



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
POSGRADO EN HORTICULTURA**

**CARACTERIZACIÓN CALORIMÉTRICA,
INTERACCIÓN DE BAJAS TEMPERATURAS Y
APLICACIÓN DE CIANAMIDA DE HIDRÓGENO EN
LA BROTAÇÃO DE YEMAS DE VID 'FLAME
SEEDLESS'**



**TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

**PRESENTA:
MARCO ANTONIO TREJO MARTÍNEZ**

Chapingo, Estado de México, Mayo del 2007



Instituto de Horticultura

F
3001
42



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
POSGRADO EN HORTICULTURA**

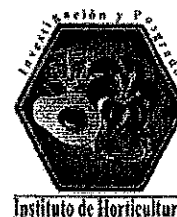
**CARACTERIZACIÓN CALORIMÉTRICA, INTERACCIÓN
DE BAJAS TEMPERATURAS Y APLICACIÓN DE
CIANAMIDA DE HIDRÓGENO EN LA BROTAÇÃO DE
YEMAS DE VID 'FLAME SEEDLESS'**

**TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

**PRESENTA:
MARCO ANTONIO TREJO MARTÍNEZ**

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO DEL 2007



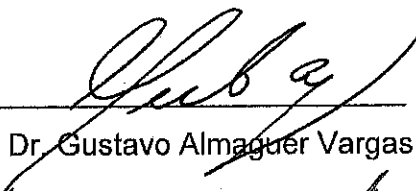
BIBLIOTECA

Caracterización calorimétrica, interacción de bajas temperaturas y aplicación de cianamida de hidrógeno en la brotación de yemas de vid 'Flame Seedless'

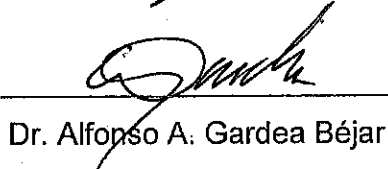
Tesis realizada por Marco Antonio Trejo Martínez, bajo la dirección del Dr. Gustavo Almaguer Vargas y Dr. Alfonso A. Gardea Béjar y como asesores el Dr. Benjamín Zamudio González, Dr. Guillermo Calderón Zavala y el M.C. J. Antonio Orozco Avitia, aprobada por los mismos y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

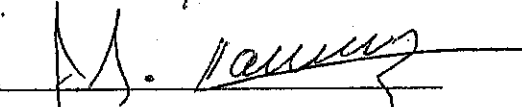
DIRECTOR


Dr. Gustavo Almaguer Vargas

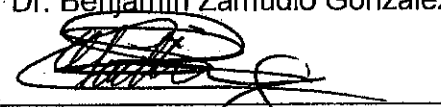
CO-DIRECTOR


Dr. Alfonso A. Gardea Béjar

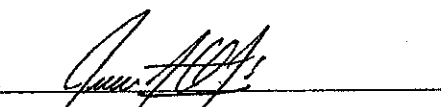
ASESOR


Dr. Benjamín Zamudio González

ASESOR


Dr. Guillermo Calderón Zavala

ASESOR


M.C. J. Antonio Orozco Avitia

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por otorgar mi formación académica y ser una gran institución.

Al Instituto de Horticultura y sus miembros por aceptarme como estudiante.

Al CONACyT, por otorgarme la beca para la realización de mis estudios de posgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD A. C.) por darme el apoyo en infraestructura y económico para la realización del presente estudio.

Al Dr. Alfonso A. Gardea Béjar, Presidente del Comité Asesor, por permitirme ingresar como miembro en su equipo de trabajo y por la disponibilidad brindada para mi formación.

Al Dr. Gustavo Almaguer Vargas por la orientación y consejos en la realización del trabajo y en mis estudios.

Al M. C. J. Antonio Orozco Avitia por su amistad y apoyo en la realización del presente estudio en las fases de campo, laboratorio y gabinete.

A los Doctores Clemente Villanueva V. y J. Enrique Rodríguez, y a la M. C. Eloísa Vidal Lezama por sus atinadas observaciones en el presente escrito.

A mis profesores, que con sus conocimientos y enseñanzas contribuyeron en mi visión hacia el desarrollo de la agronomía.

A mis compañeros de Maestría, por su amistad brindada.

DATOS BIOGRÁFICOS

Marco Antonio Trejo Martínez nació en el municipio de Zimapán Hidalgo el 5 de febrero de 1979. Es el primer hijo de cuatro de Matías Trejo Pérez y María Victoria Martínez Mendieta.

Cursó la Preparatoria Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo en el periodo 1994-1997 y posteriormente la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos en el periodo 1997-2001. Recibiendo en el 2002 el título de licenciatura con la tesis titulada "Levantamiento Semidetallado de Suelos de la Zona Fuerte Mayo y su Aptitud para la Producción de Hortalizas y Forrajes" dirigida por el Dr. José Luis Zarate Valdez del Centro Regional Universitario Noroeste (CRUNO) de la Universidad Autónoma Chapingo y ubicado en Ciudad. Obregón, Sonora.

De febrero de 2003 a enero del 2005 laboró en el viñedo "La Cuesta", perteneciente a Grupo ALTA en Hermosillo, Sonora, desempeñándose en el área de investigación, aplicaciones foliares, área de empaque y embarques de uva de mesa.

En enero de 2005 ingresó a la Maestría en Ciencias en Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, la cual finalizó en diciembre del 2006. La investigación de titulación "Caracterización calorimétrica, interacción de bajas temperaturas y aplicación de cianamida de hidrogeno en la brotación de yemas de vid 'Flame Seedless'" estuvo bajo la dirección del Dr. Alfonso A. Gardea Béjar del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD A.C.) ubicado en Hermosillo, Sonora.

Actualmente se encuentra laborando en el CIAD A.C. en servicios de apoyo a investigación en la Dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal.

RESUMEN GENERAL
CARACTERIZACIÓN CALORIMÉTRICA, INTERACCIÓN DE BAJAS
TEMPERATURAS Y APLICACIÓN DE CIANAMIDA DE HIDRÓGENO EN LA
BROTACIÓN DE YEMAS DE VID 'FLAME SEEDLESS'

M. A. Trejo-Martínez¹, Gardea-Béjar, A.², Almaguer Vargas, G.¹, Orozco Avila², A.

¹Maestría en Ciencias en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Km.38.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230. marco_trejo@correo.chapingo.mx. ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Carr. a la Victoria, Km. 0.6, Hermosillo, Sonora. México.

Las exportaciones de uva de mesa de Sonora están enfocadas a mercados tempranos (mayo y junio) donde se obtienen los mejores precios de venta. Para lograrlo, se realizan prácticas para forzar brotación, entre ellas podas y aplicación de cianamida hidrogenada (H_2CN_2); cuyos resultados son variables al presentarse ciclos con buena y baja producción. Esta variación se atribuye a la escasa información del estado de letargo en yemas al momento de realizar las prácticas antes mencionadas y a condiciones climáticas adversas. El objetivo del presente estudio consistió en la evaluación de la tasa de calor metabólico, velocidad de respiración, respuesta fenológica a la aplicación de H_2CN_2 y la interacción de bajas temperaturas y aplicación de H_2CN_2 en *Vitis vinifera* L. cv. Flame Seedless. En estudio en campo a plantas aplicadas con H_2CN_2 en dosis dividida al 2 % + 1.5 %, el calor metabólico de las yemas se incrementó ($p \leq 0.05$) desde endoletargo hasta brotación de 2 a 33 μW mg^{-1} peso seco (ps). La velocidad de respiración de esas yemas mostró un comportamiento de respuesta similar al incrementarse ($p \leq 0.05$) de 22 a 354 nmoles de CO_2 mg^{-1} ps. El porcentaje de brotación en yemas aplicadas con H_2CN_2 a los 27 días después de la aplicación fue del 50%, en tanto que, en plantas sin aplicar fue sólo del 7%. En el estudio de barbados se obtuvieron brotaciones heterogéneas y retrasadas con la ocurrencia de frío tanto intermedio como al final de la aplicación de H_2CN_2 .

Palabras clave: *Vitis vinifera* L., brotación, calorimetría isotérmica, calor metabólico, cianamida hidrogenada, letargo, unidades frío, velocidad de respiración.

GENERAL ABSTRACT
CALORIMETRIC CHARACTERIZATION, INTERACTION OF LOW
TEMPERATURES AND HYDROGEN CYANAMIDE APPLICATION IN
BUDBREAK OF 'FLAME SEEDLESS' VINES.

Table grape exports from Sonora, México are focused towards early markets (May and June), because of their high retail prices. To achieve this goal, some cultural practices are used to increase budbreak, such as pruning and sprays of hydrogen cyanamide (H_2CN_2). Nevertheless, results have been variable, resulting in high and low yield cycles. Such variation is the result of scarce information regarding the state of bud dormancy at the moment when these practices are held, as well as adverse weather. The objective of this work was to evaluate metabolic heat production and respiratory rates of buds, their phenological response to the H_2CN_2 application and the interaction between low temperatures and H_2CN_2 sprays in *Vitis vinífera* L. cv. Flame Seedless. Field samples were assessed for their metabolic heat production and respiration rates during endodormancy and along a bloom kinetic study. Under controlled laboratory conditions rootings from the same cultivar were evaluated for their budbreaking response to interactions between low temperatures and H_2CN_2 application. In the field study buds treated with H_2CN_2 in a divided application at 2 % + 1.5 % had a significant increase in metabolic heat rates from endodormancy to budbreak from 2 to 33 $\mu\text{W mg}^{-1}$ dry weight (dw). Bud respiration rate showed a similar pattern, increasing from 22 to 354 nmoles $\text{CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ dw}$. Treated vines at 27 days after application broke 50% of buds, while in controls, budbreak achieved only 7%. Under controlled conditions, chilling interruption between H_2CN_2 sprays resulted in heterogeneous and reduced budbreak rates.

Index words: *Vitis vinífera* L., budbreak, chilling units, dormancy, hydrogen cyanamide, isothermic calorimetry, metabolic heat rates, respiration rate.

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
2.1. LETARGO.....	8
2.1.1. DINÁMICA DEL LETARGO.....	10
2.1.2. REGULACIÓN ENDÓGENA.....	11
2.1.2.1. GENÉTICA.....	11
2.1.2.2. ENZIMAS Y ANTIOXIDANTES.....	12
2.1.2.3. HORMONAS.....	14
2.1.2.3.1. Ácido abscísico.....	15
2.1.2.3.2. Citocininas.....	16
2.1.2.3.3. Auxinas.....	17
2.1.2.3.4. Giberelinas.....	18
2.1.2.3.5. Poliaminas.....	19
2.1.2.4. RESPIRACIÓN.....	19
2.1.2.5. CALOR METABÓLICO.....	20
2.1.2.6. ESTADO DEL AGUA EN LA YEMA.....	20
2.1.2.7. CAMBIOS EN LA MEMBRANA CELULAR.....	23
2.1.2.8. POTENCIAL METABÓLICO DE LAS YEMAS.....	26
2.1.3. REGULACIÓN EXÓGENA.....	28
2.1.3.1. TEMPERATURA.....	28
2.1.3.2. FOTOPERIODO.....	31
2.1.3.3. AGUA.....	32
2.1.3.4. NUTRIENTES.....	33

2.1.4. MANEJO DEL HUERTO.....	34
2.1.4.1. PRODUCCIÓN FORZADA.....	34
2.1.4.1.1. Métodos físicos para promover brotación.....	35
2.1.4.1.2. Medios químicos para promover brotación.....	35
2.1.4.2. PRODUCCIÓN FORZADA EN VID.....	38
2.2. CALORIMETRÍA.....	41
3. CARACTERIZACIÓN CALORIMÉTRICA DE LA BROTAÇÃO DE YEMAS DE VID 'FLAME SEEDLESS'	47
3.1. RESUMEN.....	47
ABSTRACT.....	48
3.2. INTRODUCCIÓN.....	49
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
3.3.1. Localización geográfica y temporal.....	52
3.3.2. Material vegetal.....	52
3.3.3. Determinación de unidades frío y grados día acumulados.....	53
3.3.4. Factores de estudio.....	53
3.3.5. Unidad y diseño experimental.....	54
3.3.6. Variables.....	55
3.3.6.1. Actividad metabólica y velocidad de respiración.....	55
3.3.6.2. Contenido de agua en yemas.....	56
3.3.6.3 Efecto de la cianamida de hidrógeno en brotación.....	56
3.3.6.4. Desarrollo de fases fenológicas.....	57
3.3.7. Análisis estadístico.....	57
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
3.4.1. Calor metabólico.....	58
3.4.2. Velocidad de respiración.....	63
3.4.3. Contenido de agua en yemas.....	66
3.4.4. Efecto de la cianamida de hidrógeno en brotación.....	66
3.4.5. Desarrollo de fases fenológicas.....	68
3.5. CONCLUSIONES.....	73
3.6. BIBLIOGRAFÍA.....	74

4. INTERACCIÓN DE BAJAS TEMPERATURAS Y APLICACIÓN DE CIANAMIDA DE HIDRÓGENO EN LA BROTAÇÃO DE YEMAS DE VID 'FLAME SEEDLESS'.....	78
4.1. RESUMEN.....	78
ABSTRACT.....	79
4.2. INTRODUCCIÓN.....	80
4.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	83
4.3.1. Localización geográfica y temporal.....	83
4.3.2. Material vegetal.....	83
4.3.3. Factores en estudio.....	83
4.3.4. Unidad y diseño experimental.....	84
4.3.5. Variables.....	85
4.3.5.1. Calor metabólico.....	85
4.3.5.2. Dinámica de brotación.....	86
4.3.6. Análisis estadístico.....	86
4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	87
4.4.1. Calor metabólico.....	87
4.4.2. Dinámica de brotación.....	88
4.5. CONCLUSIONES.....	93
4.6. BIBLIOGRAFÍA.....	94
BIBLIOGRAFÍA GENERAL.....	96

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1.1. Principales países productores de uva a nivel mundial.....	4
Cuadro 1.2. Serie histórica de producción de uva en general en las principales entidades federativas.....	5
Cuadro 1.3. Serie histórica de producción por tipo de uva en Sonora..	6
Cuadro 1.4. Participación de Sonora en el mercado por variedad de uva de mesa.....	7
Cuadro 3.1. Comportamiento de calor metabólico, velocidad de respiración y contenido de agua en base a peso seco de yemas de vid 'Flame Seedless'.....	62
Cuadro 4.1. Calor metabólico de yemas de vid 'Flame Seedless' en la fase fenológica de media pulgada verde.....	87
Cuadro 4.2. Análisis de varianza en completamente al azar para brotación de vid 'Flame Seedless' del diseño con tres factores: unidades frío, cianamida de hidrógeno y periodos de muestreo.....	88

LISTA DE FIGURAS.

	Página
Figura 3.1. Comportamiento del calor metabólico de yemas de vid 'Flame Seedless' durante brotación.....	60
Figura 3.2. Dinámica de brotación de vid 'Flame Seedless' en cinco fases fenológicas de desarrollo	61
Figura 3.3. Velocidad de respiración de yemas de vid 'Flame Seedless' durante brotación.....	65
Figura 3.4. Respuesta de brotación de yemas de vid 'Flame Seedless' a la aplicación de cianamida de hidrógeno y testigo sin aplicación.....	70
Figura 3.5. Temperaturas durante el periodo de estudio en la región de Pesqueira, Hermosillo, Sonora.....	71
Figura 3.6. Comparativo de unidades frío y grados día, durante el periodo de estudio en la región de Pesqueira, Hermosillo, Sonora.....	72
Figura 4.1. Brotación promedio de la interacción unidades frío y cianamida de hidrógeno en barbados de vid 'Flame Seedless'.....	90
Figura 4.2. Brotación promedio de la interacción cianamida de hidrógeno y periodos de muestreo en barbados de vid 'Flame Seedless'.....	92

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El cultivo de la vid (*Vitis spp*) comenzó en la región transcaucásica, entre los mares Negro y Caspio (Read y Gu, 2003), en la Era del Neolítico (6000-5000 A.C.) (Mullins *et al.*, 1992). Exigente en calor, sensible a las fuertes heladas invernales (a partir de -15 °C) y a las heladas de primavera, la vid es un cultivo de la parte cálida de las zonas templadas (Reynier, 1989).

Alrededor de 89 países cultivan vid. La producción mundial entre el 2000 y el 2005 se ubicó entre 61 y 67 millones de toneladas, los principales productores fueron Italia, Estados Unidos, Francia, China, España y Turquía, países que en este periodo concentraron de 34 a 38 millones de toneladas (Cuadro 1.1), lo que representa más de la mitad de la producción mundial (FAO, 2005).

En 2005 México se ubicó en el lugar 28 dentro de la producción mundial con 331,897.6 toneladas de uva (FAO, 2005). Las principales entidades productoras de uva en nuestro país son: Sonora, Baja California, Zacatecas y Aguascalientes (Cuadro 1.2); estos cuatro estados concentran poco más del 97 % de la producción nacional (SIACON, 2005). La producción de uva de mesa es un importante componente de la economía en el noroeste de México al producir uvas sin semillas de excelente calidad (Gardea *et al.*, 2004). Sonora es el principal productor de uva a nivel nacional (Cuadro 1.3) y en el ciclo 2005 contó con una superficie de 21,683 hectáreas de vid, de las cuales 16,536 hectáreas

fueron para el cultivo de uva de mesa en donde se obtuvo rendimiento de 216,293 toneladas de fruta (SIACON, 2005), equivalente a 22,192,096 cajas (AALPUM, 2005) (Cuadro 1.4), con un valor de producción de 2,640,800,000 de pesos (Cuadro 1.3) (SIACON, 2005).

Las exportaciones mexicanas de uva de mesa están enfocadas a mercados tempranos, de mayo a junio, debido a que es cuando se tienen los mejores precios (Carvajal-Millán *et al.*, 2001). Para producir en este periodo, los viticultores tienen que realizar prácticas para forzar brotación. Entre las prácticas de producción forzada, se realizan podas tempranas y se aplica el promotor de brotación cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) para adelantar y uniformar brotación. Para mantener la productividad y rentabilidad de los viñedos es necesario obtener altos rendimientos y mejor calidad de fruta; por lo que primero se deben obtener brotaciones oportunas y consistentes entre años, de excelente calidad, cantidad, uniformidad, tamaño y forma de racimos, para poder competir por un buen precio y volumen de venta (Osorio *et al.*, 2004).

Las áreas vitícolas de Sonora están ubicadas en condiciones desérticas, por lo que se presentan algunos problemas ambientales que afectan el desarrollo normal de la vid, entre los que se encuentran principalmente la insuficiente acumulación de frío previo a la aplicación de cianamida de hidrógeno como promotor de brotación, así como el descenso de temperatura durante la apertura de yemas, lo que puede provocar brotación desuniforme y disminución del rendimiento.

La variación de resultados por efecto de la aplicación de H_2CN_2 , comúnmente usado en las áreas vitícolas de Sonora, se debe a los múltiples factores que afectan el término del letargo en yemas y al desconocimiento del momento óptimo para la aplicación del promotor de brotación. Tradicionalmente, se ha utilizado la acumulación de frío como una herramienta en la toma de decisiones para la aplicación de H_2CN_2 sin embargo, dicho método no considera el estado y la intensidad de endoletargo que presenta la yema y la eficiencia y fitotoxicidad de este promotor depende de estos factores (Siller-Cepeda *et al.*; 1992; Wood, 1993). La respuesta de las yemas se evalúa por los cambios fenológicos, sin tener en cuenta su estado fisiológico, por lo que se sugiere determinar la evolución de calor como una medida de la actividad metabólica en plantas. Las nuevas técnicas de calorimetría isotérmica permiten obtener información precisa y oportuna sobre la producción de calor metabólico de las yemas, como indicador efectivo de su actividad fisiológica (Criddle *et al.*, 1991b).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar, mediante calorimetría isotérmica, la tasa de calor metabólico y velocidad de respiración de yemas de vid 'Flame Seedless' durante letargo, y evaluar la respuesta fenológica de yemas a la aplicación del promotor de brotación cianamida de hidrógeno (H_2CN_2), así como analizar la interacción de bajas temperaturas y la aplicación de H_2CN_2 .

Cuadro 1.1. Principales países productores de uva a nivel mundial (Rendimiento en Toneladas).

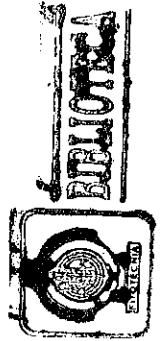
Países	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Italia	8,869,500.00	8,653,086.00	7,393,880.00	7,482,936.00	8,691,970.00	8,553,576.00
E. U. A.	6,973,801.00	5,959,603.00	6,657,777.00	5,887,268.00	5,651,672.00	7,099,176.00
Francia	7,762,582.00	7,225,357.00	6,853,482.00	6,307,112.00	7,564,902.00	6,793,249.00
China	3,373,214.00	3,764,697.00	4,564,425.00	5,268,061.00	6,153,884.00	6,616,000.00
España	6,539,812.00	5,271,740.00	5,934,557.00	7,265,635.00	7,064,201.00	6,066,800.00
Turquía	3,600,000.00	3,250,000.00	3,500,000.00	3,600,000.00	3,500,000.00	3,650,000.00
Total	64,812,089.00	60,781,371.00	61,704,428.00	63,036,832.00	67,058,508.00	66,901,419.00
Mundial						

Fuente: FAO, 2005.

Cuadro 1.2. Serie histórica de producción de uva en general en las principales entidades federativas.

ENTIDAD	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
SONORA							
Superficie Sembrada (Ha.)	28,147	27,528	28,365	28,323	23,914	24,763	21,683
Superficie Cosechada (Ha.)	28,138	27,528	26,742	23,300	23,277	24,763	21,683
Volumen Producción (Ton.)	374,417	274,936	345,395	274,003	278,538.60	229,392	268,130
Valor Producción (\$)	1,648,383,175.64	1,504,538,520	2,200,196,570.86	2,812,236,693.84	3,392,999,500	2,104,689,900	2,766,718,500
Rendimiento (Ton. / Ha.)	13.306	9.988	12.916	11.76	11.966	9.263	12.366
BAJA CALIFORNIA							
Superficie Sembrada (Ha.)	5,661	5,354	5,534	5,104	4,855	4,807.50	4,236
Superficie Cosechada (Ha.)	5,049	5,023.03	4,962.50	3,571.07	3,789.50	3,307.50	3,342.90
Volumen Producción (Ton.)	42,729.60	33,023.01	35,062.45	25,130.79	28,169.15	22,691.28	19,526.84
Valor Producción (\$)	131,140,417.24	136,842,526.29	133,944,100.54	87,947,340.60	102,045,116.81	136,913,579.84	116,532,063.12
Rendimiento (Ton. / Ha.)	8.463	6.574	7.065	7.037	7.433	6.861	5.841
ZACATECAS							
Superficie Sembrada (Ha.)	4,446	4,364	4,012	4,115.90	3,704	3,625.05	3,570.05
Superficie Cosechada (Ha.)	4,242	4,225	3,550	3,795.25	1,562	2,911.90	3,268.90
Volumen Producción (Ton.)	41,692	40,018	33,621	39,155.50	7,629	29,054.40	26,111.80
Valor Producción (\$)	135,890,070.96	110,805,521.12	68,518,062.18	85,026,479.42	14,000,182	72,980,900	82,731,030
Rendimiento (Ton. / Ha.)	9.828	9.472	9.471	10.317	4.884	9.978	7.988
AGUASCALIENTES							
Superficie Sembrada (Ha.)	592	1,134	1,164	889	1,075	1,028	830
Superficie Cosechada (Ha.)	592	668	790	889	899	933	830
Volumen Producción (Ton.)	6,653.50	8,407.50	10,943.40	10,644	7,050	11,950	11,397
Valor Producción (\$)	21,690,410	25,528,533	54,717,000	13,023,891.96	12,421,873.32	31,504,988.25	26,674,308.29
Rendimiento (Ton. / Ha.)	11.239	12.586	13.852	11.973	7.842	12.808	13.731
Resumen Nacional							
Superficie Sembrada (Ha.)	41,139	40,187.45	40,529.45	39,913.75	34,970.35	35,442.90	31,214.70
Superficie Cosechada (Ha.)	40,158	39,154.03	37,341.50	32,904.32	30,685	32,970.75	30,013.80
Volumen Producción (Ton.)	482,805.35	371,795.66	435,685.74	363,000.19	331,250.05	305,278.78	331,897.61
Valor Producción (\$)	2,062,988,487.52	1,889,068,665.63	2,524,362,313.58	3,090,203,355.82	3,584,272,822.13	2,399,607,418.09	3,030,654,272.41
Rendimiento (Ton. / Ha.)	12.023	9.496	11.668	11.032	10.795	9.259	11.058

Fuente: SIACON, 2005.



