

## FISIOLOGÍA Y MANEJO DEL PERÍODO DE DORMANCIA EN MANZANO “Malus domestica” Borhk.

J. Jesús Llamas Llamas, J. Jesús Avelar Mejía, Alfredo Lara Herrera y Maximino Luna Flores. Cuerpo Académico de “Producción agrícola Sostenible”. Unidad Académica de Agronomía de La Universidad Autónoma de Zacatecas.

Correo Electrónico: llamasjj@yahoo.com.mx

### I.- FISIOLOGÍA DE DORMANCIA

#### 1.1.- Definición y Terminología

El manzano, a través de su proceso evolutivo, ha desarrollado procesos bioquímicos y fisiológicos, altamente especializados, que le permiten prosperar en regiones con inviernos cuyas temperaturas son extremadamente adversas (temperaturas muy bajas) para el crecimiento y desarrollo de sus brotes y frutos. La manifestación de dichos procesos, se refleja en la sincronización de las fases de crecimiento que caracterizan **su ciclo de desarrollo anual, con las condiciones climáticas prevalecientes**; de tal forma que, el ciclo de desarrollo anual del manzano, está caracterizado por dos fases fenológicas bien definidas:

a).- Una de intenso crecimiento vegetativo y desarrollo de frutos, que comienza con la brotación de sus yemas, tanto florales como vegetativas y termina con la formación de las yemas apicales de sus brotes, estadio conocido como “madurez vegetativa” (Fuchigami y Wisniewski, 1997). Durante esta fase, se presenta el desarrollo completo de frutos y brotes, tanto vegetativos como fructíferos, en respuesta a la constante presencia de temperaturas favorables (10 a 28 °C).

b).- A la segunda fase se le conoce como “Dormancia”. En esta fase, ocurre la detención temporal del crecimiento visible en los tejidos meristemáticos de su parte aérea. (Lang, 1987). La detención del crecimiento visible, ocurre como respuesta a la disminución del foto período y la temperatura ambiental; condiciones que invariablemente, se presentan antes de que inicie la temporada invernal, en las regiones de donde es originario el manzano.

La dormancia de las yemas florales y vegetativas del manzano, es un estadio fisiológico complejo que implica la transición progresiva de su crecimiento activo (crecimiento visible) a una condición de dormancia: estadio bioquímico - fisiológico que se caracteriza por la detención del crecimiento visible, la senescencia foliar, la suspensión de la iniciación foliar, la formación de las estructuras protectoras de las yemas (borra protectora, escamas y brácteas), el almacenamiento del carbono y nitrógeno, la tolerancia a la desecación y resistencia al frío invernal.

En la mayoría de las investigaciones sobre dormancia, ésta se ha definido en términos del crecimiento, o más específicamente, como falta de crecimiento visible de los meristemas apicales aéreos del árbol; sin embargo, en términos fisiológicos, el fenómeno de la dormancia es difícil de definir, ya que en su desarrollo, interaccionan muchos factores que la pueden controlar o modificar, como: la temperatura, el foto período, el termo período, los niveles de fitohormonas presentes en los meristemas, los ápices en crecimiento y la presencia de condiciones ambientales que favorecen o que limitan el crecimiento meristemático. Más aún, debido a que los factores ambientales que influyen sobre este proceso, varían consistentemente de un año a otro, la dinámica e

intensidad del proceso de dormancia, también serán diferentes en cada período invernal y con toda seguridad, las diferencias serán mayores en los años por venir.

Mohor y Schopfer (1994) mencionan que conforme se inicia el período de dormancia, el crecimiento de las yemas se reduce, formando secciones axilares o terminales del eje del brote con un gran número de primordios foliares o florales envueltos en escamas. Los órganos y meristemas formados en la yema se encuentran en un estado transitorio de dormancia que fue inducido antes del inicio de condiciones ambientales desfavorables al crecimiento. A nivel celular, la dormancia en las yemas se expresa en forma similar a la maduración de las semillas. El almacenamiento de materiales orgánicos como almidón, grasas y proteínas de almacenamiento, se depositan en los primordios florales durante su preparación para la dormancia. Subsecuentemente, la respiración celular se reduce al mínimo y las células pierden una gran cantidad de agua libre. Esta pérdida general del agua libre de las células, conjuntamente con la síntesis de dehídrinas (proteínas altamente hidrofílicas), confieren a las yemas la tolerancia a la desecación y al frío. Finalmente, la formación de la borra protectora y una gruesa capa de hojas modificadas escamosas (escamas y brácteas), altamente cutinizadas, sirven como una protección adicional contra las bajas temperaturas invernales.

