



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

**INTERACCIONES CAUSALES DEL NECROSAMIENTO DE
YEMAS FLORALES EN ZARZAMORA 'TUPY'**

CAJEME NICOLAS ARGOTE HERNANDEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

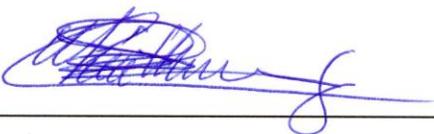
2012

La presente tesis, titulada: **Interacciones causales del necrosamiento de yemas florales en zarzamora 'Tupy'**, realizada por el alumno **Cajeme Nicolás Argote Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

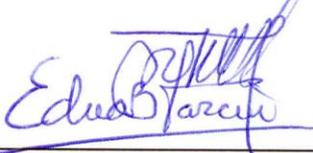
MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
Dr. Guillermo Calderón Zavala

ASESOR: 
Dr. María Teresa B. Colinas León

ASESOR: 
Dr. Eduardo García Villanueva

Montecillo, Texcoco, México, 18 de Julio 2012

AGRADECIMIENTOS

- Al Colegio de Postgraduados y Conacyt por haberme dado la oportunidad, apoyo económico y sobre todo académico vía todos mis profesores durante todos los cursos e investigaciones desarrolladas.
- En especial al Dr. Guillermo Calderón por haberme aceptado para desarrollar este proyecto, darme su apoyo académico y sobre todo los consejos en lo personal para seguir adelante.
- A la Sra. Alma Rosa de Arteaga dueña de la huerta de zarzamora en la que trabajé en Los Reyes, Michoacán, gracias por siempre poner todas sus herramientas a mi disposición.
- A mi familia por todo el apoyo moral y económico, en especial a mi abuela Esperanza que me encaminó a llegar y concluir los cursos de la maestría y el proyecto de tesis.
- A los integrantes del Consejo Particular, al Departamento de Fruticultura; profesores (as) y personal de apoyo.
- A todos los trabajadores de campo de Fruticultura y compañeros (amigos) con los que coincidí en clases, prácticas y casa.
- A mi esposa Elizabeth Cazarez Barriga por apoyarme en la última etapa de escritura de mi tesis.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE GENERAL	ii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	viii
RESUMEN GENERAL	ix
GENERAL SUMMARY	x

Págs.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

1

Capítulo 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia y taxonomía de la zarzamora	3
2.2 Manejo y condiciones ambientales optimas para la zarzamora	4
2.3 Citocininas	6
2.4 Nitrógeno	9
2.5 Giberélinas	13
2.6 Procesos que inhiben la brotación floral	15
2.7 Abscisión de flores	16
2.8 Necrosamiento de yemas florales	17
2.9 Anatomía	19
2.10 Componentes de rendimiento	26
2.11 Relación fuente demanda en la planta	28

2.12 Factores ambientales	29
---------------------------	----

Capítulo 3

REGULADORES DE CRECIMIENTO, TEMPERATURA Y NECROSIS DE YEMAS FLORALES SOBRE COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN ZARZAMORA 'TUPY'

RESUMEN

3.1. INTRODUCCIÓN	33
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.4. CONCLUSIÓN	60
3.5. LITERATURA CITADA	61

Capítulo 4

ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA

RESUMEN

4.1 INTRODUCCIÓN	65
4.2. MATERIALES Y MÉTODOS	66
4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
4.4. CONCLUSIÓN	82
4.5. LITERATURA CITADA	83

Capítulo 5

ANATOMÍA DEL DAÑO POR NECROSIS Y GRADO DE DIFERENCIACIÓN DE YEMAS

RESUMEN

5.1 INTRODUCCIÓN	87
------------------	----

5.2. MATERIALES Y MÉTODOS	88
5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
5.4. CONCLUSIÓN	107
5.5. LITERATURA CITADA	108

Capítulo 6

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LA NECROSIS DE YEMAS FLORALES Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN ZARZAMORA 'TUPY'

RESUMEN

6.1. INTRODUCCIÓN	111
6.2. MATERIALES Y MÉTODOS	112
6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	117
6.4. CONCLUSIÓN	122
6.5. LITERATURA CITADA	123

7. CONCLUSIÓN GENERAL Y RECOMENDACIONES	125
--	------------

APÉNDICE	127
-----------------	------------

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.	35
Cuadro 3.2. Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.	36
Cuadro 3.3. Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.	37
Cuadro 4.1. Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.	67
Cuadro 4.2. Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.	68
Cuadro 4.3. Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.	69
Cuadro 5.1 Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.	89
Cuadro 5.2 Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.	90
Cuadro 5.3 Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.	91
Cuadro 5.4. Acotaciones utilizadas en láminas anatómicas.	95
Cuadro 5.5. Definiciones sobre la estructura vegetativa y reproductiva en zarzamora.	96
Cuadro 5.6. Grado de diferenciación de yemas vegetativas y reproductivas.	99
Cuadro 5.7. Frecuencia/porcentaje del estado de diferenciación vegetativa o floral en las diferentes fechas de forzado en zarzamora 'Tupy' en Los Reyes, Michoacán.	101
Cuadro 6.1. Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.	113
Cuadro 6.2. Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.	114
Cuadro 6.3. Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.	115
Cuadro 6.4 Valores de los dos primeros componentes principales para 12 variables analizadas.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Dinámica de brotación y temperatura media en las 5 diferentes hileras de forzado.	41
Figura 3.2. Brotación de yemas en las 5 diferentes hileras de forzado.	42
Figura 3.3. Dinámica de floración de las fechas de forzado.	43
Figura 3.4. Promedio de la floración de los niveles de nitrógeno.	44
Figura 3.5. Laterales con necrosis y temperaturas mínimas en las fechas de forzado.	45
Figura 3.6. Porcentaje de laterales con necrosis en los tratamientos con aplicaciones de TDZ, AG3 y fertilización nitrogenada.	47
Figura 3.7. Porcentaje de yemas necrosadas por lateral.	48
Figura 3.8. Longitud y necrosis de laterales en las fechas de forzado.	49
Figura 3.9. Longitud de laterales en los tratamientos con aplicaciones de TDZ+AG3 y fertilización nitrogenada.	50
Figura 3.10. Número final de laterales fructificantes y temperaturas mínimas en las fechas de forzado.	52
Figura 3.11. Número de laterales fructificantes en los tratamientos con TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.	53
Figura 3.12. Número de frutos y necrosis por lateral en las fechas de forzado.	54
Figura 3.13. Promedio de número de frutos por lateral bajo el efecto de aplicaciones de TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.	55
Figura 3.14. Peso promedio de frutos y número de laterales fructificantes en las fechas de forzado.	57
Figura 3.15. Rendimiento de zarzamora "Tupy por efecto de las diferentes fechas de	

forzado y promedio de las temperaturas mínimas.	58
Figura 3.16. Efecto de las fechas de forzado y aplicaciones de TDZ + AG3 en rendimiento de zarzamora ‘Tupy’.	59
Figura 4.1 Área foliar y laterales necrosadas en las fechas de forzado.	73
Figura 4.2 Área foliar por efecto de TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.	74
Figura 4.3. Diferencia en el peso específico de hoja por aplicaciones edáficas de nitrógeno.	75
Figura 4.4. Índice de cosecha y temperaturas promedio mínimas en las cinco diferentes fechas de forzado.	76
Figura 4.5. Efecto del TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada sobre el índice de cosecha en zarzamora ‘Tupy’.	77
Figura 4.6. Peso seco de frutos y temperaturas mínimas en las fechas de forzado.	78
Figura 4.7 Peso total de la parte aérea de la planta de zarzamora ‘Tupy’.	80
Figura 4.8. Peso seco acumulado por efecto del TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.	81
Figura 6.1. Dispersión de las 12 variables analizadas sobre el primer y segundo componente principal.	119
Figura 6.2. Dispersión de las doce variables analizadas en base al primer y segundo componente principal usando las tres diferentes dosis y número de aplicaciones de TDZ y AG3.	121

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro A1. Valores de significancia menores a 0.05 de las variables del capítulo 1.	127
Cuadro A2. Valores de significancia menores a 0.05 de las variables del capítulo 2.	128
Cuadro A3. Valores propios de la matriz de varianzas derivados de las 12 variables evaluadas.	129
Cuadro A4. Coeficiente de correlación de Pearson para 12 variables evaluadas en zarzamora, en Los Reyes, Michoacán.	130

RESUMEN GENERAL

Actualmente en México la principal frutilla que se exporta en fresco es la zarzamora ‘Tupy’ (*Rubus* spp.). El Estado de Michoacán produce más de 90% del total a nivel nacional. Uno de los problemas de producción es el necrosamiento de las yemas florales. No existen reportes documentados sobre el necrosamiento de las yemas en zarzamora. Se diseñó un experimento con zarzamora ‘Tupy’ en Los Reyes, Michoacán para diagnosticar las posibles interacciones causales del necrosamiento de yemas. Se probaron cinco fechas de forzado (defoliación), tres tratamientos de dosis y formas variables de aplicación de thidiazurón (TDZ) y ácido giberélico (AG3) en pre y post defoliación y dos dosis de aplicación edáfica de nitrógeno (350 a 500 unidades/ha.). La primera fecha de defoliación fue el 17 de octubre 2009 y después cada 15 días. Se midieron variables como dinámica de brotación y floración, longitud y número final de laterales fructificantes, número de frutos por lateral, peso promedio de fruto, porcentaje de laterales con necrosis, yemas necrosadas por lateral y rendimiento. Los resultados obtenidos indicaron que las plantas se fertilizaron con dosis excesivas de nitrógeno (500 unidades/ha) y forzadas en el mes de octubre (que fueron las que menor madurez fisiológica de sus brotes tenían) con el tratamiento de 50 mg L⁻¹ de TDZ en pre defoliación y cuatro aplicaciones semanales de 25 mg L⁻¹ de TDZ en post defoliación en combinación con 25 mg L⁻¹ de AG3, mostraron un mayor número de laterales fructificantes con el problema de necrosis de las yemas florales y mayor número de yemas florales axilares necrosadas por lateral fructificante. Como consecuencia, con ese tratamiento de dosis excesivas de N y dosis frecuentes de TDZ y AG3, se tuvieron menos frutos por brote lateral fructificante aunque ésta fue de mayor longitud.

Palabras clave: *Rubus* spp., frutillas, reguladores de crecimiento, rendimiento

GENERAL SUMMARY

Currently in Mexico, the main exported fresh blackberry variety (*Rubus* spp.) is 'Tupy'. The State of Michoacán produces more than 90% of the national total. One of the problems of production is the necrosis of buds. There are no documented reports of bud necrosis in blackberries. An experiment was designed with blackberry 'Tupy' in Los Reyes, Michoacán to diagnose the possible causal interactions on flower bud necrosis. Five dates of forced (defoliation), three treatment dosages and application of thidiazurón (TDZ) and gibberellic acid (AG3) in pre-and post-defoliation and two soil application rate of nitrogen (350 to 500 units / ha .) were tested. The first defoliation date was October 17 of 2009 and then every 15 days. Dynamic variables were measured as budbreaking and flowering, length and final number of fruiting lateral, number of fruits per fruiting lateral, average fruit weight, percentage of laterals with necrosis, necrotic buds per lateral and fruit yield. The results showed that plants with excessive nitrogen fertilization (500 units / ha), forced (defoliated) in October (which were the lower physiological maturity of their outbreaks were) and with application of treatment of 50 mg L⁻¹ TDZ pre defoliation and four weekly applications in post defoliation of 25 mg L⁻¹ of TDZ in combination with 25 mg L⁻¹ AG3 had a greater number of fruiting lateral with the problem of necrosis of flower buds and more necrotic buds per fruiting lateral. Consequently, with the treatment of excessive doses of N and frequent doses of TDZ and AG3, less fruits per fruiting lateral were obtained although laterals were significantly longer.

Index words: *Rubus* spp., small fruits, growth regulators, yield

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

Michoacán es el principal productor a nivel nacional y primer exportador mundial de zarzamora. Este cultivo ha tenido un crecimiento exponencial durante la última década, favorecido en gran medida por la extensa red de valor que se ha desarrollado en su entorno junto con otras frutillas como la fresa, frambuesa y últimamente el arándano. La zarzamora y otras frutillas representan un grupo de cultivos estratégicos de gran importancia social y económica que generan gran cantidad de empleos directos e indirectos que contribuyen significativamente al desarrollo regional del estado de Michoacán. Sin embargo, el cultivo de la zarzamora que se basa mayoritariamente en la variedad ‘Tupy’ está siendo afectado por diversos factores entre ellos el del necrosamiento de las yemas florales, sobre el cual no se ha documentado aun nada y se está haciendo presente en las zonas productoras de Michoacán cada vez con más frecuencia, lo cual representa pérdidas considerables en producción ya que hay abscisión de yemas debido al necrosamiento. Este problema amenaza la producción en Michoacán, pues según estimaciones de los productores y comercializadores, las perdidas en la temporada pasada 2007-2008, sobrepasaron los 40 millones de dólares con un impacto económico y social aun no cuantificado en las regiones productoras. Las pérdidas podrían incrementarse en los próximos años poniendo en riesgo la estabilidad económica y sostenibilidad del cultivo. Ha habido algunos reportes de necrosis de yemas en *Rubus spp* (Lyman et al., 2004) o en yemas de vid Collins and Rawnsley (2005) pero no parecen tener relación con el problema encontrado en zarzamora. No hay investigaciones documentadas a cerca de este problema de necrosamiento o marchitamiento de yemas florales, y menos aun en zarzamora bajo producción forzado en condiciones subtropicales; por lo cual, el presente trabajo, tiene como objetivo general el de documentar las interacciones de

aplicaciones de Thidiazurón, Ácido Giberélico, Nitrógeno (en exceso) y los factores ambientales como temperatura y humedad relativa en relación a este problema y productividad de zarzamora ‘Tupy’. Excesos en los componentes de esta interacción pueden ser la causa de un desbalance fisiológico en la relación fuente-demanda en la planta que puede ser parte causal del problema.

CAPITULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia y taxonomía de la zarzamora

La zarzamora *Rubus spp.* es originaria de América del Norte (Clark, 2008). En el mundo son más de 20,000 ha las que se cultivan con zarzamora y mayormente usando el cultivar ‘Tupy’ la cual está clasificada como cultivar con habito de crecimiento erecto (Strik, 1992). En la producción de estas frutillas sobresale en el Estado de Michoacán quien contribuyo con el 96% de la producción nacional de la zarzamora, para el año 2008 se cuantificaron 2,872 ha de superficie sembrada con este cultivo (Sánchez, 2008). Una de las ventajas de México para cultivar y obtener altos rendimientos en zarzamora, es que tienen producción fuera de las estaciones que se tienen en otros países y esto se debe al manejo y clima del país (Strik, 2008b).

Taxonomía

El nombre científico de la zarzamora es *Rubus spp.* y se clasifica taxonómicamente dentro del género *Rubus*, perteneciente a la familia de las *Rosáceas* (Tejera y Ochoa, 2004). Existe 12 subgéneros dentro de *Rubus*, pero sólo dos, *Idaeobatus* y *Eubatus*, tienen importancia comercial. Dentro del subgénero *Eubatus* se encuentra la zarzamora (Tejera y Ochoa, 2004), que pertenece a un grupo de frutales conocido como frutillas.

Zarzamora ‘Tupy’, cuyas plantas son de porte erecto, con espinas, con producción de 3.8 kg/planta/año, producen frutos grandes (6 g), de coloración oscura uniforme, sabor equilibrado con buen balance entre acidez y azúcar, el fruto agregado es consistente y firme, con semillas pequeñas, epidermis y cutícula resistentes y aroma atractivo, características que la hacen recomendable para el consumo en fresco (Dos santos y Raseira, 1988).

2.2 Manejo y condiciones ambientales óptimas para la zarzamora

Manejo

En cuanto al manejo en producción forzada se puede decir que a los cinco a siete meses después de la emergencia de la primocaña se aplica un defoliante químico de dos a tres veces el cual induce la dormancia; tres semanas después se aplican reguladores de crecimiento para inducen la brotación de yemas y 90 a 100 días después de la defoliación se tiene fruta ya lista para el corte (Clark, 2008). Al terminar la cosecha la mayoría de los agricultores podan las ramas laterales que ya han terminado de producir y vuelven a defoliar y aplicar reguladores de crecimiento de la misma forma que ya se le ha hecho a la planta; este tipo de manejo se ha visto que se repite hasta tres veces con una misma primocaña. Al terminar la tercera cosecha algunos siguen con el mismo manejo pero la mayoría corta y vuelve a darle el mismo manejo a la nueva primocaña (López-Medina et al., 2000 and Strik, 2008). Dependiendo las posibilidades de los productores, pueden llegar a cubrir sus cultivos bajo tuneles para protegerlos de adversas condiciones de agua. Usando estos métodos, la fructificación en México se extiende de mediados de Octubre a principios de Mayo que es la época en que exporta la fruta en fresco. En Mayo y Junio la fruta se comercializa en el mercado local (Strik, 2008).

Condiciones ambientales óptimas

Es un cultivo que prospera bien en climas templados a semicálidos con inviernos benignos; se adapta a un intervalo climático variado y destaca su adaptación en las zonas llamadas de transición (Venegas, 2001).

Temperatura

Requiere una temperatura máxima absoluta de 35°C, una mínima de 3.3°C y una media anual de 15 a 24°C. Requiere de cierta acumulación de calor para la brotación, es importante la relación entre las horas frío y las horas de calor acumuladas dado que esta relación influye en la uniformidad de la brotación floral.

Precipitación y humedad relativa

Una precipitación anual de 1,000 a 1,600 mm donde los meses de más lluvia sean de Mayo a Agosto con alrededor de 120 días de precipitación y una humedad relativa del 60 al 70%.

Vientos y altitud

Puede tolerar vientos de hasta 8 a 10 Km/hr, los vientos fuertes dañan significativamente la producción. Se adapta a un alto rango de altitudes que van desde los 1,200 a 3,500 msnm, pero su mejor desarrollo lo encontramos a alturas entre los 1,800 y 2,400 msnm.

Suelo

Prospera en suelos arcillo-arenosos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje y un pH de 5.5 a 6.5 que son los óptimos para su crecimiento, aunque puede crecer en un rango de pH de 4.5 a 7.5.

Necesidades de frío

Son de aproximadamente entre 150 y 600 horas frío dependiendo de la especie y cultivar, las formas erectas son más resistentes al frío que las rastreras. Algunos cultivares como 'Brazos', 'Comanche', 'Cherokke', 'Cheyenne' y 'Shawnee' aparentemente no presentan requerimientos de frío, pero pueden entrar en reposo por bajas temperaturas.

2.3 Citocininas

Las citocininas están constituidas por unidades de isopreno, derivadas de la adenina; la zeatina es la más abundante. Son sintetizadas fundamentalmente en meristemos apicales de raíces, aunque también en meristemos de hojas jóvenes y embriones de semillas. Son distribuidas debido a señales inducidas desde los ápices vegetativos (Tais y Zeiger, 1998).

Thidiazurón

El Thidiazuron es un producto agrícola químico utilizado para defoliar las plantas, el cual viene en presentaciones de polvo humectable o suspensión concentrada (Jaiswall and Sawhney, 2008).

Es uno de los derivados de la fenilurea con la actividad del regulador de crecimiento citocinina, estimula la división celular y formación de callo en cultivo in vitro, así como retarda la senescencia de hojas (Shudo, 1994).

El Thidiazuron (TDZ, N-phenil-N-1,2,3-thidiazol-5-ylurea) sustituye la fenilurea con actividad de cito quininas y se ha registrado el uso de este producto como herbicida y defoliante (Namphueng, 2007).

La actividad del Thidiazurón varía mucho dependiendo de su concentración, tiempo de exposición, explante cultivado y especie cultivada (Murthy et al., 1998).

El thidiazurón se comercializa como un producto en suspensión humectable a una concentración de 500 g por litro de producto (Revent® 500) y en zarzamora se recomienda aplicarlo para promover la brotación floral y adelantar la cosecha. (Bayer CropScience, 2011).

La acción del Thidiazuron es considerada como una perturbación hormonal (Maxwell et al., 2007).

En yemas

En zarzamora se ha aplicado una combinación de productos como el Thidiazurón para promover brotación de las yemas, el Ácido Giberélico para ayudar el alargamiento de las mismas y el Safe-T-Side se empleó como adherente y estas aplicaciones dan buen resultado en producción forzada en la variedad 'Comanche' (Galindo-Reyes et al. 2004).

En ciruelo cv 'Shiro' se aplicó Thidiazurón (Revent 20%) en dosis de 50, 100 y 200 mg L⁻¹ en combinación con 40 ml L⁻¹ de aceite mineral y los resultados indicaron que en este cultivo tiene efecto de adelantar el inicio de la floración, así como acortar la etapa entre inicio de la floración y anthesis (Alvarado *et al.*, 2000).

Tiene una actividad citocinínica que promueve la brotación en frutales templados (rompe el letargo) y promueve el desarrollo y propagación in vitro de plantas herbáceas (Mok, *et al.*, 1978).

El TDZ o thidiazurón (N-phenil-N-1,2,3-thidiazol-5-ilurea) estimula la división celular, lo cual provoca la formación de yemas reproductivas y de los derivados de la fenilurea es el que mejores resultados positivos efectuó en *Funaria hygrometrica* (Christianson y Hornbuckle 1999).

En uva cv 'Flame Seedless' se hicieron aplicaciones de Thidiazurón en dosis de 0, 150, 300 y 450 mg L⁻¹ combinado con citrolina al 0, 2, 4 y 6 % según el tratamiento correspondiente y los resultados demostraron que las aspersiones no aumentaron la brotación floral debido a que las yemas ya habían completado sus horas frío y que la citrolina inhibió la brotación, así también se concluyó que una yema en estado fisiológico activo (a punto de brotar) y expuesta a altas temperaturas no es sensible a aplicación de citrolina y mucho menos sensible a Thidiazurón (Márquez-Cervantes *et al.*, 2000).

El Thidiazuron ha sustituido a la urea y es conocido regularmente como responsable de la variación morfo genética, rompiendo el letargo de yemas en manzana 'Golden Delicious' y en algunos otros frutales de clima templado (Steffens, and Stutte, 1989).

En uva 'Flame Seedless' aplicaciones de TDZ 300 mg L⁻¹ más 6 % de citrolina no mostro mayor brotación acumulado respecto al testigo, al contrario la citrolina mostro un efecto inhibitor a la brotación, sin embrago las aplicaciones de TDZ por si solo 300 mg L⁻¹ mostraron una mayor longitud del brote así como mayor velocidad de crecimiento (Márquez-Cervantes *et al.*, 2003).

En manzana cv 'Golden Delicious' se asperjaron al final del invierno 3 g del producto TDZ por 10 litros de agua obteniendo 83 % de la brotación floral y 43.45 kg/árbol, en comparación con el testigo que tuvo 73 % de la brotación y un rendimiento similar 43.52 kg/árbol (Zermeño, *et al.*, 2010).

En nogal pecanero cv. Western se probaron dosis de Thidiazurón (0, 250, 300 y 400 ppm) y en el primer año de evaluación se observó que funciona como compensador de frio (400 ppm) al provocar una brotación floral final mucho mayor al testigo (0 ppm), la dosis de aplicación 300 y 400 ppm se tuvieron el mismo efecto en: menor desarrollo fructífero final, mucho más crecimiento vegetativo que reproductivo, menor número de nueces por rama pero los pocos frutos con un mayor peso de los estándares de peso y un menor rendimiento (Medina, 2006).

En hojas

Thidiazurón induce hipertropismo en el desarrollo de hojas y esto es considerado como consecuencia de transporte polar y la acumulación de la pre-existencia de auxinas bajo esta influencia (Jaiswall and Sawhney, 2008).

El Thidiazuron posee un efecto inhibitor en la producción de nuevas hojas, tanto cuando se le emplea solo o combinado con otros productos (Mondino, 2004).

2.4 Nitrógeno

Nitrógeno y función en la planta

Las plantas de fruto regulan su actividad vegetativa y su propio desarrollo según la cantidad de nitrógeno disponible en el terreno (Filippo, 1998). El nitrógeno es el nutrimento económicamente más importante, por la frecuencia en que se encuentra como limitante en los cultivos de México y de la mayoría de los países del mundo (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

Es uno de los constitutivos esenciales de los materiales plásticos necesarios para el crecimiento vegetativo, entra en la composición de la clorofila y de diversas materias fitoreguladoras endógenas (Filippo, 1998).

Importante componente de todas las proteínas y ácidos nucleicos, está presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y en la clorofila entre otros. Las plantas superiores, en general, tienen la capacidad de asimilar las diversas formas de Nitrógeno inorgánico, principalmente el NH^+4 y el NO^-3 (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

La calidad de la flor, longevidad del ovulo y amarre de fruto dependen de la nutrición con nitrógeno, las etapas fenológicas de la planta más demandantes son las de floración y amarre lo cual es contraproducente ya que el nitrógeno induce el crecimiento vegetativo (Díaz, 2002).

Formas de determinar las aplicaciones de nitrógeno y cantidades aplicadas

Las decisiones de la cantidad de Nitrógeno aplicado a la planta son tomadas por el agricultor de acuerdo al desarrollo y rendimiento de la planta, algunas veces y cada vez más

frecuente es con base en un análisis de tejidos; principalmente de análisis de hojas de primocañas tomadas en Julio o Agosto (Strik, 2008a), o cuando se observa una intensa coloración verde de las hojas (Filippo, 1998).

La fertilización edáfica comúnmente es a base de Nitrato de Amonio, Urea y Nitrato de Calcio. Últimamente se ha observado que hay mejores resultados con la aplicación de estos productos vía sistemas de irrigación y complementado con aplicaciones foliares (Strik, 2008b).

La corriente actual de fertilización edáfica recomendada para zarzamora va de un rango de 25 a 45 Kg/ha para el primer año de establecida y 45 a 60 Kg/ha en los siguientes años. En algunas experiencias llevadas a cabo en Oregón, USA se ha visto que al iniciar la maduración la planta puede iniciarse a fertilizar con 55 a 70 Kg/ha de N y muestra buen crecimiento, fructificación y ningún daño por exceso de fertilizante (Strik, 2008b).

El cultivo de zarzamora con habito de crecimiento erecto y semi-erecto en el primer año de establecidas se fertilizan con 25 a 45 Kg/ha y 45 a 70 Kg/ha en los siguientes años (Hart et al., 2000).

Efectos de las aplicaciones deficientes de nitrógeno

Se origina en la planta un ácido (ABA) inhibidor del crecimiento, vegetación retardada, hojas escasas, pequeñas y cloróticas con sus peciolos rojizos (Filippo, 1998).

La falta de Nitrógeno provoca en las hojas adultas una clorosis que se presenta como un amarillamiento generalizado o intervenal del tejido vegetal, debido a la reducción de los procesos de formación de clorofila, el crecimiento de raíces se reduce y su ramificación se restringe, de tal manera que la relación parte aérea/raíz se incrementa (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

Cuando hay una fuerte deficiencia de nitrógeno en el suelo la planta se da achaparrada y de lento desarrollo, tiene un elevado contenido de almidón y muy bajo de nitrógeno y esto crea un desorden en todo el proceso y como consecuencia no hay fructificación. Si el nitrógeno es muy abundante, y no se equilibra con otros nutrimentos, la planta crece rápidamente, el contenido de almidón es bajo y el de nitrógeno muy alto; en estas condiciones no produce frutos o éstos son muy escasos (Giaconi y Escaff, 2004).

Efectos de las aplicaciones excesivas de nitrógeno

Efectos fitotóxicos o antagónicos, así como vegetación abundante, emisión de ramas anticipadas, retraso en la maduración de frutos, así como también el entorpecimiento de la absorción del potasio (Filippo, 2004). Si la planta tiene notable exceso de nitrógeno respecto al que necesita, la fructificación puede resultar comprometida debido a la competencia que se instaure entre los brotes y los pequeños frutos (Filippo, 2004).

Parte del Nitrógeno que se le aplica a la planta y que ya no ocupa por ser un exceso del que demanda, lo almacena en los tallos para satisfacer sus necesidades de la próxima etapa de floración o desarrollo vegetativo (Rempel et al., 2004).

Una aplicación excesiva de Nitrógeno retrasa la maduración de los cultivos en general, lo que resulta en un contenido de materia de seca relativamente bajo y una concentración de Nitrato alto en el interior de la planta (Beukema and Van Der Zaag, 1990).