Cuadro 1.3. Serie histórica de producción por tipo de uva en Sonora.

SONORA DETALLADO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Superficie sembrada (ha.)							
Uva (industrial)	9,991	10,008	9,378	7,578	6,757	6,060	2,140
Uva fruta	12,056	11,965	14,137	14,134	14,181	15,717	16,536
Uva pasa	6,100	5,555	4,850	6,611	2,976	2,986	3,007
Superficie cosechada (ha.)							
Uva (industrial)	9,982	10,008	9,378	6,190	6,120	6,060	2,140
Uva fruta	12,056	11,965	12,514	14,134	14,181	15,717	16,536
Uva pasa	6,100	5,555	4,850	2,976	2,976	2,986	3,007
Volumen producción (ton.)							
Uva (industrial)	187,119	139,262	147,380	98,160	95,750	88,100	44,320
Uva fruta	128,398	122,274	137,990	140,131	175,663.60	131,440	216,293
Uva pasa	58,900	13,400	60,025	35,712	7,125	9,852	7,517
Valor producción (\$)							
Uva (industrial)	232,366,596.32	224,530,120	238,689,340	178,747,500	126,945,000	114,530,000	62,024,000
Uva fruta	1,044,946,579.32	1,186,208,400	1,753,580,630.86	2,490,683,334	3,223,304,500	1,906,417,900	2,640,800,000
Uva pasa	371,070,000	93,800,000	207,926,600	142,805,859.84	42,750,000	83,742,000	63,894,500
Rendimiento (ton. / ha.)							
Uva (industrial)	18.746	13.915	15.716	15.858	15.645	14.538	20.71
Uva fruta	10.65	10.219	11.027	9.914	12.387	8.363	13.08
Uva pasa	9.656	2.412	12.376	12	2.394	3.299	2.5

Fuente: SIACON, 2005.

Cuadro 1.4. Participación de Sonora en el mercado por variedad de uva de mesa (cajas).

1999	Perlette	Flame	Sugraone	Otras	Total	
Exportación a E.U.A.	1,424,638	3,934,835	3,639,846	551,058	9,550,377	
Exportación a Canadá	156,450	169,860	98,340	13,080	437,730	
Exportación a Europa	306,486	399,142	287,693	-	993,321	
Exp. a otros países	-	25,338	18,952	79,800	124,090	
Mercado Nacional	148,483	278,192	936,628	309,799	1,673,102	
Total	2,036,057	4,807,367	4,981,459	953,737	12,778,620	
2000	Perlette	Flame	Sugraone	Otras	Total	
Exportación a E.U.A.	1,501,091	4,410,611	4,367,754	206,268	10,485,724	
Exportación a Europa	357,572	372,920	461,414	-	1,191,906	
Exp. a otros países	91,190	127,666	80,247	65,657	364,761	
Mercado Nacional	69,733	540,433	1,028,566	104,600	1,743,333	
Total	2,019,586	5,451,630	5,937,981	376,525	13,785,724	
2001	Perlette	Flame	Sugraone	Otras	Total	
Exportación a E.U.A.	1,446,436	2,828,282	4,129,919	464,717	8,869,354	
Exportación a Europa	528,000	501,600	290,400	-	1,320,000	
Exp. a otros países	123,380	570,632	385,562	462,675	1,542,249	
Mercado Nacional	326,004	329,398	1,504,509	476,840	2,636,751	
Total	2,423,820	4,229,912	6,310,390	1,404,232	14,368,354	
2002	Perlette	Flame	Sugraone	Otras	Total	
Exportación a E.U.A.	2,018,046	4,802,399	4,409,094	520,298	11,749,837	
Exportación a Europa	368,570	184,285	324,693	-	877,548	
Exp. a otros países	355,486	201,763	211,370	192,155	960,774	
Mercado Nacional	428,616	309,170	1,140,792	610,551	2,489,129	
Total	3,170,718	5,497,617	6,085,949	1,323,004	16,077,288	
2003	Perlette	Flame	Sugraone	Otras	Total	
Exportación a E.U.A.	2,393,744	6,635,937	5,874,126	872,649	15,776,456	
Exportación a Europa	568,199	331,449	678,682	-	1,578,330	
Exp. a otros países	70,914	103,147	109,594	361,015	644,670	
Mercado Nacional	343,478	281,429	1,310,652	493,348	2,428,907	
Total	3,376,335	7,351,962	7,973,054	1,727,012	20,428,363	
2004	Perlette	Flame	Sugraone	Otras	Total	
Exportación a E.U.A.	1,631,455	4,766,824	3,907,818	674,281	10,980,378	
Exportación a Europa	283,585	165,425	338,726	-	787,736	
Exp. a otros países	21,664	31,511	33,480	110,288	196,942	
Mercado Nacional	286,385	445,755	895,176	598,881	2,226,197	
Total	2,223,089	5,409,514	5,175,201	1,383,450	14,191,253	
2005	Perlette	Flame	Sugraone	Red Globe	Otras	Total
Exportación a E.U.A.	3,130,538	7,297,009	5,713,077	890,972	596,015	17,627,611
Exp. a otros países	401,381	226,800	474,799	280,577	175,205	1,225,762
Mercado Nacional	240,380	355,447	1,733,336	534,766	141,794	3,005,723
Total	3,772,299	7,879,256	7,921,212	1,706,315	913,014	22,192,096

Fuente: Asociación Agrícola Local de Productores de Uva de Mesa (AALPUM), 2005.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LETARGO

Las plantas perennes leñosas de zonas templadas típicas son desafiadas cada invierno por bajas temperaturas. Su capacidad de sobrevivir a estas bajas temperaturas es debido al desarrollo del mecanismo de letargo, frecuentemente llamado reposo (Powell, 1987). Se entiende como letargo a la suspensión temporal del crecimiento visible de cualquier estructura de la planta que contenga un meristemo (Lang, 1987), especialmente yemas y semillas (Samish, 1954). El letargo es un estado fisiológico que es capaz de reducir la actividad meristemática y no mostrar habilidad para crecer o germinar (Khan, 1997).

El letargo de yemas se observa como ciclos alternos de actividad y detención del crecimiento vegetativo (Sarvas, 1974), lo cual es evidente para los árboles caducifolios ubicados en zonas de clima templado. No obstante, también lo es para los perennifolios que en condiciones tropicales muestran periodos de intenso crecimiento vegetativo, seguidos de poca o ninguna actividad (Díaz, 2002). Después del periodo activo de crecimiento, los cambios ambientales y condiciones endógenas causan el cese de crecimiento y el inicio del letargo. Para que se produzca una brotación normal bajo condiciones favorables es necesario un cierto periodo de frío, llamado "requerimiento de frío", durante el cual el crecimiento es interrumpido y la duración de dicho

periodo difiere entre especies, variedades y condiciones fisiológicas (Samish, 1954). En muchas especies el letargo depende de una disminución progresiva de temperatura (2 a 5 °C), las cuales son requeridas para brotar, cuando el letargo ha llegado a su fin, el crecimiento activo inicia con condiciones ambientales favorables (Kobayashi, 1987).

Lang (1987) clasificó la extensa terminología usada para describir las distintas fases de letargo en tres estados: paraletargo, endoletargo y ecoletargo. El paraletargo describe el letargo en donde la causa que limita el crecimiento se origina o se percibe en una estructura diferente donde se manifiesta el fenómeno. Este tipo se ejemplifica en: el efecto inhibitorio de una yema terminal sobre la actividad de las yemas laterales; a este fenómeno se le conoce como dominancia apical, la presencia de las hojas sobre la actividad de su yema axilar, y el de la cubierta de las semillas sobre el embrión. Estos efectos mencionados corresponden a un proceso de inhibición correlativa. Durante el endoletargo el crecimiento es inhibido por condiciones endógenas del meristemo y se puede terminar al eliminar los factores fisiológicos que la ocasionan. En el caso de las yemas o semillas de frutales caducifolios de clima templado, la exposición y acumulación de frío durante el endoletargo es lo que provoca cambios bioquímicos en los tejidos y con ello la capacidad de reactivar el crecimiento. Durante el ecoletargo, la brotación es limitada por uno o más factores ambientales adversos para el crecimiento como agua, temperatura y nutrientes, entre otros.

2.1.1. Dinámica del letargo

El desarrollo, mantenimiento y salida de letargo en yemas involucra una compleja interacción de factores ambientales y genéticos (Noodén y Weber, 1978). En frutales de clima templado, el periodo de letargo es terminado después de la exposición y acumulación a bajas temperaturas (Samish, 1954; Fuchigamy y Nee, 1987). La velocidad de brotación y el vigor de los brotes esta en función del grado de "frío" al que las plantas estuvieron expuestas en endoletargo (Fuchigamy y Nee, 1987) y al calor requerido en la fase de ecoletargo (Couvillon, 1995).

El hecho de que las bajas temperaturas son necesarias para la transición a letargo ha sido durante mucho tiempo conocido. El primer modelo de acumulación de horas frío abajo de 7 °C fue propuesto por Hutchins (Seeley, 1994). El frío efectivo y su duración, requeridos para satisfacer los requerimientos durante el letargo son diferentes para cada frutal y posiblemente del ambiente de la estación precedente (Samish, 1954; Fuchigamy Nee, 1987).

El método basado en acumulación de unidades frío, el cual determina el final de endoletargo y ecoletargo, no toma en cuenta el estado fisiológico de la planta (Fuchigami y Wisniewski, 1997). El control de letargo en yemas perennes no es aún claro, aunque muchos cambios en reguladores del crecimiento han sido reportados durante la entrada y salida de letargo (Nir *et al.*, 1986). Se pueden identificar cuatro factores biológicos principales que cambian la intensidad del letargo: balance hormonal en la yema o en el árbol, estado de

agua dentro de la yema, estructura de membranas que afectan resistencia a bajas temperaturas y gobiernan la reanudación del crecimiento, y el potencial anabólico de las yemas. Sin el entendimiento de la interacción de estos factores es difícil comprender el letargo y sus mecanismos de salida (Faust *et al.*, 1997).

2.1.2. Regulación endógena

Se conoce más acerca de la fenología del endoletargo, que sus mecanismos de inducción, transición y terminación. La fenología sólo describe las características externas del órgano durante, y al final del letargo, y cómo varios procesos externos afectan los procesos internos en su expresión por cambios superficiales (Seeley, 1994).

2.1.2.1. Genética

El nivel de profundidad de letargo que alcanza un árbol frutal está regulado en principio por sus características genéticas. Los cultivares de frutales caducifolios de clima templado difieren cuándo entran a endoletargo, qué nivel de profundidad alcanzan, y qué grado de sensibilidad tienen a los factores externos que regulan los procesos (Díaz, 2002).

La salida de letargo en yemas y semillas está asociado con la presencia de ciertos genes, los cuales son expresados por efecto de giberelinas, irradiación, despuntes o humedad-frío (Khan, 1997). En durazno 'evergreen' el letargo de la yema terminal está controlado por un solo gen; en plantas homocigóticas

recesivas el crecimiento de la yema terminal continúa siempre y cuando la temperatura lo permita. Sin embargo, en yemas laterales y en semillas se requieren de 100 a 200 unidades frío para brotar y germinar respectivamente (Dennis, 1996). Las plantas transgénicas de tabaco que expresan el gen *Agrobacterium ipt* conducen altos niveles de acumulación de citocininas, lo cual mejora su brotación. La expresión del mismo gen dentro de células de pequeños clones promueve el desarrollo de yemas adventicias en hojas (Stafstrom, 2000). El control genético del requerimiento de frío para floración y salida de letargo varía entre especies, y en la mayoría, el control de letargo es multigénico (Dennis, 1987a).

2.1.2.2. Enzimas y antioxidantes

En vid, como en otras plantas perennes leñosas, los mecanismos de inducción y salida de letargo en yemas es poco conocida; sin embargo, el decremento en la actividad de la enzima catalasa durante el letargo de yemas ha sido observado (Perez y Lira, 2005). La actividad de la catalasa en yemas de uva (*Vitis vinifera* L.) 'Perlette' se incrementa a un máximo en otoño y a partir de entonces disminuye en invierno a menos de la mitad. El decremento en la actividad de la catalasa coincidió con la disminución de temperatura durante el invierno (Nir *et al.*, 1986). Adicionalmente, se ha reportado que además de las bajas temperaturas, la cianamida de hidrógeno, un efectivo agente promotor de brotación, poco después de su aplicación, inhiben la actividad de la enzima catalasa, la principal enzima que degrada el peroxido de hidrógeno (H_2O_2) en las yemas durante el letargo. Esto sugiere que el H_2O_2 participa como una

molécula señal en la salida de endoleptargo en las yemas de vid (Perez y Lira, 2005) y reduce los niveles de transcripción de Cat mRNA (Or *et al.*, 2001; Perez y Lira, 2005). La inhibición de la actividad de la catalasa lleva a un estrés oxidativo en varios sistemas debido al incremento de contenido de H_2O_2 (Godon *et al.*, 1998; Prasad, 1996; Perez y Lira, 2005). En plantas de clima templado, han sido reportados cambios estacionales en el contenido de glutatión reducido en altos niveles durante el reposo y bajos niveles durante el crecimiento activo (Siller-Cepeda *et al.*, 1992).

Los radicales libres son formados durante el metabolismo normal de la célula. El radical superóxido O_2^- , generado en sistemas biológicos aeróbicos durante oxidación enzimática y no enzimática es muy tóxico en todas las formas de vida. Probablemente existen mecanismos en las células de las plantas para detoxificar tales radicales libres. La superóxido dismutasa (SOD) es una clase de proteína que está constituida con metales que eliminan los radicales superóxido. El mecanismo implica una alternancia entre reducción y oxidación del metal asociado con la enzima. La SOD se encuentra en tres formas moleculares, con Cu-Zn, Mn, o Fe como constituyentes metálicos, y han sido detectados en un amplio rango de organismos vivos. En un estudio en yemas de manzano, se encontró que la mayoría de la actividad de la SOD fue atribuida a Cu y Zn-SOD, seguida por Mn-SOD. La SOD cataliza el abatimiento de O_2^- a O_2 y H_2O_2 , remueve el oxígeno, así como el O_2^- , previene la formación de $OH^\cdot$, y está relacionado como una defensa esencial contra la potencial toxicidad del oxígeno singulete (Wang *et al.*, 1991).

En semillas de rábano se han reportado inicialmente bajos niveles de proteína calmodulina, el cual se eleva considerablemente durante la germinación; tratamientos de inhibición, incluida la aplicación de ácido abscísico, suprimieron el aumento (Ross, 1996). Mediante microscopía electrónica combinada con tecnología citoquímica para investigar las alteraciones de la ultraestructura plasmodesmal y la localización subcelular de calcio en células de meristemos apicales de álamo (*Populus deltoids*) durante la inducción a letargo por días cortos, se encontró que la contracción del retículo endoplásmico, causado por días cortos, de algún modo está implicado en el desarrollo del letargo. La contracción parece conducir a la disociación del retículo endoplásmico entre el núcleo y organelos y la desconexión de plasmodesmos y la fractura de puentes de retículo endoplásmico entre núcleos. Se encontró también que en las plantas de álamo que fueron expuestas a 28 ó más días cortos, se observó el incremento de Ca^{2+} en el citosol, entonces es posible que los días cortos promuevan una afluencia de iones de Ca^{2+} que pueden resultar en la despolimerización de los microtúbulos del complejo citoesqueleto – retículo endoplásmico, que causan la contracción de retículo endoplásmico (Ling-Cheng *et al.*, 2000).

2.1.2.3. Hormonas

Las hormonas han sido inseparables de la inducción a letargo y están implicadas como medios por los cuales las plantas responden a señales ambientales (Arora *et al.*, 2003). El inicio, control y fin del letargo están

aparentemente regulados por un balance de inhibidores y promotores del crecimiento (Dennis, 1994). Se ha creído que auxinas, citocininas y ácido abscísico (ABA) han estado involucradas en la entrada o salida de letargo; sin embargo, la teoría clásica del control hormonal de letargo, donde ABA induce y las citocininas promueven la salida de letargo, no es del todo cierta; aún bajo ciertas circunstancias las hormonas desempeñan un papel importante en el letargo (Faust *et al.*, 1997). La teoría hormonal de letargo en yemas y semillas está basada principalmente en resultados sobre mediciones hechas a estos órganos, y los efectos de aplicaciones exógenas de ciertos reguladores de crecimiento, en donde se postula que la entrada, mantenimiento y rompimiento del letargo es el resultado de diferentes equilibrios entre los inhibidores de crecimiento (ABA en particular) y promotores (auxinas, citocininas y especialmente giberelinas). Esta teoría no explica por sí sola el letargo (Champagnat y Côme, 1986).

2.1.2.3.1. Ácido abscísico (ABA)

Por un periodo de tiempo los inhibidores de crecimiento fueron considerados como los factores causales de letargo. El ABA fue llamado "dormin" o inductor de letargo y se creyó que era el inhibidor de crecimiento más importante. Efectivamente el ABA retrasa la brotación en yemas de manzano y si es inyectado en plantas de cerezo común (*Prunus cerasus* L) puede evitar brotación (Faust *et al.*, 1997).

La concentración de ABA libre se incrementa en otoño, alcanza su máximo a principios de invierno y declina hacia un mínimo en brotación, después de lo cual inicia un nuevo ascenso. El ABA, o la relación entre ABA y promotores del crecimiento como ácido giberélico, están involucrados en la inducción y salida de letargo (Saure, 1985). Cambios en el contenido de ABA han sido estudiados en semillas y yemas de muchas especies para determinar si existe una relación entre ABA y los cambios en el letargo durante el frío; sin embargo no en todos los estudios, se ha encontrado una disminución en el contenido de ABA durante la acumulación de frío por lo que, no se tiene la seguridad que sean las bajas temperaturas el único factor que contribuyan a su disminución. El papel del ABA como inductor de letargo ha sido cuestionado por muchos investigadores (Powell, 1987). Por ejemplo, la defoliación mecánica en otoño evitó incrementos de ABA, pero la intensidad de letargo permaneció inalterable en los primordios florales de cerezo común (*Prunus cerasus* L) (Mielke y Dennis, 1978).

2.1.2.3.2. Citocininas

Las citocininas son un grupo de compuestos con carácter hormonal que tienen en común la capacidad de inducir división celular en cultivo de tejidos en ciertas plantas. En brotes en crecimiento, es conocida su capacidad de contrarrestar la inhibición de crecimiento de yemas laterales resultado de dominancia apical y competencia con frutos (Saure, 1985). Las citocininas estimulan el desarrollo de yemas laterales, aún en la presencia de auxinas (Stafstrom, 2000). Análogos de citocininas, especialmente Tiazurón [N-fenil-N'-1,2,3,4-tetrazol-5-ilurea] también llamado TDZ, han sido usados

recientemente para sobrepasar el letargo. Las citocininas también se incrementan en la savia del xilema de manzano previo a brotación. (Faust *et al.*, 1997).

2.1.2.3.3. Auxinas

La inhibición correlativa del crecimiento de brotes axilares es un aspecto de dominancia apical, evidencia sustancial indica que las auxinas, especialmente el ácido indolacético (IAA) sintetizado en los ápices de la planta, pueden inhibir el crecimiento de brotes axilares (Brenner *et al.*, 1987). Durante el fin de verano cuando las yemas están bajo inhibición correlativa, la remoción de la yema terminal libera a las yemas laterales de la dominancia apical. Al cortar la yema terminal y agregar IAA en el corte, las yemas laterales de manzano (*Malus domestica Borkh.*) permanecen en letargo (Faust *et al.*, 1997). El grado de dominancia apical está en función de factores genéticos, factores ambientales, procesos fisiológicos y edad de la planta. La dominancia apical puede significar: un completo o casi completo control de las yemas laterales por el ápice, dominancia del crecimiento de un brote sobre otro, y la influencia del ápice sobre la orientación de ramas y hojas (Martin, 1987).

Las auxinas están involucradas en la inhibición de desarrollo de yemas laterales. Sin embargo, la dominancia apical juega un papel en el mantenimiento de letargo aún en invierno y es aparente que la actividad de las auxinas en yemas decrece, mientras la intensidad de letargo se incrementa (Saure, 1985). Las auxinas son sintetizadas en las yemas terminales, y

transportadas por un gradiente basipétalo y luego de alguna manera inhibe el crecimiento de las yemas axilares. De acuerdo con esta teoría, el letargo en yemas resulta de una alta concentración de IAA dentro de las yemas (Stafstrom, 2000).

2.1.2.3.4. Giberelinas

En muchas investigaciones se ha observado un incremento endógeno de giberelinas (GA) en yemas después de cierta acumulación de frío. Por lo tanto, se ha pensado que las GA están estrechamente relacionadas con la salida de letargo (Saure, 1985). Existe evidencia de una posible participación de giberelinas en letargo que provienen parcialmente de aplicaciones exógenas de estas sustancias. Se ha reportado que GA₃ podría reemplazar parcialmente el frío requerido de yemas de durazno. Los requerimientos de frío de semillas de avellano común también pueden ser reemplazados parcialmente por giberelinas, sin embargo, existen reportes que mencionan que las giberelinas (GA₃, GA₄, GA₇) no pueden promover brotación cuando los requerimientos de frío de ciertas especies no han sido satisfechos (Powell, 1987).

Las evidencias disponibles apoyan al menos tres hipótesis involucradas en cambios en la concentración de giberelinas endógenas. La primera indica que el frío estimula la síntesis de giberelinas, la concentración aumenta conforme el frío progresa, hasta que es alcanzado el umbral para la salida de letargo. La segunda hipótesis supone que el frío estimula la síntesis de GA, como la primera hipótesis; sin embargo, el umbral de concentración, más que estimular

brotación, induce otros procesos que conducen a la salida de letargo, por lo que no es requerido durante la brotación en sí. En la tercera hipótesis se propone que el frío acumulado remueve una barrera para la síntesis de GA, lo cual procede una vez que la temperatura se eleva (Dennis, 1994).

2.1.2.3.5. Poliaminas

Las poliaminas son compuestos orgánicos derivados de la descarboxilación de aminoácidos y son consideradas como una clase de reguladores de crecimiento vegetal (Márquez *et al.*, 2002), entre las más importantes están putrescina, espermidina y espermina (Faust y Wang, 1992). El contenido de poliaminas es bajo durante el letargo y aumenta durante la salida del mismo. En manzano el Tildiazurón (TDZ) aceleró la salida del letargo y aumentó la Putrescina de 80 a 180 nmoles g⁻¹ de peso fresco a los 7 días de aplicado, posteriormente disminuyó a medida que transcurrió el tiempo (Wang *et al.*, 1986; Márquez *et al.*, 2002). Los contenidos de putrescina y espermidina en yemas de vid, del cultivar Perlette, se relacionaron con la brotación y el crecimiento de las yemas (Márquez *et al.*, 2002).

2.1.2.4. Respiración

La respiración de yemas de árboles caducifolios sigue un determinado patrón estacional, decrece durante el otoño y se incrementa otra vez al final del invierno (Westwood, 1978). En general, la terminación del letargo es el resultado de un incremento en la actividad respiratoria, por lo cual el frío es requerido para iniciar el incremento en la actividad respiratoria (Pollock, 1960;

Ross, 1985). Durante el letargo, el frío afectó la respuesta respiratoria de árboles de manzano a diferentes temperaturas (Young, 1990). En un estudio de dos años consecutivos en 1998 y 1999 en manzano 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' la velocidad de respiración se incremento de 23.3 a 56 mmoles de $\text{CO}_2 \text{ mg}^{-1}$ de peso seco (ps) de la fase fenológica de ecoletargo a racimo estrecho en 'Red Delicious' y de 2.3 a 29.7 mmoles de $\text{CO}_2 \text{ mg}^{-1}$ ps en 'Golden Delicious' de ecoletargo a racimo estrecho (Carvajal-Millán *et al.*, 2000).

2.1.2.5. Calor metabólico

La producción de calor es un subproducto inevitable de todos los procesos metabólicos y se sugiere determinar la evolución de calor como una medida de la actividad metabólica en plantas (Criddle *et al.*, 1991b). La medición simultánea de la producción de calor metabólico, consumo de O_2 , y evolución de CO_2 es utilizada para determinar la eficiencia en el metabolismo de la planta (Criddle *et al.*, 1990). El calor producido por las yemas vegetativas y florales de árboles caducifolios durante su salida de letargo puede ser medido mediante microcalorimetría biológica, tal como se ha hecho en manzano 'Golden Delicious' y 'Red Delicious' y vid 'Pinot Noir' (Criddle *et al.*, 1990; Gardea *et al.*, 1994a; Carvajal-Millán *et al.*, 2000; Llamas-Llamas *et al.*, 2002).

