumento del follaje conforme van incrementando los años, por lo tanto, al no efectuar una poda anual en el huerto Romera 2, se pudo observar como en un año, el árbol logró emitir un volumen de follaje superior al de los huertos podados anualmente.

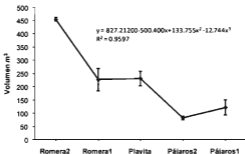


Figura 4. 5 Volumen de copa en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes períodos de poda Ciclo: 2008-2009 (Romera 2 (09/10/07; Romera 1 (29/07/08); Playita (30/07/08); Pájaros 2 (07/08/08); Pájaros 1 (09/08/08).

4.3.2. Producción de mango 'Ataulfo'

Los resultados obtenidos durante el ciclo 2007-2008 en el rendimiento máximo alcanzado por árbol, presentó diferencias entre tratamientos, siendo el huerto la Romera 1 el que tuvo mayor producción durante este ciclo respecto al resto de los tratamientos. Mientras que los huertos Pájaros 1, Pájaros 2 y Playita tuvieron la misma producción. El huerto Romera 2, fue el que tuvo menor producción que el resto de los tratamientos. Esta diferencia puede atribuirse a factores tales como el período de poda, la alternancia productiva, las condiciones nutrimentales, así como factores ambientales de temperatura y humedad relativa. Cabe mencionar que el huerto la Romera 1, no fue podado durante el ciclo 2007-2008 y un año anterior éste

huerto presentó alternancia en la producción. Al no presentar poda, las reservas de carbohidratos permitieron la emisión de brotes productivos reflejándose en la producción de este año. Los huertos de Pájaros 1 y Pájaros 2, son huertos que están situados en una misma localidad, los cuales, fueron sometidos a la actividad de poda durante el ciclo 2007-2008 y presentaron una diferencia de 21 días de poda. Por otro lado, el huerto la Playita, es un huerto que se encuentra en la localidad de 5 de mayo y a pesar de presentar una diferencia de 60 días de poda aproximadamente, produjo la misma cantidad de mango que los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2; por lo tanto, el rendimiento alcanzado depende considerablemente del potencial genético del árbol así como la capacidad de respuesta a estímulos externos como la temperatura, nutrición, humedad relativa, plagas y enfermedades (Lee *et al.*, 2006). Finalmente, el huerto Romera 2, es el huerto que tuvo menor producción que el resto de los tratamientos, observándose un efecto negativo de la poda tardía debido a que estimuló el crecimiento vegetativo y no productivo. Es posible que aunque el huerto Romera 2 y huerto la Playita presentaron 1 día de diferencia, existieron brotes en la Playita que no alcanzaron a ser podados por la podadora produciendo mayor cantidad de frutos que el huerto Romera 2. Otro de los factores que se observó fue que el huerto Romera 2, tuvo mayor desarrollo vegetativo lo cual hizo disminuir la concentración de reservas de almidón en la planta, mismas que se encuentran asociadas directamente con la floración y productividad del mango (Whiley *et al.*, 1991). Uno de los factores que afectan el rendimiento de mango 'Ataulfo' es la presencia de mango "niño", el cual, se caracteriza por ser un fruto partenocárpico de crecimiento reducido y con poco valor comercial. Aun se desconocen las causas que provocan este efecto, investigadores como Shu (1987), Chaikiattiyos *et al.*, (1994), Sukhvibul *et al.*, (2000), Avilán *et al.*, (2005), Pérez-Barraza *et al.*, (2007) encontraron que una de las causas principales es la presencia de un diferencial muy grande entre las temperaturas máximas y mínimas, y las variaciones de la humedad relativa. Lo anterior se pudo demostrar mediante un monitoreo de temperaturas y humedad relativa durante los meses de febrero a julio, siendo principalmente los meses de febrero y marzo el periodo donde ocurre el desarrollo de inflorescencia.

Por lo anterior se puede deducir que aun cuando exista una abundante floración, no es suficiente para que no ocurra la presencia de "mango niño", puesto que desde la iniciación floral, es muy probable que los diferenciales térmicos, entre la temperatura máxima y mínima, así como la humedad relativa tengan influencia directamente en la polinización, viabilidad del tubo polínico y fecundación. De esta manera, en mango 'Ataulfo' no se tiene la certeza de que una abundante floración, necesariamente produzca frutos comerciales.

Otro factor que puede estar involucrado en la producción de "mango niño" es el estado nutricional de los huertos de mango. Aunque el suelo presente condiciones óptimas, no se sabe con exactitud la disponibilidad de nutrientes de reserva presentes en el árbol. De acuerdo con Silva y Rodríguez (1993), los árboles se abastecen principalmente de los órganos de reserva o estructuras permanentes para la emisión de flujos vegetativos, hojas, flores y frutos.

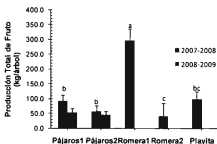


Figura 4. 6 Producción Total por árbol en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes períodos de poda en dos ciclos de producción 2007-2008 y 2008-2009. Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$.

Durante el ciclo 2008-2009, la producción alcanzada por árbol se redujo considerablemente debido al efecto de alternancia productiva, donde sólo los

huertos Pájaros 1 y Pájaros 2 tuvieron producción durante este ciclo. Cabe mencionar que por segundo año consecutivo, estos huertos a pesar de ser menor la producción en comparación con el año anterior, en el 2008-2009 produjeron cantidades similares.

Es difícil explicar la baja producción que se presentó durante el 2008-2009, pues se atribuye a los efectos de temperatura, humedad relativa, presencia de lluvias, contenido nutrimental, período de poda e incluso el incremento de la edad de la planta. La intensidad de la poda es otro efecto involucrado en el desarrollo e incremento vegetativo, productivo y del mismo crecimiento de la planta (Avilán, 1988).

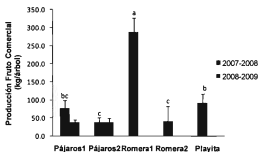


Figura 4. 7 Producción de frutos comerciales por árbol en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes períodos de poda en dos ciclos de producción 2007-2008 y 2008-2009. Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$.

El rendimiento alcanzado por árbol involucra el desarrollo de frutos de calidad comercial y no comercial, en este caso, se consideró como no comercial aquellos frutos partenocárpicos, conocido como mango "niño".

En las Figuras 4.6 y 4.7 se observa que existe una relación estrecha entre la producción total de fruto por árbol y la producción de fruto comercial, siendo el

huerto Romera 1 el que produjo mayor número de frutos comerciales que el resto de los tratamientos. Es posible que la mayor producción de mango se deba al estímulo que se presenta en el árbol durante las etapas de floración y fructificación (Cull, 1991). Los huertos Pájaros 1 y Playita, produjeron cantidades similares de mango comercial, mientras que Pájaros 2 y Romera 2 fueron los que produjeron menor cantidad de frutos comerciales. Diversos autores han demostrado que la calidad de los frutos está relacionada con factores internos y externos de la planta, como son la presencia de plagas y enfermedades, estímulos en las diferentes etapas fenológicas, potencial genético del árbol y edad de la planta (Lee *et al.*, 2006; Avilán, 2001; Avilán, 1988). Avilán (2008) refiere que a pesar de tratarse de huertos que se encuentran en plena producción, la baja productividad puede ser ocasionada por el incremento del desarrollo vegetativo y no productivo, por lo que la alternancia productiva es un factor involucrado en la producción, sin embargo no siempre ocurre este proceso.