Las plantas pueden tolerar excesos de Nitratos mucho más que el exceso de amonio, y los síntomas foliares por exceso de cualquier fuente nitrogenada pueden incluir clorosis y necrosis en las hojas, epinastia (curvatura de las hojas hacia abajo), lesiones de los tallos (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

Elevados niveles de amonio pueden ocasionar deficiencias de K, Ca o Mg, los frutos de jitomate, pueden desarrollar síntomas de pudrición apical y pobre amarre (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

La sobre fertilización y el crecimiento vegetativo excesivo puede afectar negativamente el crecimiento del árbol, productividad, y calidad de la fruta (Taylor y van den Enden, 1969).

Excesos de vigor incrementan el sombreado dentro del dosel del árbol y puede reducir el desarrollo de yemas florales, cuajado del fruto y calidad de la fruta (Claypol *et al.*, 1971).

La maduración de la fruta puede ser retardada por la sobre fertilización. Altas aplicaciones de nitrógeno incrementan la variabilidad de la maduración del fruto, así como deformaciones (aplanamiento) en diferentes partes del fruto (Albrigo *et al.*, 1966).

En uva los excesos de nitrógeno disminuyen la concentración de azúcares, antocianinas y fenoles, causando un efecto negativo en la calidad de la fruta, así mismo estos excesos inducen desordenes fenológicos en la planta; necrosamiento de yemas y necrosamiento en tallos (Conradie, 1991).

Dosis altas de fertilización nitrogenada interfieren en su relación con el calcio, una concentración baja del calcio respecto al nitrógeno disminuyen firmeza y vida de anaquel del fruto (Raese, 1986).

Las plantas de fruto regulan su actividad vegetativa y su propio desarrollo según la cantidad de nitrógeno disponible en el terreno (Filippo, 1998). El nitrógeno es el nutrimento económicamente más importante, por la frecuencia en que se encuentra como limitante en los cultivos de México y de la mayoría de los países del mundo (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

A su vez, el crecimiento vegetativo excesivo causa debilitamiento de raíces y disminuye el número de puntos de fructificación, calibre, uniformidad y calidad (Stoller, 2005).

2.5 Giberélinas

Definición química

Las Giberélinas son un grupo de varios compuestos químicamente similares, de los cuales se han identificado más de 80, las diferentes giberélinas (GA) se han clasificado por número según se descubrieron, la número 3 o GA₃ es de las más abundantes, además de que es de las más activas dándosele el nombre de Ácido Giberélico (Díaz, 2002).

Las giberélinas son una larga familia de Ácidos dipertenos biológicamente relacionados, derivados de hidrocarburos tetracíclicos dipertenos que representan un importante grupo de hormonas para el crecimiento de las plantas; entre ellos el Ácido Giberélico recibe una atención especial (Geissman et al. 1966, y Salisbury and Ross, 2000).

Son sintetizadas en ápices meristemáticos y hojas jóvenes en activo crecimiento, entrenudos cercanos al ápice, raíces, frutos y semillas que son las que contienen los mayores niveles (Tais y Zeiger, 1998).

Ácido giberélico (AG₃)

El AG₃ es uno de los reguladores de crecimiento o fitohormonas que pertenecen a un grupo muy amplio de sustancias conocidas como moduladoras, que constituyen las señales químicas de todo el sistema de regulación del funcionamiento de las plantas (Álvarez-Zequeira y Almeida-González, 2005).

Vías de obtención del AG₃

Se han reportado tres vías de obtención del AG₃: extracción en plantas, síntesis química y fermentación microbiana; por cualquiera de estas tres vías la sustancia obtenida es de gran importancia económica ya que favorece el aumento del rendimiento de diferentes cultivos (Rappaport et al.,1980).

Función del AG₃ en la planta

Crecimiento y elongación de tallos y raíces, disminuye el tiempo de germinación de las semillas, inducción de la floración en plantas fotoperiodicamente sensibles que requieren de invernadero (Rappaport et al.,1980).

Las Giberélinas en general incrementan la división y elongación celular, la forma de inducir el crecimiento es mediante la alteración en la distribución del calcio en los tejidos el cual es el principal componente de las paredes celulares (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

Se incrementa el amarre de fruto en la mayoría de los cultivos, mejora la producción, vence el enanismo e influye en la transformación de plantas bianuales en anuales (Álvarez-Zequeira y Almeida-González, 2005).

La latencia de yemas con frecuencia es superada por periodos largos de frío en invierno, permitiendo el crecimiento en primavera, cuando las condiciones son favorables, las giberelinas rompen este tipo de latencia de las yemas, actuando como sustituto de las bajas temperaturas (Salisbury and Ross, 2000).

Las Giberélinas son muy activas y producen respuesta al encontrarse en concentraciones extremadamente bajas, al añadir Giberélinas se induce el aumento de la cantidad de calcio en el citosol, lo cual provoca una secreción en el aparato de Golgi de alfa-amilasa que participa en el desdoblamiento de almidón y otros compuestos orgánicos (Sharma et al., 2008). El AG₃ también aumenta la síntesis de RNAm que sintetiza a-amilasa que desdobla el almidón en azúcares disponibles para el desarrollo de la planta (Salisbury and Ross, 2000).

El ácido Giberélico promueve la elongación de células y la división celular en los meristemas vegetativos terminales, así como en los tejidos y hojas, también interviene en la terminación de la dormancia de semillas, yemas y bulbos, participando además en diversos

procesos fisiológicos y de diferenciación como geotropismo, formación de flor, expresión de sexo, amarre de fruta, así como la senescencia de hojas y frutos (Díaz, 2002).

En fresa 'Chandler' se aplicó Ácido Giberélico (75 ppm) para observar los efectos en desarrollo vegetativo, floración y fructificación, se aplicó a mediados de Noviembre (al inicio de la diferenciación de yemas) y a mediados de Febrero (al inicio de la floración); el resultado de las aplicaciones fueron favorables para la planta ya que se encontró que hubo aumento y homogeneidad entre plantas en su crecimiento vegetativo, se redujo la malformación de botones florales (mayor floración), el número de frutos por planta incrementó considerablemente y mejoró la calidad de fruto aunque el peso individual del fruto se redujo ligeramente (Sharma et al., 2008).

En naranjo 'Valencia' se inhibió la floración en un 20 % con aspersiones de 100 mg L⁻¹ de AG₃ (Guardiola *et al.*, 1982).

En uva el AG3 se utiliza en bajas concentraciones para hacer raleo de flores y aumentar el tamaño de bayas (Muñoz y Valenzuela, 2000).

2.6 Procesos que inhiben la brotación floral

El crecimiento vegetativo y la formación de yemas florales son antagónicos, en la mayoría de los frutales se ha observado que una detención del crecimiento antes de que ocurra la iniciación floral (Ben-Tal, 1986).

Uno de los compuestos que se ligan con el proceso de floración son las giberelinas endógenas que en altos niveles inhiben los crecimientos reproductivos. El ácido giberélico se ha utilizado principalmente para la inhibición de la floración, esta hormona ha tenido efecto de manera constante en cítricos principalmente en la inhibición del desarrollo de la yema floral (Almaguer, 1994).

Davenport (1983), comprobó que aplicaciones continuas de giberelinas en limón persa inhibían la inducción y floración por cerca de un año, sin embargo, no se incrementa el crecimiento vegetativo durante y después de la aplicación de tratamientos ni tampoco la floración al terminar los tratamientos. También concluyó que las giberelinas claramente inhibían el proceso de inducción floral.

La fructificación en tomate está ligada a un moderado crecimiento vegetativo, ya que si las condiciones favorecen un crecimiento vegetativo rápido, los carbohidratos se utilizan en la formación de nuevos tejidos y la concentración de aquéllos en la planta permanece baja; así, mientras la producción de flores es abundante, éstas caen sin alcanzar a fructificar (Giaconi y Escaff, 2004)..

En tomate si las condiciones permiten un pequeño crecimiento vegetativo, los carbohidratos producidos por las hojas sobrepasan las necesidades para la formación de nuevos tejidos; así, los productos de la fotosíntesis se acumulan en la planta, se produce una alta concentración de carbohidratos y las flores caen antes de fructificar (Giaconi y Escaff, 2004).

2.7 Abscisión de flores

En vid se ha observado que las yemas brotan y sin embargo los brotes no traen consigo los racimos esperados, indicando que el racimo en su fase de primordio floral abortó en la etapa posterior a la inducción de la brotación. Esto se asocia a condiciones climáticas o estados hormonales y nutricionales de la planta que evitan que los primordios se desarrollen y que estén presentes en los brotes en la fase temprana. Los primordios florales pueden ser afectados en esta etapa debido a una fitotoxicidad causada por algún producto hormonal como la cianamida (Or *et al.*, 1999 and George *et al.*, 1990).

La abscisión de órganos es un proceso complejo donde en el caso de hojas, flores y frutos está relacionado el etileno, del cual se conoce que su acumulación es provocada por factores que causen estrés a la planta (Abeles *et al.* 1992).

La abscisión de flores en vid cv 'Superior' se asoció a la presencia de altas temperaturas en la fase de floración (Martínez *et al.*, 2006).

La pérdida o abscisión de primordios florales en vid se ha asociado a la presencia de temperaturas bajas que pueden alterar el metabolismo del nitrógeno y desembocan en la acumulación de amonio en los tejidos, la cual se presume que es fitotóxica (Chistensen, 1995).

2.8 Necrosamiento de yemas florales

El necrosamiento y caída de yemas florales y flores en *Rubus spp.* puede ser atribuido a diversos factores y uno de ellos es la deficiente fertilización, así como también por el contagio de *Cerosporella rubi* (Lyman *et al.*, 2004).

La necrosis en yemas ha disminuido considerablemente en viñedos 'Shiraz' en Australia y esto modificando los niveles de poda (adelanto y retraso de fechas), como también por poda más severa, por inducción de stress por falta de agua y con la aplicación excesivas de agua después del stress hídrico provocado (Collins and Rawnsley, 2005).

En algunas otras especies como el melocotón, se ha señalado que el necrosamiento de yemas florales es causado por una enfermedad, causada por un virus conocido como mosaico latente del melocotón (Badenes *et al.*, 1999).

Factores que inducen mayor crecimiento vegetativo como utilización excesiva de agua en la irrigación repercute en mayor porcentaje de necrosis de yemas florales y una reducción en la producción de racimos para el siguiente año en vid 'Queen' (Fimbres *et al.*, 2000).

La necrosis de yemas en vid se presenta desde que se forman los primordios de inflorescencia hasta antes de la dormancia, estos primordios están regulados hormonalmente y la necrosis está asociada a diversos factores ambientales y de manejo (Shrinivasan y Mullins, 1981).

Una baja iniciación floral y una mayor necrosis de yemas ha sido asociada a una baja incidencia de flujo radiante (Martínez, 1999).

En los cultivares de uva Red Globe y Black Seedlees se encontró que en los viñedos con baja fertilidad de yemas las yemas vegetativas representaron un mayor porcentaje de las yemas necróticas (Martínez *et al.*, 2006).

Dokoozlian *et al.*, 1988 mencionan que en vid es importante hacer aplicaciones de ácido de giberélico dirigidas y sin excederse de la dosis ya que al incrementarse aumenta el problema de necrosis de yemas florales.

En la variedad 'Thompson Seedless' de uva se encontró que el origen de la necrosis de yemas está en la gran susceptibilidad a la falta de intensidad de luz y/o apropiada relación rojo rojo lejano (R/RL) (660/730) provocada por su sombreado causado por las hojas o demás partes de la planta y que incide indirectamente los excesos en vigor de la planta causados por excesos de ácido giberélico, fertilización nitrogenada y riego, (Pérez, *et al.*, 1989).

La necrosis de yemas en el cv. 'Thompson Seedless', generalmente se caracteriza por un cambio gradual en el color de la yema primaria (pasa de un verde claro a un verde pardo), normalmente seguida por la formación de una zona necrótica, para terminar de un color café oscuro y con el tejido muerto. La formación de células necróticas trae consigo la separación entre la parte basal y el ápice del brote comprimido (muerte de la yema primaria). La necrosis de la yema primaria, normalmente, produce el desarrollo activo de la yema secundaria y/o terciaria (Pérez y Kliewer, 1990).

Ensayos en vid han concluido que la necrosis de yemas aumenta en aquellas vides de alto vigor, como también con el mayor largo de entrenudos (Vial, 1988). Asimismo, se ha observado que el gran vigor de los brotes incide sobre el sombreamiento recibido en el cv. 'Riesling', lo que trae consigo un aumento del número de yemas necróticas (Vasudevan, 1997).

El ácido giberélico asperjado al follaje y brotes de vid, aumenta la necrosis de yemas, especialmente, en las de la segunda mitad del brote, que corresponde a aquellas menos diferenciadas al momento de las aplicaciones, no teniendo prácticamente efecto en yemas formadas con anterioridad (Valenzuela y Lobato, 2000).

Los porta injertos en vid inducen una mayor cantidad de yemas necrosadas, debido a que las plantas desarrollan un mayor vigor vegetativo y por consecuencia una longitud mayor del brote fructificante (Márquez *et al.*, 2007).

2.9 Anatomía

Meristemo

Región de la planta que puede permanecer en estado embrionario durante toda la vida de la planta, estas regiones de embriogénesis generan el cuerpo de la planta a través de la producción de las células que dan origen a hojas, tallos, raíces y flores (Fosket, 1994).

El meristemo es la parte del cuerpo de la planta en la que se adicionan las nuevas células después de que el embrión dejó de ser un órgano joven y se ha transformado en una planta independiente, estas partes jóvenes son las responsables del crecimiento de la planta ya que son órganos con actividad celular indefinida y se perpetúan por si mismos (Esaú, 1969).

Los meristemos están presentes en todos los ápices de raíces y brotes principales y laterales, las plantas con crecimiento secundario en espesor tienen meristemos adicionales

llamados: cambium vascular y el suberoso que son responsables de dicho crecimiento (Díaz, 2010).

No todos los meristemas son activos, los meristemas del brote principal (apicales) de una rama en pleno crecimiento pueden inhibir el desarrollo de los meristemas laterales de la misma, el crecimiento de estas yemas o meristemas laterales pueden ser inhibidos también por la relación hormonal entre el meristemo apical y lateral (Fulford, 1965 y Esaú, 1969).

El crecimiento primario iniciado en los meristemas apicales desarrolla el cuerpo de la planta, ya que aumenta la superficie y área de contacto con el aire y suelo y al final produce los órganos reproductores (Avitia y Castillo, 2007).

Las células derivadas de la división celular del meristemo cambian gradualmente, fisiológica y morfológicamente, para adquirir características especializadas diferentes a las de sus precursores meristemáticos, por lo cual se dice que la diferenciación de los meristemas es un proceso continuo (Esaú, 1969).

Meristemo apical

Los meristemas apicales de brotes vegetativos pueden transformarse en florales, estos presentan un crecimiento determinado; es decir, produce una serie de flores o inflorescencias y termina su desarrollo (Fosket, 1994).

La anatomía del meristemo apical ya sea observado en cortes longitudinales o transversales muestra la estructura celular original del meristemo, el desarrollo de sus hojas, brácteas laterales entre otros tejidos que protegen el meristemo. Se observan células pequeñas con alguna forma geométrica y llegan a tener hasta 14 caras o lados, sus paredes celulares son delgadas, núcleos alargados y pequeñas vacuolas (Johansen, 1940).

El meristemo apical puede tener más comúnmente la forma de cúpula o domo, pero también puede ser plano o cóncavo, en forma de domo, cónico o muy alargado (Cutter, 1980).

De acuerdo con la teoría de Schmidt el ápice de brote o meristemo apical consiste de túnica y cuerpo, la primera consiste de uno o más estratos periferales de células, el cuerpo consiste de una parte central de células, esta teoría aplica sólo en angiospermas. El número de estratos de la túnica (1 a 9) no es siempre constante en un mismo género y familia, ni dentro de una misma especie (Cutter, 1980).

Comprende la mayor parte de los procesos de naturaleza morfológica y fisiológica que determinan la especialización de las células. Los tejidos que han terminado su desarrollo son los tejidos diferenciados (tejidos adultos). Muchas células llegan a ser tan modificadas durante la diferenciación que alcanzan un estado irreversible (Salisbury and Ross, 2000).

Durante la fase vegetativa el desarrollo del meristemo es generalmente indeterminado y en la fase reproductiva por lo general crecimiento determinado (Carraro *et al.*, 2006).

Tejidos meristemáticos primarios

Se les denomina primarios debido a que su origen es de células embrionarias y han estado siempre relacionadas con procesos del crecimiento (Prevot, 1984) citado por Esaú, 1969. Entre estos tejidos se encuentran el: procámbium o también llamado tejido provascular y da origen a los tejidos vasculares primarios (xilema y floema), generalmente se identifica por sus células densas, alargadas y estrechas con su núcleo bien definido; el meristemo fundamental que es el precursor del sistema de tejidos fundamentales (parénquimas, colénquimas, esclerénquimas) y la protodermis (capa superficial del tejido) que da origen a la epidermis (Esaú, 1969).

En el floema primario la seriación radial es menos frecuente que en el xilema primario, la parte del procámbium que da lugar al floema, suele ser distinta en su morfología de la que forma el xilema y a menudo muestra tinción más intensa y distintos planos de división que la parte del xilema. El xilema primario se distingue por sus células acomodadas en filas radiales propias del meristemo (Esaú, 1969 y Salisbury and Ross, 2000).

Origen de las ramas

En plantas provistas de semilla, las ramas se forman en estrecha asociación con las hojas ya que brotan de las axilas de hojas, éstas en su estado inicial se designan yemas axilares. Si la yema axilar se desarrolla como brote, su meristemo apical se organiza gradualmente y procede a la formación de hojas, la iniciación floral está influida por factores externos y reacción de la planta a determinado ambiente (combinaciones específicas de temperatura, fotoperiodo etc.) (Salisbury and Ross, 2000).

Los ápices florales remplazan a los vegetativos, a veces directamente, pero con mayor frecuencia mediante el desarrollo de inflorescencias (Salisbury and Ross, 2000).

El cambio de actividad vegetativa a reproductiva en el meristemo apical sigue un orden que está determinado por la naturaleza de la planta. Plantas anuales herbáceas pasan, durante una estación, a través de una secuencia ininterrumpida que va de crecimiento vegetativo, iniciación floral y desarrollo floral (Grainger, 1939).

Las flores se originan en el ápice del brote principal, o en ramas laterales, o en ambos. Las ramas laterales pueden formar ramas adicionales de orden variable antes de producir flores. La formación de todos los tipos de inflorescencias implica el cese de la fase vegetativa y el inicio de la reproductiva (Ricket, 1994).

Inducción floral

La inducción inicia una vez que termina el crecimiento vegetativo (planta adulta y madura), el AG3 es la única hormona o factor que puede detener la inducción de un meristemo vegetativo a reproductivo, ya que promueve el crecimiento vegetativo (Engin y Unal, 2007).

Los primeros signos de transición a floración son el crecimiento de los entre nudos jóvenes, detención del crecimiento vegetativo, formación precoz de yemas axilares, las hojas se reducen de tamaño y algunas cambian de forma (Bernier *et al.*, 1993).

El inicio del desarrollo reproductivo se da a partir de un meristemo vegetativo que está en producción de ramas u hojas y cambia a meristemo reproductivo productor de flores, brácteas florales e inflorescencias. Es en los primeros cambios de vegetativo a reproductivo donde se puede influir sobre el número de yemas que se transformaran en flores (Martínez *et al.*, 2006).

El meristemo floral es más grande en volumen que el meristemo vegetativo, ya que sus células se dividen rápidamente, este proceso ocurre una vez se recibió el estímulo floral que a su vez puede ser dado por: fotoperiodo (fresa), vernalización (olivo), señal hormonal, actividad de los genes de identidad floral (genes MADS), (Coen y Meyerowitz, 1991).

De acuerdo a la especie vegetal de estudio es el número de estratos de túnica que presenta al pasar a su condición reproductiva, en zarzamora no hay algún reporte sobre este número de estratos de túnica pero algunas especies de su misma familia (Rosáceas) presentan un cambio de cuatro a una como el almendro, manzano de cuatro a dos estratos, durazno de dos a un estrato (Contreras, 1986).

En la etapa previa a la iniciación floral se incrementa la síntesis de proteínas, actividad de enzimas hidrolíticas y en ácidos nucleicos, lo que hace suponer que son algunas señales de genes las actúan previo a la floración (Bernier *et al.*, 1993; Díaz, 2002; Salisbury and Ross, 2000).

En el cambio de meristemo vegetativo a reproductivo la actividad meiotica aumenta, así como el número de células y esto mayormente en plantas en las que sus flores son terminales o cuentan con varias inflorescencias que dan origen a sus flores (Kwiatkowska, 2008).

La señal que reciben las plantas que da origen a la inducción del cambio de vegetativa a reproductiva puede ser originado por el fotoperiodo: días largos, días cortos o días neutros, dependerá de la especie cultivada ya que muchas no es esa la señal para su iniciación a ser meristemo reproductivo (Carraro *et al.*, 2006 y Kwiatkowska, 2008).

La inducción del meristemo vegetativo a ser reproductivo es por un factor hormonal aun no bien especificado, esto da origen a cambios químicos e histológicos que modifican cualitativamente la función meristemática, en manzana se ha observado que durante la inducción aumenta el contenido de ADN en las yemas terminales (Buban y Faust, 1982).

Iniciación

El tamaño y forma del meristemo es uno de los cambios más evidentes durante la iniciación floral, los meristemos vegetativos generalmente son en forma de pequeños domos y cambia a una forma aplanada, presenta un alargamiento y ensanchamiento durante la iniciación floral (Bernier *et al.*, 1993 y Díaz, 2002).

Plantas anuales herbáceas pasan, durante una estación, a través de una secuencia ininterrumpida que consiste en: crecimiento vegetativo, iniciación floral y desarrollo floral. La iniciación está influida por factores externos, depende la susceptibilidad de la especie vegetal a las condiciones ambientales para sufrir esa iniciación a ser reproductiva (Esaú, 1969).

En manzana 'Spurs' se hicieron aplicaciones de sulfato de cobre provocando defoliación completa que a su vez provoca la iniciación y brotación de las yemas florales, al defoliar (tumbar

las hojas antes de que inicien la síntesis de inhibidores de la brotación floral) a la planta se le simula el letargo y provoca la iniciación o posible aceleración a la formación de los órganos florales o brotación si es que ya están formados (Fulford, 1970).

Diferenciación floral (organogénesis)

Estadio reproductivo en el que los ápices florales rempazan a los vegetativos, algunas veces directamente, pero con mayor frecuencia mediante el desarrollo de inflorescencias. Las distintas partes de la estructura de una flor pueden aparecer en orden y secuencia acrópeta: a partir de sépalos, pétalos, estambres y carpelos (Esaú, 1969).

La diferenciación es la aparición de todas las partes florales y se inicia después de los cambios químicos e histológicos de la señal de inducción.

En frutales templados como manzano la diferenciación floral ocurre de tres a cuatro semanas después del periodo de antesis o floración total (Foster *et al.*, 2003), otros estudios demuestran que puede ser después de dos meses de la floración completa, debido a la demanda de nutrientes durante la floración completa (Fulford, 1966).

La diferenciación floral es un proceso continuo en el que las yemas axilares en formación dan como resultado la diferenciación de la yema floral debido a las unidades o días de desarrollo que han acumulado, más que por el tiempo o periodos de tiempo del ambiente (Fulford, 1965).

En ciruelo 'Sweet' y durazno 'Glo haven' el meristemo diferenciado tiende a ser aplanado y una vez que se observa esta característica ya está formados sus primeros órganos florales, iniciando por los sépalos (Engin y Unal, 2007).

Anatomía de la necrosis de yemas

En *Vitis spp.* la necrosis de yemas ocurre principalmente en el nudo distal o nudo cinco de la lateral fructificante y que anatómicamente se observa en el microscopio electrónico un desorden celular (afectadas paredes celulares), el cual afecta células jóvenes en la base de la axila primaria y hacia la parte nodal de la yema lateral afectando las yemas más maduras. Como ya se mencionó el daño inicia en las paredes celulares, continuando con una compresión de estas mismas paredes celulares, lo cual reduce el volumen de las células y en algunas ocasiones el daño afecta los haces vasculares. (Vasudevan, 1997).

2.10 Componentes de rendimiento

Galindo-Reyes et al. en el 2004 con aplicaciones de 200 mg L⁻¹ de TDZ y 100 mg L⁻¹ de AG₃ obtuvieron un área foliar de 3,032 cm² por caña de zarzamora 'Comanche' tres veces que el testigo que no se le hicieron aplicaciones de reguladores de crecimiento.

En frambuesa 'Heritage' las aplicaciones de 240 kg/ha de nitrógeno incrementaron la producción de retoños (verano otoño), mayor peso de poda, mayor número de nudos fructíferos y flores, al considerar los rendimientos se obtuvo una tasa de incremento de 24 kg de fruto/kg de N aplicado (Salvatierra y Ortega, 1993).

En zarzamora 'Brazos' aplicaciones de AG₃ a 25 ppm tres veces con intervalos de quince días después de la poda, se obtienen los mayores rendimientos (6.8 ton/ha) en comparación con el testigo (5.7 ton/ha), (Echeverría, 1999).

El índice de cosecha (Proporción de la biomasa de frutos respecto a la biomasa total de la planta) en jitomate ha obtenido valores 1/2 y 3/5 los cuales se consideran óptimos para obtener un buen rendimiento (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

Hay tres grandes procesos que vinculan la producción de biomasa con el rendimiento (Heuvelink, 1999):

- * Generación de la estructura del dosel, responsable de la eficiencia de intercepción de radiación, generalmente resumido en el índice de área foliar.
- * Utilización de la radiación interceptada en la producción de biomasa a través del proceso de fotosíntesis, o eficiencia en el uso de la radiación.
- * Partición de la biomasa entre las diferentes estructuras que se encuentran en activo crecimiento; durante el período de llenado de las estructuras reproductivas la partición recibe el nombre de índice de cosecha.

El índice de cosecha disminuye al aumentar la fertilización nitrogenada, pero las tendencias no son consistentes. En tomate, han verificado que una mayor disponibilidad de nitrógeno origina una menor partición de asimilados hacia los frutos y favorece el crecimiento vegetativo prolongándolo (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

Los valores de índice de cosecha varían con las condiciones de crecimiento, determinándose para jitomate valores entre 0,50 y 0,66 para distintos ambientes (Heuvelink, 1999).

El peso específico de hoja es un estimador de la capacidad fotosintética de la hoja y es calculada con la materia seca de la hoja entre la superficie o área foliar (Secor *et al.*, 1982). La tasa fotosintética por unidad de área foliar es determinada por las aplicaciones de nitrógeno en hojas de durazno (Calderón *et al.*, 1997).

El peso específico de hoja es afectado por la sombra; ya que a medida que la cantidad de material vegetativo hay; existe mayor sombreo entre sus hojas y esto disminuye la capacidad fotosintética y por consecuencia el peso específico (Marini y Sowers, 1990).

Castillo en 1996 demostró que en cítricos aumenta el peso específico de hoja a medida que las hojas son más maduras, esto lo obtienen acumulando más reservas a finales del año (Octubre – Enero).

2.11 Relación fuente demanda en la planta

La condición Carbono/Nitrógeno representa el balance entre carbohidratos y nitrógeno buscado en un patrón equilibrado, con un amplio suministro de ambos, que permite alcanzar alta productividad (Rodríguez y Silva, 1995).

La relación Carbono/Nitrógeno es fundamental en la diferenciación de yemas fructíferas y formación de flores, ya que moderada cantidad de carbohidratos y alta cantidad de sustancias nitrogenadas, producen crecimiento vegetativo vigoroso, entrenudos largos y pobre formación de yemas fructíferas o formación de flores. Y por el contrario un elevado contenido de carbohidratos y moderadas sustancias nitrogenadas, producen crecimiento vegetativo moderado, entrenudos de longitud media, y abundante formación de yemas fructíferas (Rodríguez y Silva, 1995 y Salisbury and Ross, 2000).

Exceso de carbohidratos y bajo contenido de nitrógeno conlleva a un pobre crecimiento vegetativo, entrenudos cortos, lignificación moderada y pobre formación de yemas fructíferas (Hidalgo, 1999).

En plantas perenes principalmente existen varios cambios internos que se producen en brotes con un muy rápido crecimiento o que están sometidos a un sombreado: el vigor induce deficiencia de potasio y reducción de carbohidratos para sostener el crecimiento, la sombra disminuye la producción de carbohidratos e inhibe el paso de nitratos a nitrógeno orgánico, disminuyendo la disponibilidad de dichos nutrientes para la yema (Stoller, 2005).