Las yemas están conectadas a los brotes a través de una zona parenquimatosa atravesada por un haz procambial, mediante la cual la yema recibe los nutrientes necesarios para su desarrollo. Basados en pruebas bioquímicas realizadas por diferentes autores, Crabbé y Barnola (1996) aportan una nueva ilustración de la sucesión de las fases de dormancia descritas por Lang (1987). En esta ilustración se propone una diferenciación bioquímica de los tipos de dormancia de las yemas. En primer lugar señalan que la capacidad de crecimiento de las yemas primero disminuye bajo la influencia de factores ambientales (fotoperíodo corto y temperatura baja) o correlativos (dominancia apical) remotos, los cuales inducen el establecimiento intermitente de una barrera de permeabilidad cercana a la yema (un gradiente de pH) entre el tejido del brote y el de la yema. Cuando el pH de la yema es mayor que el del tejido subyacente, el tejido del brote se convierte en una demanda (sink) muy fuerte que atrapa todas las moléculas disponibles, mientras que las yemas, desprovistas de estos recursos, permanecen inhibidas (**paradormantes**). En segundo término mencionan que la fase **endodormante** se caracteriza por la persistencia de la barrera de permeabilidad y la inhabilidad del tejido de la yema para incrementar el contenido de nucleótidos no adenílicos. Y, para que dicha barrera sea removida y el tejido de la yema pueda incrementar su contenido de nucleótidos no adenílicos, se requiere de la presencia constante de temperaturas bajas (Unidades frío). Finalmente, consideran que las fases de **para-** y **ecodormancia**, corresponden a un estado fisiológico bloqueado menos severamente, el cual puede ser forzado con cierta facilidad, mediante la exposición de brotes y yemas a condiciones ambientales favorables o la aplicación de agentes rompedores de dormancia (promotores de brotación).

En un extenso análisis sobre los mecanismos de control de la dormancia, Faust y colaboradores (1997) señalan cuatro principales factores biológicos que cambian la intensidad de la dormancia de las yemas: a) el balance hormonal en la yema o el árbol; b) el estado del agua (libre, de constitución o ligada) dentro de la yema; c) la composición y fluidez de las membranas celulares y d) el potencial anabólico de las yemas. A continuación se describe brevemente la relación de las fitohormonas y el potencial metabólico de las yemas con la dormancia.

## **1.2.- Principales factores biológicos que influyen sobre la fisiología de dormancia de las yemas en frutales caducifolios.**

### **1.2.1.- Los reguladores de crecimiento**

Durante mucho tiempo se consideró que los niveles endógenos de inhibidores del crecimiento, eran los factores causales de la inducción, mantenimiento y terminación de la dormancia (Faust y colaboradores, 1997); sin embargo, si los niveles de reguladores de crecimiento controlaran directamente la dormancia, entonces una fluctuación en la concentración endógena de estas moléculas, debería preceder o acompañar el progreso de los eventos característicos de la dormancia, condición que en la práctica, no se ha podido demostrar en forma consistente (Roberts y Hooley, 1988).