De manera comparativa, se puede observar en la Figura 4.8, que en el ciclo 2007-2008, el mayor número de fruto no comercial o "mango niño", se produjo en huertos Pájaros 1 y Pájaros 2, disminuyendo considerablemente la producción total y mango comercial, mientras que el bajo desarrollo de mango "niño" en el huerto Romera 1, no afectó la productividad del cultivo. Por otro lado, el huerto Playita y Romera 2, a pesar de tener baja producción, la presencia de mango "niño" fue menor que el resto de los tratamientos (Figura 4.8, Cuadros 4.3, 4.4 y 4.5), lo cual impactó en el rendimiento estimado (Cuadro 4.6). Lo anterior, se atribuye a que huertos Pájaros 1 y Pájaros 2, son huertos localizados en el ejido de Mecatán, donde las condiciones de temperatura y humedad relativa son más extremas que las que se presentaron en el ejido 5 de Mayo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

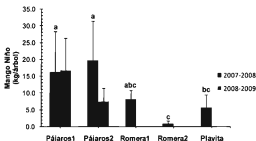


Figura 4. 8 Producción de frutos no comerciales (Mango "niño") por árbol en cinco huertos de mango 'Ataulfo' manejados con diferentes periodos de poda en dos ciclos de producción 2007-2008 y 2008-2009. Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$.

Cuadro 4. 3 Número y porcentaje de frutos comerciales y mango "niño" en los huertos en estudio. Ciclo 2007-2008.

Huerto	Número de frutos por árbol			% de frutos	
	Comercial	Mango "niño"	Total	Comercial	Mango "niño"
Romera1 (9/sep/06)	1057.4	79.1	1136.5 ^a	93.29	6.71
Pájaros1 (16/ju/07)	257.6	251.1	508.7 ^b	54.75	45.25
Pájaros2 (6/ago/07)	128.4	330.8	459.2 ^b	32.83	67.17
Playita (8/oct/07)	297.6	72.2	369.8 ^{bc}	81.15	18.85
Romera2 (9/oct/07)	144.2	14.2	158.4 ^c	88.30	11.70

Cuadro 4. 4 Número y porcentaje de frutos comerciales y mango "niño" producidos por árbol. Ciclo 2008-2009.

Huerto	Número de frutos por árbol			% de frutos	
	Comercial	Mango "niño"	Total	Comercial	Mango "niño"
Pájaros 1 (9/ago/08)	129	492.9	621.9 ^a	20.74	79.26
Pájaros 2 (7/08/08)	121.5	132.6	254.1 ^b	47.82	52.18

Cuadro 4. 5 Producción de mango (kg) por árbol (2007-2008 y 2008-2009)

Huerto	Producción de frutos kg/árbol (2007-2008)			Producción de frutos kg/árbol (2008-2009)		
	Comercial	Mango "niño"	Total	Comercial	Mango "niño"	Total
Romera1 (9/sep/06)	287.9	8.2	296.1 ^a			
Pájaros1 (16/jul/07)	77.4	16.3	93.7 ^b	37.6	16.7	54.3 ^a
Pájaros2 (6/ago/07)	37.7	19.7	57.4 ^{bc}	37.9	7.5	45.4 ^b
Playita (8/oct/07)	92.3	5.7	98.0 ^b			
Romera2 (9/oct/07)	41.7	0.9	42.7 ^c			

Nota: Se consideró mango "niño" a los frutos partenocárpicos con poco crecimiento y sin valor comercial.

Cuadro 4. 6 Rendimiento estimado de mango en los huertos en estudio

Huerto	Producción por árbol (kg/árbol)			Rendimiento Total estimado 120 árboles/ha (kg/ha)
	Comercial	Mango "niño"	Total	
Romera1 (9/sep/06)	287.9	8.2	296.1 ^a	35,532.0
Pájaros1 (16/jul/07)	77.4	16.3	93.7 ^b	11,238.3
Pájaros2 (6/ago/07)	37.7	19.7	57.4 ^{bc}	6,885.5
Playita (8/oct/07)	92.3	5.7	98.0 ^b	11,762.4
Romera2 (9/oct/07)	41.7	0.9	42.7 ^c	5,119.2

4.3.3. Temperatura y Humedad relativa

El registro de temperatura ambiental y humedad relativa efectuado cada 30 minutos, en los huertos de mango 'Ataulfo' no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. La temperatura diurna varió en promedio de 26.3 a 30.2 °C, la temperatura nocturna de 16.8 a 25.1. Adicionalmente la humedad relativa del aire osciló en el día de 60.9 a 79.2 %; mientras que en la noche varió de 68.3 a 88 % (Cuadro 4.7). Shu y Singh (1987) y Sukhvibul *et al.*, (2000) reportaron que la presencia de temperaturas de 13 a 19 °C son necesarias para llevar a cabo la floración e inducción floral en mango, mientras que Issarakraisila *et al.*, (1992),

refiere que la temperatura nocturna de 7 a 15 °C provoca un bajo desarrollo del tubo polínico. En este sentido, en la presente investigación no fue posible asociar el problema de mango niño con las variaciones de temperatura y humedad relativa. Para ello, se sugieren establecer ensayos de investigación que permitan dilucidar los efectos de los diferenciales térmicos y la humedad relativa en la polinización, fecundación, desarrollo del tubo polínico, amarre de fruto y crecimiento de fruto, entre otros aspectos.

Cuadro 4. 7 Temperatura y Humedad Relativa diurna y nocturna durante los meses de Febrero-Junio en cinco huertos de mango cv. Ataulfo

Mes	Huerto	Temperatura		Humedad Relativa	
		Diurna	Nocturna	Diurna	Nocturna
Febrero	Pájaros1	26.44	16.81	61.91	88.08
	Pájaros2	26.37	17.02	61.55	86.94
	Romera	26.47	17.83	61.62	70.86
	Playita	26.70	17.26	59.56	84.14
Marzo	Pájaros1	26.56	18.93	65.16	90.96
	Pájaros2	26.73	18.59	62.72	87.04
	Romera	26.09	19.73	66.09	72.64
	Playita	27.52	19.33	58.80	82.26
Abril	Pájaros1	26.60	18.78	60.91	76.11
	Pájaros2	27.13	17.59	57.13	83.61
	Romera	26.37	18.97	61.65	68.31
	Playita	27.67	18.24	55.07	81.56
Mayo	Pájaros1	28.91	23.48	68.05	76.25
	Pájaros2	29.30	23.11	62.24	81.70
	Romera	28.33	23.72	67.27	73.43
	Playita	28.95	23.71	65.00	81.33
Junio	Pájaros1	29.18	25.21	81.40	85.73
	Pájaros2	30.28	23.68	61.63	81.53
	Romera	28.38	24.94	79.24	82.42
	Playita	29.54	25.14	71.41	84.74

4.4 CONCLUSIONES

La fecha y frecuencia anual o bianual de poda mecánica promovió diferencias significativas en la emisión de flujos vegetativos, número de hojas, longitud de brotes anuales, volumen de copa y producción de frutos en mango 'Ataulfo'. El mejor periodo de poda encontrado en la presente investigación fue durante los meses de julio y agosto. La poda mecánica tardía efectuada en el periodo de septiembre y octubre, puede retrasar o inhibir la diferenciación de los brotes vegetativos a productivos o florales, ocasionando una baja o nula producción de frutos comerciales.

En cuanto a la frecuencia de poda anual o bianual, los mejores rendimientos de fruto comercial se obtuvieron en los tratamientos con poda bianual comparativamente con la poda anual. Se infiere que esto pudo deberse a una mayor acumulación de reservas metabólicas en árboles con poda bianual, durante el primer año después de haberse efectuado, pero se requieren mayores estudios al respecto.

La producción de mango "niño", no fue atribuible al efecto de la poda, y es posible que dicho problema este asociado a la interacción del árbol frutal con factores externos como son los diferenciales térmicos ambientales, humedad relativa, requerimientos hídricos y estado nutrimental del huerto, entre otros.