2.1.2.6. Estado del agua en la yema

En plantas leñosas, la brotación y actividad de crecimiento de brotes es compleja, consiste de muchos subprocesos intra y extrameristemáticos en donde interactúan factores ambientales, hormonales, nutrimentales y

disponibilidad de agua. La formación normal de los brotes resulta de la coordinación de estos subprocesos, pero el factor esencial para el crecimiento es el agua (Améglio *et al.*, 2000). Existen abundantes evidencias que apoyan que la relación entre la concentración de ABA y contenido de agua en la yema bajo días cortos o estrés hídrico inducen letargo en *Betula pubescens* y *Vitis vinifera* 'Merlot Noir'. Por tal motivo, se ha propuesto que la profundidad de letargo está relacionado con niveles endógenos de ABA y el estado hídrico de la yema (Arora *et al.*, 2003).

Con el uso imágenes de resonancia magnética se ha encontrado que yemas en endoletargo tienen menos agua libre que yemas en ecoletargo. Los cambios de agua ligada a agua libre ocurren al completarse los requerimientos de frío sin cambio alguno en el contenido total de agua (Faust *et al.*, 1991). El agua ligada se incrementa en endoletargo y proporciona tolerancia a heladas en yemas de durazno, y también fotoperiodos cortos o bajas temperaturas pueden inducir esta respuesta. El estado de agua ligada está asociado con la tolerancia a estrés por bajas temperaturas más que directamente con el letargo (Arora *et al.*, 2003). Gardea *et al.* (1994b) desarrollaron y mejoraron la espectroscopía de resonancia magnética nuclear de protones ($^1\text{H-NMR}$, por sus siglas en inglés), basándose en un método para distinguir diferentes niveles de letargo en *Vitis vinifera* 'Pinot Noir' de acuerdo al estado de agua dentro de la yema, en donde realizaron mediciones del contenido de agua intracelular y extracelular de yemas primarias y observaron que en ecoletargo, la fracción intracelular aumentó de 0.51 a 4.4 mg/mg de peso seco de mediados de enero a principios

de abril, respectivamente. Este incremento en el contenido intracelular de agua estuvo altamente correlacionado con el incremento del contenido total de agua.

Durante el endoletargo, el agua está estrechamente relacionada con macromoléculas y puede ser registrada en imágenes de resonancia magnética (MRI, por sus siglas en inglés) como agua ligada expresada en tiempos de relajación T2 cortos. Cuando el letargo llega a su fin, los tiempos de relajación T2 son más largos y el agua está en un estado relativamente más "libre" (Faust *et al.*, 1997). Estos autores mencionan que estos descubrimientos fueron confirmados en manzano, durazno y arándano. Condiciones tales como días cortos y bajas temperaturas, que mejoran letargo en yemas de durazno, también incrementan el nivel de agua ligada en yemas. El agua es liberada gradualmente durante el periodo de letargo y rápidamente convertida a agua libre, cuando la reanudación del crecimiento es provocada por TDZ o por condiciones de forzado. Mientras el agua está ligada, no son apreciables los crecimientos en primordios florales. Hacia el final del periodo de endoletargo, cuando cerca de dos tercios de agua es liberada en manzano, un aumento apreciable de primordios florales ocurre sin cualquier signo visible de brotación. En yemas en paraletargo de manzano, cuando el agua está relativamente ligada, el TDZ libera el agua y el IAA la mantiene ligada aún después de ser tratadas con TDZ.

Se han reportado incrementos en aminoácidos hidrofílicos y, en concomitancia, un decremento en aminoácidos hidrofóbicos en yemas florales

de manzano a finales de verano y en otoño (Khanizadeh *et al.*, 1994; Faust *et al.*, 1997). Se han identificado tres dehidrinas (65, 60 y 14 kD), proteínas en yemas florales de arándano que se desarrollan a finales de otoño cuando las temperaturas disminuyen. Las dehidrinas son proteínas hidrofílicas que son estables a punto de ebullición e inducidas durante estrés por frío y/o deshidratación. Las dehidrinas, por ser altamente hidrofílicas, son posibles candidatos para retener el agua (Muthalif y Rowland, 1994; Faust *et al.*, 1997). Por otra parte se menciona que la dehidrina 60 kD en durazno y las dehidrinas 65 y 60 kD en yemas de arándano pueden estar específicamente asociadas con la aclimatación al frío, pero no con letargo (Arora *et al.*, 1997).

2.1.2.7. Cambios en la membrana celular

Los reguladores de crecimiento vegetal, Tidiázurón y nitroguanidinas liberan a las yemas laterales de paraletargo y causan en concomitancia cambios en galactolípidos y fosfolípidos y la proporción de ácidos grasos insaturados a ácidos grasos saturados. Un decremento en la proporción de esteroles libres a fosfolípidos y un incremento en la proporción de campesterol + stigmasterol a sitosterol también acompañan a la brotación. Con la reanudación del crecimiento hay un cambio en la composición de la membrana, lo cual permite un incremento en la permeabilidad de solutos y agua hacia el citoplasma, estos cambios en la membrana también toman lugar en el invierno durante el endoletargo en yemas vegetativas. Durante el periodo de letargo, especialmente en fosfolípidos, el ácido linoléico (18:2) se incrementa a un máximo a principios de febrero, mientras el ácido linolénico (18:3) está en el

mismo nivel, con un ligero aumento independientemente del tipo de fosfolípido (fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilglicerol, fosfatidilinositol), en la yema (terminal o lateral) la proporción entre linolénico/linoléico es igual a uno en este periodo de letargo. Cuando los requerimientos de frío están satisfechos, se llevan a cabo los siguientes cambios: el ácido linoléico (18:2) disminuye con un correspondiente incremento en ácido linolénico (18:3), lo que indica un incremento de la actividad de desaturación de ácido linoléico. Para el tiempo de brotación, la proporción de linolénico/ linoléico es igual a 2. La concentración de fosfatidilcolina fue siempre de 50 % a 80 % más alta en febrero que los otros fosfolípidos combinados, y toda la concentración de fosfolípidos en las yemas se duplicaron para la brotación (Faust *et al.*, 1997).

Durante la época de frío, además de los cambios en la proporción de los ácidos grasos en los fosfolípidos, hay un incremento de fosfolípidos totales por peso seco de yema. Al incrementarse los fosfolípidos de la membrana un conjunto de triglicéridos pueden ser hidrolizados por la enzima lipasa. La actividad de la lipasa es muy alta a bajas temperaturas en semillas de manzano en letargo y en las yemas de manzano se incrementa con el frío. La conversión de ácido linoléico a ácido linolénico requiere un alto nivel de poder reductor y oxígeno activo. Es necesaria por consecuencia una actividad para desintoxicar del H_2O_2 , que resulta indirectamente de la reacción de instauración, este proceso es necesario porque las enzimas desaturasas se inactivan con el H_2O_2 (Ranjan y Wewak, 1995; Faust *et al.*, 1997). El proceso de desaturación se lleva a cabo en el periodo de endoletargo. En medios de incubación *in vitro* la

presencia de catalasa y NADPH es requerida para la desintoxicación de H_2O_2 . Existen otros sistemas enzimáticos que pueden eliminar el H_2O_2 de yemas de árboles frutales, entre los cuales los principales son: ascorbato con radical libre reductasa, ascorbato peroxidasa, superóxido dismutasa, catalasa, peroxidasa, glutathione reductasa y dehidroascorbato reductasa (Faust *et al.*, 1997).

En tubérculos de *Helianthus tuberosus* L. se encontraron los siguientes eventos durante el rompimiento de letargo por tratamientos de frío. El primer evento en condiciones experimentales, es la modificación de la fluidez del plasmalema. Éste puede ser debido a una alteración física de la membrana por parámetros ambientales específicos, tales como baja temperatura o vapores de etanol, o la modificación de la síntesis de fosfolípidos. Después, la actividad de ATPasa en el plasmalema disminuye, lo cual puede ser causado por cambios en la evolución de la fluidez de la membrana o nueva síntesis de esta proteína. La consecuencia de estos cambios es un incremento en contenido de ATP en citosol, la acidificación citoplásmica inducida por la disminución de extrusión de protones y por lo tanto un decremento del gradiente transmembranal de pH. Finalmente se da un decremento en la actividad del cotransporte de H^+ - soluto en el tejido subyacente a la yema (Pétel y Gendraud, 2000). Los cambios que ocurren en la membrana celular acentúan el hecho de que el desarrollo de letargo es un fenómeno local, el cual puede ser sobrepasado por una yema, pero no en otra (Erez, 2000).

2.1.2.8. Potencial metabólico de las yemas

Diversas actividades celulares comienzan cuando la yema pasa de letargo a crecimiento, entre estas actividades se tiene: la movilización de reservas de carbohidratos, incremento en el contenido de agua, apoyo energético, suministro y utilización de metabolitos en los órganos en crecimiento, etc. (Crabbé y Barnola, 1996). Se considera que el letargo se desarrolla debido a una pérdida del potencial de competición de las yemas con otros tejidos de la planta, y la salida del letargo se lleva a cabo por la mejora del poder de competición de la yema con los tejidos vecinos (Champagnat, 1989; Faust *et al.*, 1997).

En un trabajo con tubérculos de *Helianthus tuberosus* L. se observó una competencia con el resto de los órganos de la planta. También el desarrollo gradual de una barrera en la comunicación entre la yema y el tejido adyacente durante la transición a letargo. Se visualizó el desarrollo de esta barrera como una transición de un efecto a larga distancia de inhibición correlativa a una inhibición a corta distancia por una barrera entre la yema y el tallo, se usó el ^{14}C 5,5-dimetil oxazolidina-diona (DMO) en una prueba que indica los niveles endógenos de pH y se encontró una correlación altamente significativa entre el pH de las células y la capacidad del tejido para competir con otras zonas de demanda dentro de la planta. Esta prueba también permitió evaluar la conexión entre el tallo y la yema y el potencial relativo de la yema para brotar. Al revertir el poder competitivo de los diferentes tejidos, la yema puede vencer la barrera para su desarrollo. Esto ha sido mostrado con respecto a pH del interior de las

células de la yema, el cual se eleva cuando el letargo ha terminado y es más alto que las del tallo y células del receptáculo, mientras lo contrario ocurre en el estado de letargo. Este incremento en el pH ocurre debido al incremento en el plasmalema de la actividad ATPasa en las membranas celulares y bombeo de protones, una medida de actividad metabólica. También se encontró una buena correlación entre la disponibilidad de las yemas de sintetizar trifosfatos no adenílicos y la salida de endoletargo (Crabbé y Barnola, 1996).

El endoletargo es caracterizado por la ocurrencia de permeabilidad de una barrera y su incapacidad de incrementar el contenido de nucleótidos no adenílicos en la yema. El frío es requerido para vencer esta barrera. El paraletargo y ecoletargo, por otra parte, corresponden a un estado fisiológico bloqueado con menos severidad, el cual es forzado con más facilidad por la exposición a condiciones favorables, giberelinas o agentes promotores de brotación (Crabbé y Barnola, 1996). El metabolismo energético, especialmente el metabolismo de las purinas, ha sido mencionado en diversas discusiones sobre el control del endoletargo. La única prueba de endoletargo disponible, la prueba de 'nucleótidos', esta basada en el funcionamiento de este metabolismo. Ésta compara la capacidad de síntesis de ATP y nucleótidos trifosfato no adenílicos en los primordios contenidos dentro de la yema con o sin el suplemento de adenosina, un precursor de este metabolismo. Un incremento significativo en el conjunto de nucleótidos trifosfato no adenílicos obtenidos después de la incubación en adenosina comparado con la incubación en agua caracteriza la ausencia de endoletargo. Esta prueba ha sido aplicada, con

pertinencia, para el estudio de yemas vegetativas en letargo de varias especies leñosas, desafortunadamente no es funcional en yemas florales (Bonhomme et al., 2000).

2.1.3. Regulación exógena

2.1.3.1. Temperatura

Es generalmente aceptado que los frutales caducifolios están sujetos a bajas temperaturas por cierto periodo para posteriormente salir de letargo y que el requerimiento de frío está genéticamente determinado (Saure, 1985). La cantidad de bajas temperaturas requeridas para salir de letargo por las yemas varía entre especies, cultivares dentro de especies, así como del tipo de yema. Por ejemplo, el cultivar de durazno Florida Prince tiene un requerimiento de aproximadamente 50 horas (a 8 °C), mientras que el cultivar Mayflower requiere más de 1200 horas de bajas temperaturas para salir del estado de letargo. También se ha observado en durazno, que las yemas vegetativas localizadas en el ápice del brote tienen un menor requerimiento de frío, mientras que las yemas vegetativas laterales tienen un mayor requerimiento de frío. Generalmente las yemas florales están en un requerimiento intermedio de frío, aunque en casos raros, el requerimiento de frío de la yema floral puede exceder el requerimiento de las yemas vegetativas laterales. Debido a esta característica, la manzana y otros frutales de pomo, son menos afectados que los *Prunus* por insuficiencia de frío, puesto que las yemas florales de los frutos

de pomo se producen en la parte terminal con yemas vegetativas, en donde ambos tipos de yema tienen un corto requerimiento de frío. En *Prunus*, las yemas florales se forman lateralmente (Couvillon, 1995).

Erez (2000) señala los siguientes elementos básicos de los efectos de la temperatura sobre el desarrollo de letargo:

1. Una lenta acumulación del efecto del frío.
2. Una óptima acumulación de frío a temperaturas de 6-8 °C.
3. Una negación del efecto del frío por altas temperaturas en periodos cortos.
4. Una fijación del efecto del frío.

Con base a estos elementos, las temperaturas del rango 6 - 8 °C han sido las más efectivas en satisfacer el requerimiento de frío en un ciclo continuo. Las temperaturas arriba o debajo de este rango son menos efectivas en la acumulación de frío. Sin embargo, cuando las temperaturas de acumulación de frío son intercaladas con temperaturas moderadas (13 a 15 °C por 8 horas con 16 horas de acumulación de frío) durante el letargo, hay una mejora en la respuesta de acumulación de frío, por otra parte menciona que las altas temperaturas (19, 20, 21 °C ó más altas), aplicadas al menos 8 horas en un ciclo diurno con temperaturas de acumulación de frío, resultan en una negación del frío acumulado. El grado de negación de frío acumulado dependerá de la longitud del ciclo en el cual la alta temperatura es aplicada, así como el nivel y duración de la alta temperatura. Por otra parte, se concluye que el frío

acumulado únicamente durante las 20 a 40 horas previas al inicio de altas temperaturas son susceptibles a la negación de frío (Couvillon, 1995).

En regiones cálidas ocurre una negación significativa de frío acumulado, los requerimientos de frío con frecuencia no son completados y las altas temperaturas prevalecen (Seeley, 1996). La deficiencia de frío conduce a tres efectos que varían en intensidad, los cuales dependen de la deficiencia: a) baja brotación, bajo desarrollo del follaje, escasa floración y frecuentemente flores anormales; b) retraso en desarrollo de follaje, floración y brotación heterogénea; y c) baja calidad de fruta y reducida área foliar debido a la carencia de puntos de crecimiento (Erez, 1987).

Es claro que la salida de yemas de letargo es una función de frío tanto como de calor (Couvillon, 1995). Controlar el tiempo de floración en frutales caducifolios puede ser la mejor manera de mantener producciones consistentes temporada tras temporada. Retrasar la floración puede sobrepasar daños por heladas primaverales y también permitir que la polinización y fertilización se lleven a cabo cuando las temperaturas son más altas. Esto para mejorar la calidad de la fruta. Dos factores son importantes a considerar para el tiempo de floración. La duración del requerimiento de frío invernal necesario para romper el periodo de endoletargo y el calor requerido en la fase de ecoletargo necesario para el desarrollo de la yema floral (Gianfagna y Mehlenbacher, 1985).

El cultivo próspero de frutales de zonas templadas en condiciones de temperaturas homogéneas propias de los trópicos, depende de la inducción al siguiente ciclo de producción, después de que la inducción floral ha ocurrido, pero antes de que el reposo inicie, es decir, antes de que el endoletargo pueda desarrollarse, de esta manera la acumulación de frío es innecesaria. Esto conduce a: a) los requerimientos de frío de cultivares y especies tienen poca relevancia en los trópicos, b) las unidades frío recibidas en cualquier localización tropical dada, y las controversias generadas acerca de sus evaluaciones, son irrelevantes. Las temperaturas $< 7.2^{\circ}\text{C}$ son de hecho desventajosas en el cultivo de frutales templados en los trópicos, ya que con ello, los frutales entran en endoletargo. De esta manera no hay que satisfacer un requerimiento de frío y el frutal se puede mantener en actividad continua para tener hasta dos cosechas por año. c) el cultivo de frutales templados, bajo ciertas condiciones climáticas y con algunas prácticas de manejo, existe a bajas latitudes como en los trópicos y subtrópicos (Edwards, 1987).

2.1.3.2. Fotoperiodo

Muchas especies de clima templado utilizan señales ambientales para iniciar un desarrollo reproductivo y asegurar la producción de semillas, antes del inicio de periodos desfavorables para el crecimiento. La señal más común es la duración del día o fotoperiodo (Metzger, 1996). El fitocromo es el fotorreceptor involucrado en el control de letargo durante el fotoperiodo (Noodén y Weber, 1978). Las dos señales ambientales que inducen el cambio de paraletargo a

endoletargo en yemas y simultáneamente iniciar la aclimatación al frío son incremento de fotoperiodos cortos y bajas temperaturas (Arora *et al.*, 2003).

En condiciones naturales en regiones templadas, la detención del crecimiento de brotes y formación de yemas ocurren principalmente en verano bajo días largos. Esta actividad fue reexaminada intensivamente en *Gleditsia tracanthos* L., bajo días cortos esta especie entra progresivamente en letargo. La defoliación demuestra que la percepción del fotoperíodo es percibida por las hojas. Con menos de 30 días cortos, el cese de crecimiento fue suprimido con el retorno de días largos; con más de 30 – 35 días cortos, los meristemos terminales detuvieron su crecimiento, presentaron senescencia y abscisión, mientras que las yemas axilares evolucionaron de paraletargo a endoletargo. Esta evolución comenzó en el ápice del brote y alcanzó a las yemas basales después de 40 – 50 días cortos (Crabbé y Barnola, 1996). *Vitis labruscana* es capaz de entrar en letargo totalmente en respuesta a fotoperiodos cortos (Arora *et al.*, 2003).

2.1.3.3. Agua

La disponibilidad de agua juega un papel predominante en el comportamiento de las yemas. Durante la etapa de ecoletargo, el suministro de agua a las yemas es frecuentemente suficiente para mantenerlas en brotación. En los trópicos, la sequía estacional y precipitación son los factores que inducen detención del crecimiento y reanudación, con una fuerte interferencia de expansión de hoja y abscisión, lo cual puede afectar directamente el estado

interno del agua (Crabbé y Barnola, 1996). Períodos cortos de sequía (2-3 semanas) a nogal de Castilla (*Juglans regia*) en la etapa de crecimiento en primavera indujo inmediatamente la detención temporal de crecimiento. Esta fase de ecoletargo modificó posteriormente la subsiguiente fase de endoletargo comparado con las yemas de los árboles continuos que si fueron irrigados. El letargo de las yemas en noviembre fue más profundo en las partes de los brotes directamente afectados por el tratamiento y el letargo fue más bajo en las partes formadas después de la sequía (Dreyer y Mauget, 1986; Crabbé y Barnola, 1996).

2.1.3.4. Nutrientes

La sobrefertilización y el crecimiento vegetativo en exceso pueden afectar adversamente el crecimiento del árbol, productividad y calidad de la fruta. El exceso de vigor incrementa el sombreado dentro del dosel del árbol y esto puede reducir el desarrollo de la yema, tamaño y calidad de la fruta. La necrosis de yemas está relacionada con el exceso de nitrógeno (Sánchez *et al.*, 1995). Las necesidades de nitrógeno en vid son más críticas durante el periodo de crecimiento vegetativo rápido, floración y desarrollo temprano de baya. En un estudio en vid 'Thompson Seedless' en el Valle de San Joaquín en California, se encontró que las aplicaciones de sulfato de amonio en julio o septiembre resultaron en mayores contenidos de nitrógeno almacenado en tejidos durante el letargo y en follaje durante crecimiento vegetativo rápido y floración (Peacock *et al.*, 1989).

2.1.4. Manejo del huerto

2.1.4.1. Producción forzada

Los árboles frutales normalmente prosperan en zonas con condiciones ecológicas similares a sus hábitats de origen. La mayoría de los frutales de clima templado requieren climas con inviernos con suficiente acumulación de frío para el rompimiento de letargo en yemas. Esta condición generalmente no puede cumplirse en climas tropicales o subtropicales (Ramzy, 1987). Las plantaciones comerciales de frutales de zonas templadas están bien establecidas en áreas subtropicales, donde las temperaturas invernales cubren parcialmente el periodo de letargo. En áreas del norte de México, sur de África e Israel, por ejemplo, son aplicados tratamientos con productos químicos para suplementar los efectos de limitada acumulación de frío. Los programas de mejoramiento han proveído de nuevas selecciones de cultivares por sus bajos requerimientos de frío y tolerancias a altas temperaturas (Dennis, 1987b). Aún las plantas que aparentemente están bien aclimatadas pueden requerir prácticas culturales o químicas para romper el letargo en inviernos cálidos. Las prácticas de manejo del letargo, para ser totalmente efectivas, deben de realizarse en el momento óptimo y pueden tener una ventana de acción de únicamente pocos días. Por lo tanto, la necesidad de métodos confiables para evaluar la respuesta del árbol a condiciones ambientales durante el letargo es una preocupación importante de los productores de frutales en bajas latitudes (del Real Laborde, 1987).

2.1.4.1.1. Métodos físicos para promover brotación

Siempre que la temperatura nocturna alcance los 13 °C o menos, existe un potencial de acumulación de frío. En muchas ubicaciones subtropicales marginales, la temperatura del día, en algunas ocasiones excede los 19 °C, lo cual, conduce a la negación de frío acumulado. El enfriamiento evaporativo, con aspersores en lo alto, es una aplicación en campo para enfriar las yemas. La efectividad de este sistema depende de la temperatura y de la humedad relativa. Bajo condiciones cálidas y secas con noches frías, la temperatura de la yema puede ser bajada durante el día alrededor de los 13 °C. La disminución de la temperatura en las yemas entre 5 y 9 °C es común. Los factores limitantes para operar este sistema son: disponibilidad de agua y sistemas de aplicación. Buena calidad del agua, bajo contenido de sales (NaCl), y relativamente baja humedad relativa en el día permiten el enfriamiento evaporativo (Erez, 1995).

2.1.4.1.2. Medios químicos para promover brotación

Numerosos agentes químicos pueden vencer el letargo en caducifolios de climas templados (Fuchigami y Nee, 1987), sin embargo sólo algunos son usados para tratamientos en campo. Los productos activos no tienen características en común, excepto que muchos de ellos en dosis subletal tienen el efecto de romper el letargo (Erez, 1987).

Erez (1995) hace la siguiente clasificación de productos químicos para promover la brotación.

1. Aceites minerales: éste es el grupo de productos químicos inicialmente usado de manera comercial. En la actualidad es usado en pocos países; dentro de este grupo se encuentra el dinitro ortho cresol (DNOC). El efecto del aceite DNOC es vía respiratoria; por lo tanto su efecto es fuertemente influenciado por las temperaturas prevalecientes en la aplicación y durante la semana siguiente. En donde las altas temperaturas son esenciales para un buen resultado. El efecto resultante es una condición anaeróbica temporal de las yemas. Esto conduce a la producción de etanol, el cual causa el efecto.

2. Cianamida: La cianamida ha sido durante las ultimas dos décadas el líder dentro de los promotores de brotación. Por mayor tiempo, la cianamida de calcio ha sido conocida por su actuación como promotor de brotación. Ésta fue usada primero en Japón en altas concentraciones, sin embargo, su consistencia física obstaculiza el amplio uso de este producto químico. El descubrimiento de la cianamida de hidrógeno, la cual puede ser fácilmente rociada en solución, actúa como un agente promotor de brotación. Este producto químico abrió el camino a una amplia serie de pruebas en muchas especies caducifolias para probar su eficiencia, resultando muy

efectivo en vid y kiwi, así como también en manzano, ciruelo, albaricoque, durazno de alto requerimiento de frío, peral, frambuesa e higuera.

3. Otros compuestos químicos:

Thiourea: Éste es un producto químico muy efectivo como promotor de brotación de yemas vegetativas. Es efectivo en combinaciones con KNO_3 y aceite DNOC. Debido a su toxicidad en humanos se prohibió su uso.

KNO_3 : Este producto químico es de un efecto ligero, aún a concentraciones del 10 %, especialmente en yemas florales. Ha sido utilizado con otros compuestos principalmente para mejorar su efecto.