#### **1.2.1.1.- El Ácido Abscísico**

Inicialmente el Ácido Abscísico (AAB), fue considerado como el inhibidor más importante del crecimiento, a tal grado que se le llamó “dormin” (Lang, 1988; Faust y colaboradores, 1997). La sugerencia original de que el (AAB) se encontraba involucrado en la inducción y mantenimiento de la dormancia, se basó en que las yemas dormantes contenían niveles más altos de (AAB) que la yemas en crecimiento (Milborrow, 1984). A la fecha, no se ha encontrado una correlación directa de los niveles de (AAB) presentes en las yemas con la intensidad de dormancia que éstas exhiben; más aún, la mayoría de las investigaciones señalan que el (AAB) por si solo no regula la dormancia, sino que indirectamente desempeña un papel importante en el desarrollo del proceso. El (AAB) puede tener una función importante en el fenómeno de la dormancia, pero más bien como un componente necesario de un proceso y no como un control (Milborrow, 1984). La teoría clásica del control hormonal de la dormancia en la que se enfatizaba que al (AAB) imponía y las citocininas liberaban la dormancia, ha sido rebasada (Crabbe, 1994).

#### **1.2.1.2.- Las Citocininas**

Roberts y Hooley (1988) señalan que existen muchas evidencias que relacionan las citocininas con la dormancia. Los niveles de esta hormona en las yemas y el árbol, disminuyen al acortarse el fotoperíodo y se incrementan durante la salida de dormancia; por consiguiente, el crecimiento temprano puede inducirse por la aplicación de citocininas. Salisbury y Ross (1994) también mencionan que con la aplicación de citocininas exógenas en yemas laterales paradormantes, la división celular se incrementa y las yemas comienzan a crecer y que esto se debe a que la citocininas tienen un efecto promotor sobre la formación de ARN y enzimas. Las citocininas activan el engranaje para el crecimiento, incluyendo la síntesis de ADN, ARN y proteínas, además de incrementar el metabolismo energético; pues existen evidencias de que con la aplicación de citocininas exógenas se produce un efecto estimulante en yemas dormantes y otros casos en la cuales yemas parcialmente enfriadas, responden positivamente a la aplicación de citocininas (Powell, 1987).

#### **1.2.1.3.- Las Auxinas**

Cuando las yemas laterales de los brotes se mantienen inhibidas por la dominancia apical, la remoción de la yema terminal libera las yemas axilares de la inhibición correlativa; pero al reemplazar la yema terminal con ácido indolacético (AIA), las yemas laterales del manzano se mantienen dormantes (Wang y colaboradores, 1994). A la fecha, no hay duda de que las auxinas tienen un efecto favorable en la inhibición correlativa de las yemas laterales, no solo durante la paradormancia sino también durante la endodormancia (Faust y colaboradores, 1995). También se ha comprobado que las yemas laterales de brotes en los que la yema terminal permanece intacta, requieren más frío que las yemas de los brotes en los que la yema terminal ha sido

removida. Otras evidencias indican que, uno de los métodos para disminuir el transporte de auxinas es el arqueado de ramas, condición que puede alterar la intensidad de dormancia de sus yemas laterales.

El desarrollo de las plantas está controlado por la interacción sincronizada de factores externos e internos. Entre los factores internos, las hormonas desempeñan un papel importante en la regulación del crecimiento. Existen muchas evidencias de que el componente hormonal de la dormancia se encuentra estrechamente relacionado con la inhibición correlativa, la traducción de estímulos ambientales para la inducción de la dormancia, e involucrado en su terminación. Sin embargo, el balance entre inhibidores y activadores del crecimiento que prevalece durante la dormancia, no es el que regula la fisiología del proceso. Es probable que las fitohormonas regulen el desarrollo de la dormancia actuando como mensajeros químicos entre las células, o bien que puedan intervenir en la activación a represión de genes específicos, y que cualquier respuesta hormonal que se observe, sea el resultado de dicha expresión genética (Raven y colaboradores, 1992).