V. PRODUCCIÓN DE BIOMASA AÉREA Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN MANGO 'ATAULFO'.

RESUMEN

La cuantificación de la demanda nutrimental en arboles de mango 'Ataulfo' es esencial para la intervención en la práctica de la fertilización mineral y orgánica de huertos establecidos. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la acumulación de biomasa aérea y extracción nutrimental de N, P, K, Ca y Mg en brotes anuales y frutos cosechados, en huertos de mango cv. Ataulfo manejados con poda anual y bianual, en distintas fechas después de la cosecha. De igual manera, tuvo como propósito, determinar la concentración nutrimental foliar en brotes anuales en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y amarre de fruto para generar índices que permitan realizar el diagnóstico nutrimental foliar. Los tratamientos fueron cinco fechas de poda, utilizando una podadora mecánica tipo estrella de cinco discos, podando de manera lateral (crossing: 1.8 a 2 m en cada lado) y horizontal (topping: 4.5 m de altura) quedando el árbol en forma de trapecio. Las fechas de poda fueron las siguientes: Romera 1 (septiembre 2006 y agosto 2008); Romera 2 (octubre 2007) Playita (septiembre 2006 y octubre 2007 únicamente poda lateral); Pájaros 1 (julio 2007 y agosto 2008) y Pájaros (agosto 2007 y 2008). El manejo agronómico fue realizado de acuerdo a la experiencia del productor. Los resultados, indican que la producción de biomasa aérea en el material de poda durante el ciclo 2007-2008 difirió significativamente entre tratamientos y estuvo asociado a la frecuencia de poda, así como también a los días transcurridos desde la cosecha al momento de poda. En los huertos que se podaron anualmente (Pájaros 1 y Pájaros 2) produjeron una cantidad de biomasa similar entre huertos y similar a la biomasa producida entre los dos ciclos evaluados. Los árboles de los huertos podados bianualmente, acumularon en promedio de 107 a 127 kg de materia seca por árbol, lo que significó un 200 % superior a los huertos con poda anual. La extracción nutrimental en el material de poda fue (en kg árbol⁻¹) de 0.34 N, 0.22 P, 0.31 K, 1.30 Ca y 0.05 Mg; en el caso de micronutrientes (en g árbol⁻¹) fueron 8.82 Fe, 0.81 Zn y

6.3 Mn. Las extracciones nutrimentales en fruto ascendieron a (en kg t⁻¹ de fruto fresco): 2.03 N, 0.33 P, 4.41 K, 2.91 Ca y 0.34 Mg. Los factores de demanda nutrimental determinados fueron: N 4.77; P 2.05; K 6.85; Ca 11.22 y Mg 0.68 kg de nutriente por tonelada de fruta cosechada, considerando la biomasa producida en brotes anuales. Los contenidos nutrimentales en los dos ciclos de producción presentaron diferencias significativas entre las etapas fenológicas, con valores promedios de (%): 1.22 N, 0.37 P, 1.16 K, 3.05 Ca y 0.20 Mg.

5.1. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la producción de los huertos de mango es un aspecto fundamental para incrementar la rentabilidad de estos sistemas de producción. En la actualidad, el manejo de los huertos modernos tiende a ser más integral, donde se incluyen entre otras prácticas, la poda manual o mecánica para reducir el porte de los árboles, adecuado manejo de la nutrición mineral, control de plagas y enfermedades, así como un mejoramiento del manejo postcosecha (Campbell y Wasielewski, 2000).

Mediante la cuantificación de la extracción nutrimental de macro y micronutrientes en el material de poda de brotes anuales y frutos, es posible generar información técnica acerca de la demanda nutrimental en huertos manejados con podas y asimismo adecuar estrategias de nutrición mineral. Sin embargo, para el caso específico de mango, investigadores como Laborem *et al.*, (1979), Avilán (1983), Guzmán *et al.* (1996) y Guzmán-Estrada *et al.* (1997), se han enfocado principalmente a la extracción nutrimental en fruto, presentando diferencias en sus resultados.

De igual manera, con la determinación de la concentración nutrimental foliar en brotes anuales de mango 'Ataulfo' en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y amarre de fruto, es posible generar índices para el diagnóstico nutrimental, debido

a que los distintos órganos que componen a un frutal presentan diferente concentración durante las diferentes etapas fenológicas, incluso las mismas hojas presentan diferencias en el contenido nutrimental debido a la composición de materia seca que las integran, aunado a la movilización de nutrientes durante el crecimiento vegetativo (Silva y Rodríguez (1995), Guzmán *et al.*, (1998) y Oosthuysen (2000).

La demanda nutrimental es la cantidad de nutriente requerida en la planta para satisfacer sus necesidades metabólicas y a su vez alcanzar el rendimiento máximo en un sistema de producción (Silva y Rodríguez, 1995). Para estimar la demanda nutrimental es fundamental efectuar estudios sobre el crecimiento y partición de la materia seca en los distintos componentes y es necesario un estudio mínimo de dos años para cuantificar el incremento de la materia seca anual de las estructuras permanentes, así como muestreos intermedios en el ciclo del crecimiento anual. Para el caso específico de mango, la dinámica de producción de biomasa aérea en huertos podados es cíclica, y ofrece la perspectiva de que mediante la cuantificación de ésta y la concentración nutrimental en el material de poda, sea posible determinar la demanda nutrimental en forma más precisa. Por supuesto que deben considerarse además las cantidades de reserva que se encuentran en estructuras permanentes del árbol para conocer la demanda total (Silva y Rodríguez (1995); Avilán (2000).

La carencia de información sobre los requerimientos nutricionales de los componentes anteriores requiere de estudios, que permitan precisar la demanda y finalmente poder establecer una dosis de fertilización acorde a las necesidades del cultivo, incrementando así la productividad, calidad de fruto y la rentabilidad del sistema. En base a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue cuantificar la extracción nutrimental de macro y micronutrientes en el material de poda de brotes anuales y frutos, con el fin de generar información técnica acerca de la demanda nutrimental en huertos de mango cv. Ataulfo manejados con poda anual o bianual, que permita adecuar estrategias de nutrición mineral. Otro aspecto estudiado fue determinar el contenido nutrimental foliar en brotes anuales de mango

'Ataulfo' en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y amarre de fruto, con el propósito de generar índices para el diagnóstico nutrimental.

5.2 MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1 Propiedades de los suelos en los huertos seleccionados

En los huertos seleccionados, se colectaron muestras de suelo a un metro de distancia del tronco de los árboles y a una profundidad de 0-30 cm. En las muestras obtenidas, se determinaron las propiedades físicas de los suelos, tales como: pH, conductividad eléctrica, y textura; dentro de las propiedades químicas se analizaron el contenido porcentual de materia orgánica, P-Olsen, bases intercambiables y micronutrientes, utilizando las técnicas analíticas correspondientes para cada caso (Chapman y Pratt., 1979; Alcántar y Sandoval., 1999; Norma Oficial Mexicana de Suelos, 2000). Los análisis químicos de suelo y planta fueron realizados en el laboratorio de Suelo, Agua y Planta, de la Unidad Académica de Agricultura-UAN.

5.2.2 Poda

Los árboles de los huertos en estudio, fueron podados mediante una podadora mecánica tipo estrella de cinco discos, podando de manera lateral (crossing: 1.8 a 2 m en cada lado) y horizontal (topping: 4.5 m) quedando en forma de trapecio. Las fechas de poda fueron las siguientes: Romera 1 (septiembre 2006 y agosto 2008); Romera 2 (octubre 2007) Playita (septiembre 2006 y octubre 2007 únicamente poda lateral); Pájaros 1(julio 2007 y agosto 2008) y Pájaros (agosto 2007 y 2008). Las fechas de podas establecidas, fueron consideradas de acuerdo a la experiencia del productor.