La distribución de fotosintatos dentro de la planta está regulada por la interacción fuente-demanda, las flores tienen menor prioridad que los frutos y brotes en atraer fotosintatos. El desarrollo inicial de la flor puede ser retrasado por competencia del crecimiento vegetativo (Díaz, 2002).

2.12 Factores ambientales

Estimulación de la diferenciación floral por bajas temperaturas

Las especies frutales de hoja caduca se han adaptado naturalmente a lugares con estaciones climáticas bien marcadas, con otoño y/o invierno de temperaturas bajas, que no permite el crecimiento. La latencia de yemas y la dureza de los tejidos, posibilitan la supervivencia de las plantas en condiciones de frío adversas (Gil, 2000).

La latencia es un estado con aparente signo de inactividad, cuyo crecimiento visible ha sido suspendido temporalmente, este estado para las yemas, se caracteriza por ser fisiológica y bioquímicamente muy activo, en los cuales existen cambios en el peso fresco, peso seco, reguladores de crecimiento y otros compuestos químicos que han sido observados (Or *et al.*, 2000).

Para salir del estado de dormancia o reposo, es necesario una cantidad de frío invernal, que restaría la capacidad de la yema para hincharse y crecer nuevamente. Este frío se refiere a temperaturas entre 0 y 7° C y su cantidad depende de la especie y el cultivar (Westwood, 1982).

Fotoperiodo

En algunas especies frutales la longitud del día regula tanto la iniciación floral como la detención del crecimiento vegetativo. Las plantas que responden a la longitud del día tienen un sistema interno de pigmentos (fitocromos) que miden la longitud del periodo oscuro, durante el día la luz roja induce una forma de fitocromo (Pfr) y por la noche cambia lentamente a la forma Pr (Salisbury and Ross, 200; Avitia y Castillo, 2007 y Díaz, 2002).

Las plantas en general, son clasificadas en dos grupos, de acuerdo a su respuesta a la longitud del día (Thomas y Vince-Prue, 1984 citado por Avitia y Castillo, 2007):

* Plantas de día corto: Ocurre la floración (o es acelerada) bajo longitudes de día más cortas que una duración particular, conocida como longitud de día crítica.

* Plantas de día largo: Solo ocurre la floración (o es acelerada) bajo longitudes de día que exceden a la longitud de día crítica.

Temperatura

Las temperaturas son un factor importante para la formación de flores en varios frutales entre los que se encuentran las rosáceas, cítricos, piña, vid etc. En manzano 'Golden Delicious' la exposición a 24 °C durante cinco semanas después de anthesis aumenta el crecimiento de brotes y reduce la formación de yemas florales en los espolones, mientras que en Durazno la iniciación floral es inhibida a altas temperaturas (Avitia y Castillo, 2007 y Díaz, 2002).

En las plantas herbáceas o tejidos vegetales en específico hay ciertas temperaturas para su desarrollo óptimo, el no estar la planta dentro de su rango óptimo de temperaturas disminuye o acelera su desarrollo constante de la misma (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007 y Salisbury and Ross, 2000).

A parte del número de horas luz durante el día y la calidad lumínica es importante una temperatura óptima para la fotosíntesis en los tejidos vegetales ya que por medio de esta vía se almacena energía, se adquiere de la atmosfera el CO_2 inorgánico vía estomas y se fija en CO_2 orgánico o azúcares, ATP, etc. La enzima Rubisco es la encargada de unir el CO_2 y Ribulosa para formar el CO_2 orgánico y dicha enzima su mejor funcionalidad esta entre 20 a 25°C por lo que temperaturas mínimas o en exceso evitan la fijación de CO_2 y activación de Rubisco (Salisbury and Ross, 2000).

Los frutales son clasificados como C_3 y son los que más ocupan nitrógeno y más eficientes son en la ocupación del mismo (Díaz, 2002).

Durante la formación de flores y frutos los árboles frutales son cuando más demandan productos fijados por fotosíntesis y las zonas de mayor demanda son los que desarrollan las flores, por lo cual los árboles dejan de ser C_3 por la noche y cumplen un papel similar al de las plantas MAC y abren estomas durante la noche que directamente fijan aminoácidos, pero este proceso se ve afectado por temperaturas bajas y excesivas, disponibilidad del CO_2 , pérdida de agua y respiración (Díaz, 2002).

CAPITULO 3

REGULADORES DE CRECIMIENTO, TEMPERATURA Y NECROSIS DE YEMAS FLORALES SOBRE COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN ZARZAMORA 'TUPY'

RESUMEN

Los Reyes, Michoacán es el principal productor de zarzamora en el mundo, tiene el 95 % de su producción con la variedad 'Tupy', la cual viene presentando entre otros problemas en su producción la necrosis de yemas florales que impacta directamente en los rendimientos por hectárea, este problema se estudió en este experimento mediante la cooperación de productores de la zona, sus recomendaciones sobre donde creían que estaba el problema y junto con esto se evaluaron en el 2009 en Los Reyes, Michoacán diferentes dosis de reguladores de crecimiento (Thidiazurón y Ácido Giberélico), cinco diferentes fechas de forzado que iniciaron en Octubre y se extendieron hasta Diciembre y como tercer factor dos niveles de fertilización nitrogenada; ambas según la literatura caen sobre el exceso, sin embargo, en la zona son muy usuales estas dosis (350 y 500 unidades de nitrógeno). Después de dar seguimiento y cuantificar diferentes datos/variables en todo el ciclo de producción se obtuvieron claros resultados que nos hacen ver que los tres diferentes factores de estudio aumentan o disminuyen la necrosis de yemas florales en zarzamora 'Tupy', siendo el factor más determinante las dosis más altas de reguladores de crecimiento y más aún en su interacción con altas dosis de fertilización nitrogenada y fechas tardías de forzado.

3.1. INTRODUCCIÓN

La zarzamora es una de las frutillas que representa un grupo de cultivos estratégicos de gran importancia social y económica, genera gran cantidad de empleos directos e indirectos que contribuyen significativamente al desarrollo regional del estado de Michoacán, actualmente es el principal productor y exportador a nivel mundial. Estos posicionamientos y altos rendimientos es debido al manejo agronómico y clima de la zona (Strik, 2008), los principales componentes del manejo agronómico son la defoliación y aspersion de reguladores de crecimiento (Clark, 2008), lo cual da homogeneidad y adelanta la brotación, así también aumenta los rendimientos (Galindo-Reyes et al., 2004). Por tal motivo el objetivo de este capítulo fue evaluar el efecto de diferentes fechas de forzado; temperaturas, dosis de nitrógeno, número de aplicaciones y dosis de reguladores de crecimiento sobre la necrosis de yemas florales, el crecimiento vegetativo y reproductivo de zarzamora 'Tupy'.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y ubicación del experimento

El experimento se estableció en el Municipio de los Reyes, Michoacán que se localiza al lado Este del Estado, a una latitud Norte de 19°35', longitud Oeste de 102°29' y a una altitud de 1,305 m, el clima del lugar es clasificado como semicálido subhúmedo con lluvias en verano (köppen modificado por Enriqueta García), con grados intermedios de humedad y, una precipitación anual de 900 mm, la temperatura media mensual oscila entre 15.6 a 31.6 °C (Tejera y Ochoa, 2004).

Material vegetal

Se trabajó con Zarzamora 'Tupy', cuyas plantas son de porte erecto, con espinas, con producción de 3.8 kg/planta/año, producen frutos grandes (6 g), de coloración oscura uniforme, sabor equilibrado con buen balance entre acidez y azúcar, el fruto agregado es consistente y firme, con semillas pequeñas, epidermis y cutícula resistentes y aroma atractivo, características que la hacen recomendable para el consumo en fresco (Dos santos y Raseira, 1988).

Las plantas de zarzamora utilizadas en el experimento eran de producción de primer año (planta que se poda a ras de piso para producción de fruta en ese mismo año), podadas a ras de piso el 23 de febrero del 2009, con aplicaciones de nitrógeno al suelo a base de fosfonitrato; 115 unidades de nitrógeno (UN) en total, con dos sezonadas (aspersión al follaje de la planta a base de urea y cobre con el fin de provocar su completa maduración o sezonamiento) cada nueve días a partir del 15 de septiembre del 2009.

Diseño experimental, factores a evaluar y sus niveles

Se usó un arreglo de tratamientos factorial 5x3x2 con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, se usaron 5 m lineales de seto como unidad experimental, de los cuales se aprovecharon los 3 m centrales para medir las variables a registrar.

Fechas de forzado

En el factor fechas de forzado, se utilizaron cinco hileras (cinco niveles) de seto de 128 m lineales, para en cada una de ellas iniciar en diferente fecha la aplicación de tratamientos, cada hilera/nivel de este factor se dividió por la mitad (64 m lineales) para en cada una aplicar los niveles del factor nitrógeno (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.

Hilera/nivel	Fecha de inicio de forzado (defoliación)
1	17 de Octubre 2009
2	31 de Octubre 2009
3	14 de Noviembre 2009
4	30 de Noviembre 2009
5	14 de Diciembre 2009

Fertilización nitrogenada

En el factor aplicaciones de nitrógeno edáfico que contó con dos niveles, la fecha de inicio de aplicación fue el 02 de agosto del 2009, ajustándose las aplicaciones según las unidades

ya aplicadas anteriormente por el productor, siempre se usó el producto comercial fosfonitrato como fuente de nitrógeno (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.

Niveles de Nitrógeno	15/Jun/0	02/Sep/0	23/Oct/09	01/Dic/09	02/Ene/10
	9	9			
350 UN*	115	100	35	100	
500 UN	115	100	85	100	100

*Unidades de nitrógeno.

Las fechas de aplicación de nitrógeno se adecuaron de esa forma con el fin de provocar el exceso de nitrógeno días antes de la fecha de forzado.

Reguladores de crecimiento

En el factor reguladores de crecimiento (TDZ y AG3) el inicio de las diferentes dosis y número de aplicaciones de los tratamientos fue el día 15 de octubre del 2009; dos días antes de defoliar la primera hilera y se continuo con las aplicaciones cada ocho días después de la defoliación, de esta misma forma fueron las aplicaciones para cada hilera de forzado (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3 Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.

Niveles de Reguladores	Dosis de aplicación pre defoliación¹	Dosis y número de aplicaciones post defoliación²
1	50 mg L ⁻¹ TDZ [#]	Una aplicación de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃ *
2	100 mg L ⁻¹ TDZ	Una aplicación de 50 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃
3	50 mg L ⁻¹ TDZ	Cuatro aplicaciones de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃

¹ Pre defoliación: aplicaciones dos días antes de la defoliación.

² Post defoliación: aplicaciones cada ocho días después de la defoliación.

[#] TDZ: Regulador de crecimiento Thidiazurón, nombre comercial Revent@500 SL (Contiene 500 gramos de ingrediente activo por litro de producto).

* AG₃: Regulador de crecimiento Ácido Giberélico, nombre comercial Ácido Giberélico (GA3 10%) PH.

Las aspersiones de TDZ en pre-defoliación y segunda aplicación post-defoliación llevo 2 % de citrolina emulsificada.

Variables Evaluadas

Dinámica de brotación de laterales

Cada semana, iniciando dos semanas después del inicio de los tratamientos y hasta las 8 semanas después o hasta que lo cerrado del seto permitió la toma de datos, se contaron el número de yemas laterales brotadas cada ocho días y se estimó la proporción de yemas laterales que brotaron por efecto de los tratamientos en relación al total de yemas en una fracción de tallo productivo; para ello, se marcó con cinta esa fracción de tallo de 1 m lineal en el que se hicieron los conteos, con los cuales se estimó un porcentaje acumulativo en este ciclo.

Dinámica de floración

Después del inicio de floración de cada fecha de forzado se hicieron conteos cada 8 días de las laterales con flores abiertas respecto del total de laterales dentro del cuadrado de alambre de 60x60 que se colocó al centro de lo alta y ancho del seto, con este dato se estimó un porcentaje acumulativo del ciclo de floración conforme avanzó la toma de datos.

Laterales fructificantes con necrosis

En plena floración (a partir del 50% de laterales con floración) se contó el número de laterales con algún grado de afectación por necrosis de yemas florales; se estimó el porcentaje de laterales con el daño respecto del total de laterales fructificantes dentro del cuadrado de alambre de 60x60 cm. Se hicieron 7 muestreos con 8 días de diferencia.

Necrosamiento por lateral

Durante los muestreos de las laterales fructificantes con necrosis, se muestrearon tres laterales a las que se les cuantificó la proporción de sus yemas florales afectadas respecto del total de yemas con flores o botones florales abiertos.

Número de laterales fructificantes

Durante la cosecha se contó el número final de laterales fructificantes (con flores y/o frutos) crecidas enmarcadas en un cuadrado de alambre de 60x60 cm y se calculó el número por unidad de área (m^2 de seto).

Longitud de laterales fructificantes

La medición de la longitud total (m) de laterales fructificantes se hizo muestreando 3 laterales al azar por cada unidad experimental del experimento; se midió cada lateral desde su base hasta su ápice (flor reina) una vez que había formado todas su flores y/o frutos y se estimó un promedio por cada diferente factor y cada uno de sus niveles.

Número de frutos por lateral

Durante plena cosecha se contó el número de frutos por lateral fructificante; se hizo el muestreo en 5 laterales por unidad experimental.

Peso fresco de fruto

Durante la cosecha al observar la parte de seto de cada tratamiento con un mínimo de 90% de frutos en madurez de cosecha, se muestrearon al azar 5 frutos por unidad experimental para obtener el peso promedio de fruto en cada tratamiento.

Rendimiento

Durante el periodo de cosecha, se tomaron las variables de número de laterales fructificantes y número de frutos por lateral, utilizando la información de estas variables se estimó el rendimiento por cuadrado de alambre de 60x60 cm, por unidad de área (m^2 de seto) y así estimarlo a t/ha.

Variables Ambientales

Con un data logger (Marca Watchdog, modelo 450), con sensores de temperatura, humedad relativa y precipitación, se tomaron mediciones a nivel del experimento y se procesaron para

obtener valores promedios diarios mínimos, medios y máximos, para generar la curva del patrón de temperatura y precipitación durante los periodos de estudio.

Análisis Estadísticos

El análisis estadístico de los datos se hizo bajo un modelo con diseño experimental completamente al azar. El análisis consistió de un análisis de varianza (ANOVA) por cada variable que se adecuó a este tipo de análisis, se usó un análisis proc logistic para la variable dinámica de floración y brotación, un análisis con regresión binaria para laterales con necrosis y en aquellas en las que la prueba de F del ANOVA detectó diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó una comparación múltiple de medias por la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$. Todas las pruebas estadísticas se hicieron con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS®). Para el análisis, los datos porcentuales se transformaron por arco seno $\sqrt{\%}$.

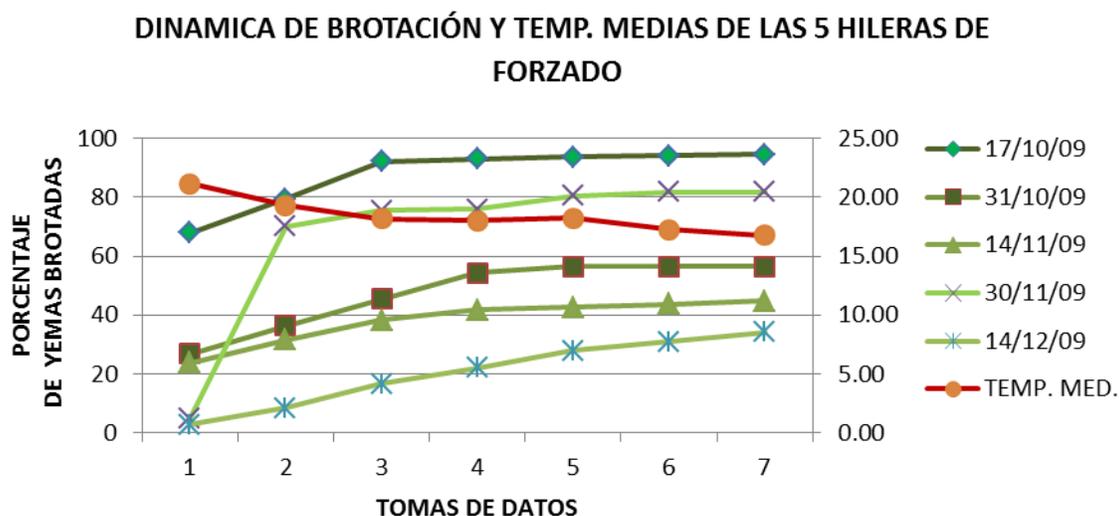
La interacción de las variables ambientales y necrosamiento de yemas se analizaron mediante análisis de correlación y de regresión para ver el grado de asociación y de dependencia entre las variables. Asimismo, se realizaron graficas de dos y tres ejes para ver cuales variables estaban correlacionadas con el necrosamiento de yemas.

Para el análisis estadístico de las variables respuesta; número de laterales con necrosis de yemas florales, yemas necrosadas por lateral y dinámica de brotación y floración, se usó el método de regresión binomial.

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de Brotación de Laterales y Floración

Las diferentes fechas de inicio de forzado mostraron un efecto significativamente diferente entre ellas en cuanto al porcentaje de yemas brotadas, el porcentaje de yemas brotadas durante las diferentes fechas de inicio de forzado se ilustran en la Figura 3.1, donde también se muestra la relación que existe entre los promedios de las temperaturas medias durante cada fecha de forzado. En las cinco fechas de forzado diferentes su comportamiento fue ascendente/acumulativo, sin embargo, la fecha de forzado uno del día 17 de octubre del 2009 que fue forzada durante temperaturas medias de 21.15 °C ocho días antes y ocho días después del forzado es la que mayor brotación final tuvo (94.60 %), ya que se forzó y se desarrolló en su etapa reproductiva a las temperaturas óptimas (15 – 24 °C) para la zarzamora (Venegas, 2001 y Salisbury and Ross, 200).



. **Figura 3.1.** Dinámica de brotación y temperatura media en las 5 diferentes hileras de forzado.

La combinación de los tratamientos de nitrógeno y TDZ AG3, mostraron diferencia significativa en sus efectos sobre el porcentaje de yemas brotadas (Figura 3.2), el tratamiento con la fertilización nitrogenada alta (500 unidades/ha) y mayor dosis y aplicaciones de TDZAG3 fue la que mayor brotación de yemas mostro (53.54%), mientras que la de menor fertilización nitrogenada (350 unidades/ha) y menos dosis y aplicaciones de TDZAG3 fue la que menor brotación tuvo (34.38%), este fue casi en lo general el patrón que siguieron los tratamientos; entre más nitrógeno más vigor y brotación vegetativa principalmente se provoca (Salisbury and Ross, 2000 y Díaz 2002) de la misma forma las aplicaciones repetidas y altas dosis de reguladores de crecimiento provocan un desbalance hormonal y estimulación a la planta a diferenciarse, hacer brotar sus yemas y alargar sus tallos o cantidad de hojas (Murthy *et al.*, 1998, Maxwell *et al.*, 2007 y Galindo-Reyes *et al.*, 2004).

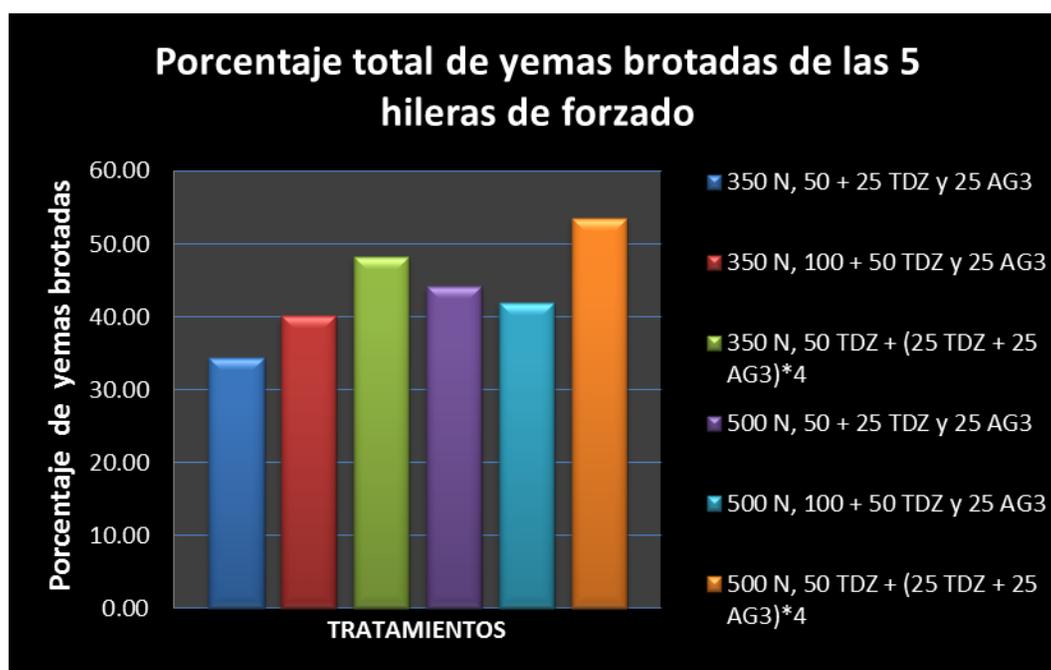


Figura 3.2. Brotación de yemas en las 5 diferentes hileras de forzado.

Dinámica de floración

Para las cinco fechas de forzado analizadas resulto haber diferencias significativas entre ellas (Figura 3.3); en la variable dinámica de floración que fue acumulativa durante las seis tomas de datos la iniciación de la floración siempre fue ascendente, sin embargo, no está claro el patrón de floración de acuerdo a las fechas de forzado, ya que la primera fecha de forzado (17 de octubre 2009) inicio con el 28.84 % de floración mientras que la segunda (31 de octubre 2009) y cuarta (30 de noviembre 2009) fecha de forzado iniciaron mejor su floración arrojando datos de 52.16 y 45.74 % de floración sucesivamente, por lo cual la temperatura óptima para la brotación y desarrollo de la zarzamora (Venegas, 2001) no fue el único factor para la buena floración.

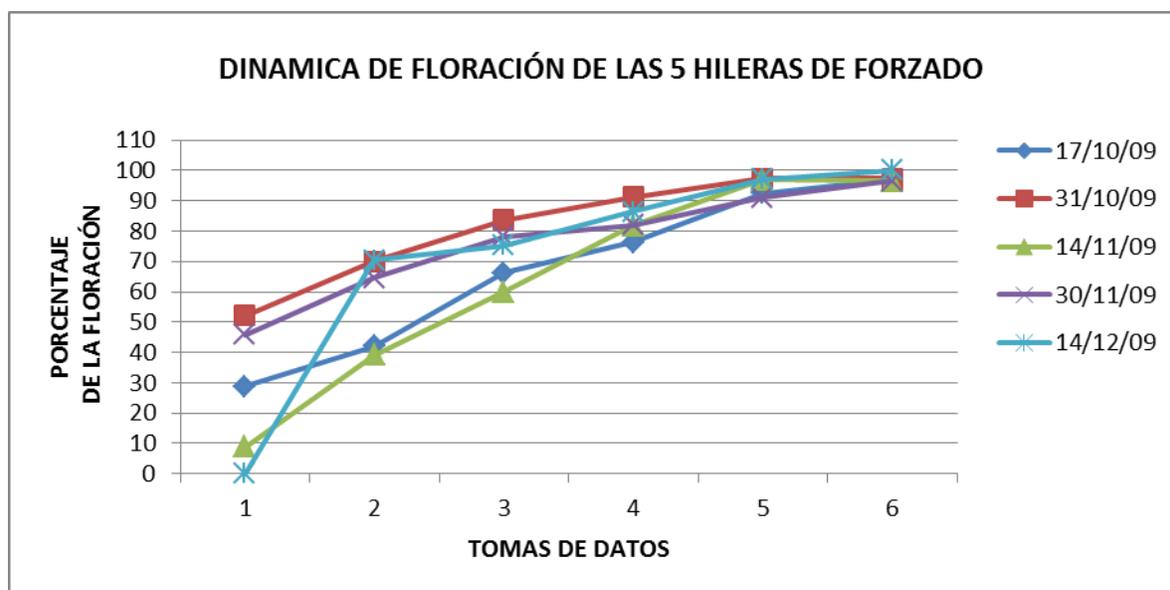


Figura 3.3 Dinámica de floración de las fechas de forzado.

En el porcentaje final acumulativo de floración de cada fecha de forzado también hubo diferencia significativa entre ellas (Figura 3.3), sin embargo, la brotación al final en general fue buena, estuvo entre 96.43 % (fecha de forzado del 14 de noviembre 2009) hasta el 100 % en la fecha de forzado del 14 de diciembre 2009 que fue la que acumulo más horas de calor y horas frío (Venegas, 2001 y Strik, 2008b).

En cuanto a los diferentes niveles de fertilización nitrogenada también se mostró una diferencia estadísticamente significativa (Figura 3.4), ya que los tratamientos con 500 unidades de nitrógeno mostraron mayor floración (74.90 %) que el tratamiento con 350 unidades de nitrógeno (69.43 %); con este resultado se concluye que la fertilización nitrogenada si es determinante (Díaz, 2002) en la floración y que al sobre pasar las recomendaciones (Strik, 2008b y Hart *et al.*, 2000) no se vio afectado por la cantidad de flores sino más bien beneficiado.

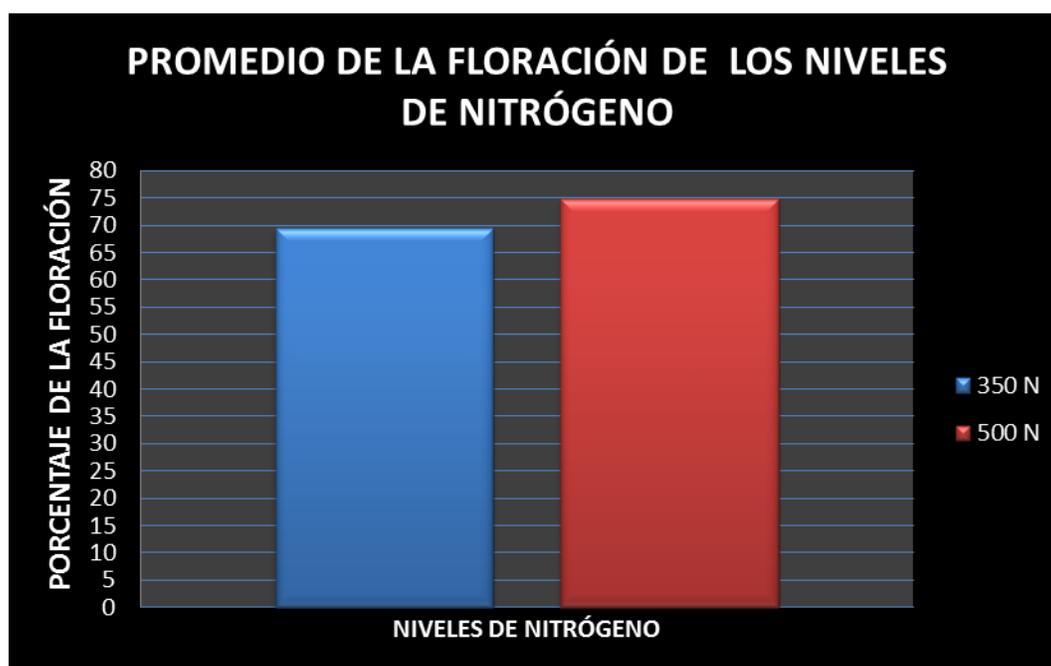


Figura 3.4. Promedio de la floración de los niveles de nitrógeno.

Laterales con necrosis

Con un nivel de significancia de 5 % se concluye que las diferentes fechas de forzado no producen el mismo efecto en el número de laterales con necrosis, esto al ir incrementándose la necrosis conforme más tarde se hacia el forzado y las temperaturas mínimas promedio iban bajando (Figura 3.5), (Martínez *et al.*, 2006 y Collins and Rawnsley, 2005), las cuatro primeras fechas de forzado fueron en incremento; partiendo la fecha de forzado uno (17 de octubre 2009)

con el 8.72 % de laterales con necrosis y llegando a la máxima necrosis en la fecha de forzado cuatro (30 de noviembre 2009) con el 14.87 %, esto nos indica que las condiciones climáticas (Or *et al.*, 1999 and George *et al.*, 1990) influyeron en la necrosis de yemas, mientras tanto la fecha de forzado cinco (14 de Diciembre 2009) mostro menos necrosis (7.48 %) siendo esta la que recibió por más tiempo temperaturas más bajas antes de ser forzada y estimulada para su brotación y estuvo más del mes sin algún tipo de desarrollo que puede concluirse en posible dormancia (Gil y Or *et al.*, 2000 y Westwood, 1982).