#### **1.2.1.4.- Potencial Anabólico de las yemas**

La dormancia de las yemas se desarrolla debido a la pérdida de su poder para competir por los nutrientes necesarios para su desarrollo, con otros tejidos de la planta, y la terminación de su estado dormante se debe a un incremento en el poder de competencia de las yemas por dichos nutrientes (Champagnat, 1989). Mediante pruebas bioquímicas, este mismo autor demostró que en las yemas dormantes el pH es mayor que en las células del tejido subyacente del brote, pero al final del período de dormancia, el gradiente de pH se invierte. Al revertirse el poder de competencia, las yemas superan la barrera de comunicación que se había establecido entre sus tejidos y los del brote, se favorece el flujo de nutrientes hacia los tejidos de las yemas, cuyas células a su vez, adquieren de nuevo la habilidad para sintetizar trifosfatos no adenílicos, permitiéndoles de esta forma reiniciar su crecimiento (Crabbé y Barnola, 1996). Sobre este aspecto, es importante señalar que, para que se reestablezca la barrera de permeabilidad entre la yema y el tejido subyacente del brote, se requiere de la ocurrencia constante de temperaturas bajas (Unidades frío) durante la fase endodormante de las yemas. Cuando las unidades frío requeridas para la brotación normal de las yemas es insuficiente, las yemas quedan fisiológicamente aisladas del tejido subyacente del brote; condición que provoca la muerte y el desprendimiento de las yemas. En el estado de Zacatecas, a finales del período invernal 2007 – 2008, los árboles de durazno presentaron un desprendimiento masivo de yemas, tanto florales como vegetativas; debido a que el invierno fue uno de los más calidos e irregulares de los últimos 10 años. Más aún, una gran cantidad de brotes cuyas yemas quedaron aisladas, murieron rápidamente.

Con base en este breve análisis sobre la bioquímica y fisiología de la dormancia en frutales caducifolios, se puede concluir que **la dormancia es un proceso complejo** que evolucionó como un medio de sobre vivencia ecológica para superar los fríos inviernos. Por consiguiente, entre más precisa sea la respuesta del árbol frutal a los estímulos ambientales, mejor será su capacidad para sobrevivir al invierno.

## **2.- DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA DIAGNOSTICAR LA DORMANCIA**

### **2.1.- Antecedentes**

La apreciación general sobre la dormancia es que la única forma de que los árboles caducifolios superen esta fase fisiológica, es mediante una acumulación cuantitativa de

cierta cantidad de frío y solamente parte de este requerimiento de frío, puede ser substituido por otros medios. El interés por conocer los mecanismos que inducen o que liberan la dormancia, se ha intensificado durante los últimos años, debido al innegable cambio climático que hoy se vive. Cada vez es mayor el interés de los fruti cultores por conocer las técnicas que les permitan manejar con éxito sus frutales caducifolios, bajo condiciones de inviernos cada vez más cálidos e irregulares, en los cuales los requerimientos de frío de sus variedades no pueden ser satisfechos. Ante este entorno, el interés de los fruti cultores se enfoca fundamentalmente al manejo adecuado del período de dormancia para: a) incrementar la brotación y floración de sus árboles; b) retardar la brotación de las yemas con el fin de evitar los daños por heladas de primavera; c) incrementar y mejorar el desarrollo de frutos; y d) prolongar el período productivo de sus huertos, mediante la inducción del desarrollo normal de brotes y follaje de sus árboles.

Con el fin de cumplir con las expectativas de los productores de manzana de las diferentes regiones productoras de México y, debido a que los modelos actuales para diagnosticar la dormancia en frutales caducifolios, bajo condiciones de inviernos benignos, aún presentaban importantes limitaciones por la falta de estrategias para determinar con precisión los niveles de intensidad metabólica que las yemas exhiben durante la inducción, mantenimiento y salida de la dormancia; se propuso realizar una investigación con el objetivo de **validar un método para diagnosticar oportunamente, la transición de las yemas florales de su fase endodormante a ecodormante**. El estudio se realizó en 6 regiones productoras de manzana del estado de Chihuahua, durante el período invernal 2000 – 2001. El material de estudio consistió en muestras de yemas florales de árboles en producción, variedad “Golden Delicious” (GD), establecidos en huertos comerciales, localizados en 6 ambientes diferentes.