5.2.3. Cuantificación de biomasa aérea derivada de la poda

La poda mecanizada en los huertos en estudio, se efectuó al término de cada una de las dos cosechas durante los dos años de investigación. Para la cuantificación del dosel vegetal derivado de la poda, primeramente se molió todo el material de poda consistente en hojas y tallos, mediante un molino de martillos con tracción mecánica. Posteriormente, el material molido fue depositado en costales de nylon y se pesó cada uno de éstos, mediante una balanza electrónica marca OHAUS®.

5.2.4. Cuantificación del contenido nutrimental en material de poda y frutos

- **Obtención y preparación de la muestra del material de poda**

Una vez que se tuvo el dato de peso fresco del material de poda, se vació cada costal en lonas de plástico, se procedió a realizar una mezcla homogénea y se tomó 1 kg de material, se depositó en bolsas de papel estraza y se trasladaron al laboratorio. De la muestra de un kilogramo del material de poda obtenida en campo, se obtuvo una submuestra de 300 g, misma que se lavó cuidadosamente, primero con agua potable y enseguida con agua destilada. Las submuestras se depositaron en bolsas de papel para luego someterlas a secado en una estufa de aire forzado marca Lumistell, HTP-42. Una vez que la submuestra registró peso constante, se molieron utilizando un molino de acero inoxidable; posteriormente, se depositaron en sobres de papel y enseguida, se introdujeron nuevamente en la estufa de secado a fin de que éstas no absorbieran humedad.

- **Preparación de las muestras de fruto para determinaciones analíticas**

Al momento de la cosecha de frutos en los huertos de mango, se seleccionaron 10 frutos al azar por huerto, a los cuales se les determinó el peso fresco y su correspondiente peso seco. Para la determinación del peso seco, los frutos inicialmente se lavaron con agua potable, enseguida con agua destilada, se cortaron en pequeños trozos y se depositaron en platos de aluminio para su posterior secado en estufa de aire forzado hasta conseguir peso seco constante a 65 °C. Una vez

obtenidos los frutos completamente secos, se molieron sin separar semilla, pulpa y cáscara.

- **Determinaciones analíticas de nutrientes**

Las determinaciones analíticas en las muestras del material de poda y frutos realizadas en el laboratorio, se detallan en el Cuadro 5.1.

Cuadro 5. 1 Metodología utilizada en el procesamiento de muestra

Nutriente	Metodología	
Nitrógeno	Kjeldahl	Aicántar y Sandoval (1999); Bremmer, J. M. (1975)
Fósforo	Molibdato de amonio	Chapman, H.D. y Pratt, P. F., (1979)
K	Fiamometría	Kalra, P.Y., (1998)
Ca, Mg, Fe, Zn Mn	Espectrofotometría	Kalra, P.Y., (1998)

5.2.5. Contenido nutricional foliar en brotes anuales de mango 'Ataulfo'

El contenido nutricional foliar en brotes anuales de mango 'Ataulfo' se determinó en las diferentes etapas fenológicas: etapa vegetativa, floración y amarre de fruto, durante los ciclos 2007-2008 y 2008-2009.

En base a la técnica de muestreo foliar que establecieron Koo y Young (1972); Cadha *et al.*, (1980) y Thakur *et al.*, (1981), se colectaron hojas recientemente maduras ubicadas entre la posición 5 y 6, contadas del ápice hacia abajo, de cada brote previamente seleccionado ubicado en la parte media del dosel vegetal en cada punto cardinal, hasta tener una muestra homogénea de 4 hojas por árbol, con un total de 40 hojas por huerto. Las hojas se colocaron en bolsas de papel estraza y fueron transportadas al laboratorio, donde se procesaron para su análisis químico de N, P, K, Ca y Mg.

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1. Análisis de suelo

Los resultados del análisis físico y químico de suelo, de los huertos en experimentación se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. 2 Propiedades de los suelos en huertos seleccionados

Huerto	Clasificación Textural	pH	C.E. dS/m	M.O. %	P Olsenmg kg ⁻¹	Kmg kg ⁻¹	Ca	Mg
Pájaros 1	Migajón Arcillo-Arenoso	6.28	0.1	3.73	33.2	616	4967	468
Pájaros 2	Migajón Arcillo-Arenoso	6.62	0.1	4.35	52.3	216	4967	661
Playita	Arena Migajonosa	6.76	0.09	1.86	33.9	370	8410	1003
Romera 1	Migajón Arcillo-Arenoso	7.05	0.18	4.04	15.9	678	249	630
Romera 2	Arena Migajonosa	6.76	0.09	1.55	21.5	1201	5531	695

Entre las propiedades que tienen influencia directa en la nutrición de los cultivos se tiene el pH del suelo, que para efectos de una nutrición balanceada se ha sugerido en el caso de mango, se mantenga cercano a la neutralidad (7.0). Los valores que se tuvieron en los huertos en experimentación no son contrastantes entre sí, ya que el intervalo de pH fluctuó entre 6.28 a 7.05, por lo tanto esta variable no tuvo efecto significativo en los tratamientos evaluados.

Otra de las propiedades evaluadas en estos suelos es el contenido de materia orgánica, encontrándose que hay diferencias muy marcadas, siendo los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2, los que tienen mayor contenido de materia orgánica, pudiendo ser una variable con influencia en los tratamientos, debido a que la materia orgánica afecta en forma directa las propiedades del suelo como son: capacidad de retención de humedad, formación de estructura y disponibilidad de nutrientes principalmente

nitrógeno. La conductividad eléctrica determinada en los suelos de los diferentes huertos en estudio, no varió significativamente y no refieren problemas de salinidad

5.3.2. Producción de biomasa en función de frecuencia de poda

Se evaluaron dos ciclos de producción y los resultados obtenidos en cuanto peso fresco y seco del material de poda, se muestran en los dos cuadros siguientes.

Cuadro 5. 3 Peso fresco y peso seco del material de poda en los huertos seleccionados. Ciclo 2007-2008

Huerto	Poda Ciclo 2007-2008	Frecuencia de poda	Peso fresco kg árbol ¹	Peso seco kg árbol ¹
Romera 1	Sep/06	Bianual	139.92 ^a	63.75
Playita	Oct/07	Anual	83.64 ^a	36.46
Pájaros 1	Jul/07	Anual	40.65 ^c	18.09
Pájaros 2	Ago/07	Anual	32.38 ^c	14.71

Los resultados, indican que la producción de biomasa aérea en el material de poda durante el ciclo 2007-2008 difirió significativamente entre tratamientos y estuvo asociado a la frecuencia de poda, así como también a los días transcurridos desde la cosecha al momento de poda. Si bien es cierto que la poda estimula al crecimiento vegetativo y/o productivo en el cultivo del mango, la permanencia de la biomasa en el árbol, permite la acumulación de más tejido sobre todo leñoso provocando mayor peso en la biomasa que se retira por poda.