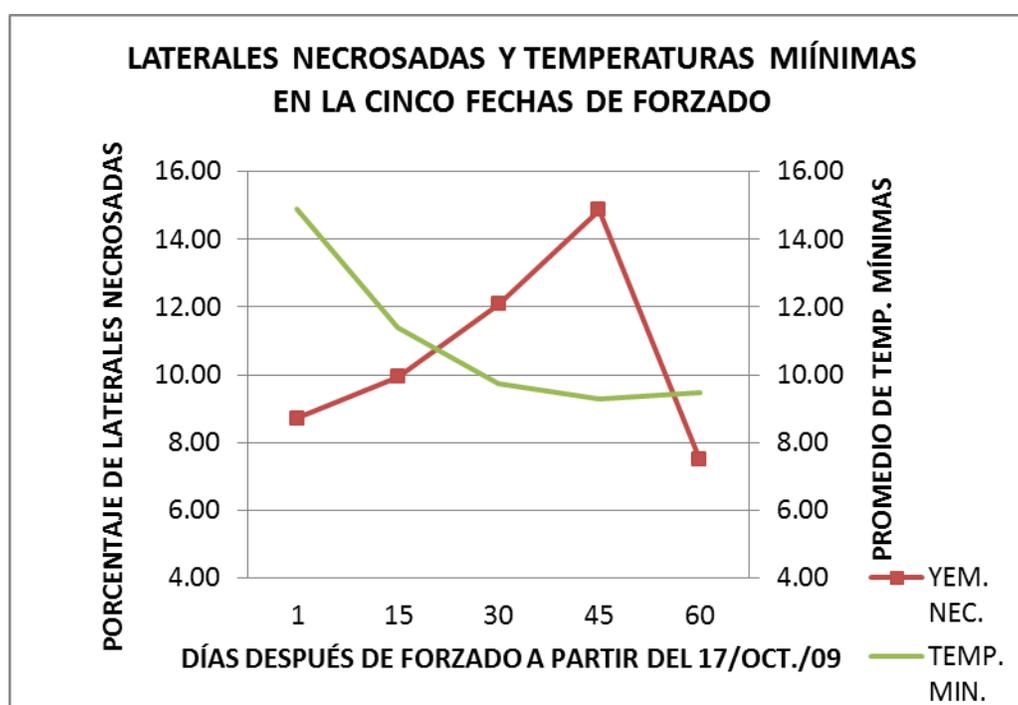


Figura 3.5. Laterales con necrosis y temperaturas mínimas en las fechas de forzado.

Las dos dosis de fertilización nitrogenada al suelo (500 y 350 unidades) no mostraron diferencia estadísticamente significativa, sin embargo, si se observa ligeramente un aumento en el porcentaje de laterales con necrosis (Figura 3.6) a medida que la fertilización con nitrógeno es mayor (Pérez *et al.*, 1989) , tal y como señalan Filippo en 2004 y Alcántar y Trejo-Téllez en 2007

que las aplicaciones de nitrógeno en cualquier frutal tienen su punto máximo de aplicación ya que ponen en riesgo la buena brotación, diferenciación de yemas y amarre de frutos.

Los tratamientos con aplicaciones de thidiazurón (TDZ) y ácido giberélico (AG3) si mostraron efectos significativamente diferentes entre ellos (Figura 3.6), resultando claramente mayor porcentaje de laterales con necrosis (28.71 % con 500 UN y 27.24 % con 350 UN) en los tratamientos que se les aplicó 50 mg L⁻¹ TDZ + cuatro aplicaciones de 25 mg L⁻¹ TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃ cada 8 días, mientras que en los otros dos tratamientos con TDZ y AG3 con solo dos aplicaciones no mostraron más del 1.54 % de laterales con necrosis. Estos resultados concuerdan con lo reportado por diversos autores que usan reguladores de crecimiento para hacer raleo de frutos mediante la aplicación de AG3 a las yemas florales lo cual provoca la caída de yemas (Muñoz y Valenzuela, 2000), otros más inhiben la floración con AG3 ya que es un antagonista del desarrollo reproductivo (Almaguer, 1994 y Davenport 1983) y más específicamente Dokoozlian *et al.*, en Vid tuvo efecto similares con mayor necrosis de yemas florales al aplicar altas dosis de AG3.

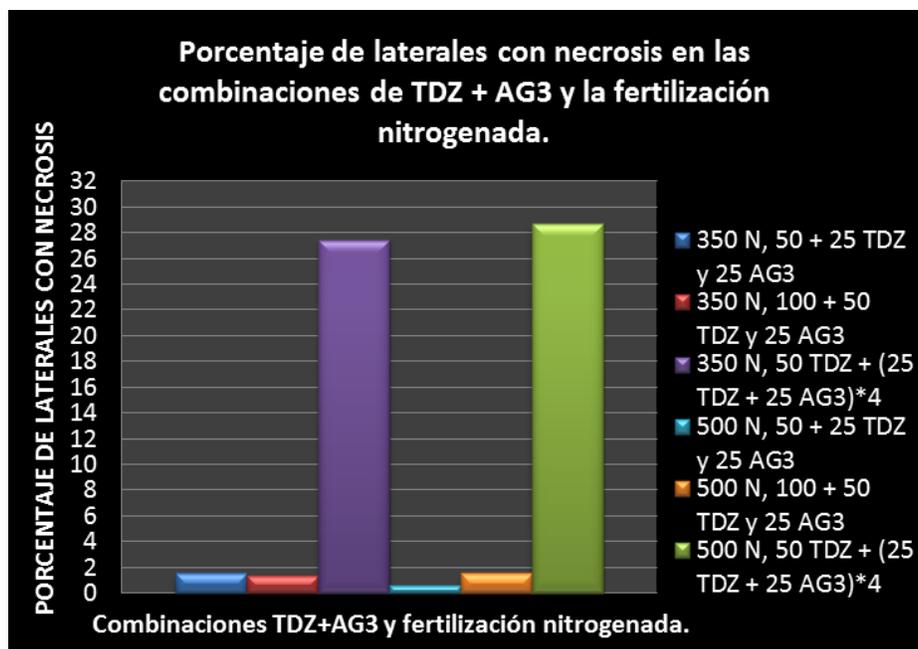


Figura 3.6. Porcentaje de laterales con necrosis en los tratamientos con aplicaciones de TDZ, AG3 y fertilización nitrogenada.

Número de yemas necrosadas por lateral

Los efectos en los tratamientos se estudiaron bajo un análisis estadístico de regresión binomial, dentro del cual los datos se sometieron al método de selección de variables stepwise y los resultados indican que al hacer la selección solo resultó significativa para su análisis los efectos de las hormonas (TDZ Y AG3) (Figura 3.7), en el cual nuevamente como en necrosis de yemas por lateral los tratamientos con aplicaciones de 50 mg L⁻¹ TDZ + cuatro aplicaciones de 25 mg L⁻¹ TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃ cada 8 días fueron los que mostraron más yemas necrosadas por lateral fructificante (26.89 % con 350 UN y 29.95 % con 500 UN), resultando con esto que la aplicación excesiva de TDZ y AG3 provoca una mayor necrosis de yemas (Dokoozlian *et al.*, 1988 y Valenzuela y Lobato, 2000).

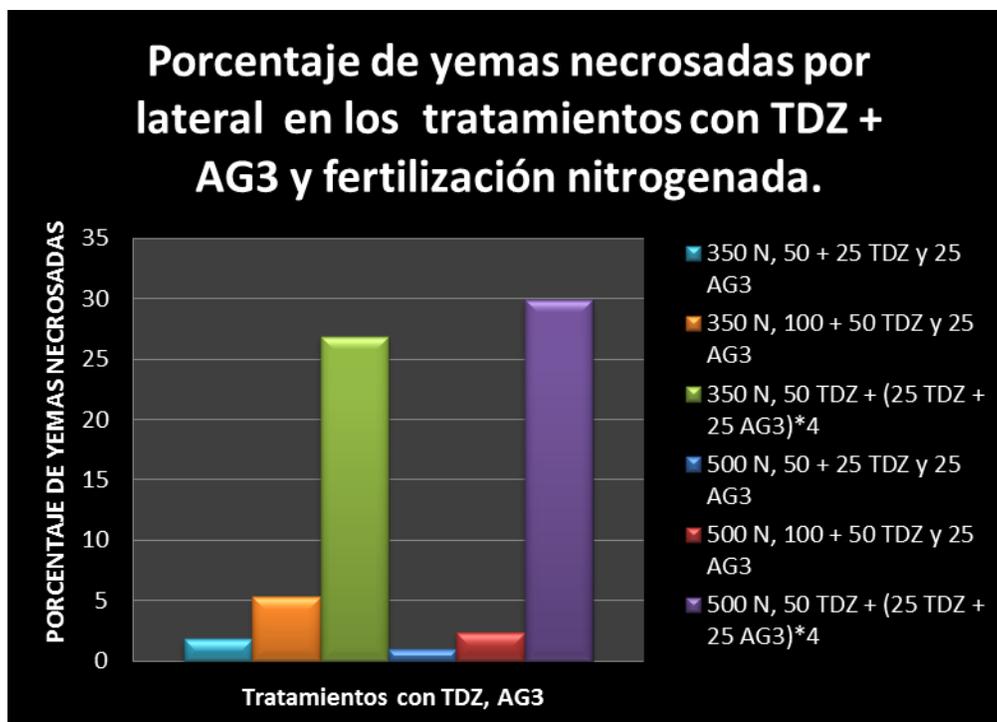


Figura 3.7. Porcentaje de yemas necrosadas por lateral.

Longitud de laterales

El efecto de los tratamientos fechas de forzado en la longitud de laterales fructificantes fue significativamente diferente y al graficar los resultados el sentido de la curva que mostro este efecto resulto con similar comportamiento que el porcentaje de laterales con necrosis (Figura 3.8), la primera fecha de forzado (17 de octubre 2009) resulto con un promedio de longitud de laterales de 32.77 cm y un porcentaje de laterales con necrosis de 9.44, en las fechas de forzado dos, tres y cuatro se fue incrementando la longitud de laterales y laterales con necrosis hasta alcanzar el punto más alto en la mencionada fecha de forzado cuatro (30 de noviembre 2009) con un promedio de longitud de laterales de 36.85 y laterales con necrosis de 15.5 % , este comportamiento ascendente, claro y en conjunto de ambas variables indica que a medida que la fecha de forzado es más tardía o cercana a Noviembre – Diciembre, las condiciones climáticas o

estados hormonales y nutricionales de la planta (Or *et al.*, 1999 and George *et al.*, 1990) influyen en la longitud de laterales fructificantes y el porcentaje de necrosis que presentan, por otra parte a mayor longitud de laterales o desarrollo vegetativo del tallo floral (Dokoozlian *et al.*, 1988) es mayor la distancia de entre nudos (Vial, 1988) y esto es antagónico (Ben-Tal, 1986) al buen desarrollo del proceso reproductivo lo cual puede provocar una mayor necrosis (Vasudevan, 1997 y Márquez *et al.*, 2007), la fecha de forzado cinco (14 de Diciembre 2009) que broto hasta el mes de Enero 2010 después de las bajas temperaturas desarrollo laterales con longitud promedio de 26.20 cm y presento laterales con necrosis de 7.22 %; menor longitud y menor necrosis por una posible etapa de dormancia (Gil y Or *et al.*, 2000 y Westwood, 1982) en la que entro esta última fecha de forzado por bajas temperaturas.

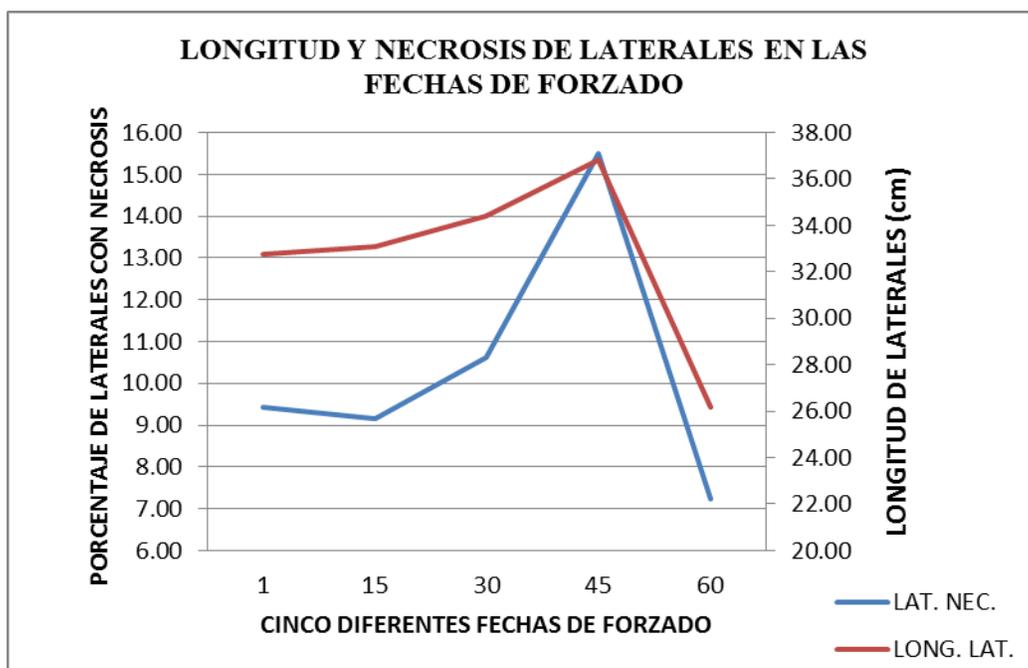


Figura 3.8. Longitud y necrosis de laterales en las fechas de forzado.

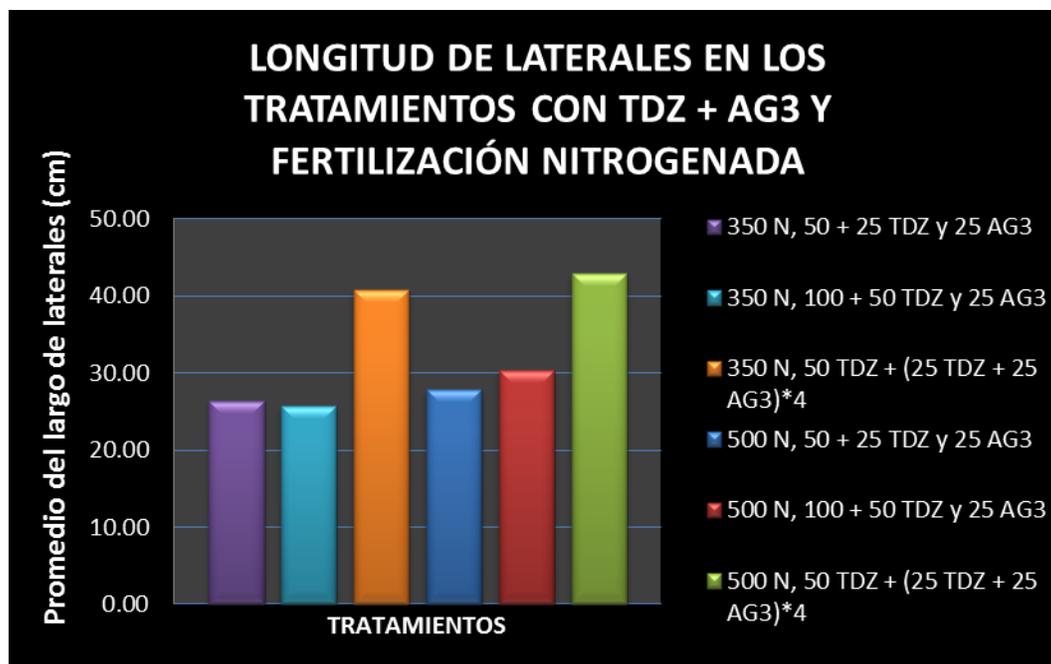


Figura 3.9. Longitud de laterales en los tratamientos con aplicaciones de TDZ+AG3 y fertilización nitrogenada.

La longitud de laterales en los dos tratamientos con nitrógeno resulto significativamente diferente entre sí (Figura 3.9); el tratamiento con mayor aplicación edáfica (500 unidades) de nitrógeno fue el que mostro mayor longitud 27.82 a 42.90 %, mientras que el tratamiento con 350 unidades de nitrógeno mostro de un 25.72 a 40.85 % de longitud de sus laterales, ambas aplicaciones están en un nivel alto según lo recomendado (Strik, 2008b y Hart *et al.*, 2000) y es por esto que los dos excesos de nitrógeno provocaron este crecimiento en longitud de laterales (Taylor y Van den Enden , 1969, Filippo, 1998 y Stoller, 2005).

Los tratamientos con aplicaciones de TDZ y AG3 también mostraron diferencia significativa entre ellos (Figura 3.9), siendo el tratamiento tres (50 mg L⁻¹ TDZ + Cuatro aplicaciones de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) el que mayor longitud de sus laterales mostro (40.85 y 42.90 cm) muy superior a los tratamientos uno (50 mg L⁻¹ TDZ + Una aplicación de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) y dos (100 mg L⁻¹ TDZ + Una aplicación de 50 mg L⁻¹

de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) los que menor longitud de laterales mostraron (26.33 a 27.82 cm y 25.72 a 30.34 cm sucesivamente), resultando así que las aplicaciones de TDZ + AG₃ provocan una perturbación hormonal (Maxwell *et al.*, 2007 y Díaz, 2002) y a mayor dosis de reguladores de crecimiento u hormonas es mayor la longitud de los tallos florales o brotes (Márquez-Cervantes *et al.*, 2003 y Stoller, 2005), específicamente dentro de estas aplicaciones de reguladores el AG₃ promueve la elongación de células (Díaz, 2002, Alcántar y Trejo-Téllez, 2007) que da por resultado la elongación de tallos (Rappaport *et al.*, 1980).

Laterales fructificantes

El número final de laterales fructificantes tuvo diferencia significativa entre sus tratamientos fechas de forzado, diferencia que se ilustra en el Figura 3.10 y se relaciona con las temperaturas mínimas durante el periodo de 15 días antes de cada forzado hasta la fecha de toma de datos. En general la tendencia en laterales fructificantes se marcó de forma descendente a partir de la primera fecha de forzado (17 de Octubre 2009) que mostro un valor de 285.59 laterales fructificantes dentro del seto experimental siendo este tratamiento el que mejores temperaturas óptimas (Martínez *et al.*, 2006 y Collins and Rawnsley, 2005) tuvo (12 °C las temperaturas mínimas) en comparación con los demás tratamientos que mostraron que conforme las temperaturas iban disminuyendo su número de laterales fructificantes disminuía (Or *et al.*, 1999 and George *et al.*, 1990) hasta llegar a tener 192.71 laterales fructificantes dentro del seto (fecha de forzado 5 del 14 de Diciembre 2009).

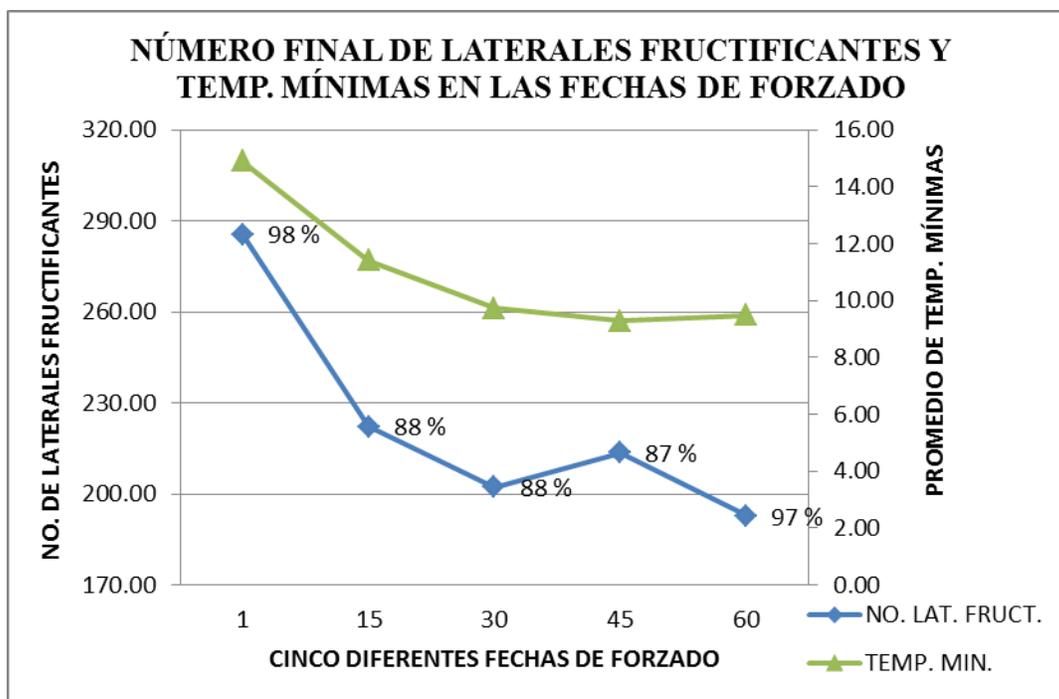


Figura 3.10. Número final de laterales fructificantes y temperaturas mínimas en las fechas de forzado.

Los factores con aplicaciones de TDZ + AG₃ y fertilización nitrogenada mostraron diferencia significativa entre sus niveles (Figura 3.11) en el número final de laterales fructificantes, para el factores TDZ + AG₃ se observa una clara tendencia a ser mayor el número de brotes fructificantes si la dosis de reguladores es mayor (Maxwell *et al.*, 2007 y Díaz, 2002), claro ejemplo al ser la dosis de uno (50 mg L⁻¹ TDZ + Una aplicación de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) la que menor número de laterales hizo brotar (186.46 con 350 U.N. a 216.67 con 500 U.N.) mientras que con la de mayor dosis (50 mg L⁻¹ TDZ + Cuatro aplicaciones de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) aumento drásticamente promoviendo a que brotaran laterales fructificantes entre 239.58 con 350 U.N. hasta 276.04 con 500 U.N. (Murthy *et al.*, 1998), esto nos indica que a mayor dosis de nitrógeno es mayor el número de laterales fructificantes que se desarrollan (Filippo, 2004) y de igual forma a mayor dosis de TDZ + AG₃ es mucho mayor la

formación de laterales fructificantes (Namphueng, 2007 y Galindo-Reyes *et al.*, 2004)., más específico este efecto pudiera deberse al TDZ y su efecto citocinínico (Mok *et al.*, 1978) que provoca mayor división celular (Tais y Zeiger, 1998 y Shudo, 1994).

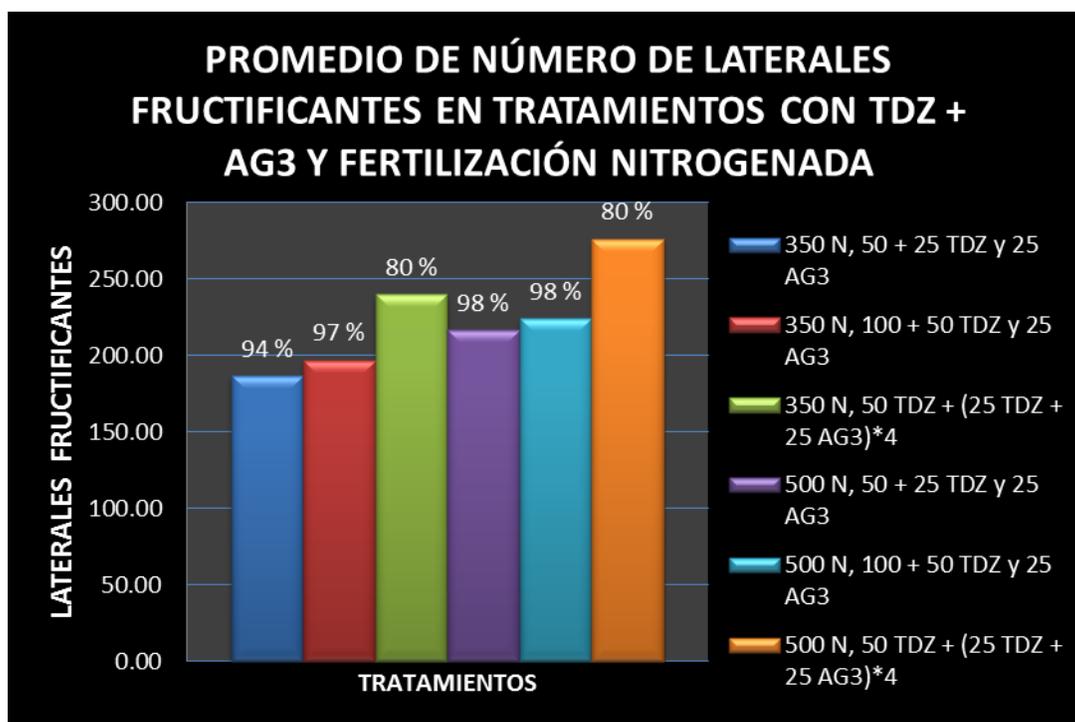


Figura 3.11. Número de laterales fructificantes en los tratamientos con TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.

Numero de frutos por lateral

El número de frutos por lateral en cada fecha de forzado fue significativamente diferente entre sí (Figura 3.12), siendo las tres primeras tres fechas de forzado (17, 31 de Octubre y 14 de noviembre) las que mejor temperatura óptima (Venegas, 2001) de desarrollo tuvieron (Figura 1), menor necrosis de laterales fructificante y por lo tanto mayor número de frutos por lateral (10.0, 9.5 y 9.7 frutos sucesivamente), mientras que la fecha de forzado cuatro (30 de noviembre) que

fue la que mayor porcentaje de laterales con necrosis tuvo (15.50%) a su vez fue la que menor número de frutos por lateral tenía con un 7.60 en promedio.

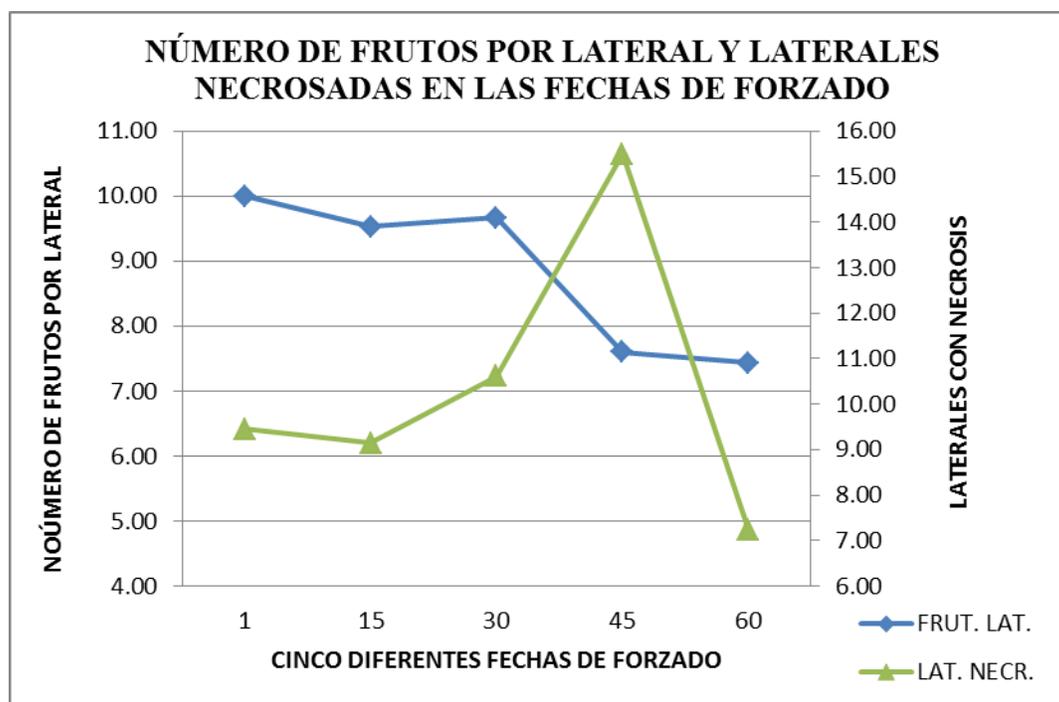


Figura 3.12. Número de frutos y necrosis por lateral en las fechas de forzado.