## 2.2.- Estrategia de trabajo

2.2.1.- Selección de los huertos. Para caracterizar los cambios en la intensidad metabólica que exhiben las yemas florales de manzano (GD), durante la transición de su fase endodormante a ecodormante, en relación con la acumulación de calor y su fenología de floración; se seleccionaron seis huertos comerciales en las principales zonas productoras de los municipios de Cuauhtémoc, Guerrero, Bachíniva y Namiquipa. Los principales criterios de selección fueron: a) huertos localizados en áreas productoras representativas de valles y mesetas, donde la acumulación de frío y calor es diferente; b) árboles sin síntomas visibles de daños por plagas o enfermedades; c) huertos manejados con niveles tecnológicos representativos de la región; y d) con riego eficiente y edad promedio de los árboles =15 años. Mediante esta estrategia, fue posible obtener muestras relativamente uniformes pero desarrolladas en ambientes diferentes, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.1.- Horas y Unidades Frío acumuladas en los seis sitios de estudio, durante el período invernal 2000 – 2001.

Municipios	Sitios de estudio	Horas Frío*	Unidades Frío**
Cuauhtémoc	Zona Dorada	1,441	838
Cuauhtémoc	Quintas Lupita	1,832	1,093
Guerrero	Mesa de Miñaca	1,856	1,296
Guerrero	Río Papigochi	1,960	924
Bachíniva	Bachíniva	1,617	1,339
Namiquipa	Namiquipa	1,840	1,015

\* Hora Frío = 1 hora con una temperatura  $\leq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$

\*\* Unidades Frío calculadas con el método de Richardson y col. (1974)

Fuente: UNIFRUT. Vol. 6 Marzo 2001.

### 2.2.2.- Obtención y manejo de muestras

En enero de 2001, en las hileras centrales de cada huerto seleccionado, se marcaron 30 árboles con vigor uniforme y sin síntomas visuales de daños por enfermedades. El período de muestreo fue del primero de febrero al 10 de abril, con una frecuencia de 8 días, analizándose 8 muestras de cada huerto (48 muestras en total). Las subfases de desarrollo incluidas en el período de muestreo fueron yema cerrada (yc), yema hinchada (yh), punta plateada (pp), punta verde (pv), punta rosa (pr) y racimo estrecho (re). En cada fecha de muestreo, se colectaron 20 brindillas coronadas, localizadas en los cuatro puntos cardinales y a una altura promedio de 1.8 m en el dosel de los árboles marcados. Las brindillas colectadas se colocaron en papel absorbente húmedo y se trasladaron al laboratorio en una hielera, a una temperatura promedio de  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; iniciándose de inmediato las mediciones calorimétricas.

### 2.2.3.- determinación de la intensidad metabólica de las yemas florales.

Para determinar la intensidad metabólica de las yemas florales se utilizó un calorímetro de barrido diferencial (DSC) modelo CSC 4100 (Spanish Fork, UTA, EUA.), con 4 celdas metálicas herméticas de  $1\text{ cm}^3$ , con una sensibilidad de  $\pm 1\text{ }\mu\text{W}$  y un rango de barrido de  $-30$  hasta  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para prevenir la condensación de humedad dentro de la cámara del calorímetro, se utilizó un flujo constante de  $\text{N}_2$  seco de  $1.75\text{ Kg. cm}^2$ . En la cámara del calorímetro la temperatura se mantuvo constantemente a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  con un baño circulante-refrigerante (Polyscience, Niles, Illinois, EUA).

En cada una de las celdas (1, 2 y 3) del calorímetro, se colocaron de 3 a 4 yemas florales (80 mg de peso fresco), previamente lavadas con agua destilada y a las cuales se les quitaron las escamas y borra protectora, presentes al momento de las determinaciones. Como referencia, la cuarta celda siempre se mantuvo vacía durante las mediciones.

La intensidad metabólica (q) de las yemas florales se determinó mediante calorimetría isotérmica a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  de acuerdo con la metodología descrita por Criddle y col. (1991) y Gardea y col. (1994).

## **3.- RESULTADOS DEL ESTUDIO**

La figura 1 muestra la relación entre el promedio general de la actividad metabólica de las yemas florales procedentes de 6 zonas productoras de manzana, desde la fenofase de yema cerrada hasta la de racimo estrecho. Como era de esperarse, la intensidad metabólica de las yemas mostró un comportamiento similar al patrón que presentan los procesos biológicos; en los cuales al inicio, condiciones limitantes los mantienen sin cambios considerables; pero luego, bajo condiciones favorables, su intensidad se incrementa considerable y consistentemente hasta alcanzar su máxima expresión.