Reguladores del crecimiento: El ácido giberélico y las citocininas pueden promover brotación. Las concentraciones necesarias son relativamente altas (100 – 400 ppm de GA y benzil adenina) y por lo tanto costoso (Erez, 1995). El biorregulador vegetal Tidiazurón tiene la capacidad de promover la salida de letargo de yemas laterales. Este compuesto es más efectivo que las citocininas en romper el letargo de yemas de manzano (Wang *et al.*, 1991).

Retardantes del crecimiento: La introducción del paclobutrazol como un retardador del crecimiento en huertos frutales reveló, en

adición a su retardo de crecimiento vegetativo, un efecto específico sobre el adelanto de brotación. Esta característica se encontró en árboles tratados en el periodo de crecimiento previo.

4. Armobreak: pertenece a un grupo único de aminas grasas que mejora la penetración a cutículas transportando a otros productos químicos. Este agente puede ayudar a promover la brotación de diferentes maneras. En primer lugar reduce el costo del tratamiento al disminuir la concentración de promotores de brotación, como es el caso de la cianamida de hidrógeno, también puede mejorar el efecto de un agente de bajo impacto como el KNO_3 . Finalmente permite reducir el costo de materiales caros como GA y hacerlos más competitivos (Erez, 1995).

2.1.4.2. Producción forzada en vid

La vid requiere una baja exposición a frío para salir de letargo. Estudios previos indican que la exposición a frío necesaria para un desarrollo normal de yemas está en los rangos entre 50 y 400 horas a temperaturas $\leq 7^\circ\text{C}$ (Dokoozlian, 1999). Por otra parte Gil-Salaya, (1999) menciona que la especie *Vitis vinifera* se caracteriza por la gran diferencia de requerimiento de frío entre sus variedades, 400 a 1500 horas bajo 7°C , generalmente los valores bajos corresponden a cultivares de vid de mesa provenientes de lugares de clima con poco frío y los valores altos a cultivares de vid para vino normalmente cultivadas en regiones frías.

La brotación errática y/o heterogénea, el decremento en el número de brotes y racimos por planta y la mala uniformidad en el desarrollo del fruto son características comúnmente reportadas en regiones en donde la vid sufre de inadecuada exposición al frío en invierno (Dokoozlian, 1999). La vid generalmente mejora su brotación cuando se incrementa su exposición a frío. Dokoozlian, (1999) examinó en un experimento factorial, la interacción entre bajas temperaturas (0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10 °C) y su duración (50, 100, 200, 400 y 800 horas) en la brotación de sarmientos de vid 'Perlette'. En donde los sarmientos tratados a 0 °C mostraron la brotación más rápida a los 30 días después de colocarse en condiciones de crecimiento, también encontró que la brotación fue más alta y homogénea a medida que se incrementó la duración de frío.

En un estudio en vid 'Perlette' de bajo requerimiento de frío, en condiciones de invernadero, se experimentó con cianamida de calcio (CaCN_2) y cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) a concentraciones de 0.25 y 1.25 M. Se encontró que la cianamida de hidrógeno tiene un mayor efecto en brotación a los 30 días después de la aplicación que la cianamida de calcio, ya que con cianamida de calcio a las dosis de 0.25 y 1.25 M se obtuvo un porcentaje de brotación de 27 % y 65 % respectivamente y con cianamida de hidrógeno a las dosis de 0.25 y 1.25 M se obtuvo un porcentaje de brotación de 72 % y 83 % respectivamente (Shulman *et al.*, 1983). La cianamida de hidrógeno aplicada 4 a 6 semanas antes de la brotación normal adelanta la brotación, floración y madurez de la

fruta, la producción de espuelas o pitones también se incrementa, lo que consecuentemente incrementará los rendimientos posteriores (George y Nissen, 1990).

Angulo *et al.* (1992) estudiaron el efecto del frío (0, 108, 204, 300, 396, 492 y 588 Unidades Frío) y la aplicación de cianamida de hidrógeno (0, 2 y 4 %) en la brotación de sarmientos de vid 'Cardenal'. Encontraron que no hubo efecto de los tratamientos de frío sobre brotación de yemas, sin embargo, observaron la tendencia de que mejoró cuando mayor fue la cantidad de frío. La aplicación de cianamida propició que las yemas adelantaran la fecha de inicio de brotación. La cianamida al 2 % homogenizó e incrementó la brotación en 20 % respecto al testigo, además de que propició una disminución de hasta 296 grados día desarrollo de requerimiento de calor respecto al testigo. Pires *et al.* (1995) en un estudio para definir dosis ideales de cianamida de hidrógeno para brotación en vid 'Italia' en San Miguel Arcángel Brasil, encontraron que el incremento de las dosis de 0.24 M a 0.48 M induce un incremento significativo en el porcentaje de brotación de alrededor del 20 %.

Uzun (1997) en vid 'Cardenal' bajo condiciones subtropicales en Antalya Turquía, estudió el efecto de aplicaciones de cianamida de hidrógeno a intervalos de aplicación de 15 días entre el 15 de septiembre y el 1 de marzo, la dosis utilizada fue del 2.5 %. En donde la acumulación de horas frío ($< 7^{\circ}\text{C}$) fue de 0 a 708 durante este periodo. Encontró que las aplicaciones de cianamida adelantaron brotación y floración. El rendimiento disminuyó en las aplicaciones

tempranas, debido a las bajas temperaturas durante brotación y en las aplicaciones tardías (una semana antes de la brotación natural) también disminuyó debido a toxicidad en las yemas. Los mejores rendimientos se dieron cuando las plantas se trataron en enero y febrero.

2.2. CALORIMETRÍA

La determinación del metabolismo total de la planta presenta diferentes desafíos a los investigadores, uno de ellos es el tiempo. Por lo tanto, se demandan métodos rápidos y precisos. La microcalorimetría es una de las nuevas técnicas disponibles. Aunque al principio fue desarrollada y utilizada por físicos y químicos, las últimas mejoras han incrementado su uso en trabajos de biología, y está disponible para investigaciones en el campo de la horticultura (Llamas *et al.*, 2001). La calorimetría ha sido por mucho tiempo reconocida en aplicaciones biológicas como método utilizado para la determinación de tasas metabólicas. La tasa metabólica de un organismo puede ser usada como un indicador de los procesos de varias clases de estreses sobre el organismo, la tasa de crecimiento del organismo y de las rutas bioquímicas utilizadas. El efecto de la temperatura en las tasas metabólicas es con frecuencia de interés en los estudios biológicos (Hansen y Criddle, 1990).

La calorimetría es un método rápido y preciso que permite la medición de respuestas metabólicas de diferentes tejidos vegetales en función de la temperatura. Mediante esta técnica es posible cuantificar la tasa de calor metabólico (R_q) y la tasa de producción de CO_2 (R_{CO_2}) del tejido vegetal en función de la temperatura, lo cual permite obtener una descripción matemática de la velocidad de crecimiento del tejido ($R_{\text{SG}}\Delta H_B$) y de la eficiencia en la conversión de los sustratos carbonados (R_q / R_{CO_2}) (Gardea *et al.*, 2000; Hansen *et al.*, 1996).

En la actualidad, una dificultad común en el diagnóstico del nivel de letargo en plantas es el tiempo que consumen los métodos disponibles y por ende son necesarias alternativas más rápidas. Por lo tanto, si los parámetros de respiración pueden ser modelados durante el letargo, entonces pueden ser desarrolladas aplicaciones prácticas, esto es, un sistema rápido para diagnosticar el desarrollo de letargo. También pueden estimarse los requerimientos de frío para diferente germoplasma y el efecto de las prácticas culturales en el huerto sobre el desarrollo de la yema (Gardea *et al.*, 2000).

Gardea *et al.* (1994a) estudiaron los cambios en el comportamiento respiratorio durante letargo y desarrollo de yemas primarias de vid (*Vitis vinifera*) 'Pinot Noir', mediante calorimetría diferencial de barrido. En donde encontraron que la tasa de calor metabólico [en $\mu\text{J}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ de peso seco (ps)] decrece durante endodoletargo y se incrementa durante ecoletargo conforme el desarrollo de la yema. La respiración de yemas en ecoletargo estuvo a su

mínimo en enero ($\approx 1 \mu\text{J}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ ps). La respiración se incrementó de manera regular a principios de febrero y continuó conforme la yema desarrolló las siguientes cuatro fases fenológicas: yema en ecoletargo, inicialmente hinchada, totalmente hinchada y yema brotada. El calor metabólico se incrementó de 5 a 18, 28 y 29 $\mu\text{J}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ ps conforme las yemas se desarrollaron de ecoletargo a brotadas. La evolución del dióxido de carbono de la respiración de las yemas se incrementó de 15.9 a 22.2, 57.9 y 68.3 $\times 10^{-6} \mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1}$ ps durante el desarrollo de las yemas.

Gardea *et al.* (2000) en un trabajo para determinar el efecto de diferentes tratamientos de acumulación de frío en la respuesta calorimétrica de yemas de manzanos 'Golden Delicious', utilizaron árboles de 1 año, los cuales fueron mantenidos a 4 °C hasta 1600 unidades frío en cámaras frigoríficas. A intervalos de 200 horas se transfirieron árboles a una cámara de crecimiento (25 °C), usaron calorimetría isotérmica para determinar calor metabólico, tasa de respiración, eficiencia de respiración y tasa de crecimiento específico en yemas vegetativas. Usaron calorimetría de barrido diferencial para estimar la energía de activación. Los estudios calorimétricos se realizaron a los 0, 15 y 30 días en condiciones forzadas de crecimiento. Encontraron que el calor metabólico de yemas de manzano se incrementa gradualmente en función del frío acumulado, seguido por temperaturas que permiten el crecimiento. La tasa de calor metabólico estuvo en el rango de 2.5 $\mu\text{W}\cdot\text{mg}^{-1}$ ps en yemas sin exposición a frío y a 5 $\mu\text{W}\cdot\text{mg}^{-1}$ ps en yemas con frío total acumulado y posteriormente expuestas a temperatura de crecimiento por 30 días. La tasa de

producción de CO_2 de yemas también se duplicó como resultado del frío acumulado y exposición a temperatura de crecimiento. El promedio de los valores estuvo en el rango de 8 a 17 $\text{mmol CO}_2 \text{ mg}^{-1} \text{ ps}$. Dentro de los mismos periodos de exposición a temperaturas de crecimiento (0, 15 ó 30 días) no se encontraron diferencias significativas en eficiencia metabólica en los tratamientos de frío. La tasa de crecimiento específico estuvo en el rango de 1.5 a 3.0 $\mu\text{W} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ ps}$ lo que muestra un incremento en la respuesta, pero únicamente después de que las yemas estuvieron a 30 días a temperaturas de crecimiento. El frío acumulado también resultó en un decremento de la energía de activación de 29.8 y 33.3 $\text{J mol}^{-1} \text{ K}$ después del forzado a los 15 y 30 días, respectivamente. En general, las yemas vegetativas de manzano en letargo incrementaron sus respuestas calorimétricas después de los 15 y 30 días de forzado, pero esto fue significativo cuando el frío igualó o excedió las 1000 unidades frío.

Carvajal-Millan *et al.* (2000) caracterizaron calorimétricamente durante 2 años la floración de los cultivares de manzano 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' en donde estudiaron las fases fenológicas de ecoletargo, punta plateada, punta verde, media pulgada verde y racimo estrecho. La caracterización se efectuó mediante calorimetría isotérmica a 25 °C y por diferencial de barrido en el intervalo de 5 a 65 °C. Encontraron que en promedio de los dos años, el calor metabólico de las yemas florales se incrementó significativamente al iniciar la floración, de 6.8 a 17.3 $\mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$ en 'Red Delicious' y de 1.4 a 9 $\mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$ en 'Golden Delicious'. La velocidad de

respiración de las yemas mostró un comportamiento de respuesta similar en función del estado fisiológico. En ambos cultivares el comportamiento de la eficiencia metabólica fue discontinuo, lo cual puede indicar la activación de una ruta respiratoria alternativa. Entre la primera y última fase fenológica la energía de activación disminuyó 15 y 7 Joules mol⁻¹ °K⁻¹ mg⁻¹ ps para 'Red Delicious' y 'Golden Delicious', respectivamente. Los coeficientes de respiración cercanos al óptimo ($Q_{10}=2$) se presentaron en el intervalo de 10 a 20 °C, y disminuyeron a medida que aumentó la temperatura.

La aplicación de TDZ En manzano 'Golden Delicious' en estado de ecoletargo provocó un aumento en el calor metabólico de yemas florales de 4.98, 5.01, 5.02 y 5.22 $\mu\text{W}\cdot\text{mg}^{-1}$ ps, cuando se trataron con 0, 300, 500 y 700 ppm de TDZ respectivamente (Llamas *et al.*, 2001).

Llamas-Llamas *et al.* (2002) estudiaron la respuesta metabólica de brindillas coronadas del cultivar Golden Delicious, a la aplicación de cianamida de hidrógeno y Tidiázurón, 45 días antes de brotación normal. En donde observaron que en brindillas separadas del árbol y mantenidas a temperatura constante (25 ± 2 °C) en laboratorio, la aplicación de cianamida de hidrógeno a 10, 15 ó 20 mL L⁻¹, incrementó significativamente el calor metabólico de las yemas apicales, con respecto al testigo (aplicado con agua desionizada) dos semanas después de la aplicación. Además tendió a uniformar la respuesta metabólica en relación con el testigo. La concentración de 15 mL L⁻¹ de cianamida de hidrógeno incrementó significativamente la tasa respiratoria de

dichas yemas con respecto al testigo. El TDZ a 0.7 mL L^{-1} produjo la mayor respuesta en calor metabólico, aunque ninguna de las tres concentraciones usadas (0.3 , 0.5 y 0.7 mL L^{-1}) impactó a la velocidad de respiración de las yemas apicales en las brindillas.

Cervantes *et al.* (2004) en un experimento para retrasar floración en durazno (*Prunus persica* L.) de bajo requerimiento de frío 'CP 87-3' para evaluar el efecto de las aplicaciones de aspersiones de aceite de soya (0 , 2.5 , 5 y 10%) utilizaron ramas mixtas que almacenaron a $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta suplementar artificialmente 400 unidades frío. Posteriormente aplicaron los tratamientos y a los 8 y 12 días después de la aplicación evaluaron calor metabólico, respiración y velocidad de crecimiento de yemas florales. Observaron que el calor metabólico de las yemas, se vio significativamente disminuido por las concentraciones de 5 y 10% , lo que a su vez retrasó la tasa respiratoria y disminuyó la velocidad de crecimiento.

3. CARACTERIZACIÓN CALORIMÉTRICA DE LA BROTAÇÃO DE YEMAS DE VID 'FLAME SEEDLESS'

3.1. RESUMEN

Debido a la escasa información que existe sobre los cambios metabólicos producidos por la aplicación de promotores de brotación en las yemas de vid, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la tasa de calor metabólico (R_q) y velocidad de respiración (R_{CO_2}) de yemas de *Vitis vinifera* L. cv. Flame Seedless durante el endoletargo, y el efecto de la aplicación del promotor de brotación cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) en la respuesta fenológica de yemas y el desarrollo de las fases fenológicas en un viñedo ubicado en la zona de Pesqueira, Sonora durante el periodo del 24 de noviembre al 8 de febrero del ciclo 2005-2006. La evaluación se efectuó mediante calorimetría isotérmica a 25 °C. Las fases fenológicas estudiadas fueron yema cerrada, yema hinchada, media pulgada verde, primera hoja plana y segunda hoja plana. La aplicación de H_2CN_2 se realizó el 23 de diciembre del 2005 a una dosis del 3.5 % (en forma dividida, al 2 % 1^{er} aplicación y 6 horas después al 1.5 % en la 2^{da}) con una acumulación previa de 97 unidades frío, se ensayó un testigo absoluto sin aplicar. El calor metabólico de las yemas se incrementó ($p \leq 0.05$) desde endoletargo (yema cerrada) hasta brotación (fase fenológica de media pulgada verde) de 2 a 33 $\mu W\ mg^{-1}$ peso seco (ps), lo cual ocurrió del 24 de noviembre al 15 de enero. La velocidad de respiración de las yemas mostró un comportamiento de respuesta similar al incrementarse de 22 a 354 mmoles de $CO_2\ mg^{-1}$ ps. La aplicación de H_2CN_2 incrementó la brotación ($p \leq 0.05$) en yemas a 50 % a los 27 días después de la aplicación, en tanto que, en plantas sin aplicar fue del 7 %. No obstante el desarrollo de las fases fenológicas fue heterogéneo, debido a la poca acumulación de unidades frío y las bajas temperaturas posteriores a la aplicación de H_2CN_2 .

Palabras clave: *Vitis vinifera* L., brotación, calorimetría isotérmica, calor metabólico, letargo, velocidad de respiración.

CALORIMETRIC CHARACTERIZATION DURING BUDBREAKING OF 'FLAME SEEDLESS' GRAPEVINES

ABSTRACT

Due to the scarce information regarding the metabolic changes produced by budbreaking promoters application in grapevine, the objective of this research was to evaluate metabolic heat production (R_q) and respiratory (R_{CO_2}) rates of *Vitis vinifera* L cv. Flame Seedless buds during dormancy, and the effect of the budbreak promoter hydrogen cyanamide (H_2CN_2) application on the phenological response of buds and the development of the phenological phases in a vineyard in Pesqueira, Sonora. The study was conducted from November 24 to February 8 during the 2005-2006 cycle using isothermal calorimetry at 25 °C. Phenological stages monitored were dormant bud, swollen bud, half inch green, first flat leaf and second flat leaf. H_2CN_2 was applied on December 23 at 3.5 % (as a divided application 2 % + 1.5 %) when 97 chilling units were met and compared with untreated controls. Metabolic heat rates significantly ($p \leq 0.05$) increased from closed buds (endodormant) to break as a half-inch green stage, starting from 2 to 33 $\mu W \text{ mg}^{-1}$ dry weight (dw), which occurred from November 24 to January 15. Bud respiration rate showed a similar pattern, increasing from 22 to 354 mmoles $CO_2 \text{ mg}^{-1} \text{ dw}$, 27 days after spraying treated vines reached 50% budbreak, while controls reach only 7 %. Nevertheless the phenological development was heterogeneous, due to insufficient chilling, as well as low temperatures following the H_2CN_2 application.

Index words: *Vitis vinifera* L., budbreak, dormancy, isothermic calorimetry, metabolic heat rates, respiration rate.

3.2. INTRODUCCIÓN

El letargo en árboles caducifolios de zonas templadas es una fase de desarrollo que les permite sobrevivir a condiciones desfavorables de temperatura durante el invierno (Faust *et al.*, 1997). Las yemas en letargo de la mayoría de las especies frutales caducifolias están sujetas a un periodo de bajas temperaturas o frío para la reanudación del crecimiento en primavera (Zelleke y Kliwer, 1989). Lang (1987) clasificó el letargo en endoletargo, paraletargo y ecoletargo. Durante el endoletargo el control del crecimiento se da por una percepción específica de señales endógenas de la yema. El paraletargo describe el letargo que se presenta cuando el control del crecimiento es inhibido por una señal específica originada en otra estructura en donde se manifiesta. El ecoletargo describe al letargo que se presenta cuando uno o más factores ambientales no son adecuados para el desarrollo metabólico.

Comparado con otros frutales caducifolios, la vid requiere relativamente una corta exposición a bajas temperaturas y una acumulación mínima de 200 horas entre 0 y 10 °C es requerida en vid 'Perlette' para obtener niveles aceptables de brotación (Dokoozlian, 1999). En regiones cálidas, un considerable número de yemas no brotan debido al insuficiente frío invernal (Shulman *et al.*, 1983); para solucionar este problema, los productores aplican cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) en la vid inmediatamente después de la poda (Dokoozlian *et al.*, 1995). En vid 'Cardenal' las aplicaciones de H_2CN_2 acortan el periodo de inicio de

brotación, así como también homogeniza e incrementa el porcentaje de brotación (Angulo *et al.*, 1992). Los sarmientos de vid 'Perlette' expuestos a menos de 400 horas frío mejoraron su brotación de yemas con dosis de 1.25 % ó 2.5 % de H_2CN_2 (Dokoozlian *et al.*, 1995).

La inducción y salida de letargo es genética y ambientalmente controlada, en donde las bajas temperaturas y fotoperiodo son importantes en este proceso. Sin embargo, se conoce poco acerca de los eventos que ocurren en la yema durante letargo y los mecanismos que controlan su inducción y salida (Pérez y Lira, 2005).

El contenido de ácido absícico en vid 'Kyoho' se incrementa en respuesta al estrés hídrico y decrece cuando se inicia el riego (Ndung'u *et al.*, 1997). La actividad de la enzima catalasa en vid 'Perlette' se incrementa en otoño, alcanza un máximo en octubre, y posteriormente la actividad decrece a menos de la mitad de su máximo, lo cual coincide con la disminución de temperatura invernal. Por otra parte, los promotores de brotación como thiourea y cianamida disminuyen la actividad de la catalasa en 64 y 50 %, respecto a testigo sin aplicación, mientras que la actividad de las peroxidasas permanece igual bajo las mismas condiciones (Nir *et al.*, 1986), una tendencia similar se ha reportado en vid 'Dabuki' y 'Perlette' (Shulman *et al.*, 1983).

En un estudio realizado en vid 'Perlette' se encontró que la cianamida de hidrógeno y el frío invernal inhiben la actividad de la catalasa, la cual es la principal enzima que degrada H_2O_2 en yemas de vid. Un aumento en los niveles de H_2O_2 antecede a la salida de endoletargo, lo que sugiere que el contenido de catalasa disminuye en la salida de endoletargo en yemas de vid (Pérez y Lira, 2005).

Mediante calorimetría de barrido diferencial, se determinó en yemas de vid 'Pinot Noir' que la tasa de calor metabólico decrece durante endoletargo y se incrementa en ecoletargo, asimismo, la respiración de yemas en ecoletargo tuvo un mínimo en enero y se incrementó a principios de febrero y continuó conforme las yemas se desarrollaron (Gardea *et al.*, 1994a). La calorimetría es un método rápido y preciso que permite medir la respuesta metabólica de diferentes tejidos vegetales en función de la temperatura. Esta técnica hace posible cuantificar la tasa de calor metabólico (R_q) y la tasa de producción de CO_2 (R_{CO_2}). Además estas variables permiten una descripción bioquímica de la velocidad de crecimiento del tejido ($R_{SG}\Delta_{HB}$) y su eficiencia en la conversión de los sustratos carbonados (R_q / R_{CO_2}). Por lo tanto, si los parámetros de respiración pueden ser modelados durante el letargo, las aplicaciones prácticas de la calorimetría pueden servir para el diagnóstico en el desarrollo del letargo, la estimación del requerimiento de frío para diferente germoplasma y para evaluar el efecto de prácticas culturales en los huertos sobre el desarrollo de las yemas (Gardea *et al.*, 2000).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar, mediante calorimetría isotérmica, la tasa de calor metabólico y velocidad de respiración de yemas de vid 'Flame Seedless' durante el letargo, y evaluar la respuesta fenológica de yemas a la aplicación del promotor de brotación cianamida de hidrógeno (H_2CN_2).

3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1. Localización geográfica y temporal.

La investigación se realizó en los meses de noviembre de 2005 a febrero de 2006, en un viñedo comercial ubicado en la región de Pesqueira, Hermosillo, Sonora, (376 msnm, 29°23' LN 110°56' LW) de donde se obtuvo también el material vegetal para estudio de laboratorio, el cual se ubica en las instalaciones del centro de investigación en alimentación y desarrollo (CIAD A.C) ubicado en Hermosillo, Sonora, (267 msnm, 29°7' LN y 110° 54' LW).

3.3.2. Material Vegetal.

Se utilizaron plantas de uva de mesa (*Vitis vinífera* L.) del cultivar Flame Seedless de 5 años de edad, con un diseño de plantación de 0.8 metros entre plantas y 3.8 metros entre hileras. Plantas conducidas sobre un sistema llamado semipérgola, similar al sistema Lyra, con orientación Este-Oeste, y bajo un sistema de fertirriego.

3.3.3. Determinación de unidades frío y grados día acumulados. Los datos de clima presentados en este estudio se obtuvieron de una estación agrometeorológica marca ADCON instalada en el campo, la cual colecta datos climatológicos cada minuto y los envía a una central receptora cada 15 minutos. Con base en estos datos con el programa computacional addVANTAGE se procesó la información meteorológica (temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, radiación solar y humedad de suelos, entre otros). Para calcular grados día acumulados (G. D. A.) se utilizó el método de seno doble (umbral inferior 10 °C y umbral superior 32 °C), se tomó como inicio de acumulación de G. D. A. el día de la aplicación de H_2CN_2 , y para el cálculo de unidades frío (U. F.) se utilizó el método INIFAP-Sonora (Osorio *et al.*, 1997), el cual acumula las horas con temperatura mayor a 0 °C y menor o igual a 10 °C y resta las horas con temperatura mayor o igual a 25 °C.