Para el número de frutos por lateral el efecto de los tratamientos con TDZ + AG₃ y fertilización nitrogenada tuvieron diferencia significativa entre sus distintos niveles (Figura 3.13), siendo los tratamientos uno de 50 mg L⁻¹ TDZ + 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃ los que mayor número de frutos por lateral mostraron (7.9 frutos con 350 U.N. y 10.09 frutos con 500 U.N.) y los tratamientos tres de 50 mg L⁻¹ TDZ + Cuatro aplicaciones de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃ los que mostraron menor número de frutos por lateral (7.46 frutos con 350 U.N. y 7.26 frutos con 500 U.N.), concluyendo así que a mayor dosis y aplicaciones de TDZ + AG₃ la fructificación se vio más afectada (Or *et al.*, 1999, and George *et al.*, 1990) lo cual es entendible ya que con esta misma dosis de reguladores de crecimiento hay más porcentaje de laterales con necrosis de sus yemas (Figura 3.6) y más número de yemas necrosadas por lateral (Figura 3.7),

mientras tanto la mayor aplicación de nitrógeno 500 U.N. fue la que mostro mayor número de frutos por lateral (10.09, 9.68 y 7.26) mientras que a menor dosis de fertilización fue menor el número de frutos por lateral (7.46, 9.11 y 7.90), esto último no coincide con lo dicho por algunos autores (Filippo, 2004, Alcántar y Trejo-Téllez, 2007 y Taylor y Van Den Enden, 1969) de que a mayor dosis de nitrógeno la fructificación se ve más comprometida a realizarse de buena manera, aquí los resultados más bien fueron a la inversa en cuanto a esta variable se refiere.

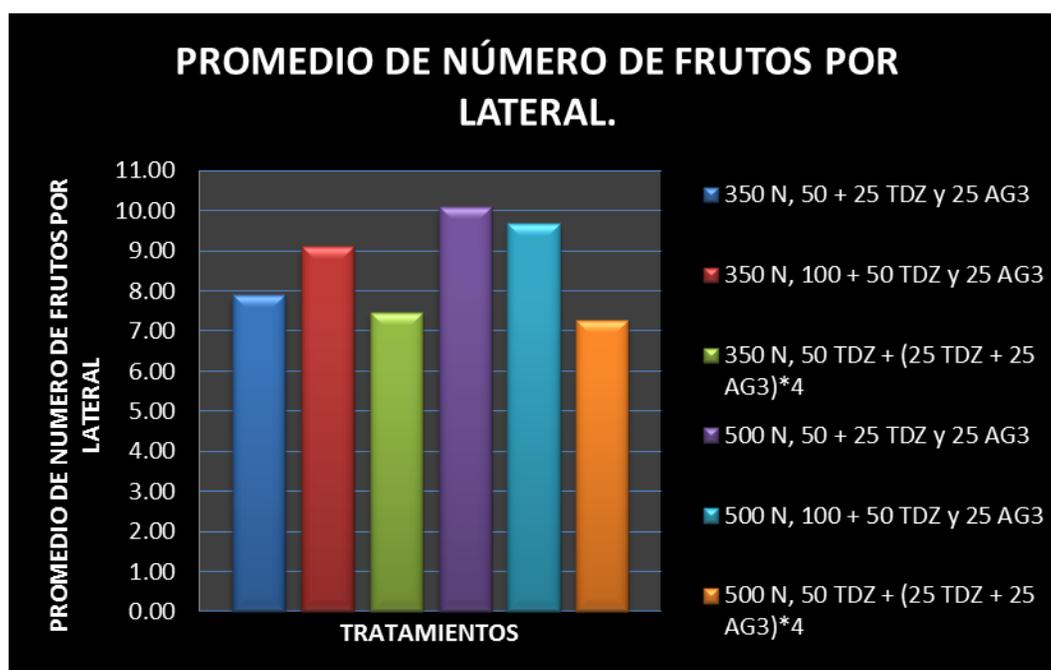


Figura 3.13. Promedio de número de frutos por lateral bajo el efecto de aplicaciones de TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.

Peso fresco de fruto

En la variable peso promedio de frutos no hubo diferencia significativa en tratamientos con diferentes niveles de TDZ + AG3 ni en los niveles de fertilización nitrogenada, sin embargo, el peso de fruto si fue significativamente diferente en las cinco diferentes fechas de forzado (Figura 3.14), siendo la fecha uno del forzado del 17 de octubre del 2009 y la fecha cuatro del

forzado el 30 de noviembre 2009 las que menor peso promedio de fruto mostraron: 4.79 y 4.66 sucesivamente, mientras que las fechas de forzado 2 (31 de octubre 2009), 3 (14 de noviembre 2009) y 5 (14 de diciembre 2009) fueron las que mostraron el mayor peso promedio: 5.16, 5.23 y 4.96 sucesivamente, este último peso siendo el más cercano al óptimo de la variedad (Dos Santos y Raseira, 1988), la diferencia que mostraron estas fechas de forzado no siguió ningún patrón definido por temperaturas mínimas u óptimas (Venegas, 2001), sino más bien se le encontró relación con la variable número de laterales fructificantes (Figura 314); resultando que al incrementarse este número de puntos de fructificación por mayor cantidad de laterales (área vegetal) se disminuyó el peso de fruto por mayor competencia o distribución de los nutrientes a más áreas demandantes y de igual manera al disminuir el número de laterales fructificantes aumento el peso promedio de frutos por tener mayor cantidad de nitrógeno y carbohidratos para su desarrollo (Alcántar y Trejo-Téllez, Salisbury and Ross, 200 y Díaz, 2002).

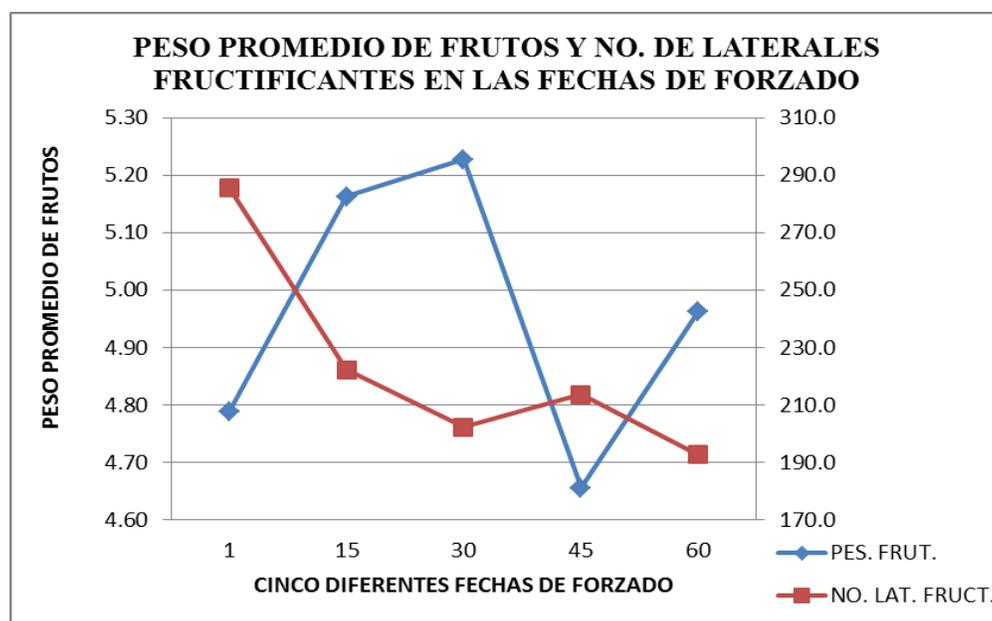


Figura 3.14. Peso promedio de frutos y número de laterales fructificantes en la fechas de forzado.

Rendimiento

Para la variable rendimiento si hubo una diferencia altamente significativa entre sus cinco niveles del factor fechas de forzado (Figura 3.15), siendo la fecha uno que se forzó a brotar el 17 de octubre 2009 la que mayor rendimiento estimado tuvo con 21.63 t/ha siguiéndole en rendimiento de forma descendente la fecha de forzado 2 (30 de octubre 2009) con 17.73 t/ha y así hasta la fecha de forzado 5 (14 de diciembre 2009) con el resultado más bajo de rendimiento: 11.16 t/ha, esta tendencia que sigue la línea que une los puntos resultantes de rendimiento en las fechas de forzado, es similar al que producen las temperaturas mínimas promedio de cada fechas de forzado, concluyendo así que las fechas de forzado con mayor rendimiento fueron las que estuvieron dentro del rango de temperaturas óptimas para el desarrollo de la zarzamora (Venegas, 2001 y Gil, 2,000) o muy cercanas a ellas, así también la tendencia de la línea de esta grafica de rendimiento está muy relacionada con la variable de porcentaje de laterales con necrosis (Figura 3.5) siendo ambas determinadas en parte por las temperaturas pero a su vez relacionadas entre ellas resultando que a mayor número de laterales con necrosis es menor el rendimiento (t/ha) (Fimbres *et al.*, 2,000).

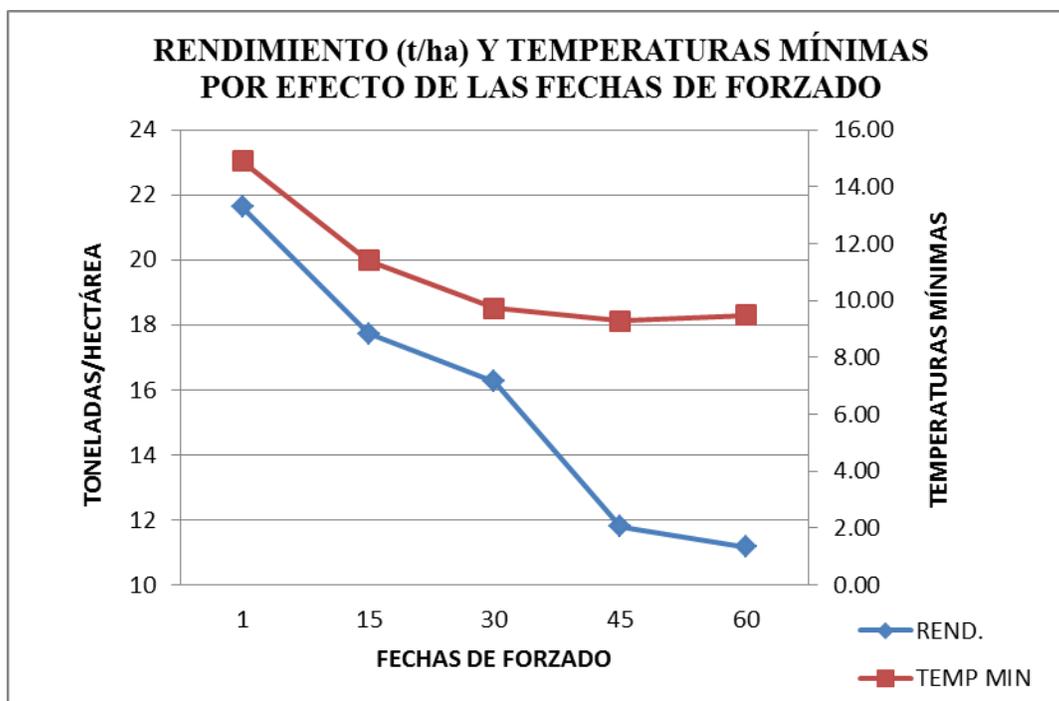


Figura 3.15. Rendimiento de zarzamora ‘Tupy por efecto de las diferentes fechas de forzado y promedio de las temperaturas mínimas.

Los niveles de aplicación de TDZ + AG3 no tuvieron diferencia significativa en rendimiento, mientras que en los niveles de fertilización nitrogenada si hubo diferencia significativa (Figura 3.16), resultando con mayor rendimiento la dosis más alta de fertilización edáfica (500 U.N.): 16.24 hasta 18.35 t/ha, mientras que el nivel de fertilización con la dosis de 350 U.N. su rendimiento fue entre 13.86 hasta 14.44 t/ha, concluyendo así que a mayor fertilización nitrogenada fue mejor el desarrollo vegetativo (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007 y Filippo, 1998) que dio origen a mayor cantidad de puntos de brotación floral (Figura 3.11) lo que resulto en mayor rendimiento (Díaz, 2002) a pesar de que este mismo exceso de nitrógeno provoco una mayor necrosis de yemas florales (Figura 3.6).

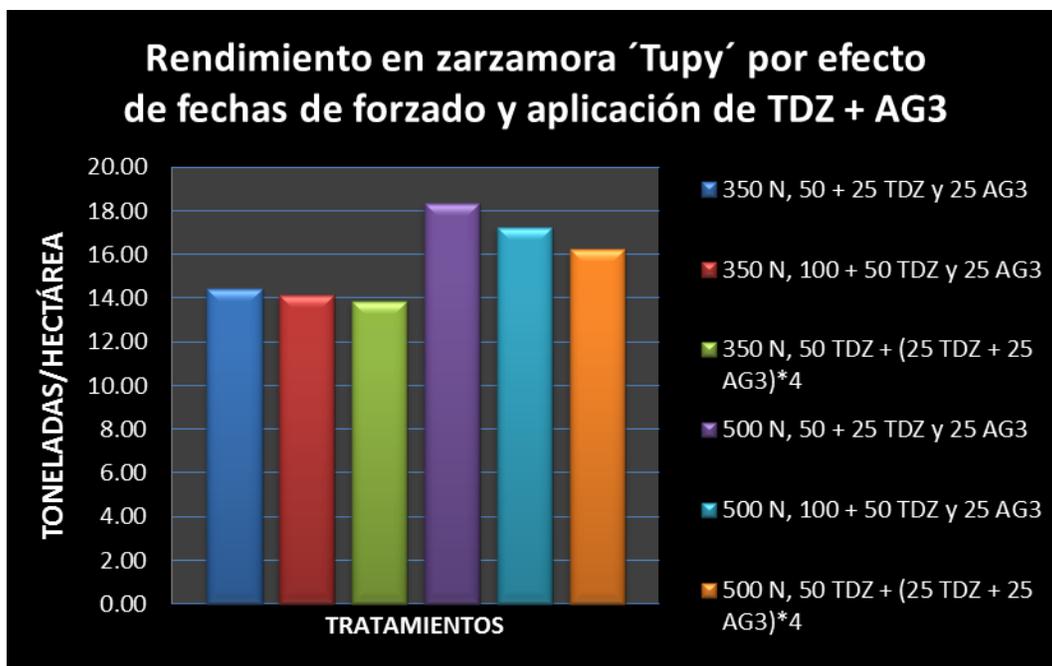


Figura 3.16. Efecto de las fechas de forzado y aplicaciones de TDZ + AG3 en rendimiento de zarzamora 'Tupy'.

3.4. CONCLUSIÓN

La necrosis de yemas florales en zarzamora 'Tupy' en Los Reyes, Michoacán fue claramente provocada por las aplicaciones de TDZ + AG3, siendo el nivel tres (50 mg L⁻¹ TDZ + Cuatro aplicaciones de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) el que más la provocó (27.46 a 28.71 % del total de laterales), este mismo nivel de hormonas fue claramente el que mayor número de yemas necroso por lateral fructificante (26.89 al 29.95 % del total de yemas en cada lateral), por lo tanto este nivel/dosis de reguladores de crecimiento es el que más impacta en rendimiento obteniendo tan solo 16.24 t/ha.

La época de forzado conforme es más tardía (Octubre – Diciembre) es mayor el número de laterales con necrosis que se provocan, concluyendo así que a menor promedio de temperaturas mínimas durante los días después del forzado son más el número de laterales necrosadas, siempre y cuando las bajas temperaturas no provoquen un estado de reposo/inactividad en la planta.

3.5. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G. G., L. I. Trejo-Téllez. 2007. Nutrición de cultivos. Mundi Prensa México, S. A. de C. V. y Colegio de Posgraduados. México.
- Álvarez-Zequeira, X., and G. Almeida, G. 2005. Producción de ácido giberélico vía microbiana. *Laborat-acta* 17(1):21-24.
- Alvarado, R. H., J. Rodríguez, A., y G. Calderón. Z. 2000. El thidiazurón, la brotación floral, y las dimensiones del ovario en ciruelo Japonés (*Prunus salicina* L.) 'Shiro'. *Agrociencia*. 34(003):321-327.
- Clark, R. J. and C. E. Finn. 2008. New Trends in Blackberry Breeding. *Acta Horticulturae* 777:41.
- Collins, C. and B. Rawnsley. 2005. Factors Influencing Primary Bud Necrosis (PBN) in Australian Vineyards. *Acta Horticulturae*. 689:81.
- Conradie, W. J. 1991. Translocation and Storage of Nitrogen by Grapevines as affected by Time of Application. *International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine*. 101-111.
- Davenport, T.L. 1990. Citrus Flowering. *Hort. Rev* 8:349-408.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR, S.A. México. D.F.
- Dokoozlian, N. K., Kazarian, D. E. and Ebisuda, N. A. 1998. Influence of GA3 application timing on the bud variability and fruitfulness. In: *Recent advances in table grape production*. Viticulture short course. Visalia California, s.p.
- Dos Santos, A. M. y Raseira, M do C.B. 1988. Lancamento de cultivares de amoreira-preta. Pelotas, Brasil: Informativo 23. EMBRAPA. CNPFT.
- Esaú, K. 1969. Anatomía Vegetal. 1^{ra} ed. Ediciones Omega, Barcelona, España. 729 p.

- Filippo, L. 2004. Fertilización de árboles frutales. 2da ed. CEAC. S.A. Barcelona, España.
- Fimbres, F. A., G. Martínez D. and Valenzuela R. M. 2000. Alta y baja humedad con riego por goteo en vid para mesa y su efecto en las yemas florales. *Terra Latinoamericana*. 18(3):219-224.
- Galindo-Reyes, M. A., V. A. Gonzáles-Hernández, A. Muratalla-Lúa, R. M. Soto-Hernández, y M. Livera-Muñoz. 2004. Producción forzada de zarzamora ‘Comanche’ mediante reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo* 10(2):205-209.
- Gil, G. 2000. La producción de fruta. Santiago. Ediciones Universidad Católica de Chile. 583.
- Kwiatkowska, D. 2008. Flowering and apical meristem growth dynamics. *Journal of Experimental Botany*. 59(2):187-201.
- Lopez-Medina, J., J. Moore, and W. McNew, R. 2000. A proposed model for inheritance of primocane fruiting in tetraploid erect blackberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125:217–221.
- Maxwell, P., A. Jones., J. Cao., R. O’ Brien., J. Murch, S., and K. Saxena, P. 2007. The mode of action of Thidiazuron: auxins, indoleamines, and ion channels in the regeneration of *Echinacea purpurea* L. *Plant Cell Rep.* 26:1481-1490.
- Medina., M. M. 2006. Effect of the Thidiazuron in the Development and Production of the Pecan Tree. [Agrofaz: publicación semestral de investigación científica](#). 6(2):171-178.
- Murthy, B. N., J. Murch, S., and K. Saxena. 1998. Thidiazuron: a potent regulator of in vitro plant morphogenesis. *In Vitro Cell* 34:267-275.
- Or, E., G. Vilozny, I., Eyal, Y. and Ogorodovtch, A. 2000. The transduction of the signal for grape bud dormancy breaking induced by hydrogen cyanamide may involve the SNF-like protein kinase GDBRPK. *Plant Molecular Biology* 43: 483-494.

- Or, E., Nir, G. and Vilozy I. 1999. Timing of hydrogen cyanamide application grapevine buds
Vitis 38:1-6.
- Rappaport, I., and F. Skoog. 1980. Application of gibberellins in agriculture in plant growth
substances. Journal Plant 377. (Abstr).
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas 3 Desarrollo de las plantas y
fisiología ambiental. Paraninfo. Madrid, España.
- Sánchez, R. G. 2008. La Red de Valor de la Zanzamora. Fundación Produce Michoacán, Morelia
Michoacán, México.
- Stoller Group Inc. 2005. Guía Stoller de Sanidad Vegetal. Houston, Stoller Group Inc. 18 p
- Strik, C. B. 1992. Blackberry cultivars and production trends in the Pacific Northwest. Fruit Var.
J. 46:202-206.
- Strik, C. B. 2008a. A Review of Nitrogen Nutrition of Rubus. In: Proc. Acta Horticulturae 777:
403.
- Strik, C. B. 2008b. Worldwide Production of Blackberries. Acta Horticulture 777:209.

CAPITULO 4

ACUMULACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA

RESUMEN

La zarzamora en el Valle de Los Reyes, Michoacán tiene una importancia económica muy importante dentro de la industria agronómica tanto de Michoacán como de México en general, por tal motivo los problemas que tiene el agricultor para tener una buena producción deben ser atendidos desde un punto de vista teórico y práctico a la vez, para así llegar al punto en donde la investigación académica y la agronomía práctica sean dos eslabones unidos en constante compartimento y aprendizaje, es por eso que esta investigación fue dirigida hacia la parte de producción y en específico los componentes de rendimiento como: área foliar, peso seco de frutos, índice de cosecha, peso específico de hoja y peso seco total de la parte aérea en zarzamora 'Tupy', variables cuantificadas bajo diferentes fechas de forzado de planta, diferentes dosis y aplicaciones de nitrógeno al suelo y aspersion foliar de TDZ + AG3, variables que serán de ayuda para tener un protocolo sobre el desarrollo óptimo de planta tanto en la parte vegetativa y reproductiva ya que los resultados indican claramente como mayormente las fechas de forzado y sus diferentes temperaturas mínimas, las aplicaciones altas de nitrógeno y TDZ + AG3 influyen claramente en el resultado de estos componentes de rendimiento.

4.1 INTRODUCCIÓN

La zarzamora es una de las frutillas que representa un grupo de cultivos estratégicos de gran importancia social y económica, genera gran cantidad de empleos directos e indirectos que contribuyen significativamente al desarrollo regional del estado de Michoacán, actualmente es el principal productor y exportador a nivel mundial. Estos posicionamientos y altos rendimientos es debido al manejo agronómico y clima de la zona (Strik, 2008), los principales componentes del manejo agronómico son la defoliación y aspersión de reguladores de crecimiento (Clark, 2008), lo cual da homogeneidad y adelanta la brotación, así también aumenta los rendimientos (Galindo-Reyes et al., 2004). El objetivo fue evaluar el efecto de las fechas de forzado, dosis de nitrógeno, número de aplicaciones y dosis de reguladores de crecimiento sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de zarzamora 'Tupy'.

4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y ubicación del experimento

El experimento se estableció en el Municipio de los Reyes, Michoacán que se localiza al lado Este del Estado, a una latitud Norte de 19°35', longitud Oeste de 102°29' y a una altitud de 1,305 m, el clima del lugar es clasificado como semicálido subhúmedo con lluvias en verano (köppen modificado por Enriqueta García), con grados intermedios de humedad y, una precipitación anual de 900 mm, la temperatura media mensual oscila entre 15.6 a 31.6 °C (Tejera y Ochoa, 2004).

Material vegetal

Se trabajó con Zarzamora 'Tupy', cuyas plantas son de porte erecto, con espinas, con producción de 3.8 kg/planta/año, producen frutos grandes (6 g), de coloración oscura uniforme, sabor equilibrado con buen balance entre acidez y azúcar, el fruto agregado es consistente y firme, con semillas pequeñas, epidermis y cutícula resistentes y aroma atractivo, características que la hacen recomendable para el consumo en fresco (Dos santos y Raseira, 1988).

Las plantas de zarzamora utilizadas en el experimento eran de producción de primer año (planta que se poda a ras de piso para producción de fruta en ese mismo año), podadas a ras de piso el 23 de febrero del 2009, con aplicaciones de nitrógeno al suelo a base de fosfonitrato; 115 unidades de nitrógeno (UN) en total, con dos sezonadas (aspersión al follaje de la planta a base de urea y cobre con el fin de provocar su completa maduración o sezonamiento) cada nueve días a partir del 15 de septiembre del 2009.

Diseño experimental, factores a evaluar y sus niveles

Se usó un arreglo de tratamientos factorial 5x3x2 con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, se usaron 5 m lineales de seto como unidad experimental, de los cuales se aprovecharon los 3 m centrales para medir las variables a registrar.

En el factor fechas de forzado, se utilizaron cinco hileras (cinco niveles) de seto de 128 m lineales, para en cada una de ellas iniciar en diferente fecha la aplicación de tratamientos, cada hilera/nivel de este factor se divido por la mitad (64 m lineales) para en cada una aplicar los niveles del factor nitrógeno (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.

Hilera/nivel	Fecha de inicio de forzado (defoliación)
1	17 de Octubre 2009
2	31 de Octubre 2009
3	14 de Noviembre 2009
4	30 de Noviembre 2009
5	14 de Diciembre 2009

En el factor aplicaciones de nitrógeno edáfico que conto con dos niveles, la fecha de inicio de aplicación fue el 02 de agosto del 2009, ajustándose las aplicaciones según las unidades ya aplicadas anteriormente por el productor, siempre se uso el producto comercial fosfonitrato como fuente de nitrógeno (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.

Niveles de Nitrógeno	15/Jun/0	02/Sep/0	23/Oct/09	01/Dic/09	02/Ene/10	
	9	9				
350 UN*	115	100	35	100		
500 UN	115	100	85	100	100	*

Unidades de nitrógeno.

Las fechas de aplicación de nitrógeno se adecuaron de esa forma con el fin de provocar el exceso de nitrógeno días antes de la fecha de forzado.

En el factor reguladores de crecimiento (TDZ y AG3) el inicio de las diferentes dosis y número de aplicaciones de los tratamientos fue el día 15 de octubre del 2009; dos días antes de defoliar la primera hilera y se continuo con las aplicaciones cada ocho días después de la defoliación, de esta misma forma fueron las aplicaciones para cada hilera de forzado (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.

Niveles de Reguladores	Dosis de aplicación pre defoliación¹	Dosis y número de aplicaciones post defoliación²
1	50 mg L ⁻¹ TDZ [#]	Una aplicación de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃ *
2	100 mg L ⁻¹ TDZ	Una aplicación de 50 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃
3	50 mg L ⁻¹ TDZ	Cuatro aplicaciones de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃

¹ Pre defoliación: aplicaciones dos días antes de la defoliación.

² Post defoliación: aplicaciones cada ocho días después de la defoliación.

TDZ: Regulador de crecimiento Thidiazurón, nombre comercial Revent@500 SL (Contiene 500 gramos de ingrediente activo por litro de producto).

* AG₃: Regulador de crecimiento Ácido Giberélico, nombre comercial Ácido Giberélico (GA3 10%) PH.

Las aspersiones de TDZ en pre-defoliación y segunda aplicación post-defoliación llevo 2 % de citrolina emulsificada.

Variables evaluadas

Peso fresco y seco promedio de fruto

Durante la cosecha al observar la parte de seto de cada tratamiento con un mínimo de 90% de frutos en madurez de cosecha, se muestrearon 5 frutos por unidad experimental para obtener el peso promedio de fruto en cada tratamiento. Después de pesar los frutos en fresco, se llevaron a

una estufa de laboratorio a 70°C hasta peso seco constante para tener e peso promedio que se usará para estimar el índice de cosecha.

Índice de cosecha

Mediante muestreo destructivo al final de la cosecha, se colectaron todos los componentes de la parte aérea vegetal creciendo en un área de 60x60 cm de seto por unidad experimental, el cuadrado de alambre se colocó a una altura media de la unidad experimental y se podó la mitad del diámetro del seto para después ser separada en hojas, tallos, laterales y frutos. Estas partes de la planta fueron llevadas al laboratorio y se metieron a la estufa a una temperatura de 70 °C hasta obtener el peso seco constante. Se calculó la biomasa (materia seca) de fruto total cosechado en la misma fracción de seto y se obtuvo el cociente biomasa de frutos/biomasa total.

Pesos seco total de la parte aérea

Con los datos obtenidos de la parte aérea por unidad experimental se obtuvieron graficas de barras del peso seco total acumulado por cada tratamiento que resultara con alguna diferencia significativa; esto con la finalidad de obtener diferencias específicas por cada órganos de la parte aérea de la planta.