La diferencia en producción de biomasa que se observa entre el huerto Playita y los otros dos huertos podados también anualmente se debe a que el primer huerto se ha estado podando bianualmente. La producción de biomasa para el ciclo 2008-2009 se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. 4 Peso fresco y peso seco del material de poda en los huertos seleccionados. Ciclo 2008-2009

Huerto	Poda Ciclo 2008-2009	Frecuencia de poda	Peso fresco kg/árbol	Peso seco kg/árbol
Romera 2	Oct/07	Bianual	142.6 ^a	70.57
Pájaros 1	Ago/08	Anual	24.22 ^b	11.65
Pájaros 2	Ago/08	Anual	35.63 ^b	18.38

Debido a las condiciones ambientales, principalmente exceso de precipitación pluvial que se presentó después del periodo de cosecha durante el 2008, no fue posible podar todos los huertos, ya que la humedad del suelo no permitió el acceso de la máquina podadora, por lo tanto se podaron solo tres huertos. En el cuadro anterior, se observa que en los huertos que se podaron anualmente (Pájaros 1 y Pájaros 2) produjeron una cantidad de biomasa similar entre huertos y similar a la biomasa producida con el ciclo anterior (2007-2008). Los árboles del huerto la Romera 2 podados bianualmente, acumularon en promedio 70 kg de materia seca por árbol, lo que significó un 200 % superior a los huertos con poda anual. Esto se debe a que en un manejo de poda bianual, los tallos tienen mayor oportunidad de crecimiento y por lo tanto para la acumulación de biomasa aérea. El crecimiento de brotes en un periodo bianual origina una mayor acumulación de biomasa, en virtud de que da oportunidad al crecimiento de nuevos brotes vegetativos que durante un año no fueron productivos, promoviendo una alta tasa de acumulación de biomasa. Con fines de establecimiento de un plan de manejo de nutrición balanceada en el cultivo, la información obtenida de la acumulación de biomasa en el material de poda es de suma importancia, ya que es un dato básico para calcular la extracción nutricional de nutrientes. De esta manera, habrá diferencias importantes si el dato es calculado sobre una base de poda anual o bianual.

La materia seca acumulada presentó diferencias significativas entre tratamientos siendo Romera 1 y Playita, los de mayor acumulación de materia seca respecto a los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2. Lo anterior, se debe principalmente al periodo de poda en relación a la cosecha y a la edad de los huertos, así como la frecuencia de poda (cf Cuadro 4.1, Cap. IV). Esto se atribuye a la emisión del número de brotes vegetativos a partir de la poda mecánica, es decir, en el material vegetativo acumulado se observó mayor cantidad de hojas emitidas en los huertos con poda bianual que los de poda anual, lo que explica que al haber mayor cantidad de hojas y brotes se acumuló mayor cantidad de materia seca. Aún cuando los árboles son de la misma edad, la respuesta de la poda en cuanto al desarrollo y emisión de brotes presentó diferencia, lo que indica que una poda bianual permite la recuperación de

poda bianual que los de poda anual, eso explica que al haber mayor cantidad de hoja presente, éstas pudieron extraer más N, ya que las hojas acumulan más nitrógeno que el tallo. Si bien, el N es un nutriente móvil y su concentración depende de la edad de la hoja, aún cuando los árboles son de la misma edad, la edad de los brotes y hojas presentes no fue igual debido al período en que se realizó la poda. Los brotes con poda bianual tuvieron mayor contenido de N, como producto del mayor tiempo que tuvieron para realizar la traslocación del nutriente desde los órganos de reserva que los podados anualmente, que son brotes nuevos con menor contenido de nitrógeno. Otro factor involucrado fue la presencia de brotes y estructuras permanentes, a diferencia de las hojas, éstos solo contienen de 0.3 a 0.5 % de N dependiendo de la edad, mientras que el contenido en hojas puede ser hasta de 5.0 %.

En la Figura 5.2a se muestra que los árboles con poda bianual, extrajeron aproximadamente 0.5 kg de N; mientras que en árboles podados anualmente se extrae 0.15 kg de N en el material de poda. Estas diferencias son debidas esencialmente a que en los tratamientos con poda bianual se propicia una mayor acumulación de biomasa aérea y por lo tanto también de nitrógeno. En la Figura 5.2b, se muestra que los árboles de los huertos, Romera 1 y Playita son los que tuvieron mayor extracción de P en el material de poda, como efecto directo de la cantidad de material de poda que se obtuvo en estos huertos que tuvieron poda bianual, sin embargo se observan diferencias significativas entre los huertos Romera 1 y Playita, aun cuando ambos tuvieron poda bianual. La cantidad de fósforo que extrae el árbol de mango es acorde a la frecuencia de poda, se tiene entonces que en árboles que se podan bianualmente se extrae en promedio 0.35 kg de P por árbol, mientras que en árboles que se podan anualmente la extracción de P por material de poda en promedio es de 0.12 kg de P por árbol.

Para el caso de K, se obtuvieron resultados similares a los de P, el huerto Romera 1 y Playita extrajeron mayor cantidad de K que los huertos Pájaros 1 y Pájaros 2. Estas diferencias se le atribuyen además de la mayor cantidad de biomasa

acumulada en poda bianual, a la movilidad que posee el K en la planta, donde se encontró que la movilización de nutrientes se presenta principalmente en el desarrollo de las yemas, mientras que en hoja la movilización se presenta antes de la caída de las hojas, movilizándose hacia los tejidos de reserva (Figura 5.2c). En el período de primavera-otoño se presenta una mayor absorción y movilidad por los procesos involucrados durante este período, lo anterior explica que el material recolectado pudo presentar mayor contenido de K, al estar en período de senescencia y no en desarrollo de nuevos brotes.

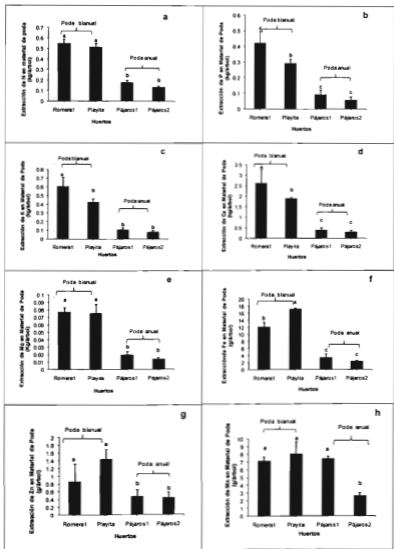


Figura 5. 2 Extracción de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn en el material de poda de huertos de mango 'Alaulfo'.

5.3.4. Extracción Nutrimental en fruto

El cuadro 5.5, muestra los resultados obtenidos en la extracción nutrimental en frutos frescos en los huertos de estudio, los cuales, tuvieron una estrecha relación con estudios realizados por Laborem *et al.*, (1979), en 16 variedades de mango. De igual manera Guzmán *et al.* (1996), realizó estudios sobre la extracción nutrimental en mango cv. Manila, considerando una producción de 10.5 t de fruta y un rendimiento de 750 mangos por árbol con un peso promedio de fruto de 280 g, extraen 1.24 kg N/t; 0.15kg P/t; 1.9 kg K/t; 0.24 kg Ca/t y 0.36 kg Mg/t de fruta fresca. Mientras que, Ríos y Corella (1999), calcularon la extracción nutrimental en cultivares "floridianos" como: 'Tommy A.', 'Keitt', 'Irwin', 'Haden A.', y 'Haden' con un rendimiento de 15 t/ha se extraen 5.66 kg N/t; 1.16 kg P/t; 11.38 kg K/t; 1.86 kg Ca/t y 1.14 kg Mg/t. Como se observa en el cuadro 12, los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los trabajos anteriormente realizados a pesar que los cultivares reportados en la literatura corresponden a tipos floridianos.