3.3.4. Factores de estudio.

El presente estudio se dividió en las siguientes fases; un estudio de caracterización calorimétrica en laboratorio y un estudio de dinámica de brotación para evaluar el efecto de la cianamida de hidrógeno y el desarrollo de fases fenológicas.

Para el estudio de caracterización calorimétrica en laboratorio se analizaron las yemas primarias de vid para determinar su calor metabólico (R_q) y velocidad de respiración (R_{CO_2}). Los sarmientos con las yemas se colectaron periódicamente por la mañana entre las 9 y 10 horas, los cuales se cortaron de la base hasta

acumular alrededor de 40 por fecha de muestreo, de un año de edad con grosor aproximado de 0.8 cm, con dos a tres yemas por sarmiento. Los muestreos se realizaron cada cuatro días del 24 de noviembre del 2005 hasta el 15 de enero del 2006 (14 muestreos). Las muestras fueron trasladadas a laboratorio en hielera inmediatamente después del corte, protegidas con papel absorbente húmedo y gel refrigerante para mantener los sarmientos a temperatura aproximada de 7 °C.

En el estudio para evaluar el efecto de la aplicación de cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) a las yemas, la aplicación del promotor de brotación se realizó el día 23 de diciembre y la dosis empleada fue del 3.5 % de ingrediente activo (I.A.), esta dosis se fraccionó en dos aplicaciones al 2 % y 1.5 % con una diferencia de 6 horas entre la primera y segunda aplicación. Al momento de la primera aplicación se acumularon 97 unidades frío. Se dejó un testigo absoluto (sin aplicación de H_2CN_2). Para la determinación del desarrollo de las fases fenológicas de vid se realizaron muestreos cada 4 días, del 26 de diciembre del 2005 hasta el 8 de febrero 2006 (12 muestreos).

3.3.5. Unidad y diseño experimental.

Para el estudio de caracterización calorimétrica, a los sarmientos en laboratorio se les eliminaron las escamas que recubren a las yemas y se colocaron 80 mg de peso fresco en cada celda del calorímetro, lo cual correspondió a la unidad experimental. El análisis estadístico utilizado fue análisis de varianza completamente al azar con 9 repeticiones por fecha de muestreo.

Para el estudio de dinámica de brotación y fases fenológicas se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 20 repeticiones; la unidad experimental fue una planta y se realizó en análisis de varianza por fecha de muestreo.

3.3.6. Variables.

3.3.6.1. Actividad metabólica. (R_q) y velocidad de respiración (R_{CO_2}) Las variables evaluadas en el estudio de caracterización calorimétrica fueron tasa de calor metabólico ($\mu W \text{ mg}^{-1}$ peso seco (ps)) y velocidad de respiración en yemas (mmoles de $CO_2 \text{ mg}^{-1}$ ps), que se determinó por microcalorimetría isotérmica con un microcalorímetro de barrido diferencial multiceldas modelo CSC 4100 (Calorimetry Science Corporation, Pleasant Grove, Utah). Con sensibilidad de $\pm 1 \mu W$, cuatro celdas metálicas de 1 cm^3 e intervalo de barrido de -30 a $110 \text{ }^\circ\text{C}$. La cuarta celda, utilizada como referencia, se conservó vacía durante las mediciones, en tanto que en las otras tres celdas se colocó el material vegetal evaluado. Para prevenir condensación dentro del instrumento, se utilizó un flujo constante de N_2 de 1.75 Kg cm^{-2} . La temperatura en la cámara del calorímetro se mantuvo constante a $15 \text{ }^\circ\text{C}$ con un baño circulante-refrigerante (PolyScience, Niles, Illinois, E. U. A.).

En la evaluación, las yemas se colocaron con el corte basal en contacto con el fondo de las celdas donde previamente se colocaron 50 µL de agua estéril para prevenir su deshidratación (Criddle *et al.*, 1991b). Criddle *et al.* (1991a) demostraron que los cortes de tejido vegetal tienen suficientes reservas para permanecer viables y sin estrés por falta de nutrientes o de oxígeno en las celdas calorimétricas por periodos cortos. El calor metabólico y velocidad de respiración se registraron a 25 °C por 3500 segundos, de acuerdo a la metodología descrita por Criddle *et al.* (1991b). Los datos se ajustaron conforme a la línea base del calorímetro y se recalcularon por unidad de peso seco.

3.3.6.2. Contenido de agua en yemas (%). El valor de peso fresco de las yemas y el peso seco se utilizó para calcular el contenido de agua en base a peso seco con la fórmula: Contenido de agua en yemas = [(peso húmedo – peso seco)/peso seco]*100. Variable expresada en porcentaje. El peso seco de las yemas se obtuvo después de deshidratarlas en horno de secado modelo MO1490A-1 (Lindberg / Blue, Asheville NC USA) a 65 °C durante 48 horas.

3.3.6.3. Efecto de la cianamida de hidrógeno en brotación. En las plantas seleccionadas previamente, se determinó el inicio de brotación, considerado esto como la aparición de la fase fenológica de media pulgada verde. La evaluación inició a partir de la fecha de aplicación (23 de diciembre del 2005); se monitoreó a las plantas aplicadas y al testigo sin aplicación para registrar brotación, que se registró en función de los periodos de muestro.

3.3.6.4. Desarrollo de fases fenológicas. Para el estudio fases fenológicas, la determinación de éstas últimas se realizó de acuerdo a Mullins *et al.* (1992) en donde de manera visual se determinó el desarrollo de las fases fenológicas por periodo de muestreo, las fases estudiadas fueron: yema cerrada, yema hinchada, media pulgada verde, primer hoja plana y segunda hoja plana. Esta variable se registró como porcentaje.

3.3.7. Análisis estadístico.

Los datos de la evaluación calorimétrica, del efecto de la cianamida de hidrógeno y de las fases fenológicas en campo fueron sometidos a pruebas de análisis de varianza. En los datos de caracterización calorimétrica se utilizó la transformación logarítmica y en donde se evaluó dinámica de brotación se utilizó la transformación arcoseno por tratarse de porcentajes. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 8.01 (SAS Institute Inc. 1999-2000). Se calcularon los errores estándar de las medias para la elaboración de figuras.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. Calor metabólico (R_q). El calor metabólico de las yemas de vid se incrementó desde la fase fenológica de yema cerrada a la de media pulgada verde, lo cual corresponde del periodo de endoletargo a brotación (Figura 3.1). En donde se observaron variaciones ($p \leq 0.05$) a lo largo del período muestreado (Cuadro 3.1). Del 24 de noviembre al 30 de diciembre hubo ligeras variaciones, aunque a veces significativas, en donde los valores de R_q variaron de 2.0 a 3.4 $\mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$, la fase fenológica en este periodo fue de yema cerrada.

En el sitio experimental la fecha de aplicación de H_2CN_2 se realizó el 23 de diciembre, es evidente que en el muestreo realizado el 3 de enero, 11 días después de la aplicación y 89 grados día acumulados (G. D. A.), se detectó un incremento significativo en el valor de R_q , el cual fue de 4.7 $\mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$, y en este muestreo se observó un 48 % de ocurrencia de fase fenológica de yema hinchada (Figura 3.2).

En el muestreo del 7 de enero (133 G. D. A.), 15 días después de la aplicación, el valor de R_q se incrementó a 5.2 $\mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$ en donde la fase fenológica predominante fue yema hinchada en 67 %. El incremento fue mayor ($p \leq 0.05$) para la fase fenológica de media pulgada verde, que corresponde propiamente

a brotación, ya que el valor de R_q se incrementó a $33.2 \mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$ para el 15 de enero (23 días después de la aplicación y 194 G. D. A.) en donde se observó ésta fase fenológica en 46 % de las yemas.

Dicho comportamiento de incremento fue similar al reportado por Gardea *et al.* (1994a) en yemas de vid 'Pinot Noir', en donde encontraron que el calor metabólico se incrementó de 5 a 18, 28 y $29 \mu\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ de peso seco conforme las yemas se desarrollaron de ecoletargo a brotadas, tal comportamiento se dio en otro frutal, como el reportado por Carvajal-Millan *et al.* (2000), en floración de manzano 'Red Delicious' y 'Golden Delicious', en donde el calor metabólico de las yemas florales se incrementó significativamente al iniciar la floración, de 6.8 a $17.3 \mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$ en 'Red Delicious' y de 1.4 a $9 \mu\text{W mg}^{-1} \text{ ps}$ en 'Golden Delicious'.

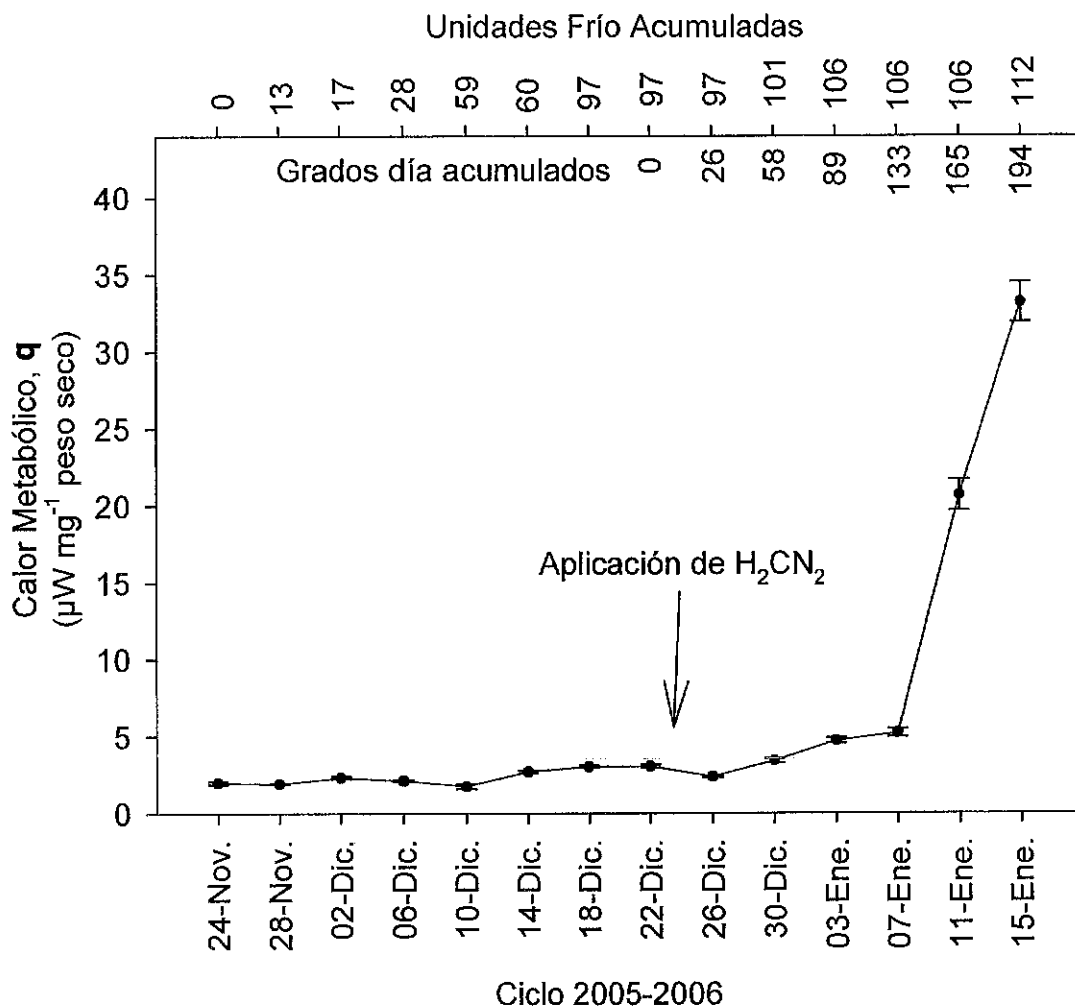


Figura 3.1. Comportamiento del calor metabólico de yemas de vid 'Flame Seedless' durante brotación. Cada punto representa el promedio de 9 repeticiones $\pm$ error estándar.

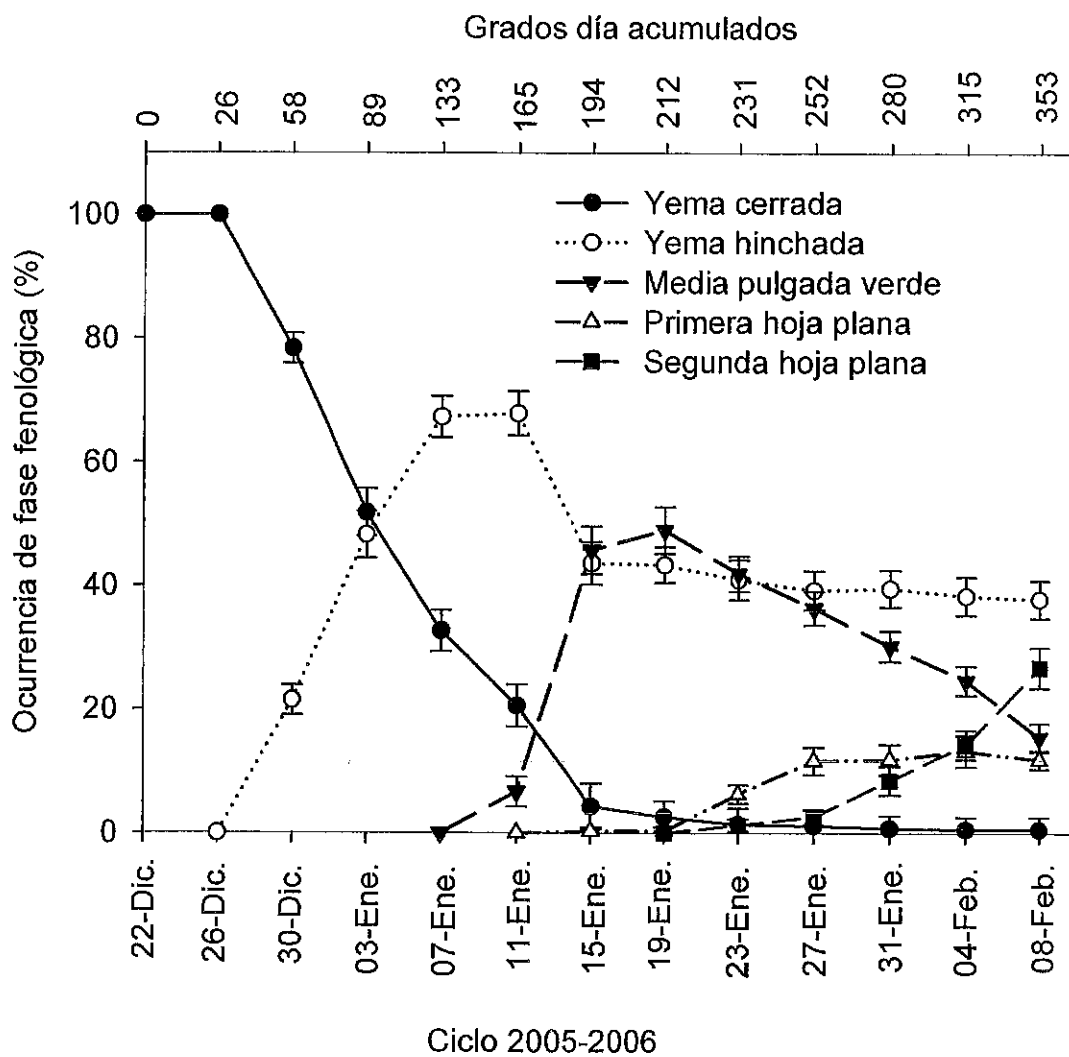


Figura 3.2. Dinámica de brotación de vid 'Flame Seedless' en cinco fases fenológicas de desarrollo, expresado como porcentaje de la población total. Cada punto representa el promedio de 30 repeticiones $\pm$ error estándar.

Cuadro 3.1. Comportamiento de calor metabólico, velocidad de respiración y contenido de agua en base a peso seco de yemas de vid 'Flame Seedless'.

Fecha (periodo 2005-2006)	Días después de la aplicación de H ₂ CN ₂ .	Calor metabólico R_q ($\mu\text{W mg}^{-1}$ peso seco)	Velocidad de respiración R_{CO_2} (mmoles de CO ₂ mg ⁻¹ de peso seco)	Agua en base a peso seco. (%) [(peso húmedo – peso seco)/peso seco]*100	Fase fenológica predominante
24-Nov.	-	2.0 gh	21.9 hi	114 cd	Yema cerrada
28-Nov.	-	1.9 gh	19.6 i	92 d	Yema cerrada
02-Dic.	-	2.3 fg	25.4 fgh	119 cd	Yema cerrada
06-Dic.	-	2.1 gh	21.4 hi	114 cd	Yema cerrada
10-Dic.	-	1.7 h	22.1 ghi	119 cd	Yema cerrada
14-Dic.	-	2.7 ef	28.3 ef	123 cd	Yema cerrada
18-Dic.	-	3.0 de	33.5 de	139 c	Yema cerrada
22-Dic.	-	3.0 de	31.7 e	110 cd	Yema cerrada
26-Dic.	3	2.4 fg	26.6 fg	132 c	Yema cerrada
30-Dic.	7	3.4 d	38.2 d	114 cd	Yema cerrada
03-Ene.	11	4.7 c	52.2 c	137 c	Inicio yema hinchada
07-Ene.	15	5.2 c	57.5 c	139 c	Yema hinchada
11-Ene.	19	20.7 b	229.4 b	313 b	Yema hinchada a media pulgada verde
15-Ene.	23	33.2 a	353.7 a	462 a	Media pulgada verde

Dentro de las columnas, las medias seguidas por letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). La aplicación de H₂CN₂ a la dosis 2 % + 1.5 % se realizó el 23 de diciembre de 2005.

3.4.2. Velocidad de respiración (R_{CO_2}). El comportamiento de la R_{CO_2} fue muy similar al de R_q , período en el cual se observaron variaciones ($p \leq 0.05$) (Cuadro 3.1) en donde el incremento de R_{CO_2} se dio en función de la evolución de las fases fenológicas, estimuladas por la aplicación de H_2CN_2 (Fig. 3.3). En el periodo del 24 de noviembre al 30 de diciembre, en la fase fenológica de yema cerrada, la R_{CO_2} presentó ligeras variaciones ($p \leq 0.05$) entre 21.9 y 38.2 mmoles de CO_2 mg^{-1} ps.

Al evolucionar de yema cerrada a yema hinchada, lo cual sucedió a partir del 30 de diciembre (7 días después de la aplicación), se observó la tendencia consistente en el incremento de la R_{CO_2} y a partir del 3 de enero (11 días después de la aplicación) el valor de la R_{CO_2} fue de 52.2 mmoles de CO_2 mg^{-1} ps, con lo cual este valor fue significativamente diferente a los valores de la fase fenológica de yema cerrada.

Para el muestreo del 15 de enero (194 G. D. A.), 23 días después de la aplicación, la fase fenológica de media pulgada verde se presentó en un 46 % y el valor de la R_{CO_2} fue de 353.7 mmoles de CO_2 mg^{-1} ps, lo cual coincide con Ross (1985) quien concluye que la terminación del letargo se produce por el incremento en la actividad respiratoria.

El comportamiento en incremento de la velocidad de respiración, también ha sido reportado en manzano 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' en 1998 y 1999, donde la velocidad de respiración se incremento de 23.3 a 56 mmoles de CO_2 mg^{-1} de peso seco (ps) de la fase fenológica de ecoletargo a racimo estrecho en 'Red Delicious' y de 2.3 a 29.7 mmoles de CO_2 mg^{-1} ps en 'Golden Delicious' de ecoletargo a racimo estrecho (Carvajal-Millán *et al.*, 2000).

Las técnicas calorimétricas detectaron que la H_2CN_2 tuvo efecto y además proporcionó una herramienta de predicción sobre la fecha de inicio de brotación, una vez que las yemas fueron estimuladas. Esto representa una herramienta extra para el apoyo de la toma de decisiones de manejo de brotación.

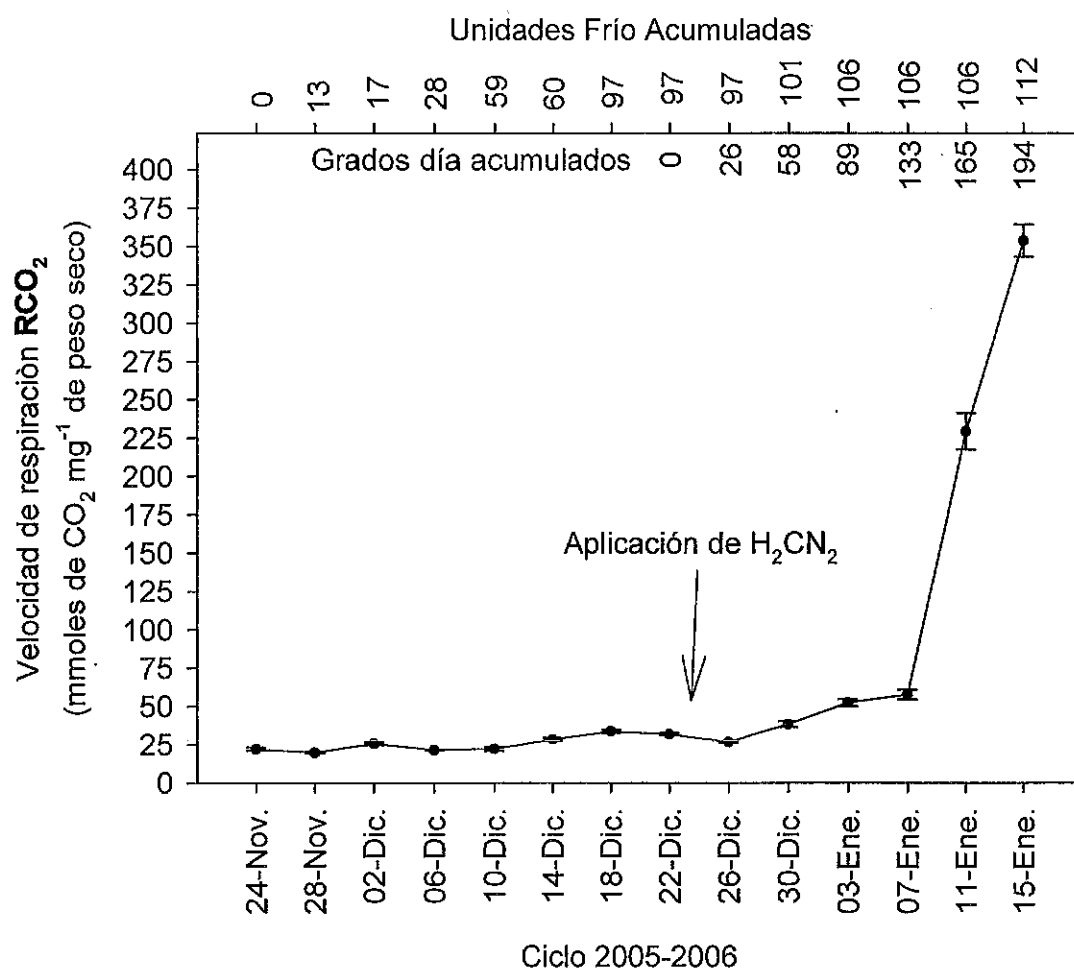


Figura 3.3. Velocidad de respiración de yemas de vid 'Flame Seedless' durante brotación. Cada punto representa el promedio de 9 repeticiones $\pm$ error estándar.

3.4.3. Contenido de agua en yemas. En cuanto al contenido de agua en base a peso seco se observaron ligeras variaciones ($p \leq 0.05$) en el periodo del 24 de noviembre al 30 de diciembre (Cuadro 3.1) en donde fluctuó de 92 a 139 %, que corresponde a la fase fenológica de yema cerrada y para las fases fenológicas de yema hinchada y media pulgada verde se incrementó significativamente a 313 y 462 %, lo cual sucedió en los muestreos realizados el 11 y 15 de enero respectivamente, 19 (165 G. D. A.) y 23 (194 G. D. A.) días después de la aplicación), lo cual coincidió con el aumento en el calor metabólico y la velocidad de respiración. Tales resultados coinciden con Gardea (1987) quien reportó un incremento en el contenido total de agua entre las fases fenológicas de yema cerrada y yema hinchada de 57 a 84% en vid 'Pinot Noir'.

3.4.4. Efecto de la cianamida de hidrógeno en brotación. La aplicación del promotor de brotación cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) además de adelantar la brotación de yemas en 4 días, incrementó en un 50 % (19 de enero) 27 días después de la aplicación en comparación con el 7 % de brotación en el testigo (Figura 3.4), en esta fecha de muestreo la acumulación de grados día fue de 212.