Área foliar

Durante la época de cosecha (Enero 2010) de la hilera cinco que fue la última fecha de forzado del experimento, se colectaron en cada parte de seto de cada unidad experimental una, dos, tres, cuatro y cinco hojas (en total 15 hojas por unidad experimental), que fueron llevadas al laboratorio para determinar su área foliar con un Integrador de Área Foliar (Li-3100C ÁREA METER, marca Licor) una vez terminado este proceso se metieron a una estufa a temperatura de 70 °C hasta obtener el peso seco constante, con estos datos se realizó una regresión para obtener dos parámetros estimadores y así determinar junto con el área foliar que se obtuvo en la variable

índice de cosecha el área foliar por cada tratamiento tanto de fecha de forzado, fertilización nitrogenada y dosis de aplicación de hormonas.

Peso específico de hoja

Con las mismas hojas colectadas para determinar el área foliar se determinó el peso específico de hoja de la hilera de forzado cinco, esto tomando el peso por cada foliolo (g) y dividiéndolo por su área foliar (cm²).

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área foliar

Dentro de las diferentes fechas de forzado no hubo diferencia significativa en la variable área foliar, sin embargo, la fecha cuatro forzada el 30 de noviembre 2009 mostro un promedio de 143.82 cm^2 por encima de la fecha cinco que tuvo 67.40, fecha tres con 67.01 o la fecha dos con 77.47 cm^2 , por lo cual se entiende que el área foliar fue casi el doble en la fecha de forzado cuatro y en esta misma fecha de forzado tal y como se ve en la Figura 4.1 fue cuando más necrosis de laterales se manifestaron por lo cual a medida que la necrosis aumento o disminuyo el área foliar se comportó en el mismo sentido, concluyendo así que por haber mayor necrosis de yemas en las laterales fructificantes fue menor el desgaste en carbohidratos de la planta hacia los órganos reproductivos (Medina, 2009) y estos nutrientes se mantuvieron o movieron hacia hojas dándoles mayor diámetro (Heuvelink, 1999), por otra parte las temperaturas entre más bajas eran por lo tardío del forzado pudieron también haber influido en el movimiento de los nutrimentos a las zonas reproductivas y quedarse en hojas provocando mayor desarrollo de área foliar (Salisbury and Ross, 2000 y Díaz, 2002).

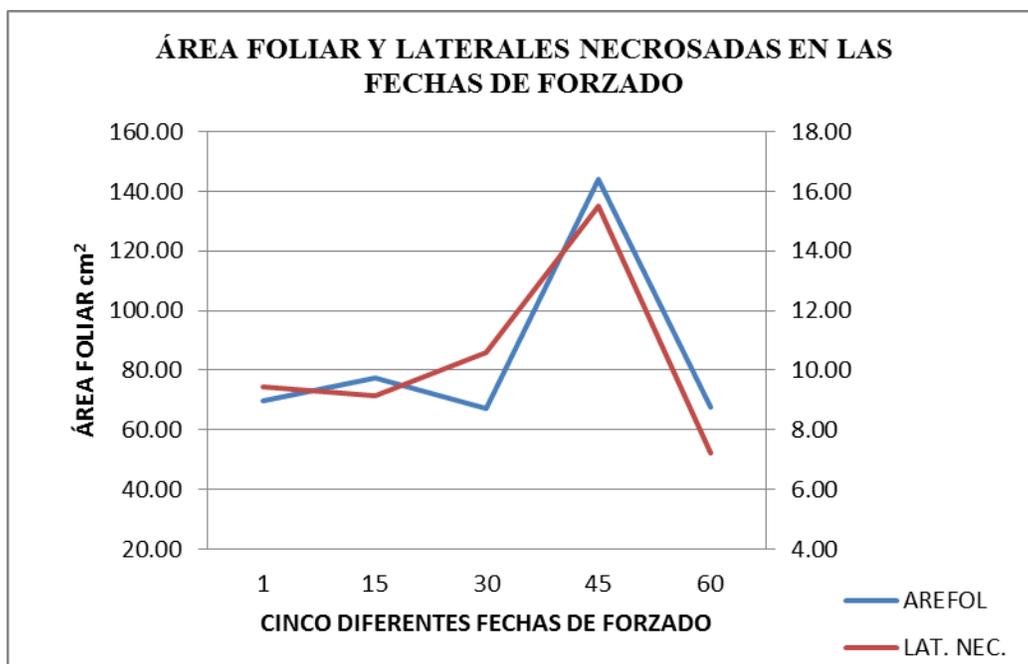


Figura 4.1 Área foliar y laterales necrosadas en las fechas de forzado.

Los niveles de fertilización nitrogenada no mostraron diferencia significativa sobre el área foliar, sin embargo, en la gráfica 4.2 se observa ligeramente cierta influencia del nitrógeno sobre todo relacionado con las aplicaciones/dosis de reguladores de crecimiento que si resulto con diferencia significativa entre sus niveles; siendo la dosis tres de 50 mg L^{-1} TDZ + Cuatro aplicaciones de 25 mg L^{-1} de TDZ + 25 mg L^{-1} de AG_3 con 500 U.N. la que mayor área foliar tuvo con 178.77 cm^2 y el tratamiento más cercano a esta área foliar ya mencionada fue el mismo nivel tres de reguladores (50 mg L^{-1} TDZ + Cuatro aplicaciones de 25 mg L^{-1} de TDZ + 25 mg L^{-1} de AG_3) pero con solo 350 U.N. y mostro un área foliar de 84.94 cm^2 , menos de la mitad de lo que mostro la combinación más alta tanto del factor de nitrógeno y TDZ + AG_3 , concluyendo con esto que el principal factor para tener un mayor desarrollo vegetativo; específicamente mayor diámetro foliar de la hoja es la dosis alta de reguladores de crecimiento (Sharma *et al.*, 2008 y Díaz, 2002) y que esto se eleva aún más con la mayores dosis de fertilización nitrogenada (Filippo, 2004, Silva y Rodriguez, 1995 y Salisbury and Ross, 2000).

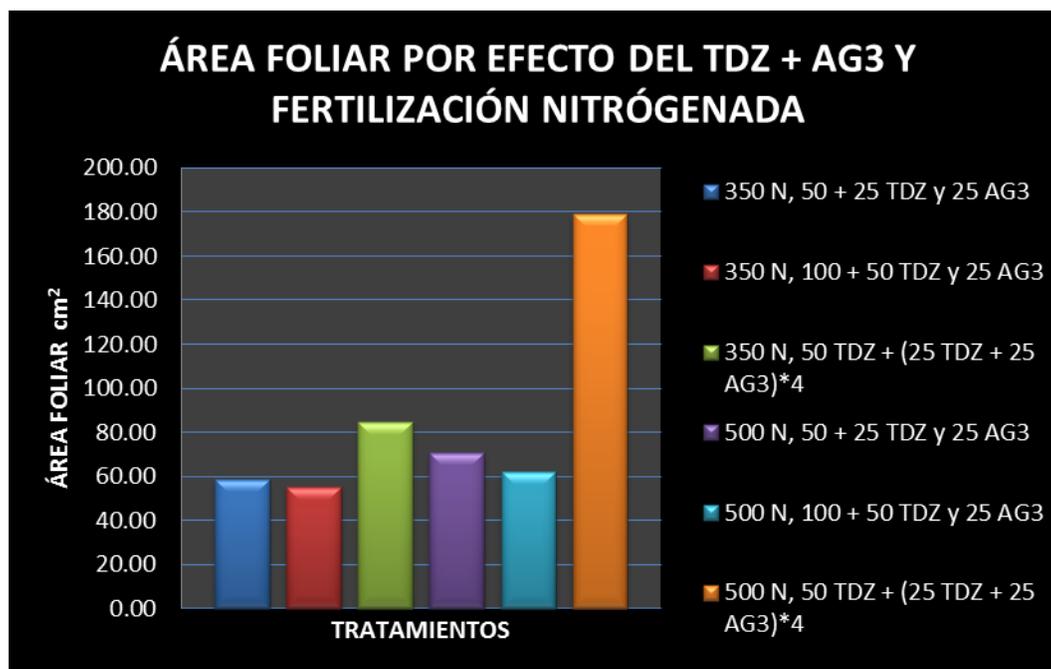
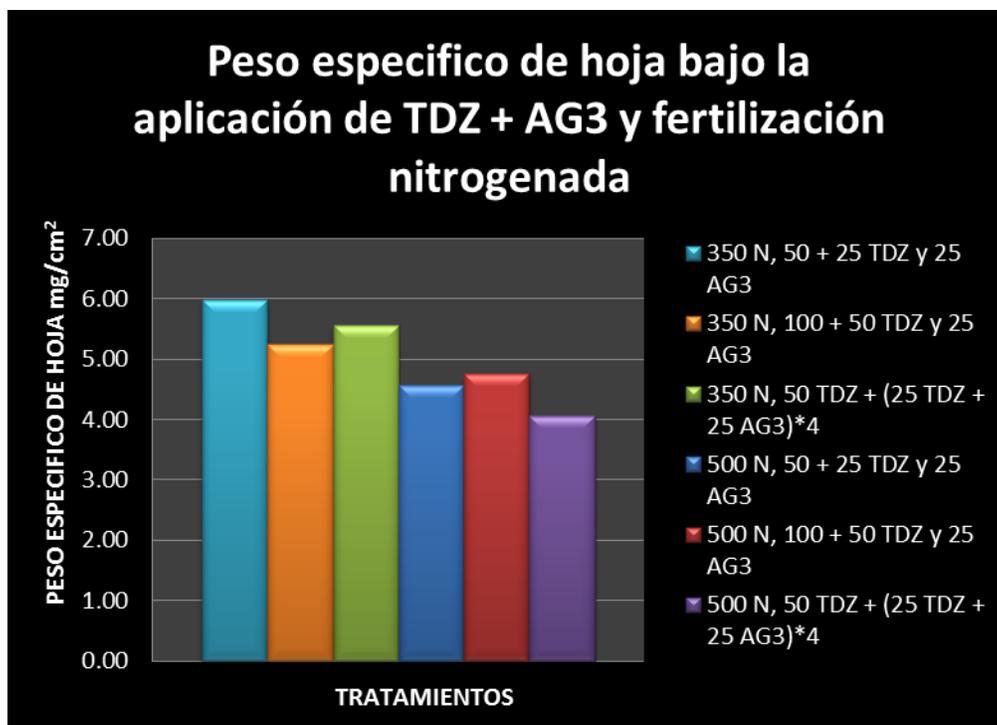


Figura 4.2 Área foliar por efecto de TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.

Peso específico de hoja

Esta variable solo evaluó en la fecha de forzado cinco (14 de diciembre 2009), resultando el factor TDZ + AG3 sin ninguna diferencia entre sus niveles, pero el factor nitrógeno sí mostró diferencia significativa entre sus dos niveles; siendo el nivel con dosis de 350 U.N. el que mayor peso específico de hoja tuvo (Figura 4.3) con 5.24 a 5.98 mg/cm²; por lo cual su tasa fotosintética fue mejor (Calderón *et al.*, 1997 y Secor *et al.*, 1982), al ser el nitrógeno uno de los nutrimentos que regulan la actividad y desarrollo vegetativo de la planta según su cantidad aplicada (Filippo, 1998) era de esperarse que a mayor cantidad de nitrógeno (500 U.N.) fuera menor el peso específico de hoja (Barden, 1978).



4.3. Diferencia en el peso específico de hoja por aplicaciones edáficas de nitrógeno.

Índice de cosecha

En la variable índice de cosecha resulto altamente significativa la diferencia entre sus niveles del factor fechas de forzado (Figura 4.4), resultando en las cuatro primeras fechas de forzado la tendencia a bajar: forzado uno con .56, dos con .45, tres con .43 y el cuatro con .38, relacionado en la misma gráfica con las temperaturas mínimas ambas siguen el mismo patrón a disminuir, más aún cuando en la fecha de forzado cinco el índice de cosecha sube a .40 y la temperatura mínima tiende también a mantenerse e incluso a subir un poco: 9.47 respecto de la fecha cuatro: 9.27 °C, con esta relación que hay entre el índice de cosecha y las temperaturas mínimas se concluye que conforme el forzado es más tarde y sí las temperaturas mínimas disminuyen durante este forzado el índice de cosecha tiende a bajar significativamente, siendo

entonces la zarzamora variedad 'Tupy' muy susceptible en su desarrollo cuando está por fuera de sus temperaturas óptimas de desarrollo (Venegas, 2001), aparte de que al bajar las temperaturas en cualquier frutal se afecta el proceso de fijación de CO₂ orgánico (Díaz, 2002) y en zarzamora después del forzado para brotación y formación de flores y frutos es cuando más demanda estos productos foto asimilados la planta (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007 y Salisbury and Ross, 2000), por lo cual se afecta más el índice de cosecha por menor cantidad de materia seca acumulada.

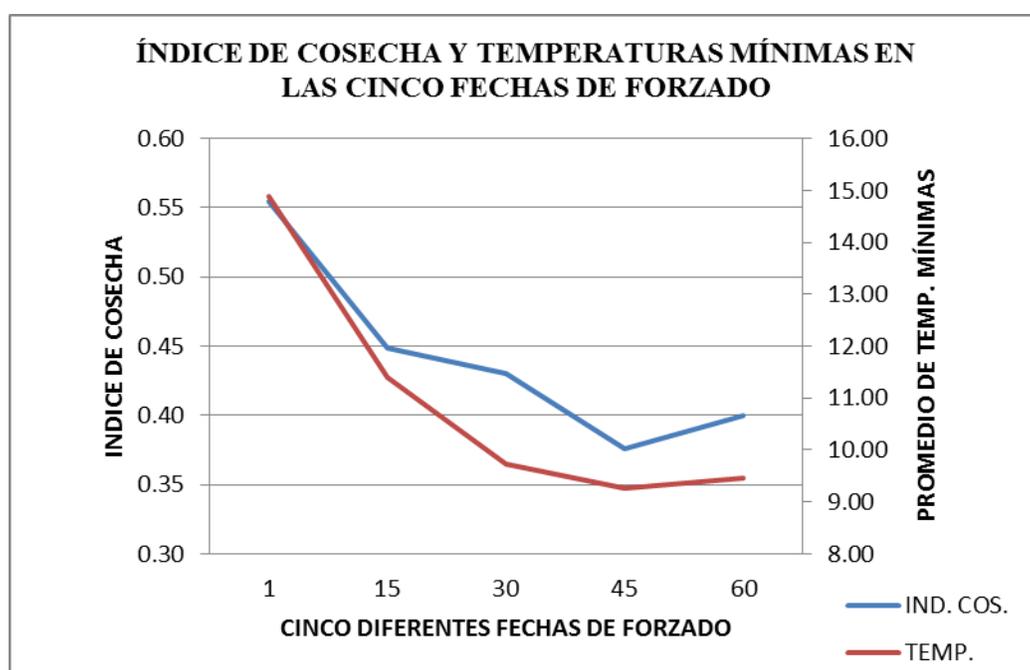


Figura 4.4. Índice de cosecha y temperaturas promedio mínimas en las cinco diferentes fechas de forzado.

En el factor de fertilización nitrogenada no hubo diferencia significativa entre sus niveles, en el factor de aplicaciones de TDZ + AG₃ si hubo una alta diferencia significativa entre sus niveles (Figura 4.5); siendo los niveles uno (50 mg L⁻¹ TDZ + Una aplicación de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) y dos (100 mg L⁻¹ TDZ + Una aplicación de 50 mg L⁻¹ de TDZ + 25

mg L⁻¹ de AG₃) los niveles más bajos en dosis de aplicación los que mayor índice de cosecha mostraron con: .48 a .47 y .48 a .51, mientras que el nivel con la mayor dosis (50 mg L⁻¹ TDZ + Cuatro aplicación de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) fue el que menor índice de cosecha mostro con .41 a .38, concluyendo así que a mayor dosis y aplicaciones de TDZ + AG₃ se provocaron mayores puntos de crecimiento/brotación (Figura 3.11) lo que lleva a mayor número de puntos de distribución y demanda de los foto asimilados (Díaz, 2002 y Salisbury and Ross, 2000) lo que resulta en menor cantidad de materia seca en fruto (Heuvelink, 1999) y por esto el resultado en menor índice de cosecha.

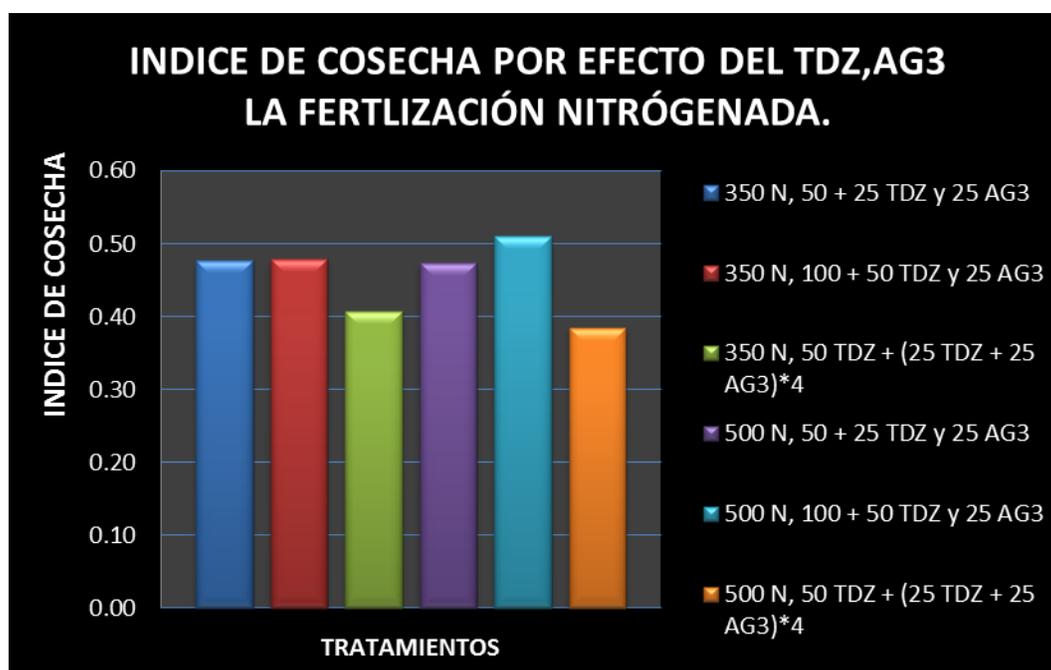


Figura 4.5. Efecto del TDZ + AG₃ y fertilización nitrogenada sobre el índice de cosecha en zorzamora 'Tupy'.

Peso seco promedio de fruto

En la variable peso seco de frutos resultaron significativamente diferentes entre sí sus niveles del factor fechas de forzado; teniendo un comportamiento claro a ir disminuyendo el peso seco de fruto conforme el forzado fue más tardío o conforme las temperaturas mínimas iban bajando (Figura 4.6), este comportamiento es similar al de la variable índice de cosecha (Figura 4.3) por no estar las temperaturas dentro de su óptimo recomendado (Venegas, 2001) durante el forzado y su desarrollo, así también este comportamiento es sustentado por Salisbury and Ross, 2000 y Díaz, 2002 que mencionan que las bajas temperaturas en frutales disminuyen su actividad fotosintética y por consecuencia son menos los foto asimilados (carbono orgánico) que se fijan, esto directamente disminuye el contenido de materia seca en los órganos de la planta (Heuvelink, 1999).

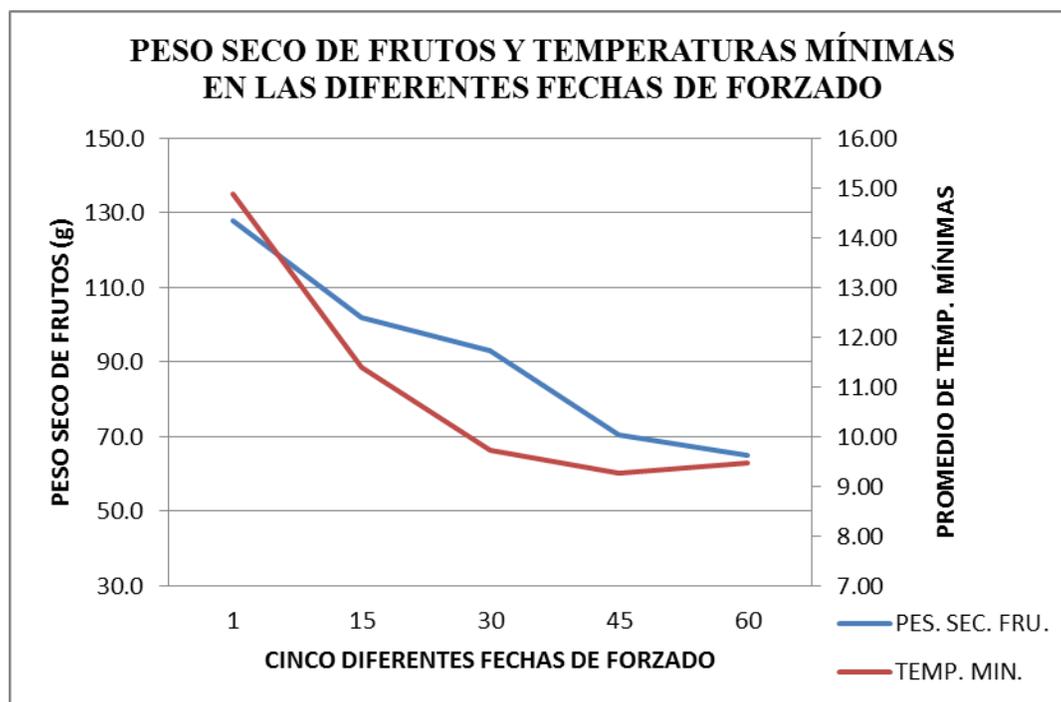


Figura 4.6. Peso seco de frutos y temperaturas mínimas en las fechas de forzado.

Peso seco total de la parte aérea

El peso seco total de la parte aérea fue una variable que mostro diferencia significativa para los tres factores de estudio: fechas de forzado como primer factor mostro ligera diferencia significativa entre su niveles de estudio (Figura 4.7); siendo el forzado uno (17 de octubre 2009) el que estuvo bajo las mejores temperaturas óptimas para el desarrollo cultivo (Venegas, 2001), en teoría con la mejor fijación y distribución de productos foto asimilados (Heuvelink, 1999) y por consecuencia el que mayor acumulación de materia seca mostro con un peso de la parte aérea de 232.5 g; del cual 128 g fueron el peso de frutos con respecto del total ya mencionado, con igual distribución entre sus órganos pero con menos peso de la parte aérea resultaron los niveles dos (219.8 g), tres (189.2 g) y cinco (164.7 g); niveles que cada vez estuvieron bajo temperaturas más bajas, sin embargo, el comportamiento de la fecha de forzado cuatro con 223.8 g, no estuvo tan influenciado por las bajas temperaturas o fijación de foto asimilados como los señalan Venegas en 2001 y Díaz en el 2000, sino más bien se observó que este nivel de forzado respondió con alto volumen vegetativo y peso en la parte aérea debido a la fertilización nitrogenada que se dio un día después del forzado (1 de diciembre 2009) con 100 Unidades de fosfonitrato; habiendo así en el suelo nitrógeno disponible para ser tomado por las raíces, trastocarlo a la parte aérea donde es demandado para brotación y formación de laterales fructificantes, hojas y frutos (Salisbury and Ross, 2000, Díaz, 2002 y Heuvelink, 1999).

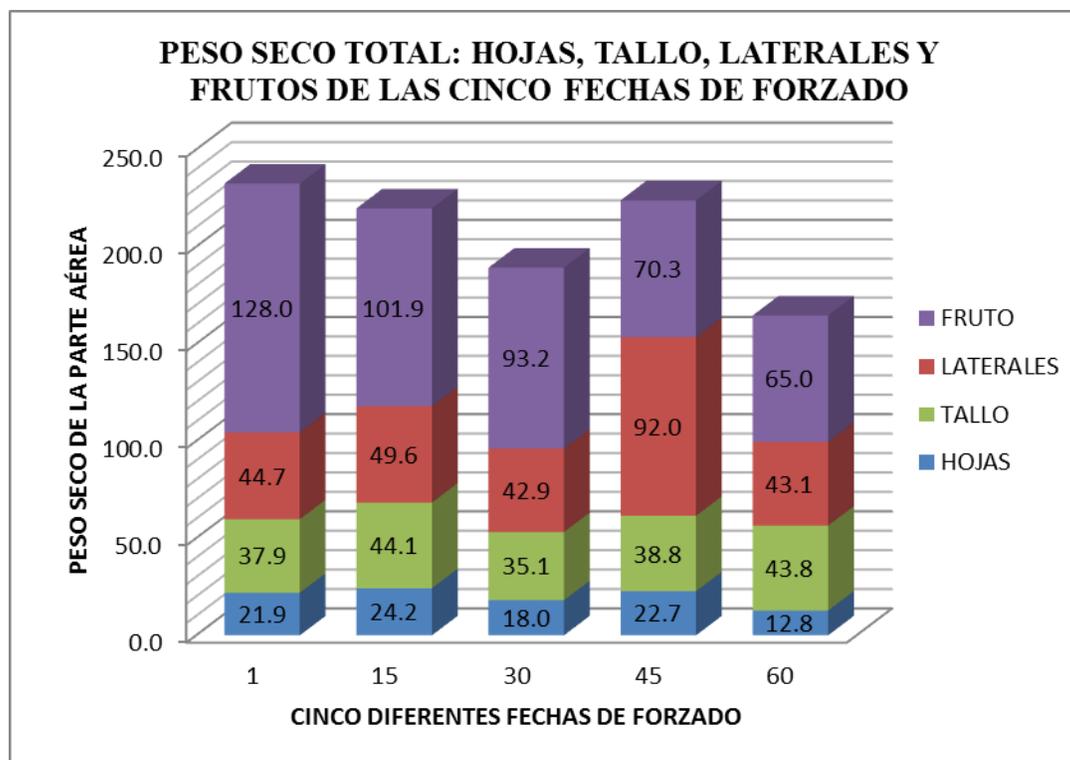


Figura 4.7 Peso total de la parte aérea de la planta de zarzamora 'Tupy'.

Los niveles de fertilización nitrogenada y TDZ + AG3 fueron significativamente diferentes entre sí en cuanto a la producción de materia seca o peso de la parte aérea de la planta (Figura 4.8), del factor TDZ + AG3 el nivel más determinante fue el tres que es el de mayor dosis y aplicaciones de reguladores de crecimiento (50 mg L^{-1} TDZ + Cuatro aplicación de 25 mg L^{-1} de TDZ + 25 mg L^{-1} de AG₃) provocando un peso seco de 281.4 g con aplicación de 500 U.N., y 198.9 g con 350 U.N., concluyendo con estos resultados que las altas dosis de TDZ o AG3 indujeron a mayor división y elongación celular (Galindo – Reyes *et al.*, 2004 y Sharma *et al.*, 2008) provocando un crecimiento vegetativo mayor (volumen de área vegetal) que hace posible que dicha superficie vegetal pueda fijar más CO_2 y convertirlo en compuestos orgánicos para la planta (Díaz, 2002 y Salisbury, 2000), los pesos secos más bajos los provocaron las dosis de reguladores de crecimiento dos y tres independientemente el nivel de aplicación de nitrógeno, sin

embargo, al evaluar los dos niveles de nitrógeno por si solos se observó que el de mayor dosis (500 Unidades) fue el que mayor pesos seco provoco en la parte aérea con valores de 194.4 a 281.4 g mientras con 350 U.N. tuvo de 172.9 a 198.9 g, confirmando así que a mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo para la planta (Filippo, 1998) satisface de mejor forma sus puntos de demanda en la parte aérea y así es más posible que se elaboren más proteínas u otros componentes esenciales para la planta (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007); componentes que se reflejaran en tejido vegetal más denso o mayor materia seca (Rempel *et al.*, 2004 y Beukema and Van Der Zaag, 1990).