Cuadro 5. 5 Extracción nutrimental en frutos en los diferentes huertos seleccionados

Extracción de nutrientes (kg/t de fruto fresco)					
Huerto	N	P	K	Ca	Mg
Romera 1	1.15	0.29	2.00	1.07	0.14
Pájaros 1	2.01	0.30	4.39	2.11	0.42
Pájaros 2	2.74	0.61	8.58	6.43	0.50
Playita	2.21	0.14	2.69	2.01	0.32
Media	2.03	0.33	4.41	2.91	0.34

5.3.5 Factores de demanda nutrimental

La necesidad nutrimental anual de cada frutal depende principalmente del rendimiento esperado, del crecimiento anual del árbol en brotes nuevos y en

estructuras permanentes. En este sentido considerando la cantidad de material que se retira por la actividad de poda, se determinó que el árbol en promedio produce 50 kg de materia seca anualmente, que extrapolado a una densidad de población de 120 árboles por ha se tiene una producción de 6000 kg de materia seca anualmente y con un rendimiento de 36 ton ha⁻¹, corresponde a 166 kg de materia seca por tonelada de fruto, lo que al considerar el contenido nutrimental de dicho material y el contenido nutrimental del fruto, los factores de demanda nutrimental para el mango cv. Ataufu por tonelada de fruto fresco se establece en los siguientes valores del Cuadro 5.6.

Cuadro 5. 6 Factores de demanda nutrimental considerando los contenidos nutrimentales y la biomasa producida en frutos y material de poda anual

Nutriente	Factor Demanda nutrimental (kg nutriente/ t fruto cosechado)
N	4.77
P	2.05
K	6.85
Ca	11.22
Mg	0.68

5.3.6. Contenido nutrimental foliar

En la Figura 5.3 se muestran los resultados del contenido nutrimental foliar de N correspondiente a dos ciclos de producción, presentando diferencias significativas entre las etapas fenológicas. Los valores más altos en el contenido foliar de N se presentaron en la etapa de floración, en ambos ciclos de producción. Los contenidos de N fueron menores en las etapas vegetativas, fructificación e inmediatamente después de la cosecha. Estas diferencias pueden atribuirse a la movilidad del N dentro del árbol.

Independientemente de la etapa fenológica en que fue realizado el muestreo, la movilidad de este nutriente permite abastecer al cultivo durante un ciclo de producción, debido a que las hojas, son el principal órgano donde el N desarrolla sus funciones, de igual manera el contenido de N presente en los órganos de reserva está involucrado en el contenido nutrimental. Los resultados obtenidos concuerdan con los estudios realizados por Silva y Rodríguez (1995), los cuales mencionan que las hojas pueden contener hasta de 40 a 50 % del total de N presente en la planta, principalmente en hojas senescentes debido a que el N se moviliza antes de la caída de las hojas y a su vez dificulta establecer la concentración de N en este tipo de hojas. Existen otros factores involucrados en el contenido nutrimental como la edad del árbol, edad de la hoja, etapas fenológicas, temperatura, disponibilidad de N en el suelo y estructuras permanentes.

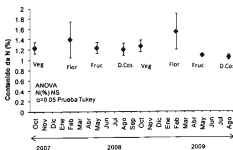


Figura 5.3 Contenido de N en hoja de mango cv. Ataulfo

En la Figura 5.4 se observa que el contenido nutrimental de fósforo fue mayor significativamente en el primer ciclo de producción (periodo 2008-2009), para las diferentes etapas fenológicas, en comparación al periodo 2009-2010.

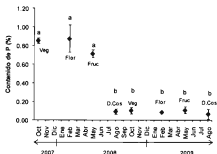


Figura 5. 4 Contenido de P en hoja de mango cv. Ataulfo

A partir de la etapa después de la cosecha de frutos en el año 2009, el contenido foliar de fósforo disminuyó significativamente con respecto a los valores obtenidos en épocas anteriores. El contenido porcentual de K en las hojas se mantuvo con poca variación a lo largo de los dos ciclos anuales de producción. Se observó que después de la cosecha, el contenido foliar de potasio se elevó hasta 1.4 %, pero sin diferencias estadísticas con respecto a las demás etapas fenológicas. Esto muy probablemente sea debido a la alta movilización del potasio para satisfacer las necesidades metabólicas para el desarrollo de nuevas hojas y brotes vegetativos. Stassen *et al.* (1983), encontró que la movilización de K contenido en las hojas, se realiza principalmente antes de la caída de éstas y se dirige hacia los tejidos de reserva, representando un 40 % del total. El 60 % restante de K es incorporado al suelo, previa caída de las hojas y su descomposición por la biomasa microbiana edáfica.

El K es uno de los nutrientes involucrados en los procesos físicos, químicos y bioquímicos dentro del frutal, ya que es indispensable para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, de igual manera se encuentra involucrado en la translocación de fotosintatos, activador de más de 60 sistemas enzimáticos y procesos de osmoregulación (Ríos y Corella, 1999).

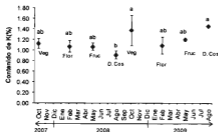


Figura 5. 5 Contenido de K en hoja de mango cv. Ataulfo

El mayor contenido de Ca se presentó en la etapa de fructificación en el segundo año de muestreo, lo anterior se atribuye a la importancia de Ca en las etapas de floración y fructificación, ya que Ca está involucrado en el crecimiento del tubo polínico así como en el crecimiento de las flores y cuajado del fruto. En la Figura 5.6 se observa como la cantidad de Ca fue similar en las etapas de floración y fructificación. Es importante señalar que en el primer muestreo realizado en etapa vegetativa en el año 2008 fue menor el contenido de calcio foliar, respecto al resto de los tratamientos. Ca se caracteriza por ser un nutriente involucrado en el proceso de amarre de fruto principalmente durante la madurez fisiológica del fruto. Asimismo, existe una estrecha relación entre la acumulación de Ca y la concentración de Ca en fruto. El Ca es un nutriente altamente inmóvil una vez que se encuentra en las hojas.

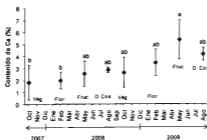


Figura 5. 6 Contenido de Ca en hoja de mango cv. Ataulfo

Estudios realizados por Singh (2005), sobre el contenido de nutrientes en pulpa, cáscara y semilla, no encontraron diferencias significativas para el caso de Mg; sin embargo, en el presente estudio, como se aprecia en la Figura 5.7, se encontraron diferencias, siendo la etapa de fructificación la que presentó mayor contenido de Mg. Lo anterior se atribuye posiblemente a la acumulación de Mg en los órganos de reserva involucrados en los procesos de desarrollo y amarre de fruto. Es necesario, tomar en cuenta, que además de la poda existen factores involucrado en la movilidad de los nutrientes como son las condiciones climáticas y la presencia de hormonas, las cuales, pueden causar efectos positivos como el desarrollo de frutos o bien, actuar negativamente ocasionando desórdenes fisiológicos en el cultivo.

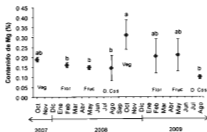


Figura 5. 7 Contenido de Mg en hoja de mango cv. Ataulfo

El contenido de Mg fue mayor durante la etapa vegetativa en el segundo año de muestreo debido a que éste nutriente tiene una mayor acumulación y distribución en hojas jóvenes así como en raíz y corteza (Staseen *et al.*, 2000). La remoción del follaje de la planta realizado por la poda tiene un efecto en el contenido nutrimental foliar debido a que una vez podados los árboles, éstos tratan de restituir el balance entre la parte aérea y radical, y se expresa mediante el desarrollo de brotes nuevos, los cuales disminuyen las reservas presentes en el árbol. Además está demostrado que la poda tiene un efecto significativo en la emisión de brotes, mayor número de flujos vegetativo, longitud y número de hojas presentes por flujo.