En esta misma figura, se puede observar que los valores mínimos de (q), a partir de los cuales ésta comenzó a incrementarse consistentemente; generando pendientes positivas se encontraron entre  **$2.5$  y  $3.5\text{ }\mu\text{W mg}^{-1}$  de peso seco** y que éstos se encuentran en segmentos de la gráfica localizados entre la tercera y cuarta fecha de muestreo (primera semana de marzo). Con base en estos resultados, se puede afirmar que en el período invernal 2000-2001, **la fase de transición endo-ecodormancia** de las **yemas florales** de manzano, variedad GD, procedentes de 6 ambientes diferentes, ocurrió durante la última decena de febrero y la primera decena de marzo.

Desde el punto de vista agronómico, la aportación más valiosa de este estudio al conocimiento de la dormancia, consiste en haber generado un modelo bioquímico - fisiológico que permite determinar con precisión y oportunamente, la transición de las yemas de manzano de su fase endo- a ecodormante; sin importar el o los ambientes de donde provengan las muestras. La determinación del tiempo fisiológico en el cual las yemas recuperan su capacidad fisiológica para reanudar el crecimiento (2.5 a 3.5  $\mu\text{W mg}^{-1}$  de peso seco), mediante calorimetría isotérmica, puede ser de gran utilidad para todos los productores de manzano; ya que con base en esta información, es posible aplicar las prácticas culturales más eficientes en el manejo que requieran sus plantaciones. Al respecto, Faust y colaboradores (1997) señalan que al final de la fase endodormante y principios de la fase ecodormante, **las yemas** se encuentran en su estadío fisiológico más sensibles a la presencia de condiciones favorables para el inicio de su crecimiento y desarrollo normal; pero que a su vez, las yemas también se encuentran en una fase altamente sensible a la aplicación de prácticas agrícolas capaces de generar algún tipo de estrés hídrico, térmico, salino o nutrimental. Por consiguiente, una vez que los productores cuenten con la información oportuna sobre el momento en el que las yemas de sus árboles se encuentran en su fase de transición endo-ecodormante, el sistema de manejo de sus huertos, deberá estar enfocado a la generación de las condiciones más favorables para que la mayoría de las yemas de sus árboles, tanto florales como vegetativas, inicien de manera normal su desarrollo. Bajo estas condiciones, los productores lograrán mantener sus huertos con producciones rentables, durante muchos años.

Finalmente, es importante señalar que de todos los modelos para diagnosticar dormancia, hasta ahora conocidos, este es el que tiene las bases fisiológicas más precisas para aportar de manera confiable y oportuna, información relevante que permita a los productores, definir con acierto la dosis y época de aplicación de los promotores de brotación, indicados para uniformar e incrementar la floración de sus árboles de manzano.

#### **4.- PRACTICAS CULTURALES RECOMENDADAS PARA FAVORECER LA FLORACION Y BROTAÇÃO EN HUERTOS DE MANZANO, BAJO CONDICIONES DE INVIERNOS BENIGNOS.**

1.- Durante la fase endodormante (noviembre –febrero), se sugiere mantener constantemente el suelo con humedad disponible (40 - 60 %), para evitar la desecación del sistema radical absorbente de los árboles.

2.- En **la fase de transición endo-ecodormante de las yemas** (finales de febrero- mediados de marzo), es necesario aplicar el riego de tal forma que, se mantenga constantemente el suelo con humedad disponible (60-80 %), para favorecer el flujo de agua, reguladores de crecimiento "**Citocininas**" y sustancias de reserva, desde la raíz, tronco, ramas y brotes hacia las yemas. Esta condición, deberá mantenerse durante todo el período de crecimiento activo de los árboles.

3.- Durante la fase de transición endo-ecodormante de las yemas, se recomienda evitar, hasta donde sea posible, la aplicación de productos químicos (Cobre, cal, etc.) que puedan generar algún tipo de estrés (fototoxicidad) en las yemas. La aplicación de estos productos, se recomienda realizarla antes de que las yemas alcancen su fase de transición endo-ecodormante.