Resultados similares han sido reportados por Shulman *et al.* (1983) en 'Perlette' en donde a concentraciones de 0.25 y 1.25 M de H_2CN_2 obtuvieron brotaciones de 72 y 83 % respectivamente, y por George y Nissen (1990) quienes reportaron que la aplicación de H_2CN_2 4 a 6 semanas antes de la brotación normal adelanto la brotación en 18 cultivares de vid de mesa. Sin embargo, en

nuestro estudio, durante los 20 días posteriores, a los 47 días después de la aplicación (8 de febrero) y 353 G. D. A., el porcentaje de brotación sólo aumentó a 59 % en yemas tratadas con H_2CN_2 y 8 % en yemas sin tratar.

Aún cuando el porcentaje de brotación fue mayor con la aplicación del promotor de brotación, el porcentaje alcanzado fue inferior al 75 % de brotación que reporta Dokoozlian (1999), cifra que es considerada necesaria para obtener producciones adecuadas en el Valle de Coachella en California. Lo anterior puede ser debido a la escasa acumulación de 97 unidades frío (U. F.) en el momento de aplicación de H_2CN_2 (Figura 3.6) causado por el invierno cálido presentado en el ciclo 2005-2006 (Figura 3.5) ya que la variación térmica en los meses de noviembre y diciembre no permitió una adecuada acumulación de frío, lo que causó de acuerdo con George y Nissen (1990) brotaciones heterogéneas por la carencia de frío invernal.

Una exposición mínima de 200 U. F. es requerida para obtener de manera comercial niveles aceptables de brotación (Dokoozlian, 1999). Debido a que en el sitio experimental la acumulación de U. F. fue inferior al mínimo reportado, ni con el empleo de la cianamida de hidrógeno se obtuvo la brotación comercialmente aceptable. Este resultado coincide con Erez (1995) quien señala que para lograr un efecto adecuado del inductor de brotación, en este caso cianamida de hidrógeno, es necesario que el árbol ya tenga acumulado cuando menos 70 % de la cantidad de frío que se necesita para terminar su endoletargo; si se hace antes, no hay efecto o resulta muy inconsistente.

3.4.5. Desarrollo de fases fenológicas. Es importante destacar que la evolución de las fases fenológicas fue heterogénea (Figura 3.2). Para el 11 de enero (19 días después de la aplicación y 165 G. D. A) se obtuvo un 22.6 % de yemas cerradas, un 67.2% de yemas hinchadas y un 10.2 % de yemas en la fase fenológica de media pulgada verde, lo cual corresponde a brotación.

Al final del periodo de muestreo, 8 de febrero (47 días después de la aplicación y 353 G. D. A.) se tenía el 3.1 % de yemas cerradas, 38.4 % de yemas hinchadas, 17.2 % en fase fenológica de media pulgada verde, 13.0 % en fase fenológica de primer hoja plana y 28.2 % en fase fenológica de segunda hoja plana, por lo cual el desarrollo de las fases fenológicas fue más amplio que lo deseable, caso contrario reporto Gardea (1987) en vid 'Pinot Noir' en Oregon, E. U. A. donde el desarrollo de las curvas de las fases fenológicas fue homogéneo y en un periodo 41 días, en la evaluación de las mismas fases fenológicas aquí estudiadas, únicamente el 1.5% de las yemas no brotaron y un 2.5% no se desarrollo normalmente, en tanto que el 96% había superado la fase fenológica de segunda hoja plana, lo que conlleva a suponer en nuestro caso, que las yemas internamente se encontraban en diferente condición al momento de la aplicación de H_2CN_2 .

El desarrollo deficiente de las fases fenológicas, pudo ser debido a que las yemas no recibieron la cantidad de frío requerido para una brotación normal y la aplicación de H_2CN_2 no tuvo un efecto significativo. Bajo estas condiciones,

Erez (1995) menciona que el efecto la aplicación de H_2CN_2 sobre la brotación de las yemas es inconsistente. Por otra parte este problema se acentuó ya que en el periodo comprendido entre el 15 y 31 de enero se presentaron bajas temperaturas nocturnas (menores a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$), y temperaturas diurnas menores a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.6) de acuerdo con los datos extraídos del programa addVANTAGE. Esta condición ambiental pudo retardar el desarrollo fenológico de las yemas (Figura 3.2), ya que de acuerdo con Buttrose (1974) la brotación de la vid ocurre de manera progresiva cuando la temperatura de la vid se mantiene por encima de los $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Según Fuchigamy y Nee (1987) la velocidad de brotación y el vigor de los brotes está en función de las unidades frío acumuladas en endoletargo y Couvillon (1995) señala que al calor requerido en la fase de ecoletargo.

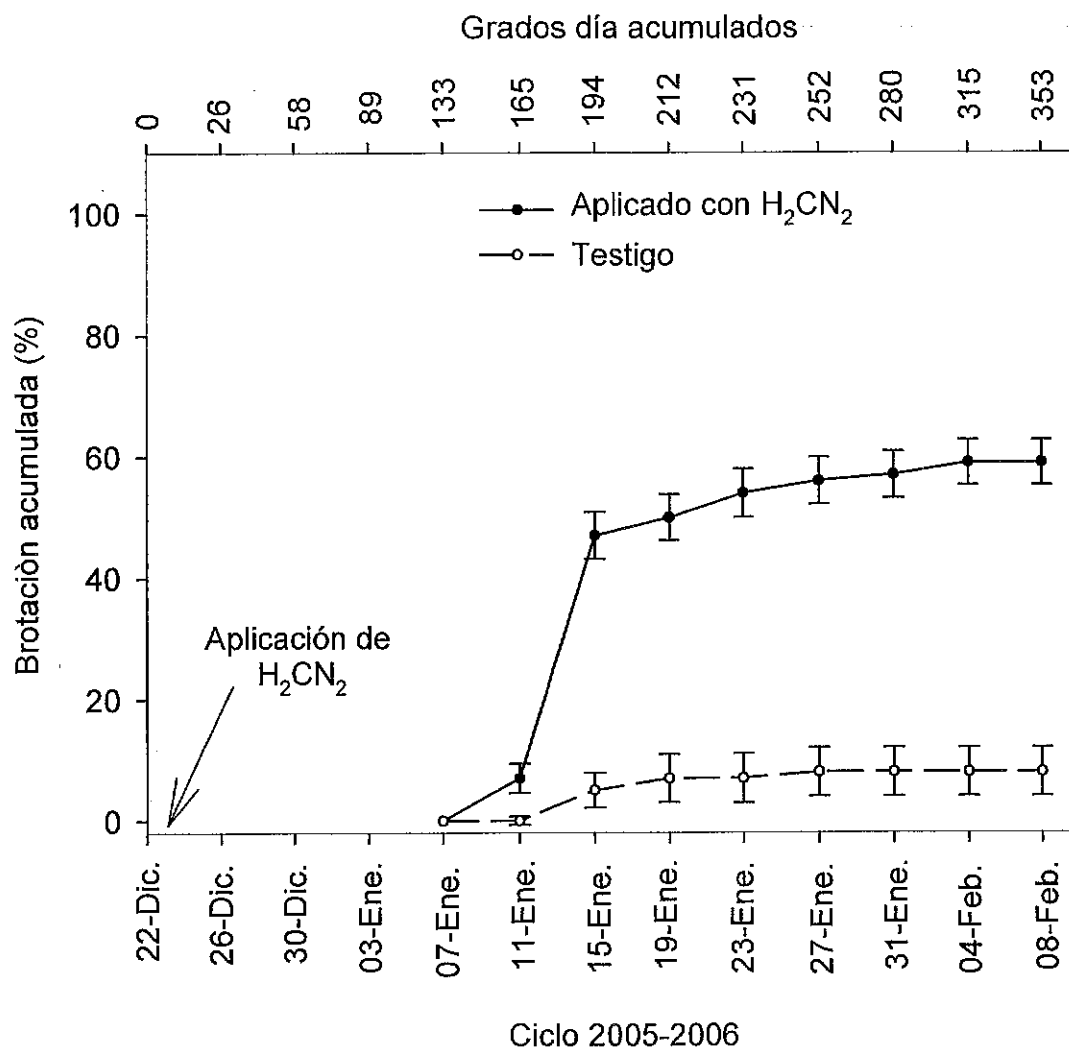


Figura 3.4. Respuesta de brotación de yemas de vid 'Flame Seedless' a la aplicación de cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) y testigo sin aplicación. Cada punto representa el promedio de 20 repeticiones $\pm$ error estándar.

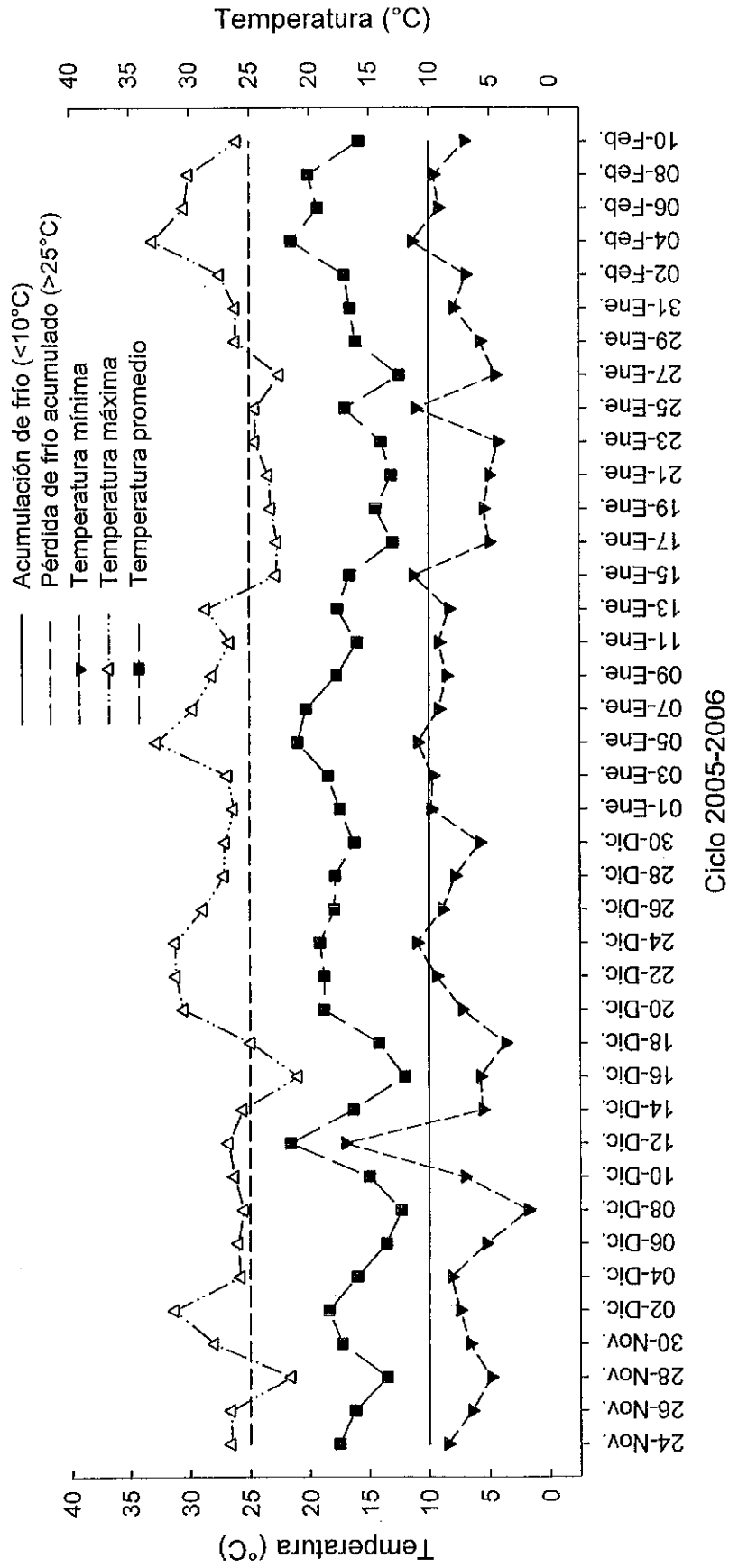


Figura 3.5. Temperaturas durante el periodo de estudio en la región de Pesqueira, Hermosillo, Sonora.

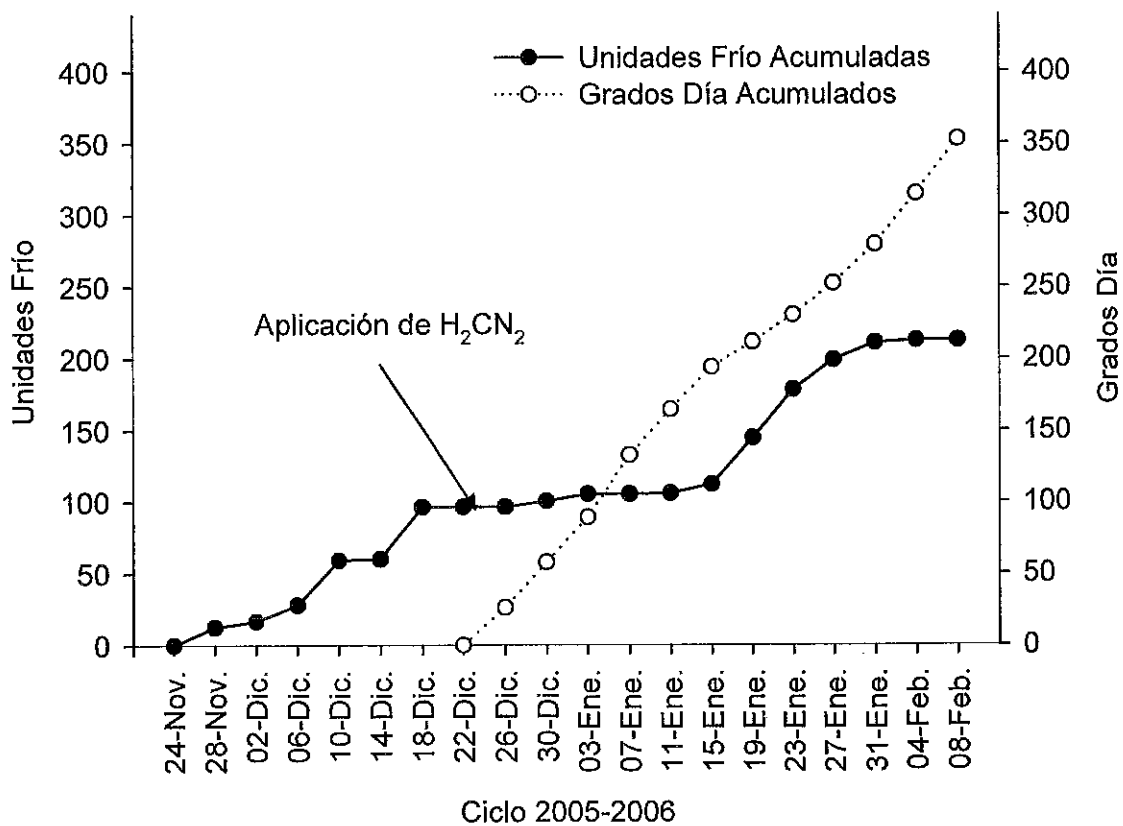


Figura 3.6. Comparativo de unidades frío y grados día, durante el periodo de estudio en la región de Pesqueira, Hermosillo, Sonora.

3.5. CONCLUSIONES

El calor metabólico en yemas de vid 'Flame Seedless' aumentó gradualmente conforme se inició la brotación, de 2.0 a 4.7 $\mu\text{W mg}^{-1}$ ps de yema cerrada a yema hinchada y a 33.2 $\mu\text{W mg}^{-1}$ ps en la fase fenológica de media pulgada verde que corresponde a brotación. La velocidad de respiración en yemas de vid 'Flame Seedless' se incrementó al iniciar brotación de 21.9 a 52.2 mmoles de $\text{CO}_2 \text{ mg}^{-1}$ ps en la transición de yema cerrada a yema hinchada y a 353.7 mmoles de $\text{CO}_2 \text{ mg}^{-1}$ ps para la fase fenológica de media pulgada verde. El contenido de agua en base a peso seco se incrementó de igual manera de 114 % en yema cerrada a 462 % en la fase fenológica de media pulgada verde.

En condiciones de campo la cianamida de hidrógeno adelantó la fecha de brotación en 6 días, respecto al testigo, y alcanzó el 50 %, 27 días después de la aplicación, en tanto que en el testigo la brotación fue del 5 %, para el mismo periodo. El desarrollo de las fases fenológicas fue heterogéneo, debido a la insuficiente acumulación de frío y las bajas temperaturas que se presentaron después del inicio de brotación, que corresponde a la fase fenológica de media pulgada verde, por lo cual la brotación total fue inferior al mínimo deseable del 75%.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

Angulo, M. M., A. E. Becerril y D. H. Díaz M. 1992. Efecto del Frío y de las Aplicaciones de Cianamida de Hidrógeno en la Brotación de Yemas de Vid (*Vitis vinifera*). Agrociencia serie Fitotecnia. 3(1):75-86.

Buttrose, M. S. 1974. Climatic Factors and Fruitfulness in Grapevines. A Review Hort. Abst. 44: 319-326.

Carvajal-Millán, E., F. Goycoolea-Valencia, V. Guerrero-Prieto, J. Llamas-Llamas, A. Rascón Chu, J. A. Orozco-Avitia, C. Rivera-Figueroa y A. A. Gardea. 2000. Caracterización Calorimétrica de la Brotación de Yemas Florales de Manzano. Agrociencia 34: 543-551.

Couvillon, G. A. 1995. Temperature and Stress Effects on Rest in Fruit Trees: A Review. Acta Horticulturae 395: 11-19.

Criddle, R. S., R. W. Breidenbach, and L. D. Hansen. 1991a. Plant Calorimetry: How to Quantitatively Compare Apples and Oranges, Thermochemica Acta 193: 67-90.

Criddle, R. S., A. J. Fontana, D. R. Rank, D. Paige, L. D. Hansen, and R. W. Breidenbach. 1991b. Simoultaneous Measurements of Metabolic Heat Rate, CO₂ Production, and O₂ Consumption by Microcalorimetry. Anal. Biochem 194:413-417.

Dokoozlian, N. K., L. E. Williams, and R. A. Neja. 1995. Chilling Exposure and Hydrogen Cyanamide Interact in Breaking Dormancy of Grape Buds. HortScience 30(6):1244-1247.

Dokoozlian, N. K. 1999. Chilling Temperature and Duration Interact on the Budbreak of 'Perlette' Grapevine Cuttings. *HortScience* 34(6):1054-1056.

Erez, A. 1995. Means to Compensate for Insufficient Chilling to Improve Bloom and Leafing. *Acta Horticulturae*, 385:81-95.

Faust, M., A. Erez, L. J. Rowland, S. Y. Wang, H. A. Norman. 1997. Bud Dormancy in Perennial Fruit Trees: Physiological Basis for Dormancy Induction, Maintenance and Release. *HortScience* 32(4): 623-629.

Fuchigami, L. H. and C.C. Nee. 1987. Degree Growth Stage Model and Rest-breaking Mechanisms in Temperate Woody Perennials. *Hortscience* 22(5):836-845.

Gardea, A. A. 1987. Freeze Damage of 'Pinot Noir' (*Vitis vinifera* L.) as Affected by Bud Development, Ina-Bacteria, and a Bacterial Inhibitor. Thesis of Master in Science in Horticulture. Oregon State University. 86 p.

Gardea, A. A., Y. M. Moreno, A. N. Azarenko, P.B. Lombard, L. S. Daley., and R. S. Criddle. 1994a. Changes in Metabolic Properties of Grape Buds during Development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119 (4): 756-760.

Gardea, A. A., E. Carvajal-Millán, J. A. Orozco, V. M. Guerrero, J. Llamas. 2000. Effect of Chilling on Calorimetric Responses of Dormant Vegetative Apple Buds. *Thermochimica Acta* 349: 89-94.

George, A. P. and R. J. Nissen. 1990. Effects of Hidrogen Cyanamide on Yield, Growth and Dormancy Release of Table Grapes in Subtropical Australia. *Acta Horticulturae*, 279: 427-436.

Lang, A. G. 1987. Dormancy: A New Universal Terminology. HortScience 2(5):817-820.

Mullins, M. G., A. Bouquet, and L. E. Williams. 1992. Biology of the Grapevine. Cambridge University Press. 229 p.

Ndung'u, C. K., M. Shimizu, G. Okamoto, and K. Hirano. 1997. Absciscic Acid, Carbohydrates, and Nitrogen Contents of Kyoho Grapevines in Relation to Budbreak Induction by Water Stress. Am. J. Enol. Vitic., 48(1): 115-120.

Nir, G., Y. Shulman, L. Fanberstein and S. Lavee. 1986. Changes in the Activity of Catalase (EC. 1.11.1.6) in Relation to the Dormancy of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Buds. Plant Physiol. Vol 81 1140-1142.

Osorio, A. G., D. Díaz, J. Siller. 1997. Regulación de la Brotación en Vid bajo Condiciones del desierto de Sonora. Folleto técnico No 14. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora. 71 p.

Pérez, F. J., and W. Lira. 2005. Possible Role of Catalase in Post-Dormancy Bud Break in Grapevines. Journal of Plant Physiology 162:301-308.

Ross, J. D. 1985. Metabolic Aspects of Dormancy, p. 63-75. In: Seed Physiology and Reserve Mobilization. D. R. Murray (ed.). Academic Associated Press, Orlando, Fla.

SAS Institute Inc. (1999-2000) SAS Users' guide: Statistics, Version 8.01. Cary, NC, USA.

Shulman, Y., G. Nir, L. Fanberstein and S. Lavee. 1983. The Effect of Cyanamide on the Release from Dormancy of Grapevine Buds. *Scientia Horticulturae*, 19:97-104.

Zelleke, A., and W. M. Kliewer. 1989. The Effects of Hydrogen Cyanamide on Enhancing the Time and Amount of Budbreak in Young Grape Vineyards. *Am. J. Enol. Vitic.*, 40(1):47-51.

4. INTERACCIÓN DE BAJAS TEMPERATURAS Y APLICACIÓN DE CIANAMIDA DE HIDRÓGENO EN LA BROTAÇÃO DE YEMAS DE VID 'FLAME SEEDLESS'

4.1. RESUMEN

En áreas con inviernos calidos es frecuente tanto la insuficiente acumulación de frío, como la ocurrencia de bajas temperaturas posterior a la aplicación de promotores de brotación, lo cual provoca brotaciones irregulares. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto en brotación de la ocurrencia de bajas temperaturas durante la aplicación de H_2CN_2 en *Vitis vinifera* L. cv. 'Flame Seedless'. Se usaron barbados de un año de edad, los cuales fueron sometidos a 75, 150, 225 y 300 unidades frío (UF). Para cada nivel de frío se establecieron los siguientes tratamientos: 1) testigo absoluto, 2) Aplicación de H_2CN_2 en dosis dividida (2 % + 1.5 %), 3) Aplicación de H_2CN_2 en dosis dividida (2 % + 1.5 %), con frío (24 horas a 5 °C) entre las dos aplicaciones, 4) Aplicación de H_2CN_2 en dosis dividida (2 % + 1.5 %), con frío (24 horas a 5 °C) después de la 2ª aplicación. El diseño experimental fue completamente al azar con tres factores: unidades frío acumuladas, cianamida de hidrógeno y periodos de muestreo, se consideraron 7 repeticiones y cada barbado representó una unidad experimental. El comportamiento de los tratamientos aplicados con H_2CN_2 fue diferente en cada uno de los niveles de frío acumulado y la mejor respuesta fue en el tratamiento de H_2CN_2 2 % + 1.5 % bajo una exposición de 150 UF, alcanzando un 84 % de brotación. El mismo tratamiento en los distintos periodos de muestreo superó el 50% de brotación a los 22 días después de la aplicación, lo que significó un adelanto en 3, 6 y 12 días con respecto a la exposición al final de la aplicación, exposición entre aplicaciones y testigo absoluto. La exposición a bajas temperaturas entre o al final de las aplicaciones de H_2CN_2 presentó respuestas diferentes en todos los niveles de acumulación de frío y retrasó la brotación y el número de yemas brotadas durante la evaluación, aunque la brotación siempre fue mayor que en testigos no aplicados.

Palabras clave: *Vitis vinifera* L., brotación, cianamida de hidrógeno, unidades frío.