5.4. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación, indican que la acumulación de biomasa aérea en mango 'Ataulfo' difirió significativamente entre tratamientos y estuvo asociado a la frecuencia de poda, así como también a los días transcurridos desde la cosecha al momento de poda. Los árboles podados bianualmente, acumularon en promedio 70 kg de materia seca por árbol, lo que significó un 200 % de incremento en comparación a los árboles con poda anual. Los huertos con poda anual produjeron una cantidad de biomasa similar entre si y entre ciclos de producción (ciclo 2007-2008 y ciclo 2008-2009).

Los factores de demanda nutrimental determinados en mango 'Ataulfo', considerando los requerimientos en el material de poda anual y en los frutos frescos producidos, expresados en kg t^{-1} de fruto fresco son: 4.77 N, 2.05 P, 6.85 K, 11.22 Ca y 0.68 Mg. La extracción de nutrientes que se cuantificó solo en frutos cosechados fue (en kg t^{-1}): 2.03 N, 0.14 P, 2.70 K, 2.01 Ca y 0.32 Mg.

El contenido nutrimental foliar en brotes anuales varió entre las etapas de crecimiento vegetativo, floración, fructificación y postcosecha. Se observó que la fecha de poda y la localidad, no tuvieron efecto sobre los valores encontrados, por lo que se deduce que la variación de los contenidos nutrimentales en las diferentes etapas fenológicas, dependen más bien de la movilidad y la función que realiza cada nutriente en el sistema interno del frutal.

VI. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G. G., y Sandoval, V. M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.
- Avilán, L. 1980. El índice de fructificación en frutales perennes. *Agronomía Trop.* 30 (1-6): 147-157.
- Avilán, L. 1986. Comportamiento del naranjo dulce en Venezuela. *Turrialba.* 36 (1): 123-130.
- Avilán, R. L y Reginfo, C. 1992. El cultivo del manguero en Venezuela III. Fertilización. *FONIAP DIVULGA 40* (abril-junio) 1-5.
- Avilán, L. 1999. Fertilización del mango en el trópico. *Informaciones agronómicas. Instituto de la potasa y el fósforo. INPOFOS.* 34: 1-6.
- Avilán, L., Rodríguez, M., Ruiz, J. 2000. El mango se poda: ¿Por qué, cuándo y cómo? *FONIAP DIVULGA.* No. 65.
- Avilán, L., Marín, C., Rodríguez, M. y Ruiz, J. 2000. Comportamiento de los brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, paclobutrazol y nitrato de potasio. *Agronomía Trop.* 50 (3): 347-360.
- Avilán, L., Marín, R. C., Rodríguez. 2001. Crecimiento, floración y producción del mango sometido a diferentes tratamientos en plantaciones de alta densidad. *Agronomía Trop.* 51(1): 29-47.

- Avilán, L., Azkue, M., Soto, E., Rodríguez, M., Ruiz, J. y Escalante, H. 2003. Efecto de la poda y el empleo de un regulador de crecimiento sobre el inicio de floración en mango. *Rev. Fac. Agron.* 20:4.
- Avilán, L., Marín, C., Rodríguez, M. y Ruiz, J. 2005. Producción forzada del mango (*Mangifera indica* L.) en alta densidad (278pl ha⁻¹) durante el período de crecimiento. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 22: 99-111.
- Avilán, L., Escalante, H., Marín, C., Soto, E., Pérez, M., Rodríguez, M., Ruiz, J. 2007. Contenido Estimado de NPK en el follaje removido por la poda en Mango Sembrado en alta densidad. *Agronomía Trop.* 57 (2): 113-121.
- Avilán, L., Soto, E., Pérez, M., Marín, R. C., Margot, R., Ruiz, J. 2007. Evaluación de la forma de copa y el aserrado de las ramas 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Edward' y 'Kent', sobre los rendimientos y la eficiencia productiva. Ciclos 2000 al 2003. *Agronomía Trop.* 57: 51-59.
- Avilán, L., Soto, E., Marín, R. C., Pérez, M., Rodríguez, M., y Ruiz, J. 2008. Productividad del mango en una población de alta densidad durante el periodo de plena producción. *Agronomía Trop.* 58 (2): 181-191.
- Batten, D. J., and C. A. McConchie. 1995. Floral induction in growing buds of lychee (*Litchi chinensis*) and mango (*Mangifera indica* L.) *Aust. J. Plant Physiol.* 69: 397-791.
- Cadha, K.L., Samra, J.S. y R.S.Thakur. 1980. Standardization of leaf sampling technique for mineral composition of leaves of mango cultivar 'Chausa'. *Scientia Horticulturae*, 13: 323-329.
- Chaikiattiyos, S., C. M. Menzel, and T. S. Rasmussen. 1994. Floral induction in tropical fruit trees: Effects of temperature and water supply. *J. Hort. Sci.* 69: 397-415.

- Campbell, R. J. and Wasielewski, J. 2000. Mango tree training techniques for the hot tropics. *Acta Hort.* 509: 641-652.
- Cano M., R., A. E. Becerril R., J. Rodríguez A. y H. González R. (comps.). Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. Edo. México, pp: 24-31.
- Chapman, H.D. y Pratt, P.F. 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. Trillas. México, D.F.
- Childers, N. F. 1966. Fruit Nutrition, Temperate to Tropical. Hort. Publ. Rutgers-State Univ. New Brunswick. New Jersey, U.S.A.
- Coletto, J.M. 1994. Crecimiento y Desarrollo de las Especies Frutales. 2ª. Ed. Mundiprensa. 167p.
- Crane, J.H., Bally, I.S.E.; Mosqueda-Vázquez and E. Tomer. 1997. Crop production. In: R Litz (Ed). *The Mango, Botany, Production and Uses*. CAB International. Oxon. Wallingford: 203-256.
- Cumare, J. y Avilán, L. 1994. Descripción y caracterización de nueve variedades de mango a ser usados como patrones. III. Estudio fenológico. *Agronomía Trop.* 44(3): 417-439.
- Davenport T. L., y Núñez-Eliséa R. 1997. Reproductive physiology. In: Litz RE (Ed). *The Mango, Botany, Production and uses*, pp. 69-146. CAB International, Wallingford Oxon.
- Davenport, T. L. 2000. Processes influencing floral initiation and bloom: the role of phytohormones in a conceptual. *Hort. Technol.* 10: 733-739.

- Davenport, T. L. 2003. Management of flowering in the three tropical and subtropical fruit tree species. HortScience 38: 1331-1335.
- Davenport, L.T., Colmenares, P., Salcedo, J.F. 2005. Poda de despunte en árboles de mango. INIA DIVULGA.
- Davenport L., T. 2007. Reproductive physiology of mango. Braz. J. Plant Physiol. 19 (4): 363-376.
- Faostat, 2005. FAO Statistical Databases, actualized to 14 July 2005. <http://faostat.fao.org/>
- Ferrari, D. y Sergent, E. 1996. Control químico del crecimiento vegetativo del mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, mediante aplicaciones de Paclobutrazol. Revista Facultad de Agronomía. Maracay, Ven. Alcance 50: 81-88.
- Fivaz, J. y Growé, H. 1998. Pruning of mango trees. En: E.A. de Villiers. (Ed.). The cultivation of mangoes. Institute for tropical Crops. ARC. LNR. Nels-pruit. Sudáfrica. 70-79.
- Fivaz, J., Stassen, P. J. C. y Grove, H. G. 1997. Pruning and training strategies for Tommy Atkins and Sensation mango trees in higher density hedgerow systems. South African Mango Growers' Association, 17: 37-40.
- Galán, S. V., Fernández, G. D. 1987. El cultivo del mango en Canarias. Cuadernos de divulgación 1/87. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Gobierno de Canarias. 20p.
- Galán, S. V. 1999. El cultivo del mango. Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. México. 298p.