4.- Entre 4 y 5 semanas antes de la fase fenológica de yema hinchada (yh), la aplicación de productos químicos que promueven la brotación (rompedores de dormancia), ha dado resultados satisfactorios en las diferentes regiones productoras de manzana de México. Sin embargo, para lograr resultados eficientes, los productos, las combinaciones de dichos productos y dosis a aplicar, deben tener como base la cantidad y la calidad del frío acumulado, la variedad cultivada y la fase de desarrollo de los árboles.

5.- Durante la fase de transición endo-ecodormante de las yemas, también es posible disminuir su intensidad metabólica (retardar la brotación), mediante el enfriamiento evaporativo. Sin embargo, esta práctica agrícola es altamente demandante de energía y agua; además de que, con la alta humedad relativa generada por la aspersion continua de los árboles, se favorece la presencia del tizón de fuego.

6.- Con el fin de incrementar la concentración de nitrógeno en las yemas de árboles adultos y años de cosechas abundantes, es recomendable la aplicación de nitrógeno foliar en poscosecha, después de la formación de la yema terminal, pero antes de que se inicie el cambio de color en el follaje. En relación con las dosis a aplicar, los mejores resultados se han obtenido con la aplicación de Nitrocel 45%, en concentraciones del 6 al 9 %.

7.- La nutrición integral de los árboles, el riego invernal eficiente, el uso adecuado de promotores de brotación y la aplicación foliar de nitrógeno después de la cosecha, son las principales prácticas culturales que, de manera conjunta, favorecen la floración y brotación en huertos de manzano, establecidos en regiones con inviernos irregulares y benignos.

8.- Debido a que los meristemos radicales del manzano, no exhiben el mismo patrón de dormancia que los meristemos de su parte aérea, una de las prácticas culturales que puede mantener niveles más elevados y uniformes de humedad y temperatura en el suelo, es la adición de Materia Orgánica, durante el mes de noviembre.

Champagnat, P. 1989. Rest and activity in buds of trees. *Ann. Sci. For.* 46(Suppl.): 9-26.

Crabbé, J. J. 1994. Dormancy. In: Arntzen, C. J. and Ritter, E. M. (Eds.) *Encyclopedia of Agricultural Science*. Vol. 1. Academic Press. New York. Pp: 587-611.

Crabbé, J. J. y P. Bartola. 1996. A new conceptual approach to bud dormancy in woody plants. In: *Plant Dormancy Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. G. A. Lang (Ed.). Cab International. Pp: 83-107

Cridle y Col. 1991. Simultaneous measurement of metabolic heat rate, CO<sub>2</sub> production and O<sub>2</sub> consumption by microcalorimetry. *Anal. Biochem.* 194: 413-417.

Faust y col. 1995. Involvement of apical dominance in winter dormancy of apple buds. *Acta Hort.* 395: 47-56.



- Faust y col. 1997. Bud dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *HortScience* 32(4): 623-628
- Fuchigami, L. H. y Wisniewski, M. 1997. Quantifying bud dormancy: Physiological approaches. *HortScience* 32(4): 618-623.
- Gardea, A. A. y col. 1994. Change in metabolic properties of grape buds during development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(4): 756-760.
- Lang, G. A. 1987. Dormancy: a new universal terminology. *HortScience* 22(5): 817-819.
- Lang, G. A. 1988. Dormancy-models and manipulations of environmental/physiological regulation. In: *Manipulation of Fruiting*. J. C. Wright (Ed.). Sutton Burnington, England. Pp: 80-93.
- Mohor, H. y P. Schopfer. 1994. *Plant Physiology*. Springe-Verlang Berlin Heidelberg, New York. Pp:149-148; 419-422.
- Powel, L. E. 1987. Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate-zone woody plants. *HortScience* 22(5):845-850.
- Roberts, J. A. y R. Hooley. 1988. *Plant Growth Regulators*. Champman and Hail. New York, NY., EUA. Pp:4-26.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, S. A. de C. V. México, D. F. Pp:293-319; 423-451; 561-589.