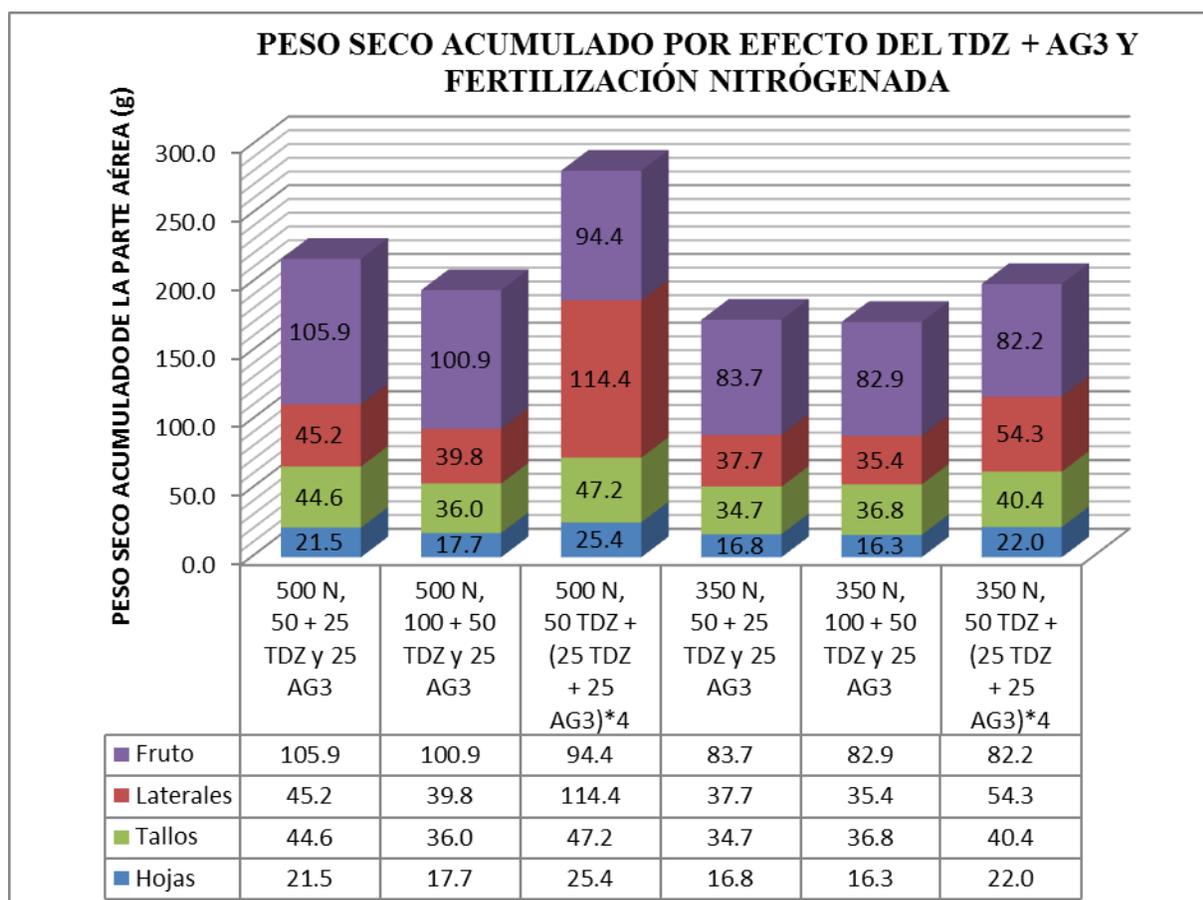


Figura 4.8. Peso seco acumulado por efecto del TDZ + AG3 y fertilización nitrogenada.

4.4. CONCLUSIÓN

El componente de rendimiento área foliar en zarzamora 'Tupy' es mayor cuando la fecha de forzado se hace antes del 17 de octubre o más específicamente cuando el promedio de temperaturas mínimas no es menor de 11.4 °C, conforme la fecha de forzado es más tardía y las temperaturas mínimas promedio son más bajas el área foliar va disminuyendo, de la misma manera pasa con el índice de cosecha, peso seco de fruto y total de la parte aérea de la planta.

Con dosis de aplicación de nitrógeno de 500 unidades por hectárea el peso específico de hoja es bajo, con esta misma dosis de aplicación el peso seco total de la parte aérea y el área foliar es más alto que con 350 unidades de nitrógeno.

El nivel tres que es el de mayor dosis del factor reguladores de crecimiento (50 mg L⁻¹ TDZ + Cuatro aplicaciones de 25 mg L⁻¹ de TDZ + 25 mg L⁻¹ de AG₃) es el que más área foliar y peso seco total de la parte aérea provoca, por el contrario esta dosis es con la que menor índice de cosecha resulta.

Entre más laterales fructificantes con necrosis resultan es mayor el área foliar esto para todos los tratamientos, con la misma tendencia pero a la inversa se comporta el área foliar si hay menor laterales fructificantes con necrosis.

4.5. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G. G., L. I. Trejo-Téllez. 2007. Nutrición de cultivos. Mundi Prensa México, S. A. de C. V. y Colegio de Posgraduados. México.
- Barden, A. J. 1978. Apple leaves, their morphology and photosynthetic potential. *HortScience* 13: 644-646.
- Álvarez-Zequeira, X., and G. Almeida, G. 2005. Producción de ácido giberélico vía microbiana. *Laborat-acta* 17(1):21-24.
- Alvarado, R. H., J. Rodríguez, A., y G. Calderón. Z. 2000. El thidiazurón, la brotación floral, y las dimensiones del ovario en ciruelo Japonés (*Prunus salicina* L.) 'Shiro'. *Agrociencia*. 34(003):321-327.
- Clark, R. J. and C. E. Finn. 2008. New Trends in Blackberry Breeding. *Acta Horticulturae* 777:41.
- Calderón Z., G., J. Rodríguez A. A. E. Becerril R., M. Livera M., y M. T. Colinas L. 1997. Fertilización foliar nitrogenada en la fotosíntesis y el desarrollo de durazno en producción forzada. *Agrociencia* 31 : 291-296.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR, S.A. México. D.F.
- Dos Santos, A. M. y Raseira, M do C.B. 1988. Lancamento de cultivares de amoreira-preta. Pelotas, Brasil: Informativo 23. EMBRAPA. CNPFT.
- Filippo, L. 2004. Fertilización de árboles frutales. 2da ed. CEAC. S.A. Barcelona, España.
- Galindo-Reyes, M. A., V. A. Gonzáles-Hernández, A. Muratalla-Lúa, R. M. Soto-Hernández, y M. Livera-Muñoz. 2004. Producción forzada de zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo* 10(2):205-209.

- Heuvelink, E. 1999. Evaluation of a dynamic simulation model for tomato crop growth and development. *Annals of Botany* 83:413-422.
- Lopez-Medina, J., J. Moore, and W. McNew, R. 2000. A proposed model for inheritance of primocane fruiting in tetraploid erect blackberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125:217–221.
- Medina., M. M. 2006. Effect of the Thidiazuron in the Development and Production of the Pecan Tree. [Agrofaz: publicación semestral de investigación científica](#). 6(2):171-178.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 2000. *Fisiología de las plantas 3 Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental*. Paraninfo. Madrid, España.
- Secor, J., D. R. McCarty., R. Shibbes, and D.E. Green. 1982. Variability and selection for leaf photosynthesis in advanced generation of soybean. *Crop Sci.* 22:255-258
- Sharma, R. R., and R. Singh. 2008. Gibberellic acid influences the production of malformed and button berries, and fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 119:430-433.
- Silva, H. y Rodríguez, J. 1995. *Fertilización de plantas frutales*. Santiago, Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. 519 p
- Rempel, H., B. Strik, and T. Righetti. 2004. Uptake, partitioning and storage of fertilizer nitrogen in red raspberry as affected by rate and timing of application. *Science Horticulturae* 129:439-448.

CAPITULO 5

ANATOMÍA DEL DAÑO POR NECROSIS Y GRADO DE DIFERENCIACIÓN DE YEMAS

RESUMEN

La zarzamora en el Valle de Los Reyes, Michoacán tiene una importancia económica muy importante dentro de la industria agronómica tanto de Michoacán como de México en general, por tal motivo los problemas que tiene el agricultor para tener una buena producción deben ser atendidos desde un punto de vista teórico y práctico a la vez, es por eso que esta investigación fue dirigida hacia una de las partes de mayor inversión económica en la producción de la zarzamora que es el forzado o inducción de la brotación floral a base de reguladores de crecimiento; dicho forzado se practica a los cinco a siete meses después de su plantación o corte a piso al observar en campo de manera practica la lignificación o maduración de los tallos, que son el supuesto de que la planta esta lista para ser sometida a una intoxicación o sazonamiento y después a la inducción de la brotación floral, esta práctica se puso a prueba en esta investigación al analizar anatómicamente yemas supuestamente vegetativas y florales antes y después de ser sazonadas o inducidas a brotación, así también se analizaron yemas con el problema de necrosis para identificar a nivel anatómico los órganos dañados, dichas yemas y variables fueron tomadas y cuantificadas bajo un experimento con tres factores que son diferentes fechas de forzado de planta, diferentes dosis y aplicaciones de nitrógeno al suelo y aspersion foliar de TDZ + AG3, el resultado de esta investigación sirve para tener un indicador de cuando pueda ser la fecha más idónea para aplicar los reguladores de crecimiento o incluso descartar si es que se requieren, ya que los resultados indican que los días de desarrollo de la planta acumulados y la disminución de

las temperaturas hacen que la planta por si sola diferencie sus yemas a reproductivas o florales sin tener que usar reguladores de crecimiento, así también estos resultados nos indican que son todos los órganos florales e incluso yemas secundarias de la zarzamora las que se necrosan antes de brotar.

5.1 INTRODUCCIÓN

La zarzamora es una de las frutillas que representa un grupo de cultivos estratégicos de gran importancia social y económica, genera gran cantidad de empleos directos e indirectos que contribuyen significativamente al desarrollo regional del estado de Michoacán, actualmente es el principal productor y exportador a nivel mundial. Estos posicionamientos y altos rendimientos es debido al manejo agronómico y clima de la zona (Strik, 2008), los principales componentes del manejo agronómico son la defoliación y aspersion de reguladores de crecimiento (Clark, 2008), lo cual da homogeneidad y adelanta la brotación, así también aumenta los rendimientos (Galindo-Reyes et al., 2004). El objetivo fue evaluar anatómicamente en las yemas vegetativas o florales y necrosadas el efecto de las fechas de forzado, dosis de nitrógeno, número de aplicaciones y dosis de reguladores de crecimiento.

5.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y ubicación del experimento

El experimento se estableció en el Municipio de los Reyes, Michoacán que se localiza al lado Este del Estado, a una latitud Norte de 19°35', longitud Oeste de 102°29' y a una altitud de 1,305 m, el clima del lugar es clasificado como semicálido subhúmedo con lluvias en verano (köppen modificado por Enriqueta García), con grados intermedios de humedad y, una precipitación anual de 900 mm, la temperatura media mensual oscila entre 15.6 a 31.6 °C (Tejera y Ochoa, 2004).

Material vegetal

Se trabajó con Zarzamora 'Tupy', cuyas plantas son de porte erecto, con espinas, con producción de 3.8 kg/planta/año, producen frutos grandes (6 g), de coloración oscura uniforme, sabor equilibrado con buen balance entre acidez y azúcar, el fruto agregado es consistente y firme, con semillas pequeñas, epidermis y cutícula resistentes y aroma atractivo, características que la hacen recomendable para el consumo en fresco (Dos santos y Raseira, 1988).

Las plantas de zarzamora utilizadas en el experimento eran de producción de primer año (planta que se poda a ras de piso para producción de fruta en ese mismo año), podadas a ras de piso el 23 de febrero del 2009, con aplicaciones de nitrógeno al suelo a base de fosfonitrato; 115 unidades de nitrógeno (UN) en total, con dos sezonadas (aspersión al follaje de la planta a base de urea y cobre con el fin de provocar su completa maduración o sezonamiento) cada nueve días a partir del 15 de septiembre del 2009.

Diseño experimental, factores a evaluar y sus niveles

Se usó un arreglo de tratamientos factorial 5x3x2 con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, se usaron 5 m lineales de seto como unidad experimental, de los cuales se aprovecharon los 3 m centrales para medir las variables a registrar.

En el factor fechas de forzado, se utilizaron cinco hileras (cinco niveles) de seto de 128 m lineales, para en cada una de ellas iniciar en diferente fecha la aplicación de tratamientos, cada hilera/nivel de este factor se dividió por la mitad (64 m lineales) para en cada una aplicar los niveles del factor nitrógeno (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1 Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.

Hilera/nivel	Fecha de inicio de forzado (defoliación)
1	17 de Octubre 2009
2	31 de Octubre 2009
3	14 de Noviembre 2009
4	30 de Noviembre 2009
5	14 de Diciembre 2009

En el factor aplicaciones de nitrógeno edáfico que conto con dos niveles, la fecha de inicio de aplicación fue el 02 de agosto del 2009, ajustándose las aplicaciones según las unidades ya aplicadas anteriormente por el productor, siempre se usó el producto comercial fosfonitrato como fuente de nitrógeno (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2 Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.

Niveles de Nitrógeno	15/Jun/0	02/Sep/0	23/Oct/09	01/Dic/09	02/Ene/10	
	9	9				
350 UN*	115	100	35	100		
500 UN	115	100	85	100	100	*

Unidades de nitrógeno.

Las fechas de aplicación de nitrógeno se adecuaron de esa forma con el fin de provocar el exceso de nitrógeno días antes de la fecha de forzado.

En el factor reguladores de crecimiento (TDZ y AG3) el inicio de las diferentes dosis y número de aplicaciones de los tratamientos fue el día 15 de octubre del 2009; dos días antes de defoliar la primera hilera y se continuo con las aplicaciones cada ocho días después de la defoliación, de esta misma forma fueron las aplicaciones para cada hilera de forzado (Cuadro 5.3).

Cuadro 5.3 Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.

Niveles de Reguladores	Dosis de aplicación pre defoliación¹	Dosis y número de aplicaciones post defoliación²
1	50 mg L ⁻¹ TDZ [#]	Una aplicación de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃ *
2	100 mg L ⁻¹ TDZ	Una aplicación de 50 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃
3	50 mg L ⁻¹ TDZ	Cuatro aplicaciones de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃

¹ Pre defoliación: aplicaciones dos días antes de la defoliación.

² Post defoliación: aplicaciones cada ocho días después de la defoliación.

[#] TDZ: Regulador de crecimiento Thidiazurón, nombre comercial Revent@500 SL (Contiene 500 gramos de ingrediente activo por litro de producto).

* AG₃: Regulador de crecimiento Ácido Giberélico, nombre comercial Ácido Giberélico (GA3 10%) PH.

Las aspersiones de TDZ en pre-defoliación y segunda aplicación post-defoliación llevo 2 % de citrolina emulsificada.

Variables evaluadas

Grado de Diferenciación de Yemas Laterales

En el primer muestreo fueron seis yemas seleccionadas al azar del campo donde se hizo el trabajo; esto fue antes de iniciar cualquier tipo de aplicación o evaluación (25 de septiembre

2012) y el objetivo fue determinar el grado de diferenciación floral general existente justo antes del inicio de cada estudio.

El tres siguientes muestreos fueron de cinco yemas al azar; cada muestreo se hizo en cada fecha de inicio de los tratamientos (de forzado); dos días antes, ocho y quince días después de la defoliación. El muestreo se hizo sobre la parte media de la caña principal y consistió en hacer cortes del tallo tratando de cortar una sección de dos cm de tallo donde la yema quedara al centro e intacta. La yema se colocó en un frasco con: Agua destilada 30%, Alcohol etílico 45%, Formaldehído 15%, y Ácido acético 10% (FAA) y se trasladó al laboratorio. El objetivo principal de estos tres muestreos más por fecha de forzado fueron para observar si existía diferente grado de diferenciación por cada diferente fecha de forzado antes y después de promover su brotación floral.

Muestreo de yemas con necrosis

Se cortaron fracciones de laterales fructificantes que tenían el problema de necrosis, además, las yemas florales con necrosis se cortaron con una pequeña porción de: lateral fructificante de la que se originan para revisar las estructuras florales diferenciadas y revisar las conexiones de los haces vasculares de la yema floral con los del brote lateral. Las muestras se colocaron en FAA y se llevaron al laboratorio donde se siguió la misma metodología que para las yemas que se estudió el grado de diferenciación, la única variante es que en estas yemas necrosadas fue que el corte en el micrótopo fue longitudinal. Se tomaran 10 yemas al azar por cada fecha de forzado.

También se colectaron al azar 5 yemas florales buenas (a punto de brotar y sin ningún daño superficial) de las cinco fechas de forzado, esto con el fin de tener referencia anatómica de comparación para interpretar de mejor manera las yemas florales con necrosis, las yemas buenas colectadas siguieron la misma metodología para su análisis que las yemas necrosadas.

Microtecnica

1.- Fijación:

Las yemas se colocaron en un frasco con: Agua destilada 30%, Alcohol etílico 45%, Formaldehído 15%, y Ácido acético 10% (FAA), tratando de guardar una relación 1:10 y el tiempo de fijación fue mínimo de un día (Curtis, 1986).

2.- Deshidratación:

Se lavaron dos veces con agua destilada, se dejaron secar las muestras y se metieron al cambiador automático de tejidos (Fisher Tissuematon) para deshidratar, donde se pasaron por alcohol al 30, 50, 70 y 100 %, así como dos baños más en xileno (Curtis, 1986).

3.- Inclusión en parafina:

Ya deshidratadas las muestras se dejaron en parafina por 12 horas, se repitió dos veces este proceso para limpiar bien la muestra del xileno que se podía venir arrastrando. Se pasaron a una platina caliente para seccionar bloques de parafina con una muestra de tejido cada bloque (Jensen, 1962 y Berlyn y Miksche, 1976).

4.- Cortes:

Se calibro el micrótopo (American Optical Company, Spencer, Mod. 820) a corte de 10 micrómetros (Curtis, 1986) y todas las muestras se seccionaron para después ser montadas en el porta objetos con adhesivo de cromo, se dejó en la platina por 12 horas a 60 °C (Berlyn y Miksche, 1976).

5.- Desparafinado e inicio de la tinción:

Después de estar en la platina se pasaron tres veces por xileno, dos veces por alcohol absoluto, por alcohol al 70 %, alcohol al 50 % y safranina en la cual se dejó por 12 horas, pasado

ese tiempo se lavó dos veces con agua destilada y se volvió a pasar por alcohol al 50, 70 y 100 % (Sandoval, 2005).

6.- Final de la tinción, aplicación verde fijo y montaje:

Se pasó cada muestra por verde fijo, se quitó el exceso de este con alcohol al 100 % por dos veces, para finalizar con tres pasadas de xileno. Se montó con la resina sintética (bálsamo de Canadá) el cubre objetos a cada muestra y se dejaron por 24 horas a 60 °C en la platina para secar la resina (Curtis, 1986 y Johansen, 1940).

6.- Fotomicrografía:

Con las muestras de yemas ya montadas en los porta objetos se procedió a la toma de fotografías para una mejor interpretación y posterior elaboración de láminas anatómicas. Se usó un microscopio compuesto y se usaron los aumentos de 10, 50 y 100 x (Johansen, 1940), según el acercamiento que requería el tejido observado, la cámara digital usada para las fotografías es marca Sony modelo DSC-S85.

Para la interpretación de cada uno de los estados de diferenciación, órganos reproductivos y vegetativos que se ilustran en las láminas anatómicas se utilizaron las acotaciones del Cuadro 5.4 y las definiciones del Cuadro 5.5.

Cuadro 5.4. Acotaciones utilizadas en láminas anatómicas.

Acotaciones anatómicas

C: cuerpo del meristemo vegetativo.	Pe: primordios de estambres.
Cp: corazón parenquimático.	Pen: primordios de estambres necrosados.
Cxv: región de la conexión vascular.	Ph: primordios de hipsofilos o brácteas.
E: epidermis.	Pp: primordios de pétalos.
Ep: primordio de escapo.	Ppn: primordios de pétalos necrosados.
Epn: primordio de escapo necrosado.	Ps: primordios de sépalos.
F: floema primario sano.	Psn: primordios de sépalos.
M: médula caulinar de la yema.	Pt: parénquima cortical.
Ma: meristemo apical.	Ptn: parénquima cortical necrosado.
Mf: meristemo fundamental.	R: receptáculo.
Mfn: meristemo fundamental necrosado.	T: tricomas de los hipsofilos.
Mm: manto meristemático.	T ₁ : túnica uno o protodermis.
Mv: médula caulinar vegetativa.	T ₂ : túnica dos.
N: células necrosadas.	T ₃ : túnica tres.
Nuv: nudo vegetativo.	Ta: tallo vegetativo.
N ₁ : primordio de nomófilo uno (corresponde al último es decir el más joven).	X: tejido vascular (xilema y floema primarios) de la yema.
N ₂ : penúltimo primordio de nomófilo dos.	Xn: tejido vascular (xilema y floema primarios) necrosados.

Np: peciolo del nomófilo.	Xin: xilema primario necrosado.
Nuv: último nudo vegetativo.	Xy: tejido vascular del tallo vegetativo.
Pb: procámbium.	Xv: tejido vascular vegetativo.
Pc: primordios carpelares	Y: yema principal.
Pcn: primordios carpelares necrosados.	Yx: yema axilar accesoria.

Cuadro 5.5. Definiciones sobre la estructura vegetativa y reproductiva en zarzamora.

DEFINICIONES SOBRE LA ESTRUCTURA VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA EN LA ZARZAMORA

Antófilos: Son las hojas que forman parte de la flor, a saber: sépalos, pétalos, estambres y carpelos; éstos últimos son numerosos y se encuentran separados entre sí en la flor de la zarzamora. Son los últimos que se forman y por lo tanto ocupan la región central en la yema reproductiva diferenciada y en la flor.

Drupeola: drupa pequeña de un fruto en que cada uno de los carpelos se convierte en una pequeña drupa.

Escapo: es el tallo desprovisto de hojas, que sostiene una flor en el ápice. De este se origina el pedicelo que sostiene la flor. Escapo floral es el que sostiene en su parte apical la yema reproductiva y es parte del tallo.

Estipulas: son apéndices que se presentan en la parte basal de las hojas.

Foliolo: Es cada una de las secciones en las que se divide la lámina de la hoja compuesta o

partida. En zarzamora pueden ser cinco o tres y muy rara vez dos.

Fruto agregado: son frutos que se desarrollan de una sola flor multicarpelar o con varios pistilos que están libres, por lo que de una misma flor se desarrollan varios frutos independientes pero dispuestos conjuntamente.

Gineceo apocárpico: se refiere a un fruto compuesto o agregado, es decir, en que cada carpelo por si solo constituye a un solo pistilo. Es así como una flor puede dar origen a varios frutos pequeños que se unen por los mismos carpelos o por el receptáculo.

Hipsófilo: Es una hoja con diferente forma del nomófilo, de cuya yema axilar brotan flores solitarias o inflorescencias secundarias. Siempre forma parte de cualquier tipo de inflorescencia junto con las flores y de la infrutescencia junto con los frutos si aún persisten. Por lo tanto siempre está asociado a la parte reproductiva de la planta y se encuentra hacia el ápice de las ramas.

Nomófilo: Es la hoja que predomina durante la mayor parte de la vida de la planta, a ella se le atribuye la mayor actividad o cantidad fotosintética (Superficie foliar), generalmente es laminar y clorofílica. Consta morfológicamente de tres partes: la lámina (partida), peciolo y su yema axilar. En la zarzamora el nomófilo es una hoja compuesta por cinco o tres foliolos. Cuando el nomófilo es pentafoliolado la planta está en etapa vegetativa vigorosa y cuando es trifoliolado disminuye el vigor vegetativo e indica la cercanía del estado reproductivo. Los nomófilos nunca forman parte de la inflorescencia, constituyen el límite entre la parte vegetativa y reproductiva de la planta.

Peciolo: Es el apéndice que une a la lámina de la hoja con el tallo.

Pedicelo: Tallo que sostiene a una sola flor.

Polidrupa: fruto policárpico en el que cada carpelo se convierte en una drupa. Todas las drupas

insertadas en el mismo receptáculo.

Rama lateral: Es aquella que proviene de la brotación o desarrollo de la yema axilar más vigorosa de un nomófilo pentafoliolado. Está formada por hojas y tallo. Los productores la denominan “lateral”.

Tallo principal: Es aquel que proviene del desarrollo de una yema adventicia radical. Está formada por hojas y tallo. Es el equivalente a lo que los productores denominan “caña”.

Yema axilar de la rama lateral: Son aquellas que pertenecen a los hipsófilos de la región apical de la rama lateral o bien a los nomófilos de su región basal.

Yema axilar del tallo principal: Esta yema pertenece a los nomófilos vegetativos más vigorosos del tallo principal. De éstas se desarrollara una rama lateral.

Análisis Estadísticos

Se realizó un análisis de frecuencias con las yemas colectadas en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo (diferentes fechas de forzado); este con la finalidad de cuantificar el estado de diferenciación de las yemas de cada muestreo. Las pruebas estadísticas se hicieron con el Sistema de Análisis Estadístico (SAS®) y para clasificar cada yema muestreada se utilizó el siguiente Cuadro:

Cuadro 5.6. Grado de diferenciación de yemas vegetativas y reproductivas.

GRADO DE DIFERENCIACIÓN DE YEMA VEGETATIVA-REPRODUCTIVA		
Estado	Etapas	Características anatómicas para su diferenciación
Vegetativa	1	Anatómicamente se observan cuatro túnicas
Vegetativa	2	Tres túnicas
Inducida	1	Dos túnicas
Iniciada	1	Una túnica y el manto meristemático corazón parenquimático
Diferenciada	1	Levantamiento de sépalos
Diferenciada	2	Levantamiento de pétalos
Diferenciada	3	Levantamiento de estambres
Diferenciada	4	Levantamiento de gineceo

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grado de diferenciación de yemas laterales

El análisis de frecuencias muestra el número de yemas en cada estado de diferenciación, el porcentaje por fila general y la frecuencia de cada columna según el estado de diferenciación de las yemas analizadas, esto según las diferentes fechas de forzado evaluadas (Cuadro 5.1). En la Cuadro 5.7 de resultados se observa que en la fecha de forzado del 17 de Octubre del 2009 (FORZADO 0) es la de mayor frecuencia y porcentaje de diferenciación de yemas que cae dentro del estado de inducción (IND) con 13.51 de frecuencia o 50% del total y el estado vegetativo (V) con 12.16 de frecuencia o 45% del total; este resultado de la primera fecha de forzado nos indica que la mayoría de las yemas en esta fase estaban en estado vegetativo con inducción a ser diferenciadas, las temperaturas medias mínimas en los días de esta época de forzado fueron de 21 °C; temperaturas promedio más altas a diferencia de las demás fechas de forzado; temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo (Venegas, 2001), esta primera fecha de forzado es la que menor número de días tiene de maduración o desarrollo recomendado para ser forzada (Clark, 2008, López-Medina *et al.*, 2000 y Strik, 2008) por lo cual es sí el resultado obtenido de mayor número de yemas en estado vegetativo o inducidas.

Cuadro 5.7. Frecuencia/porcentaje del estado de diferenciación vegetativa o floral en las diferentes fechas de forzado en zarzamora 'Tupy' en Los Reyes, Michoacán

TABLA DE DIFERENTES FECHAS DE FORZADO POR LOS ESTADOS					
DE DIFERENCIACIÓN					
FORZADO*	ESTADO				TOTAL
	D ¹	INC ²	IND ³	V ⁴	
0	0	1	10	9	20
	0.00	1.35	13.51	12.16	27.03
	0.00	5.00	50.00	45.00	
	0.00	14.29	43.48	69.23	
15	0	0	10	2	12
	0.00	0.00	13.51	2.70	16.22
	0.00	0.00	83.33	16.67	
	0.00	0.00	43.48	15.38	
30	3	5	1	1	10
	4.05	6.76	1.35	1.35	13.51
	30.00	50.00	10.00	10.00	
	9.68	71.43	4.35	7.69	
45	12	1	2	1	16
	16.22	1.35	2.70	1.35	21.62
	75.00	6.25	12.50	6.25	
	38.71	14.29	8.70	7.69	

	16	0	0	0	16
60	21.62	0.00	0.00	0.00	21.62
	100.00	0.00	0.00	0.00	
	51.61	0.00	0.00	0.00	
TOTAL	31	7	23	13	74
	41.89	9.46	31.08	17.57	100.00

* FORZADO: Diferentes fechas de forzado (defoliación) a partir del 17 de Octubre 2009 (FORZADO 0), 31 de Octubre (FORZADO 15), 14 de Noviembre (FORZADO 30), 30 de noviembre (FORZADO 45), 14 de Diciembre (FORZADO 60).

D¹: Yema diferenciada a reproductiva (floral).

INC²: Yema iniciada a ser reproductiva (floral).

IND³: Yema inducida a ser reproductiva (floral).

V⁴: Yema vegetativa.