- Gene, A. L., and Galán, S. V. 2004. Flower bud induction, Flowering and Fruit-set of Some Tropical and Subtropical Fruit Tree Crops with special Reference to Citrus. *Acta Hort.* 632: 81-90.
- Gil, P. M.; Sergent, E.; Leal, F.; 1998. Efectos de la poda sobre variables reproductivas y de calidad del mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden. *Bioagro* 10 (1): 18-23.
- Goguey, T. 1995. Approche architecturale des mecanismes de la croissance aerinne et de la floraison du manguier. Doctorat These. Universite Montpellier II. Sciences et Techniques du Languedoc. Francia 205 p. y anexos.
- Goguey, T. 1997. Architectural approach of the mechanism of canopy growth and flowering of mango trees. *Acta Hort.* 455: 124-131.
- Guzmán-Estrada, C., Mosqueda-Vázquez R. y Alcalde-Blanco, S. 1997. Content and extraction of several nutrients by mango fruits of Manila cultivar. *Acta Horticulturae* 455: 465-471.
- Guzmán, E. C., Blanco, H. S. A., Mosqueda, V. R.; Martínez, G. A. 1998. Variación del Contenido Foliar de Ca, Mg y micronutrientes en mango cv. Manila. *Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay)* 24: 41-58.
- Kachru, R. B. Singh, R. N. y Chacko, E. K. 1971. Inhibition of flowers in mango (*Mangifera indica* L.) by giberellic acid. *HortScience*, 6: 140-141.
- Kalra, P.Y. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press. Boca Raton. Boston. London. New York. Washington, D.C. 300p.
- Koo, R.C.J. y T.W. Young. 1972. Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 97: 792-794.

- Kurup, R.C.G. 1967. The mango. A Handbook, Indian Council of Agr. Res. New Delhi, India. 210p.
- Laborem, G.E., Avilán, L.R. y Figueroa M. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.) Agron. Trop. 29 (1): 3-15.
- Media Urrutia, V. M. 1994. Poda y Aspersión de nitrato de amonio para adelantar la cosecha de mango en Colima. 11° Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética Memorias. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C: 209.
- MEDINA-URRUTIA, V. 1994. Poda y Paclobutrazol afectan el crecimiento y producción de árboles jóvenes de mango 'Tommy Atkins'. Proceedings Interamerican Society Tropical Horticultural 38: 50-55.
- Mosqueda, V.R. Y Mata, B.I. 1998. La producción del mango en México. UTEHA. México. 159p.
- Mosqueda V., R. 1989. Sistemas de producción forzada en frutales tropicales: Revisión en piña y mango. In: Memorias Simposium Producción Forzada en Frutales.
- Mukherjee, S. K. 1953. The Mango: Its botany, Cultivation, Uses and Future Improvement, Especially as Observed in India. Economy Botany Vol.7, No. 2 (Apr-Jun, 1953) 130-162pp.
- Núñez-Elisea, R. and Davenport, T. L. 1994. Flowering of mango trees in containers as influenced by seasonal temperature and water stress. Scientia Horticulturae. 58: 57-66.

- Osuna-Enciso, T., Engleman M., E., Becerril-Román, E., Mosqueda-Vázquez, R., Soto-Hernández, M. y Castillo-Morales, A. 2000. Iniciación y diferenciación floral en mango 'Manila'. *Agrociencia* 34: 573-581.
- Oosthuysen, S. A. 1993. Tree spacing trends and options for yield improvement in mango. *Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences*, 13: 92-96.
- Oosthuysen, S. A. 1995. Pruning of mango trees: An update. *South African Mango Growers' Association*, 15: 1-9.
- Oosthuysen, S. A. 1995. Relationship between branching frequency, and growth, cropping and structural strength of two-year old mango trees. *Scientia Horticulturae*, 455: 413-421.
- Oosthuysen, S. A. y Jacobs, G. 1997. Flowering synchronization of 'Sensation' mango trees by winter pruning. *Acta Hort.* 465: 422-430.
- Oosthuysen, A. S. 2000. Variation of leaf nutrition status in relation to fruit growth in mango. *Acta Hort.* 509: 375-378.
- Rao, V.N.M., Sharmugavelu, K.G., 1975. Mango responds to pruning. *Ind. Hort.* 20, 5-6.
- Reece, P. C., J. R. Furr, and W. C. Cooper. 1946. The inhibiting effect of terminal bud on flower formation in the axillary buds of the Haden mango (*Mangifera indica* L.). *Am. J. Bot.* 33: 209-210.
- Reece, P. C., J. R. Furr, and W. C. Cooper. 1949. Further studies of floral induction in the 'Haden' mango (*Mangifera indica* L.). *Am. J. Bot.* 36: 734-740.
- SAGARPA-SIAP, 2007. <http://www.siap.gob.mx/> (Diciembre 2009).

SAS Institute. 1999. SAS/STAT software. Version 9. Statistical SAS Inst. Inc. U.S.A.

Sharma, R.R., Singh, R. 2006. Pruning intensity modifies canopy microclimate, and influences sex ratio, malformation incidence and development of fruited panicles in 'Amrapali' mango (*Mangifera indica* L.). *Scientia Horticulturae* 109, 118-122.

Simao, S.1960. Estudos da planta e do fruto da mangueira (*Mangifera indica* L.). Tese. Escola Superior de Agricultura À _ÀLuiz de Queiroz_À_À. Universidade de Sao Paulo, Brasil. 167p.

Silva, S.H. y Rodríguez, S.J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Alfabetá impresores. Santiago, Chile. 519p.

Singh, L. B. 1960. The Mango-Botany, Cultivation and Utilization. Leonard Hill. London. 439p.

Singh, L. B. 1977. ~~Mango~~ *Mango* In: Ecophysiology of Tropical Crops. Alvin, P. de T., and T. T. Kozlowski (eds.). Academic Press. New York., pp: 479-485.

Shu, Z. H., and Sheen, T. F. 1987. Floral induction in axillary buds of mango (*Mangifera indica* L.) as affected by temperature. *Sciencia Hort.* 31: 81-87.

Shu, Z. H. 1994. Chemical pruning and induction of panicles in mango (*Mangifera indica* L.) *Jour. Agric. Res. China.* 43: 63-68.

Sukhvibul, N., Whiley, A. W., Smith, M. K. 2005. Effect of temperature on seed and fruit development in three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars.

Tongumpai, P., Chantakulchan, K., Subgadabandhu, S. y Ogata, R. 1997. Foliar application of Paclobutrazol on flowering of mango. *Acta Hort.* 455: 175-179.

- Turrell, F. 1961. Growth of the photosynthetic area of citrus. *Botanical Gazette* 122: 284-298.
- Vázquez-Valdivia, V., Salazar-García, S. and Pérez-Barraza, M. H. 2000. 'Esmeralda' interstocks reduce 'Ataulfo' mango tree size with no reduction in yield: Results of de first five years. *Acta Hort.* 509: 291-296.
- Vázquez-Valdivia, V., Pérez-Barraza, M. H., Salazar-García, S., Becerra-Bernal, E. 2005. Crecimiento, Nutrición y Rendimiento del mango 'Ataulfo' con injerto de porte bajo 'Esmeralda'. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11 (2): 209-213.
- Vázquez-Valdivia, V.; Pérez-Barraza, M.H.; Osuna-García, J. A.; Urías-López, M. A.; 2009. Manejo Integral de Huertos de Mango 'Ataulfo' con altas densidades de plantación. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 15 (2): 155-160.
- Yuniarti and Santoso, P. 2000. Mango production and industry in Indonesia. *Acta Hort.* 509 (1): 51-57.
- Whiley, A. W. 1993. Environmental effects on phenology and physiology of mango- a review. *Acta Hort.* 341: 168-176.