INTERACTION OF LOW TEMPERATURES AND HYDROGEN CYANAMIDE APPLICATION IN THE BUDBREAK OF GRAPE BUDS 'FLAME SEEDLESS'

ABSTRACT

Regions with warm winters frequently show insufficient chilling, as well as occurrence of low temperatures right after hydrogen cyanamide (H_2CN_2) application in the vineyard, causing irregular budbreak. The objective of this research was to evaluate budbreak as affected by the occurrence of low temperatures during H_2CN_2 application in *Vitis vinifera* L. cv. Flame Seedless vines. Potted one year old vines were exposed to 75, 150, 225 and 300 chilling units (CU). For each chilling level, the following treatments were established 1) untreated controls, 2) Split H_2CN_2 sprays (2 % + 1.5 %), 3) Split H_2CN_2 sprays (2 % + 1.5 %), with a chilling interruption (24 hours at 5 °C) between sprays, 4) Split H_2CN_2 sprays (2 % + 1.5 %), with chilling exposure (24 hours at 5 °C) after the second application. A completely randomized design was used with three factor arrangement for chilling level, H_2CN_2 spray arrangement and sampling periods. Ten replications were used and individual vines were considered as experimental units. The response of H_2CN_2 treatments was different in each chilling exposure. An outstanding 84% budbreak was achieved with H_2CN_2 2 % + 1.5 % at 150 CU. The same treatment achieved a 50 % budbreak at 22 days after application regarding the sampling period, which resulted in 3, 6, and 12 days advance as compared to cold exposure after second spray, intermediate cold exposure and absolute controls, respectively. Cold exposure between and after sprays resulted in different responses at every chilling level and delayed budbreak and the number of broken buds along the evaluation; although breaking percentages were always larger than in untreated controls.

Index Words: *Vitis vinifera* L., budbreak, chilling units, hydrogen cyanamide.

4.2. INTRODUCCIÓN

Para que un árbol frutal de hoja caduca brote con normalidad en primavera, se requiere que hayan sido satisfechas sus necesidades de frío invernal y se presenten condiciones favorables al crecimiento (Melgarejo, 1996). Ante condiciones de fuertes variaciones térmicas y con deficiencias marcadas de frío invernal se hace necesario manipular el periodo de letargo mediante el uso de agentes promotores de brotación, que incrementen y uniformicen la floración. El éxito de esta práctica depende de la interacción de factores como: el estado fisiológico en que se encuentre la yema (*para-, endo- o ecoletargo*); la fecha y dosis de aplicación; y la temperatura ambiental que prevalezca durante y después de la aplicación (Llamas-Llamas *et al.*, 2002).

La producción temprana de uva de mesa se logra gracias al uso de algunas prácticas de manejo, como la aplicación de cianamida de hidrógeno (H_2CN_2), que mejora la brotación y adelanta la cosecha (Márquez-Cervantes *et al.*, 2003). La cianamida de hidrógeno es el mejor producto químico promotor de brotación, sin embargo, posee cierto riesgo en durazno y ciruelo, puesto que puede causar daños fuertes en las yemas florales y brotes jóvenes bajo ciertas condiciones climáticas, principalmente bajo condiciones frías que pueden potenciar el daño. La interacción entre temperatura y fitotoxicidad por H_2CN_2 no es completamente clara (Erez, 1987). Diversos factores influyen en la respuesta de vid a H_2CN_2 , en los que se incluye fecha de poda y tiempo de aplicación, dosis, estado fisiológico de la yema y cultivar. La acumulación de frío es un factor crítico que influencia la

respuesta de vid a H_2CN_2 (Dookozlian *et al.*, 1995). El mejor efecto de H_2CN_2 usualmente ocurre después de la acumulación de una fracción de frío total y no se han observado efectos significativos de H_2CN_2 en regiones de largo y frío invierno (Shulman *et al.*, 1986). Por otra parte cuando la vid ha sido expuesta a suficiente acumulación de frío, la concentración de H_2CN_2 debe ser reducida para evitar toxicidad (Uzun, 1997).

Uzun (1997) estudió los efectos de la aplicación de H_2CN_2 sobre brotación y rendimiento en condiciones de campo de vid 'Cardenal' bajo condiciones subtropicales en Antalya, Turquía. En donde aplicaron 2.5 % de H_2CN_2 a intervalos de 15 días entre el 15 de septiembre y el 1 de marzo. En este periodo el rango de acumulación de frío ($<7^\circ\text{C}$) fue de 0 a 708 horas. Encontraron que la brotación fue errática en los meses invernales, y que el crecimiento de los brotes fue restringido por las bajas temperaturas, por lo que las variaciones en brotación mostraron que los efectos de H_2CN_2 dependen en gran medida de la fecha de aplicación. En cuanto al rendimiento, éste disminuyó en aplicaciones tempranas debido a las bajas temperaturas durante el desarrollo de brotes y también disminuyó en aplicaciones tardías (una semana antes de la brotación natural), debido a que las yemas se encuentran en un estado superficial de letargo y son susceptibles a fitotoxicidad por H_2CN_2 .

Hubáčková (2000) aplicó cianamida de calcio y extracto de ajo en yemas de 1 año de edad de sarmientos de vid 'Saint Laurent' para sacarlas del letargo y dejó un testigo sin aplicar. Posteriormente las yemas (tratadas y no tratadas) se

expusieron a temperaturas cercanas a 0 °C para aclimatarse a heladas. Después de esto, se trataron las yemas en 4 grupos de estrés por congelamiento a temperaturas de -16, -18, -20 y -22 °C. Encontró que los promotores de brotación utilizados, principalmente cianamida de calcio disminuyeron el nivel de letargo y concluyó que existen diferencias en aclimatación al frío entre los grupos de yemas con letargo natural y disminuido (por la aplicación de promotores de brotación), por lo que sugiere la existencia de una dependencia de aclimatación a frío sobre la intensidad de letargo, en donde la aclimatación al frío es menor en yemas con menor nivel de letargo.

En el área de Hermosillo, Sonora, son frecuentes la falta de acumulación de frío necesaria para una adecuada brotación y la presencia de bajas temperaturas durante y posterior a la aplicación del promotor de brotación cianamida de hidrógeno, lo cual provoca brotaciones irregulares, con disminución en la producción.

El objetivo del presente estudio fue analizar la interacción de bajas temperaturas y la aplicación de cianamida de hidrógeno en la brotación de yemas de vid 'flame Seedless'

4.3. MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1. Localización geográfica y temporal.

La investigación se realizó en los meses de diciembre de 2005 a febrero de 2006, en laboratorio ubicado en las instalaciones del centro de investigación en alimentación y desarrollo (CIAD A.C) ubicado en Hermosillo, Sonora, localizado a 267 metros de altitud, 29°7' LN y 110° 54' LW.

4.3.2. Material vegetal.

El material vegetal utilizado fueron barbados (sarmientos con raíz) de vid (*Vitis vinífera* L.) del cultivar Flame Seedless de un año de edad, sanos y con vigor uniforme (grosor aprox. de 0.8 cm), podados a 6 yemas. Los barbados se colocaron en bolsas de plástico con peat-moss (Grow-mix®) como sustrato y humedecidos a capacidad de campo.

4.3.3. Factores en estudio.

Después de colocar los barbados en macetas de plástico, se etiquetaron y se expusieron a diferentes niveles de acumulación de frío (5 °C) a 75, 150, 225 y 300 unidades frío (U. F) en cámaras frigoríficas.

Posteriormente, una vez que acumularon el frío se aplicaron los siguientes tratamientos:

Tratamiento	Descripción
1	Testigo sin aplicación.
2	Aplicación de cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) en dosis dividida (2 % + 1.5 %).
3	Aplicación de H_2CN_2 en dosis dividida (2 % + 1.5 %), con frío (24 h. a 5 °C) entre la 1ª y 2ª aplicación.
4	Aplicación de H_2CN_2 en dosis dividida (2 % + 1.5 %), con frío (24 h. a 5 °C) después de la 2ª aplicación.

Una vez finalizados los tratamientos, los barbados en maceta se manejaron en condiciones de laboratorio con temperatura promedio de 22 ± 2 °C y se mantuvieron con un riego de 50 ml por maceta cada 10 días.

4.3.4. Unidad y diseño experimental.

Para el estudio de dinámica de brotación se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres factores: Unidades frío, cianamida de hidrógeno y periodos de muestro. Se usaron siete repeticiones. La unidad experimental fue un barbado.

Para el estudio de calor metabólico se utilizó un diseño experimental completamente al azar y 7 repeticiones; la unidad experimental fue una yema.

4.3.5. Variables

4.3.5.1. Calor metabólico (R_q) la tasa de calor metabólico (R_q) en $\mu\text{W mg}^{-1}$ de peso seco (ps), se determinó por microcalorimetría isotérmica con un microcalorímetro de barrido diferencial multiceldas modelo CSC 4100 (Calorimetry Science Corporation, Pleasant Grove, Utah). Con sensibilidad de $\pm 1 \mu\text{W}$, cuatro celdas metálicas de 1 cm^3 e intervalo de barrido de -30 a 110°C . La cuarta celda, utilizada como referencia, se conservó vacía durante las mediciones, en tanto que en las otras tres celdas se colocó el material vegetal evaluado. Para prevenir condensación dentro del instrumento, se utilizó un flujo constante de N_2 de 1.75 Kg cm^{-2} . La temperatura en la cámara del calorímetro se mantuvo constante a 15°C con un baño circulante-refrigerante (PolyScience, Niles, Illinois, E. U. A.).

En la evaluación, se colocaron alrededor de 80 mg de tejido de las yemas, al momento de la fase fenológica de media pulgada verde, con el corte basal en contacto con el fondo de las celdas donde previamente se colocaron $50 \mu\text{L}$ de agua estéril para prevenir su deshidratación (Criddle *et al.*, 1991b). Criddle *et al.* (1991a) demostraron que los cortes de tejido vegetal tienen suficientes reservas para permanecer viables y sin estrés por falta de nutrientes o de oxígeno en las celdas calorimétricas por periodos cortos. El calor metabólico de las yemas se registró a 25°C por 3500 segundos de acuerdo a la metodología descrita por Criddle *et al.* (1991b). Los datos se ajustaron conforme a la línea base del calorímetro y se recalcularon por unidad de peso seco.

4.3.5.2. Dinámica de brotación (%) Se consideró brotación a la aparición de la fase fenológica de media pulgada verde en los barbados de vid. La Evaluación inició a partir de los 16 días después de la aplicación de los tratamientos con observaciones posteriores cada 3 días.

4.3.6. Análisis estadístico.

Los datos de calor metabólico y dinámica de brotación fueron sometidos a pruebas de análisis de varianza. Se realizó un análisis de varianza considerando tres factores (unidades frío, cianamida de hidrógeno y periodos de muestro) y se realizaron análisis de varianza de los factores por periodo de muestreo para unidades frío y tratamientos con cianamida de hidrógeno. En los datos de dinámica de brotación de barbados se utilizó la transformación arcoseno. La comparación de medias de la variable calor metabólico se efectuó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 8.01 (SAS Institute Inc., 1999-2000). Cuando las interacciones fueron significativas, las comparaciones entre medias se hicieron en función de sus errores estándares.

4.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.4.1. Calor metabólico. Los resultados de calor metabólico realizados al momento de brotación en la fase fenológica de media pulgada verde no mostraron diferencias significativas en sus resultados (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Calor metabólico de yemas de vid 'Flame Seedless' en la fase fenológica de media pulgada verde.

Frío acumulado (Unidades)	Tratamiento H ₂ CN ₂ (%)	Calor metabólico R_q (μ W mg ⁻¹ peso seco)
75	0	39 a
	4 + 3	34 a
	4 + Frío + 3	35 a
	4 + 3 + Frío	29 a
150	0	38 a
	4 + 3	35 a
	4 + Frío + 3	39 a
	4 + 3 + Frío	35 a
225	0	42 a
	4 + 3	35 a
	4 + Frío + 3	37 a
	4 + 3 + Frío	39 a
300	0	36 a
	4 + 3	33 a
	4 + Frío + 3	36 a
	4 + 3 + Frío	31 a

Dentro de las columnas, las medias seguidas por letras iguales son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

Esto es debido a que las mediciones se realizaron cuando las yemas presentaron tejido verde. Aunque dicha fase fenológica ocurrió en distintos

tiempos, de acuerdo a la eficiencia del tratamiento, lo cual indica que al margen de los tratamientos, una vez alcanzada cierta fase fenológica, hay una respuesta similar entre ellas, independientemente de la fecha de aparición.

4.4.2. Dinámica de brotación. Los resultados obtenidos en el análisis de varianza mostraron que los niveles de frío (U. F.) y tratamientos con cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) a través de los distintos periodos de muestreo (P) no producen el mismo efecto en porcentaje de brotación. Se obtuvo que las interacciones de U. F. por P. y la de U. F. por H_2CN_2 por P. no fueron significativas, y las interacciones de U. F. por H_2CN_2 y la de H_2CN_2 por P. fueron altamente significativas (Cuadro 4.2), por lo cual fueron analizadas.

Cuadro 4.2. Análisis de varianza en completamente al azar para brotación de vid 'Flame Seedless' del diseño con tres factores: unidades frío, cianamida de hidrógeno y periodos de muestro.

Fuente	G. L.	Efecto en brotación (Pr > F)
Unidades frío (U. F.)	3	0.0001**
Cianamida de hidrógeno (H_2CN_2)	3	0.0001**
Periodos de muestro (P)	6	0.0001**
U. F. * H_2CN_2	9	0.0001**
U. F. * P.	18	0.5253ns
H_2CN_2 * P.	18	0.0001**
U. F. * H_2CN_2 * P.	54	0.2490ns

G. L. = Grados de libertad, ** = Diferencias altamente significativas al 0.01 %, ns = Diferencias no significativas al 0.05 %.

Los resultados de brotación de los tratamientos de H_2CN_2 en los distintos niveles de frío mostraron que el tratamiento de H_2CN_2 2 % + 1.5 % (T2) con 150 U. F. acumuladas alcanzo el mayor porcentaje de brotación durante el periodo de estudio con 84 % (Figura 4.1) seguido por el tratamiento de H_2CN_2 2 % + frío + H_2CN_2 1.5 % (T3) con la misma acumulación de frío con 75 % de brotación. Los mismos tratamientos mostraron la misma tendencia bajo 75 unidades frío en donde los porcentajes de brotación alcanzados fueron 72 y 65 % para los T2 y T3 respectivamente.

El comportamiento de estos tratamientos fue diferente bajo una acumulación previa de 225 y 300 U. F. ya que, de acuerdo al error estandar, no hubo diferencias entre los porcentajes de brotación para T2 y el tratamiento de H_2CN_2 2 % + 1.5 % + frío (T4), ya que para 225 U. F. la brotación alcanzada fue de 63 % en ambos tratamientos y para 300 U. F. la brotación alcanzada fue de 50 y 52 % respectivamente, siendo superiores a T3 y al testigo (T1).

Dokoozlian *et al.* (1995) en un experimento donde evaluó la interacción acumulación de frío y concentración de cianamida de hidrógeno señala que la cianamida de hidrógeno incrementa el porcentaje de brotación de sarmientos que recibieron menos de 400 U. F; sin embargo, la dosis máxima empleada en su trabajo fue de 2.5 % de H_2CN_2 , por lo cual la dosis total empleada en este experimento (3.5 % H_2CN_2) muestra un mejor efecto en barbados bajo acumulación de 75 y 150 U. F. y se sugiere que al tener mayor acumulación de frío, la dosis empleada de H_2CN_2 debe ser reducida.

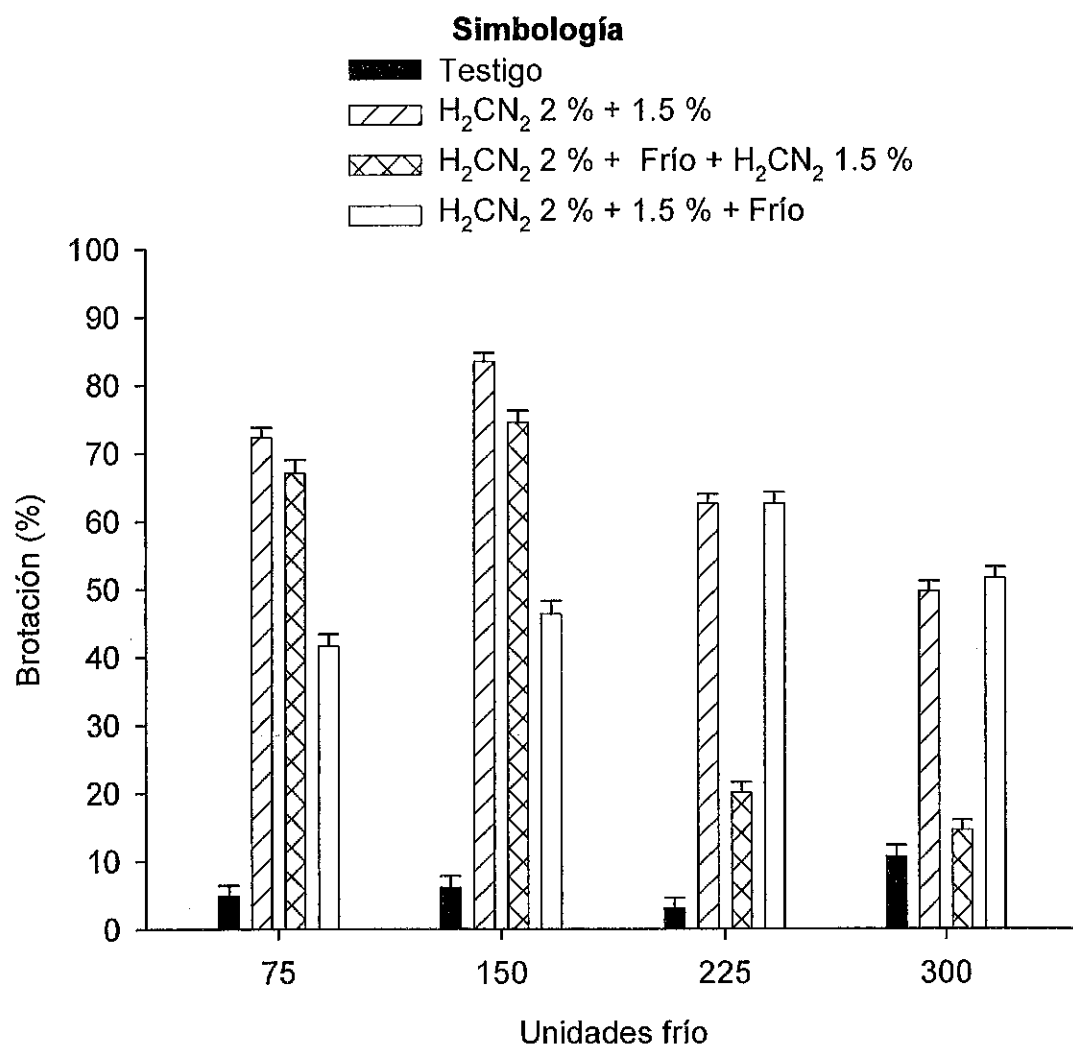


Figura 4.1. Brotación promedio de la interacción unidades frío y cianamida de hidrógeno en barbados de vid 'Flame Seedless' $\pm$ error estándar.

Los resultados de la interacción de los tratamientos de H_2CN_2 a través de los periodos de muestreo (Figura 4.2) mostraron que la mejor respuesta de brotación se obtuvo en el T2, que fue mayor al resto de los tratamientos en los periodos de observación de 19 a 25 D. D. A., ya que en este periodo superó el 50% de brotación, que representó un adelanto en 3, 6 y 12 días en orden de jerarquía a los tratamientos T4, T3 y T1 respectivamente.

De acuerdo con Hubáčková (2000) la resistencia a heladas es menor en yemas tratadas con promotores de brotación, debido a que disminuye el nivel de letargo. Tal aseveración puede ayudar a explicar el comportamiento del T3. Por otra parte, el frío al final de las aplicaciones de H_2CN_2 (T4) retrasan brotación, si bien, la brotación a los 28 D. D. A. es igual al tratamiento sin presencia de frío (T2). El testigo comenzó a brotar a los 25 D. D. A. 9 días de retraso al resto de los tratamientos, lo cual concuerda con Angulo *et al.* (1992) quienes observaron que la aplicación de H_2CN_2 al 2% homogenizó e incrementó la brotación en 20 % respecto a un testigo sin aplicación.

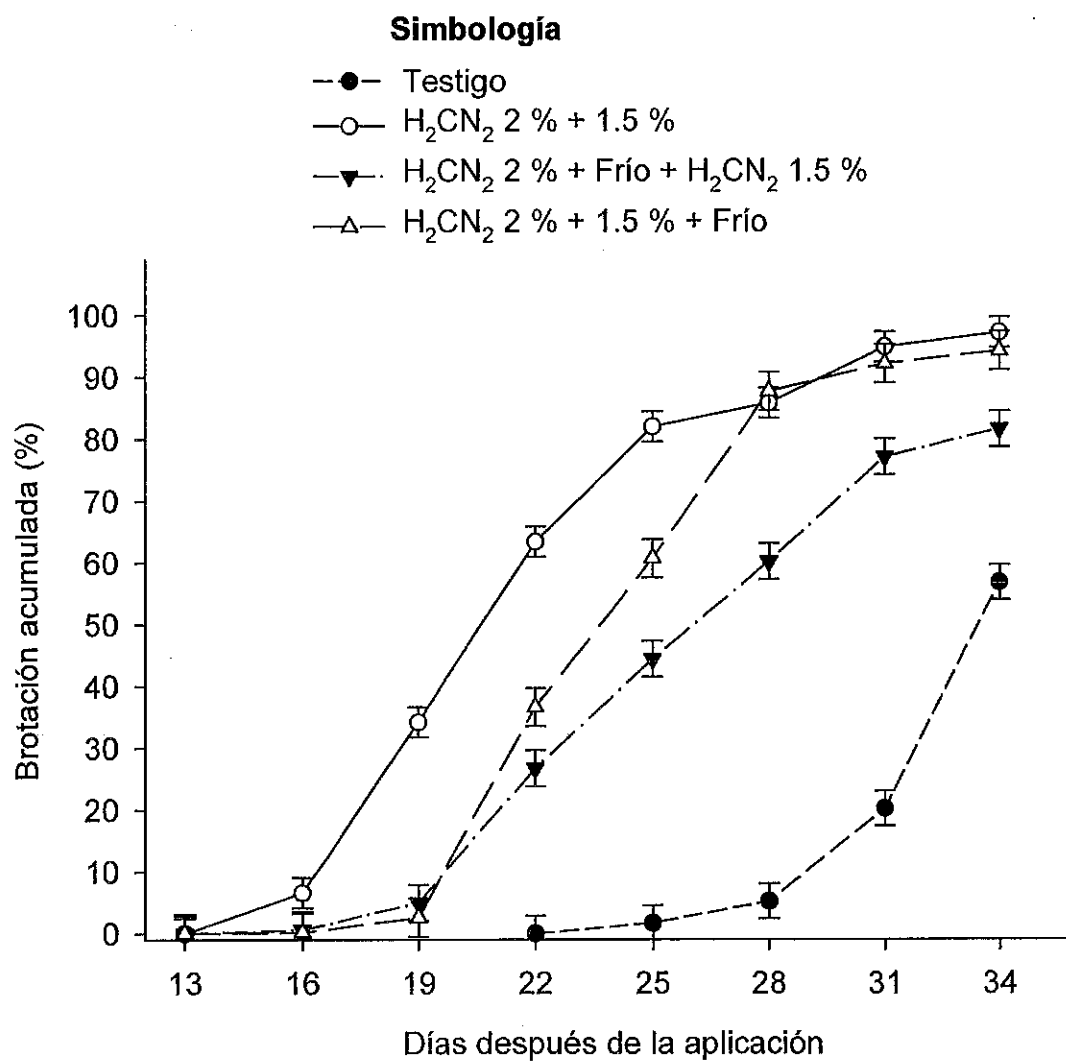


Figura 4.2. Brotación promedio de la interacción cianamida de hidrógeno y periodos de muestreo en barbados de vid 'Flame Seedless' $\pm$ error estándar.

4.5. CONCLUSIONES

El comportamiento de los tratamientos aplicados con cianamida de hidrógeno fue diferente en cada uno de los niveles de frío acumulado en donde la mayor brotación fue en el tratamiento de H_2CN_2 2 % + 1.5 % bajo 150 U. F., y en general este tratamiento en los demás niveles 75, 225 y 300 U. F. fue el que tuvo la respuesta más uniforme en cuanto a mayor brotación alcanzada. El frío intermedio o al final de las aplicaciones de H_2CN_2 presentó respuestas heterogéneas en brotación alcanzada en cada uno de los niveles de frío, por lo que las bajas temperaturas durante o después de la aplicación del promotor de brotación causan efectos que varían en magnitud dependiendo de la acumulación previa de frío.

El tratamiento de H_2CN_2 2 % + 1.5 % supero el 50% de brotación a los 22 días después de la aplicación, lo que supero en 3, 6 y 12 días al tratamiento con frío al final de la aplicación de H_2CN_2 , frío intermedio a la aplicación de H_2CN_2 y al testigo respectivamente, por lo que la presencia de frío causó retraso en brotación alcanzada, aunque el menor retraso se presentó en el testigo.

4.6. BIBLIOGRAFÍA

Angulo, M. M., A. E. Becerril y D. H. Díaz M. 1992. Efecto del Frío y de las Aplicaciones de Cianamida de Hidrógeno en la Brotación de Yemas de Vid (*Vitis vinifera*). Agrociencia serie Fitotecnia. 3(1):75-86.

Criddle, R. S., R. W. Breidenbach, and L. D. Hansen. 1991a. Plant Calorimetry: How to Quantitatively Compare Apples and Oranges, *Thermochimica Acta* 193: 67-90.

Criddle, R. S., A. J. Fontana, D. R. Rank, D. Paige, L. D. Hansen, and R. W. Breidenbach. 1991b. Simoultaneous Measurements of Metabolic Heat Rate, CO₂ Production, and O₂ Consumption by Microcalorimetry. *Anal. Biochem* 194:413-417.

Dokoozlian, N. K., L. E. Williams, and R. A. Neja. 1995. Chilling Exposure and Hydrogen Cyanamide Interact in Breaking Dormancy of Grape Buds. *HortScience* 30(6):1244-1247.

Erez, A. 1987. Chemical Control of Budbreak. *HortScience*, 22(6):1240-1243.

Hubáčková, M. 2000. Dependence of Cold Hardiness on Level of Endogenous Dormancy in Grapevine Buds. *Acta Horticulturae* 526:351-355.

Llamas-Llamas, J.; Carvajal-Millan, E.; Orozco-Avitia, A.; Rascon-Chu, A.; Romo-Chacon, A.; Guerrero-Prieto, V.; Gonzalez-Hernandez, V.A.; Gardea Béjar, A.A. 2002. Respuesta Metabolica y Brotacion de Yemas de Manzano por la Aplicacion de Promotores de Brotacion. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(4): 411-417.

Márquez-Cervantes J. A., R. Cano-Medrano, J. Rodríguez-Alcázar. 2003. Promotores de Brotación Substitutos de la Cianamida de Hidrógeno en Vid de Mesa 'Flame Seedless'. Revista Chapingo Serie Horticultura 9(1):45-54.

Melgarejo, M. P. 1996. El Frío Invernal, Factor Limitante para el Cultivo Frutal: Modelos y Métodos para Determinar la Acumulación de Frío y de Calor en Frutales. A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid, España. 166 p.

SAS Institute Inc. (1999-2000) SAS Users' guide: Statistics, Version 8.01. Cary, NC, USA.

Shulman, Y., G. Nir, S. Lavee. 1986. Oxidative Processes in Bud Dormancy and the Use of Hydrogen Cyanamide in Breaking Dormancy. Acta Horticulturae, 179:141-148.

Uzun, H. L. 1997. Effects of Hydrogen Cyanamide Application at Various Times, During Dormancy on Phenological Stages and Fruit Characteristics of Grapes. Acta Horticulturae. 441: 201-206.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Améglio, T., A. Guilliot, A. Lacoïnte, J. L. Julien, G. Alves, V. Valentin and G. Pétel. 2000. Water Relations in Winter : Effect on Bud Break of Walnut Tree. *In: Dormancy in Plants. From Whole plant Behaviour to Cellular Control.* J. D. Viémont and J. Crabbé (Eds). CABI Publishing. P. 109-121.

Angulo, M. M., A. E. Becerril y D. H. Díaz M. 1992. Efecto del Frío y de las Aplicaciones de Cianamida de Hidrógeno en la Brotación de Yemas de Vid (*Vitis vinifera*). *Agrociencia serie Fitotecnia.* 3(1):75-86.

Arora, R., M. E. Wisniewski, L. J. Rowland. 1997. Low Temperature – Induced Expression of Dehydrins in Deciduous Fruit Crops and Their Relation to Cold Acclimation and/or Dormancy. *In: Proceedings V. Int. Symp. On Temperate Zone Fruits.* A. B. Küden and F. G. Dennis (Eds). *Acta Hort.* 441: 175-182.

Arora, R., L. J. Rowland, K. Tanino. 2003. Induction and Release of Bud Dormancy in Woody Perennials: A Science Comes of Age. *HortScience*, 38(5): 911-921.

Asociación Agrícola Local de Productores de Uva de Mesa (AALPUM). 2005. Estadísticas Hermosillo, Sonora. Fecha de consulta: Agosto 2006. Internet: <http://www.aalpum.com.mx/estadisticas.htm>

Bonhomme, M., R. Rageau and Michael Gendraud. 2000. ATP, ADP and NTP Contents in Vegetative and Floral Peach Buds During Winter : Are They Useful for Characterising the Type of Dormancy. *In: Plant Dormancy. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology.* Lang. G. A. (ed.). CAB International. Washington State University. USA.. p 245-257.

Brenner, M. L., D. J. Wolley, V. Sjut and D. Salerno. 1987. Analysis of Apical Dominance in Relation to IAA transport. *HortScience* 22(5): 833-835.

Buttrose, M. S. 1974. Climatic Factors and Fruitfulness in Grapevines. A Review. *Hort. Abst.* 44: 319-326.

Carvajal-Millán, E., F. Goycoolea-Valencia, V. Guerrero-Prieto, J. Llamas-Llamas, A. Rascón Chu, J. A. Orozco-Avitia, C. Rivera-Figueroa y A. A. Gardea. 2000. Caracterización Calorimétrica de la Brotación de Yemas Florales de Manzano. *Agrociencia* 34: 543-551.

Carvajal-Millán, E., T. Carvallo, J. A. Orozco, M. A. Martínez, I. Tapia, V. M. Guerrero, A. Rascón-Chu, J. Llamas, and A. A. Gardea. 2001. Polyphenol Oxidase Activity, Color Changes, and Dehydration in Table Grape Rachis during Development and Storage as Affected by N-(2-Chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 49, 946-951.

Cervantes, F. R., A. López, J. I. Cortés, A. A. Gardea, R. Acosta y H. González. 2004. Aceite de Soya como Retardador de Floración en Durazno de Bajo Requerimiento de Frío. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27(1): 77-84.

Champagnat, P. and D. Côme. 1986. Some Thoughts on Hormonal Regulation of Bud and Seed Dormancies. *Acta Horticulturae* 179: 117-127.

Champagnat, P. 1989. Rest and Activity in Buds of Trees. *Ann. Sci. For.* 46(Suppl.):9-26.

Crabbé, J. and P. Barnola. 1996. A New Conceptual Approach to Bud Dormancy in Woody Plants. *In: Plant Dormancy. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Lang. G. A. (ed.). CAB International. Washington State University. USA. 83-113.

Couvillon, G. A. 1995. Temperature and Stress Effects on Rest in Fruit Trees: A Review. *Acta Horticulturae* 395: 11-19.

Criddle, R. S., R. W. Breidenbach, D. R. Rank, M. S. Hopkin, and L. D. Hansen. 1990. Simoultaneous Calorimetric and Respirometric Measurement on Plant Tissue. *Thermochimica Acta* 172: 213-221.

Criddle, R. S., R. W. Breidenbach, and L. D. Hansen. 1991a. Plant Calorimetry: How to Quantitatively Compare Apples and Oranges, *Thermochimica Acta* 193: 67-90.

Criddle, R. S., A. J. Fontana, D. R. Rank, D. Paige, L. D. Hansen, and R. W. Breidenbach. 1991b. Simoultaneous Measurements of Metabolic Heat Rate, CO₂ Production, and O₂ Consupion by Microcalorimetry. *Anal. Biochem* 194:413-417.

Dennis Jr. F. G. 1987a. Two Methods of Studying Rest: Temperature Alternation and Genetic Analysis. *HortScience* 22(5):820-823.

Dennis Jr. F. G. 1987b. Producing Temperate-zone Fruits at Low Latitudes: An Overview. *HortScience* 22(6):1226-1227.

Dennis Jr. F. G. 1994. Dormancy – What We Know (and Don't Know). *HortScience* 29(11): 1249-1255.

Dennis Jr. F. G. 1996. A Physiological Comparison of Seed and Bud Dormancy. *In: Plant Dormancy. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Lang. G. A. (ed.). CAB International. Washington State University. USA. 47-56.

del Real Laborde, J. I. 1987. Estimating Chill Units at Low Latitudes. *HortScience* 22(6):1227-1231.

Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor S.A. México, D.F. p 289.

Dokoozlian, N. K., L. E. Williams, and R. A. Neja. 1995. Chilling Exposure and Hydrogen Cyanamide Interact in Breaking Dormancy of Grape Buds. *HortScience* 30(6):1244-1247.

Dokoozlian, N. K., 1999. Chilling Temperature and Duration Interact on the Budbreak of Perlette Grapevine Cuttings. *HortScience* 34(6): 1054-1056.

Dreyer, E., and J. C. Mauget. 1986. Conséquences Immédiates et Différées de Périodes de Sécheresse Estivale Sur le Développement de Jeunes Noyers (*Juglans regia* L., 'Pedro'): Dynamique de Croissance et Dormance Automno-Hivernale des Bourgeons. *Agronomie* 6, 639-650.

Edwards, G. R. 1987. Producing Temperate-zone Fruti At Low Latitudes: Avoiding Rest and the Chilling Requirement. *HortScience* 22(6):1236-1240.

Erez, A. 1987. Chemical Control of Budbreak. *HortScience* 22(6): 1240-1243.

Erez, A. 1995. Means to Compensate for Insufficient Chilling to Improve Bloom and Leafing. *Acta Horticulturae* 395:81-95.

Erez, A. 2000. Bud Dormancy: A Sugestión for the Control Mechanism and its Evolution. *In: Dormancy in Plants. From Whole Plant Behaviour to Cellular Control.* J. D. Viémont and J. Crabbé (Eds). CABI Publishing. P. 23 – 33.

FAO. 2005. Base de Datos, FAOSTAT. <http://faostat.fao.org>.

Faust M., D. Liu, M. M. Millard and G. W. Stutte. 1991. Bound Versus Free Water in Dormant Apple Buds – A Theory for Endodormancy. *HortScience* 26(7):887-890.

Faust, M. and S. Y. Wang. 1992. Polyamines in Horticulturally Important Plants. *Horticultural Reviews*. 14: 333-355.

Faust, M., A. Erez, L. J. Rowland, S. Y. Wang, H. A. Norman. 1997. Bud Dormancy in Perennial Fruit Trees: Physiological Basis for Dormancy Induction, Maintenance and Release. *Hortscience* 32(4): 623-629.

Fuchigami, L. H. and C.C. Nee. 1987. Degree Growth Stage Model and Rest-breaking Mechanisms in Temperate Woody Perennials. *Hortscience* 22(5):836-845.

Fuchigami, L. H. and M. Wisniewski. 1997. Quantifying Bud Dormancy: Physiological Approaches. *HortScience* (32)4: 618-622.

Gardea, A. A. 1987. Freeze Damage of 'Pinot Noir' (*Vitis vinifera* L.) as Affected by Bud Development, Ina-Bacteria, and a Bacterial Inhibitor. Thesis of Master in Science in Horticulture. Oregon State University.

Gardea, A. A., E. Carvajal-Millán, J. A. Orozco, V. M. Guerrero, J. Llamas 2000. Effect of Chilling on Calorimetric Responses of Dormant Vegetative Apple Buds. *Thermochimica Acta* 349 (2000) 89-94.

Gardea, A. A., Y. M. Moreno, A. N. Azarenko, P.B. Lombard, L. S. Daley., and R. S. Criddle. 1994a. Changes in Metabolic Properties of Grape Buds during Development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119 (4): 756-760.

Gardea, A. A., L. S. Daley, R. L. Konhert, A. H. Soeldner, L. Ning, P. B. Lombard, and A. N. Azarenko. 1994b. Proton NMR Signals Associated with Eco – and Endodormancy in Vinegrape Buds. *Sci. Hort.* 56: 339-358.

Gardea, A. A., T. Carvallo, B. Sastré, M. A. Martínez-Tellez, G. M. Yépiz-Placencia, M. Díaz-Cinco and J. A. Orozco. 2004. Table Grape Postharvest Management and Safety Issues. In: *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, Vol. 3, "Quality Handling and Evaluation", R. Dris and S. M. Jain (eds.) pp 307-320.

George, A. P. and R. J. Nissen. 1990. Effects of Hidrogen Cyanamide on Yield, Growth and Dormancy Release of Table Grapes in Subtropical Australia. *Acta Horticulturae*, 279: 427-436.

Gianfagna, T. J. and S. A. Mehlenbacher. 1985. Importance of Heat Requirement for Bud Break and Time of Flowering in Apple. *HortScience* 20(5):909-911.

Gil-Salaya, G. F. 1999. *Fruticultura: El Potencial Productivo*. 2ª edición. Alfaomega Grupo Editor. México. 342 pp.

Godon, C., G. Lagniel, J. Lee, J. Buhler, S. Kieffer, M. Perrot, H. Boacherie, M. Toledo, J. Labarre,. 1998. The H₂O₂ Stimulon in *Sacharomyces Cervisiae*. *J. Biol. Chem.*, 273:22480-9.

Hansen, L. D. and R. S. Criddle. 1990. Determination of Phase Changes and Metabolic Rates in Plant Tissues as a Function of Temperature by Heat Conduction DSC. *Thermochimica Acta*, 160:173-192.

Hansen, L. D., D. K. Taylor, B. N. Smith, and R. S. Criddle. 1996. ~~The Relation~~ Between Planth Growth and Respiration: Applications to Ecology and Crop Cultivar Selection. *Russian Plant Physiol.* 43:691-697.

Hubáčková, M. 2000. Dependence of Cold Hardiness on Level of Endogenous Dormancy in Grapevine Buds. *Acta Horticulturae* 526:351-355.

Khan, A. A. 1997. Quantification of Plant Dormancy: Introduction to the Workshop. *HortScience* 32(4): 608-607.

Khanizadeh, S., D. Buszard, and C. G. Zarkadas. 1994. Seasonal Variations of Hydrophilic, Hydrophobic, and Charged Amino Acids in Developing Apple Flower Buds. *J. Plant Nutr.* 17:2025-2030.

Kobayashi, K. D. 1987. Mechanisms of Rest and Dormancy: Introduction. *HortScience* 22(5):816.

Lang, G. A. 1987. Dormancy: A New Universal Terminology. *HortScience* 22(5): 817-820.

Ling-Cheng, J., L. Ji-Hong, P. H. Li and T. H. H. Chen. 2000. Intercellular Communication Channels and Intracellular Calcium Levels Involved in the Dormancy Development of Poplar (*Populus deltoids*) Plants. *In: Plant Dormancy. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology.* Lang, G. A. (ed.). CAB International. Washington State University. USA. p. 291-311.

Llamas, J., E. Carvajal-Millán, A. Rascón-Chu, J. A. Orozco and A. A. Gardea. 2001. Microcalorimetry: an Accurate Tool for Expedite Determinations of Plant Tissue Metabolism. *Acta Horticulturae*, 565:79-85.

Llamas-Llamas, J.; Carvajal-Millan, E.; Orozco-Avitia, A.; Rascon-Chu, A.; Romo-Chacon, A.; Guerrero-Prieto, V.; Gonzalez-Hernandez, V.A.; Gardea Béjar, A.A. 2002. Respuesta Metabolica y Brotacion de Yemas de Manzano por la Aplicacion de Promotores de Brotacion. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 25(4): 411-417.

Márquez, C. J. A., R. Cano M. y A. Larqué S. 2002. Relación Entre Poliaminas y Ruptura del Letargo en Yemas de Vid (*Vitis vinifera* L.) 'Perlette'. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 25(4): 427-433.

Márquez-Cervantes J. A., R. Cano-Medrano, J. Rodríguez-Alcázar. 2003. Promotores de Brotación Substitutos de la Cianamida de Hidrógeno en Vid de Mesa 'Flame Seedless'. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9(1):45-54.

Martin, G. C. 1987. Apical Dominance. *Hortscience* 22(5): 824-833.

Melgarejo, M. P. 1996. El Frío Invernal, Factor Limitante para el Cultivo Frutal: Modelos y Métodos para Determinar la Acumulación de Frío y de Calor en Frutales. A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid, España. 166 p.

Metzger, J. D. 1996. A Physiological Comparison of Vernalization and Dormancy Chilling Requirement. *In: Dormancy and Developmental Arrest. Experimental Analysis in Plants and Animals*. Clutter Mary E. (Ed.). Academic Press, Inc. Department of Biology. Yale University. New Haven, Connecticut. 147-155.

Mielke, E. A. and F.G. Dennis. 1978. Hormonal Control of Flower Bud Dormancy in Sour Cherry (*Prunus Cerasus* L.). III. Effects of Leaves, Defoliation and Temperature on Levels of Absciscic Acid in Flower Primordia. *J Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:446-449.

Mullins, M. G., A. Bouquet, and L. E. Williams. 1992. *Biology of the Grapevine*. Cambridge University Press. 229 p.

Muthalif, M. M. and L. J. Rowland. 1994. Identification of Dehydrin-Like Proteins responsive to Chilling in Floral Buds of Blueberry (*Vaccinium*, section *Cyanococcus*). *Plant Physiol.* 104:1439-1447.

Ndung'u, C. K., M. Shimizu, G. Okamoto, and K. Hirano. 1997. Absciscic Acid, Carbohydrates, and Nitrogen Contents of Kyoho Grapevines in Relation to Budbreak Induction by Water Stress. *Am. J. Enol. Vitic.*, 48(1): 115-120.

Nir, G., Y. Shulman, L. Fanberstein and S. Lavee. 1986. Changes in the Activity of Catalase (EC. 1.11.1.6) in Relation to the Dormancy of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Buds. *Plant Physiol.* 81:1140-1142.

Noodén, L. D. and J. A. Weber. 1978. Environmental and Hormonal Control of Dormancy in Terminal Buds of Plants. *In: Dormancy and Developmental Arrest. Experimental Analysis in Plants and Animals*. Clutter Mary E. (Ed.). Academic Press, Inc. Department of Biology. Yale University. New Haven, Connecticut. 221-261.

Osorio, A. G., D. Díaz, J. Siller. 1997. Regulación de la Brotación en Vid bajo Condiciones del desierto de Sonora. Folleto técnico No 14. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora. 71 p.

Osorio, A. G., J. L. Miranda, J. A. Márquez, J. Grageda, G. Martínez. 2004. Regulación de Brotación y Cosecha en Vides del Desierto de Sonora. Libro Técnico No. 7. CECH-CIRNO-INIFAP. 120 p.

Or, E., I. Vilozny, Y. Eyal, A. Ogrudovitch. 2001. Dormancy in Grape Buds: Isolation and Characterization of Catalase cDNA and Analysis of Its Expression Following Chemical Induction of Bud Dormancy Release. *Plant Sci.*, 162:121-130.

Peacock, W. L., L. P. Christensen, and F. E. Broadbent. 1989. Uptake, Storage, and Utilization of Soil-applied Nitrogen by Thompson Seedless as Affected by Time of Application. *Am. J. Enol. Vitic.*, 40(1):16-20.

Pérez, F. J. and W. Lira. 2005. Possible Role of Catalase in Post-Dormancy Budbreak in Grapevines. *Journal of Plant Physiology*. 162: 301-308.

Pétel, G. and M. Gendraud. 2000. Processes at the Plasma Membrane and Plasmalemma ATPase during Dormancy. *In: Plant Dormancy. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Lang. G. A. (ed.). CAB International. Washington State University. USA. 233-243.

Pires, E. J. P., M. M. Terra, C. V. Pommer, R. S. Passos, V. Nagai and G. M. B. Ambrosano. 1995. Adjustment of Ideal H_2CN_2 Concentration for Breaking Dormancy of Grapevine in Less Warm Region. *Acta Horticulturae*, 395: 169-176.

Pollock, B. M. 1960. Studies of the rest period. III. Respiratory Changes in Leaf Primordial of Maple Buds During Chilling. *Plant Physiol.* 35:975-977.

Powell L. E. 1987. Hormonal Aspects of Bud and Seed Dormancy in Temperate-zone Woody Plants. *Hortscience* 22(5): 845-850.

Prasad, T. 1996. Mechanism of Chilling Induced Oxidative Stress Injury and Tolerance in Developing Maize Seedlings: Changes in Antioxidant System, Oxidation of Proteins and Lipids and Proteases Activities. *Plant J.*, 10:1017-26.

Ramzy, S. G. 1987. Is Growing Temperate-zone Fruits Profitable in the Tropics and Subtropics?. *Hortscience* 22(6):1243-1246.

Ranjan, R. and S. Lewak. 1995. Interaction of Jasmonic Acid and Abscicic Acid in the Control of Lipases and Proteases in Germinating Apple Embryos. *Physiol. Plant.* 93:421-426.

Read, P. E., and S. Gu. 2003. A Century of American Viticulture. *HortScience* 38(5):943-951.

Reynier, A. 1989. Manual de Viticultura. Traducción al español de V. Sotes, J. R. Lissarrague y J. A. de la Iglesia. 4ta edición. Ediciones Mundi-Prensa. 382 p.

Ross, J. D. 1985. Metabolic Aspects of Dormancy, p. 63-75. *In: Seed Physiology and Reserve Mobilization*. D. R. Murray (ed.). Academic Associated Press, Orlando, Fla.

Ross, J. D. 1996. Dormancy Breakage By Chilling: Phytochrome, Calcium and Calmodulin. *In: Plant Dormancy. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Lang. G. A. (ed.). CAB International. Washington State University. USA.. P. 157-169.

Samish, R. M. 1954. Dormancy in Woody Plants. *Annual Review of Plant Physiology* 5:183-204.

Sanchez, E. E., H. Khemira, D. Sugar, and T. L. Righetti. 1995. Nitrogen Management in Orchards. *In: Nitrogen Fertilization in the Environment*. P. E. Bacon (Ed.). Marcel Dekker, Inc. New York, U.S.A.. p. 327-380.

Sarvas, R. 1974. Investigations on The Annual Cycle of Development of Forest Trees. II. Autum Dormancy And Winter Dormancy. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84.1:1-101.

SAS Institute Inc. (1999-2000) SAS Users' guide: Statistics, Version 8.01. Cary, NC, USA.

Saure M. C. 1985. Dormancy release in Deciduous Fruit Trees. *Horticultural Reviews*. Vol (7): 239-300.

Seeley, S. D. 1994. Dormancy – The Black Box. *HortScience* 29(11):1248.

Seeley, S. D. 1996. Modelling Climatic Regulation of Bud Dormancy. *In: Plant Dormancy. Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Lang. G. A. (ed.). CAB International. Washington State University. USA.. P. 361-376.

Shulman, Y., G. Nir, L. Fanberstein and S. Lavee. 1983. The Effect of Cyanamide on the Release from Dormancy of Grapevine Buds. *Scientia Horticulturae*, 19:97-104.

Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). 2005. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA.

Siller-Cepeda, J. H., L. H. Fuchigamy and T. H. H. Chen. 1992. Glutathione Content in Peach Buds in Relation to Development and Release of Rest. *Plant Cell Physiol.* 33(7): 867-872.

Stafstrom, J. P. 2000. Regulation of Growth and Dormancy in Pea Axillary Buds. *In: Dormancy in Plants. From Whole plant Behaviour to Cellular Control.* J. D. Viémont and J. Crabbé (Eds). CABI Publishing. P. 331-346.

Uzun, H. L. 1997. Effects of Hydrogen Cyanamide Application at Various Times, During Dormancy on Phenological Stages and Fruit Characteristics of Grapes. *Acta Horticulturae*. 441: 201-206.

Wang, S. Y., G. L. Steffens, M. Faust. 1986. Breaking Bud Dormancy in Apple With Bioregulator Thidiazuron. *Phytochemistry* 25:311-317.

Wang S. Y., H. J. Jiao and M. Faust. 1991. Changes in Superoxide Dismutase Activity during Thidiazuron-induced Lateral Budbreak of Apple. *Hortscience* 26(9):1202-1204.

Westwood, M. N. 1978. *Temperate-Zone Pomology.* W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, USA. p. 299.

Wood, B. 1993. Hydrogen Cyanamide Advances Pecan Budbreak and Harvesting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(6):690-693.

Young, E. 1990. Changes in respiration rate and energy of activation after chilling and forcing dormant apple trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:809-814.

Zelleke, A., and W. M. Kliwer. 1989. The Effects of Hydrogen Cyanamide on Enhancing the Time and Amount of Budbreak in Young Grape Vineyards. *Am. J. Enol. Vitic.*, 40(1):47-51.