En la fecha de forzado del 31 de Octubre 2011 (Forzado 15) la mayor frecuencia y porcentaje de las yemas de zarzamora se ubicaron dentro de la etapa o estado de inducción con una frecuencia de 10 y porcentaje de 13.51 % mientras que en estado vegetativo dentro de esta misma fecha de forzado solo se obtuvo una frecuencia de 2 y un porcentaje de 2.70 % (Cuadro 5.7), este resultado indica que la mayoría de las yemas de zarzamora para esta fecha de forzado se encontraban en etapa de inducción a ser reproductivas; las temperaturas medias de esta fecha de forzado fueron de 19 °C; disminuyendo en comparación con la primera fecha de forzado y las temperaturas óptimas para el desarrollo de zarzamora (Venegas, 2001), sin embargo, se ve

claramente como por sí solas las yemas van cambiando en su estado de diferenciación de vegetativas a reproductivas por tener más tiempo/días de desarrollo (Lopez-Medina *et al.*, 2000).

En la fecha de forzado del 14 de Noviembre 2011 (Forzado 30) el mayor porcentaje y frecuencia del estado de las yemas se ubicó dentro la etapa de iniciación floral con 5 de frecuencia y 6.76 en porcentaje, 3 de frecuencia y 4.05% dentro de la etapa de yemas diferenciadas y con 1 de frecuencia y 1.35% en estado de vegetativas e inducidas, dentro de esta fecha de forzado el promedio de temperaturas fue de 18 °C y la mayoría de las yemas se encontraron dentro la etapa de iniciación floral (Cuadro 5.7). Dentro de la fecha de forzado del 30 de Noviembre 2011 (Forzado 45) la mayoría de yemas de zarzamora se encontraron diferenciadas, frecuencia de 12 y 16.22 %, con 2 de frecuencia y 2.7 % dentro de la etapa inducida y con 1 de frecuencia y 1.35 % en etapa de inducidas y vegetativas (Cuadro 5.7), mientras que en la fecha de forzado del 14 de Diciembre (Forzado 60) el total de sus yemas está dentro de la etapa de yemas diferenciadas a ser reproductivas; esta fecha de forzado presento una frecuencia de 16 y un porcentaje de 100 % de las yemas analizadas (Cuadro 5.7), con estos resultados claramente se concluye que la tendencia hacia diferenciación floral que siguen las yemas de zarzamora es conforme disminuye la temperatura y es más tardío el forzado; estos resultados coinciden con lo dicho por Strik y Clark, 2008 que mencionan que la planta de zarzamora mínimo debe tener de cinco a siete meses de desarrollo a partir de su fecha de plantación o roce a piso para que tenga una buena diferenciación y brotación floral, así también las bajas temperaturas u horas de frío que va acumulando la planta hacia finales de año le ayudan en su diferenciación floral (Strik, 2008b) ya que los tallos y hojas se ven más lignificadas por la maduración natural (Grainger, 1939) que les induce la temperatura a las plantas del genero *Rubus*

(Tejera y Ochoa, 2004), esto coincide claramente con lo dicho por Fulford en 1965 que las plantas se diferencian a ser florales debido a las unidades o días de desarrollo que acumulan por efecto de tiempo desde su inicio de crecimiento.

Diferenciación de yemas en láminas anatómicas

En el análisis de frecuencia se demostró que la tendencia que siguen las yemas para pasar de vegetativas a reproductivas es determinado por la época de forzado, estos resultados del grado de diferenciación de yemas se obtuvieron a partir de las yemas analizadas en laboratorio de las cuales se seleccionaron las mejores y las que hacen referencia más significativa al grado de diferenciación se describen a continuación y se ilustran en el Apéndice:

Lámina 1 (A1). Que se elaboró con una yema (a) del muestreo general del 25 de septiembre 2009; yema vegetativa que muestra la estructura general del meristemo (Johansen, 1940) la copula con forma de domo (Cutter, 1980), una yema (b) del forzado cuatro del 28 de noviembre del 2009 que es una yema recién diferenciada a reproductiva ya que se observan claramente las brácteas florales, inflorescencias u órganos reproductivos en formación (Martínez, *et al.*, 2006) y otra yema (c) del forzado cinco de enero del 2010 que es una yema bien diferenciada a reproductiva ya con sus yemas accesorias secundarias (Esaú, 1969); esta yema desde su corte para llevar a laboratorio ya mostraba apariencia de ser reproductiva por estar alargada y ensanchada (Bernier *et al.*, 1993 y Díaz, 2002).

En la Lamina 2 (A2). se observa una yema (a) totalmente vegetativa con tres túnicas y forma de domo la copula (Cutter, 1980 y Salisbury and Ross, 2000) que se muestreo el 25 de septiembre de 2009 en el muestreo general 23 días antes del forzado, también dentro de esta

lamina se muestra una yema (b) del forzado tres que se muestreo el 13 de noviembre 2009 (un día antes del forzado); es una yema iniciada a reproductiva ya que cuenta con solo dos capas/túnicas de células (Contreras, 1986) y ya muestra el inicio de la formación de sépalos como primer órgano reproductiva a formarse (Esaú, 1969), otra yema (c) de esta lámina se muestreo del forzado cinco el 4 de diciembre (cinco días después del forzado) y se muestra diferenciada a reproductiva con el inicio de la formación de órganos reproductivos (Esaú, 1969), la yema (d) del forzado cinco que se muestreo el 19 de diciembre del 2009 (cinco días después del forzado) se muestra ya diferenciada a reproductiva con su sépalos bien formados y por ultimo dentro de esta lamina se muestra la yema (e) del forzado cuatro del 28 de noviembre del 2009 (dos días antes del forzado) que se muestra totalmente diferenciada y con una yema accesoria acompañante (Engin y Unal, 2007).

Yemas con necrosis

Se generaron cinco láminas donde se ilustran diferentes yemas: totalmente sanas, con necrosis y yemas con parte de tallo donde se observa el daño en la conexión vascular, las cinco láminas mencionadas a continuación se muestran en el apéndice con mayor descripción e identificación del daño:

- Lamina 3. Se observan en la yema (a) necrosada muestreada el 29 de noviembre del 2009 los daños necróticos y muerte celular en carpelos, sépalos y estambres de la yema (Vasudevan, 1997), esto se compara con la yema (b) dentro de esta misma lámina que tiene todos sus órganos reproductivos bien formados y totalmente sanos (Engin y Unal, 2007 y Esaú, 1969).
- Lamina 4. En esta yema (a) muestreada en la hilera de forzado cuatro el 28 de noviembre del 2009 se observa un daño apical más severo; hay muerte celular en sépalos, pétalos, carpelos,

estambres, tricomas y meristemo fundamental (Vasudevan, 1997), este daño se aprecia mejor al compáralo con una yema sana (b) en la misma lámina, esta yema se muestreo en Enero 2010 y se observan todos sus órganos reproductivos bien formado y sanos (Esaú, 1969 y Fulford, 1970).

- Lámina 5. Se observan daños longitudinales en general, en la yema (a) se observan células necrosadas en el manto meristemático, primordios, tejido vascular y parénquima cortical; los que nos indica un daño desde sus tejidos de conducción vascular (Esaú, 1969 y Salisbury and Ross, 2000) mientras que en la yema (b) el tejido vascular está sano y parte necrosado.
- Lámina 6. En estas yemas se compara el daño hacia la parte basal de las yema (a) y las partes sanas de la yema (b y c), en la yema (a) el daño se encuentra en la parte caulinar de la yema y se va diseminando hacia el tejido vascular basal, mientras que en la yema (a y b) los tejidos vasculares se observan sanos desde su parte basal, órganos reproductivos y yemas accesorias (Engin y Unal, 2007).
- Lámina 7. En este par de yemas se observan las conexiones vasculares necrosadas de ambas yemas, en la yema (a) se observa la conexión vascular necrosada así como el xilema y la yema accesoria, mientras que en la yema (b) se observa el daño por muerte celular solo en el xilema del tallo y conexión vascular, daños similares a lo visto anatómicamente en yemas con necrosis de Uva por Vasudevan, 1997.

5.4. CONCLUSIÓN

Por los resultados obtenidos en las diferentes yemas y sustentado anatómicamente en las laminas, se concluye que una yema de zarzamora variedad 'Tupy' pasa de ser vegetativa a reproductiva por si sola recibiendo el estímulo ambiental o por sus unidades o días de desarrollo acumuladas desde su plantación, siendo así que entre más tarde se forcé la planta a brotar será menos el requerimiento que se tenga que hacer de reguladores de crecimiento o sazoadores para tener una buena brotación, esto se refleja mucho en la disminución en el gasto de dichos reguladores de crecimiento o estimulantes que promuevan la brotación.

Anatómicamente se concluye que las yemas de zarzamora 'Tupy' llegan a tener hasta 4 a 5 túnicas cuando son vegetativas y tener dos túnicas solamente cuando ya esta iniciada, inducida y diferenciada con órganos reproductivos.

El daño por la necrosis de yemas afecta en general yemas jóvenes y maduras, las conexiones vasculares se observan necrosadas según el daño que tenga la yema o inflorescencia, el daño se inicia en las paredes celulares y por consecuencia se necrosan los haces vasculares.

5.5. LITERATURA CITADA

- Berlyn, G. P. y J. P. Miksche. 1976. Botanical Microtechnique and Cytochemistry. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. Pp. 326.
- Bernier, G., A. Havelange., C. Houssa., A. Petitjean., and P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. *The Plant Cell* 5:1147-1155.
- Clark, R. J. and C. E. Finn. 2008. New Trends in Blackberry Breeding. *Acta Horticulturae* 777:41.
- Contreras, L. D. 1986. Efecto de la remoción de las flores en la diferenciación floral de durazno (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) criollo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 46 p.
- Curtis, P. J. 1986. Microtecnia vegetal. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F. Pp. 106.
- Cutter, E. G. 1980. Plant anatomy: Experiment and interpretation. Part 2. Organs. Edward Arnold. London, Great Britain. 343 p.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR, S.A. México. D.F.
- Dos Santos, A. M. y Raseira, M do C.B. 1988. Lancamento de cultivares de amoreira-preta. Pelotas, Brasil: Informativo 23. EMBRAPA. CNPFT.
- Engin, H., Unal A. 2007. Examination of flower bud initiation and differentiation in sweet cherry and peach by scanning electron microscope. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 373–379.
- Esaú, K. 1969. Anatomía Vegetal. 1^{ra} ed. Ediciones Omega, Barcelona, España. 729 p.
- Fulford, R.M. 1965. The Morfogenesis of Apple Buds I. The Activity of the Apical Meristem. *Annals of Botany*. (29):113
- Fulford, R.M. 1966. The Morfogenesis of Apple Buds II. The Development of the Bud. *Annals of Botany*. 30:27-38.
- Galindo-Reyes, M. A., V. A. Gonzáles-Hernández, A. Muratalla-Lúa, R. M. Soto-Hernández, y M. Livera-Muñoz. 2004. Producción forzada de zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo* 10(2):205-209.

- Grainger J. 1939. Studies upon the time of flowering of plants: anatomical, floristic and phenological aspects of the problem. *Annals of Applied Biology* 26, 684–704.
- Jensen, W. A. 1962. *Botanical Histochemistry*. Freeman. San Francisco.
- Johansen, D. A. 1940. *Plant Microtechnique*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London. Pp. 517.
- Lopez-Medina, J., J. Moore, and W. McNew, R. 2000. A proposed model for inheritance of primocane fruiting in tetraploid erect blackberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125:217–221.
- Martínez, D, G., J. A. Márquez C. y G. Osorio A. 2006. Desórdenes fisiológicos de la vid. Folleto para productores No. 31. CECH-CIRNO-INIFAP. 31 p.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 2000. *Fisiología de las plantas 3 Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental*. Paraninfo. Madrid, España.
- Sandoval, Z. E. 2005. *Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D.F. 277 p.
- Strik, C. B. 1992. Blackberry cultivars and production trends in the Pacific Northwest. *Fruit Var. J.* 46:202-206.
- Strik, C. B. 2008a. A Review of Nitrogen Nutrition of Rubus. In: *Proc. Acta Horticulturae* 777: 403.
- Strik, C. B. 2008b. Worldwide Production of Blackberries. *Acta Horticulture* 777:209.
- Tejera, H. B. y L. Ochoa, F. 2004. La zarzamora ante los retos productivos, del mercado y del desarrollo local. Universidad Autónoma Chapingo y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán, México.
- Vasudevan, L. 1997. Anatomical developments and the role of carbohydrate or mineral nutrient deficiency in bud necrosis of “Riesling” grapevines (*Vitis vinífera*). requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Horticulture. Virginia Faculty of the Virginia Polytechnic. 75 p.

CAPITULO 6

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE LA NECROSIS DE YEMAS FLORALES Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN ZARZAMORA 'TUPY'

RESUMEN

La importancia económica que tiene la industria de la producción y comercialización de zarzamora 'Tupy' ya se menciono más ampliamente en los capítulos anteriores, así también lo importante que es el tener un parámetro del por que ocurre o que influye de manera directa e indirecta en la necrosis de yemas florales y como afecta en los componentes de rendimiento, es por eso que en este último capítulo se realizo un análisis multivariado para conocer la variación y relación de las variables analizadas, esto con la finalidad también de ubicar variables dentro de grupos que nos indican el comportamiento en conjunto y/o relación directa de una con otra, es con este análisis que se puede definir con mayores herramientas estadísticas que la necrosis de yemas florales es mayor conforme el número de laterales aumenta y la longitud de las misma es mayor, así también que el número de laterales fructificantes esta relacionado con el número de frutos que amarra cada lateral y que esto se refleja en el peso del fruto e índice de cosecha.

6.1. INTRODUCCIÓN

La zarzamora es una de las frutillas que representa un grupo de cultivos estratégicos de gran importancia social y económica, genera gran cantidad de empleos directos e indirectos que contribuyen significativamente al desarrollo regional del estado de Michoacán, actualmente es el principal productor y exportador a nivel mundial. Estos posicionamientos y altos rendimientos es debido al manejo agronómico y clima de la zona (Strik, 2008), los principales componentes del manejo agronómico son la defoliación y aspersion de reguladores de crecimiento (Clark, 2008), lo cual da homogeneidad y adelanta la brotación, así también aumenta los rendimientos (Galindo-Reyes et al., 2004). El objetivo de este capítulo es agrupar o asociar las variables que ya fueron evaluados en la necrosis de yemas florales y componentes de rendimiento en zarzamora 'Tupy' mediante un análisis multivariado, con el propósito de tener clara la dependencia de una variable a otra y así prevenir o corregir con mayor seguridad algún problema durante el desarrollo del cultivo.

6.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y ubicación del experimento

El experimento se estableció en el Municipio de los Reyes, Michoacán que se localiza al lado Este del Estado, a una latitud Norte de 19°35', longitud Oeste de 102°29' y a una altitud de 1,305 m, el clima del lugar es clasificado como semicálido subhúmedo con lluvias en verano (köppen modificado por Enriqueta García), con grados intermedios de humedad y, una precipitación anual de 900 mm, la temperatura media mensual oscila entre 15.6 a 31.6 °C (Tejera y Ochoa, 2004).

Material vegetal

Se trabajó con Zarzamora 'Tupy', cuyas plantas son de porte erecto, con espinas, con producción de 3.8 kg/planta/año, producen frutos grandes (6 g), de coloración oscura uniforme, sabor equilibrado con buen balance entre acidez y azúcar, el fruto agregado es consistente y firme, con semillas pequeñas, epidermis y cutícula resistentes y aroma atractivo, características que la hacen recomendable para el consumo en fresco (Dos santos y Raseira, 1988).

Las plantas de zarzamora utilizadas en el experimento eran de producción de primer año (planta que se poda a ras de piso para producción de fruta en ese mismo año), podadas a ras de piso el 23 de febrero del 2009, con aplicaciones de nitrógeno al suelo a base de fosfonitrato; 115 unidades de nitrógeno (UN) en total, con dos sazonadas (aspersión al follaje de la planta a base de urea y cobre con el fin de provocar su completa maduración o sazonamiento) cada nueve días a partir del 15 de septiembre del 2009.

Diseño experimental, factores a evaluar y sus niveles

Se usó un arreglo de tratamientos factorial 5x3x2 con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, se usaron 5 m lineales de seto como unidad experimental, de los cuales se aprovecharon los 3 m centrales para medir las variables a registrar.

En el factor fechas de forzado, se utilizaron cinco hileras (cinco niveles) de seto de 128 m lineales, para en cada una de ellas iniciar en diferente fecha la aplicación de tratamientos, cada hilera/nivel de este factor se dividió por la mitad (64 m lineales) para en cada una aplicar los niveles del factor nitrógeno (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Fechas de inicio de forzado en cada hilera de seto.

Hilera/nivel	Fecha de inicio de forzado (defoliación)
1	17 de Octubre 2009
2	31 de Octubre 2009
3	14 de Noviembre 2009
4	30 de Noviembre 2009
5	14 de Diciembre 2009

En el factor aplicaciones de nitrógeno edáfico que conto con dos niveles, la fecha de inicio de aplicación fue el 02 de agosto del 2009, ajustándose las aplicaciones según las unidades ya aplicadas anteriormente por el productor, siempre se usó el producto comercial fosfonitrato como fuente de nitrógeno (Cuadro 6.2).

Cuadro 6.2. Fechas de aplicación de la fertilización nitrogenada y unidades de nitrógeno aplicadas.

Niveles de Nitrógeno	15/Jun/0	02/Sep/0	23/Oct/09	01/Dic/09	02/Ene/10	
	9	9				
350 UN*	115	100	35	100		
500 UN	115	100	85	100	100	*

Unidades de nitrógeno.

Las fechas de aplicación de nitrógeno se adecuaron de esa forma con el fin de provocar el exceso de nitrógeno días antes de la fecha de forzado.

En el factor reguladores de crecimiento (TDZ y AG3) el inicio de las diferentes dosis y número de aplicaciones de los tratamientos fue el día 15 de octubre del 2009; dos días antes de defoliar la primera hilera y se continuo con las aplicaciones cada ocho días después de la defoliación, de esta misma forma fueron las aplicaciones para cada hilera de forzado (Cuadro 6.3).

Cuadro 6.3. Dosis y número de aplicaciones de los reguladores de crecimiento.

Niveles de Reguladores	Dosis de aplicación pre defoliación¹	Dosis y número de aplicaciones post defoliación²
1	50 mg L ⁻¹ TDZ [#]	Una aplicación de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃ *
2	100 mg L ⁻¹ TDZ	Una aplicación de 50 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃
3	50 mg L ⁻¹ TDZ	Cuatro aplicaciones de 25 mg L ⁻¹ de TDZ + 25 mg L ⁻¹ de AG ₃

¹ Pre defoliación: aplicaciones dos días antes de la defoliación.

² Post defoliación: aplicaciones cada ocho días después de la defoliación.

TDZ: Regulador de crecimiento Thidiazurón, nombre comercial Revent@500 SL (Contiene 500 gramos de ingrediente activo por litro de producto).

* AG₃: Regulador de crecimiento Ácido Giberélico, nombre comercial Ácido Giberélico (GA3 10%) PH.

Las aspersiones de TDZ en pre-defoliación y segunda aplicación post-defoliación llevo 2 % de citrolina emulsificada.

Variables evaluadas

Componentes principales

Mediante un análisis multivariado con los promedios de las doce variables analizadas en los capítulos anteriores; área foliar, índice de cosecha, longitud de laterales, frutos por lateral,

laterales fructificantes, peso de frutos, rendimientos, peso total de la parte aérea, laterales necrosadas, yemas necrosadas, dinámica de brotación y floración, se aplicó un análisis de componentes principales (Johnson, 1998) usando la matriz de correlaciones con el programa SAS (SAS Institute, 1985) esto con la finalidad de conjuntar o separar la variabilidad de cada uno de los componentes y/o variables.

Análisis de agrupamiento

Para examinar las relaciones de agrupamiento de las doce variables se hicieron dos dendogramas con los componentes principales (Johnson, 1998) uno y dos, uno de ellos con los tres factores de reguladores de crecimiento TDZ y AG3, ambos dendogramas con el fin de observar la dispersión de las variables, para ello se usó el programa SAS (SAS Institute, 1985).

Coefficiente de correlación

Se estimó el coeficiente de correlación de Pearson entre las matrices de varianza derivadas de las 12 variables ya analizadas en los capítulos anteriores, para ello se usó el paquete SAS (SAS Institute, 1985).

6.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes principales

Para investigar la dispersión de las 12 variables analizadas, se realizó un análisis de componentes principales, el Cuadro A3 presenta los valores propios asociados con cada uno de los componentes principales, donde se observa que los tres primeros explicaron el 62.3% de la variación total. Las variables que más contribuyen a explicar la variación de los tres primeros componentes principales, se muestran en el Cuadro 6.4, donde se observa que 10 de las 12 variables contribuyeron significativamente en la explicación del primer componente principal, seis de ellos con signo positivo (Área foliar, Longitud de laterales, Peso seco, Laterales necrosadas y Yemas necrosadas) esto es, que las variables localizadas al extremo positivo del primer componente principal tuvieron frecuencias altas, mientras que cinco variables tuvieron signo negativo (Índice de cosecha, Frutos por lateral, Laterales fructificantes, Peso de frutos y Rendimiento), indicando así que las ubicadas al extremo negativo del primer componente tuvieron frecuencias bajas. Tal y como se observó en los capítulos tres y cuatro estas variables que caen dentro de frecuencias altas o bajas están correlacionadas; claro ejemplo se observa en la figura 3.8 donde a mayor longitud de laterales es mayor la necrosis de laterales y yemas florales, en el otro extremo a menor número de laterales fructificantes fue menor el número de frutos por lateral, rendimiento e índice de cosecha.

Para el segundo componente se observa que las 12 variables contribuyeron significativamente en explicar la variación de este componente, 10 de ellas son signo positivo (Área foliar, Índice de cosecha, Longitud de laterales, Frutos por lateral, Peso de frutos, Rendimiento, Peso seco, Laterales necrosadas, Yemas necrosadas y Dinámica de brotación) y una de ellas con signo negativo (Laterales fructificantes), finalmente, para el tercer componente se

observa que de las 12 variables contribuyeron significativamente en explicar la variación de éste componente, cuatro de ellas (Área foliar, Laterales fructificantes y Peso seco) con signo positivo y ocho de ellas con signo negativo.

Cuadro 6.4 Valores de los dos primeros componentes principales para 12 variables analizadas.

VARIABLE	COMP. 1	COMP. 2	COMP. 3
Área foliar	0.334	-0.165	0.566
Índice de cosecha	-0.349	-0.394	-0.170
Longitud de laterales	0.324	-0.251	-0.266
Frutos por lateral	-0.353	-0.359	0.095
Laterales fructificantes	-0.320	0.085	0.179
Peso de frutos	-0.140	-0.127	-0.203
Rendimiento	-0.211	-0.597	-0.061
Peso seco	0.256	-0.396	0.528
Laterales necrosadas	0.347	-0.127	-0.338
Yemas necrosadas	0.394	-0.150	-0.240
Dinámica de brotación	0.166	-0.221	-0.194
Dinámica de floración	0.051	-0.043	-0.073

Con los valores de los dos primeros componentes principales para las 12 variables, se elaboró la Figura 6.1, la cual muestra las variables laterales necrosadas, yemas necrosadas, área foliar, longitud de laterales, dinámica de brotación, dinámica de floración y peso total integradas

en el primer agrupamiento, éste se caracteriza por presentar valores positivos altos. Las variables rendimiento, índice de cosecha, frutos por lateral, peso de frutos y laterales fructificantes están integradas en el segundo agrupamiento, el cual muestra valores negativos tanto en el eje del primer y segundo componente con la excepción de la variable lateras fructificantes que muestra solo valor negativo en el eje del primer componente.

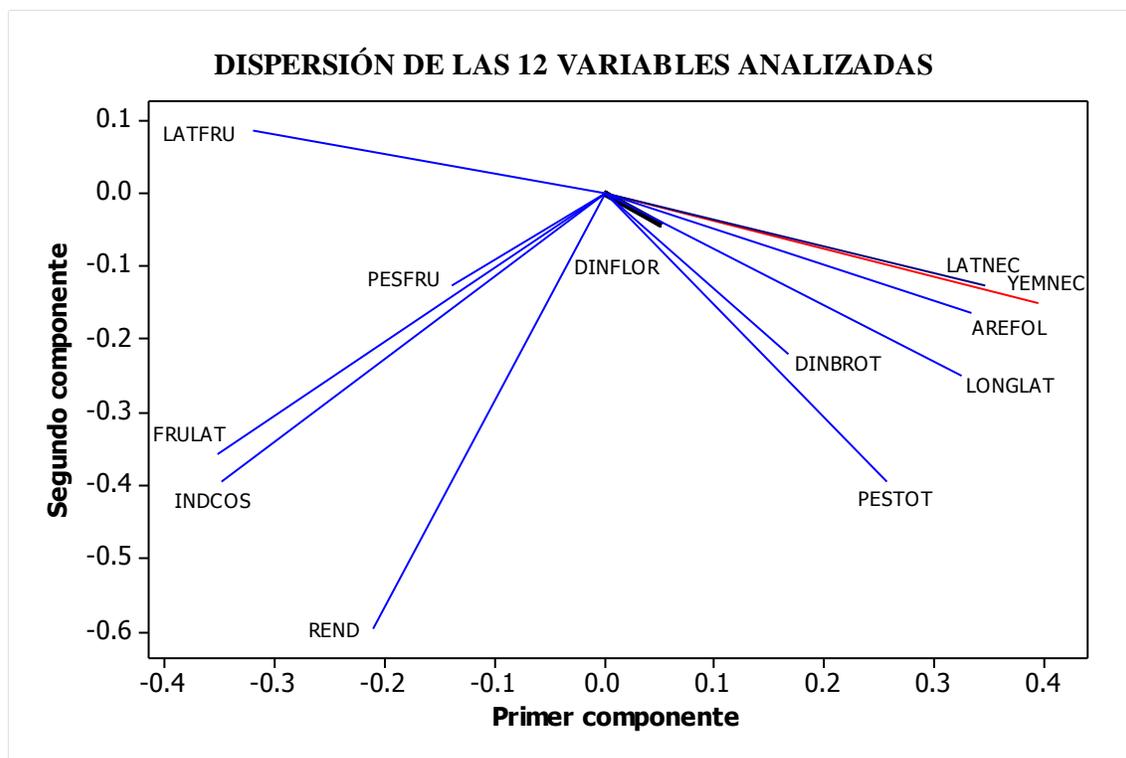


Figura 6.1. Dispersión de las 12 variables analizadas sobre el primer y segundo componente principal.

En esta Figura 6.1 que muestra la dispersión de las variables también se observa la relación y comportamiento en conjunto que siguen las variables Laterales con Necrosis con Yemas Necrosadas por Lateral y las variables Frutos por Lateral e Índice de Cosecha, estas similitudes en comportamiento de las variables es lógico ya que al haber más laterales con necrosis es de esperarse mayor el número de yemas con necrosis por lateral, mientras que la

cantidad de frutos por cada lateral disminuye o aumenta directamente el pesos de frutos que repercute en el índice de cosecha.

Coefficiente de correlación

Con las medias de las doce variables analizadas, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson (Cuadro A4), identificando las variables altamente correlacionadas, como ejemplo, el índice de cosecha y frutos por lateral están correlacionados con un valor de $r = .70$, se aprecia también que el índice de cosecha está correlacionado con rendimiento con un valor de correlación de $r = .76$, el rendimiento con frutos por lateral está correlacionado con un valor de correlación de $r = .66$, área foliar y peso seco total de la parte aérea está altamente correlacionada con un valor de correlación de $r = .90$, la variable laterales con necrosis esta medianamente correlacionada con longitud de laterales con un valor de correlación de $r = .46$, así también lateras con necrosis está medianamente correlacionada negativamente con la variable frutos por lateral con un valor de correlación de $r = .44$ y finalmente la variables yemas necrosadas por lateral esta correlacionada con laterales con necrosis con un valor de correlación de $r = .74$.

Agrupamientos

Con los valores de los dos primeros componentes principales se elaboró la Figura 6.2, en la que se distinguen dos agrupamientos; el número 1 que agrupa las puntuaciones que resultan del tratamiento tres de TDZ y AG3 y está ubicado en el extremo positivo del primer componente principal, el agrupamiento dos en el que se agrupan los valores del tratamiento uno y dos de TDZ y AG3 y está ubicado en el extremo negativo del primer componente principal.

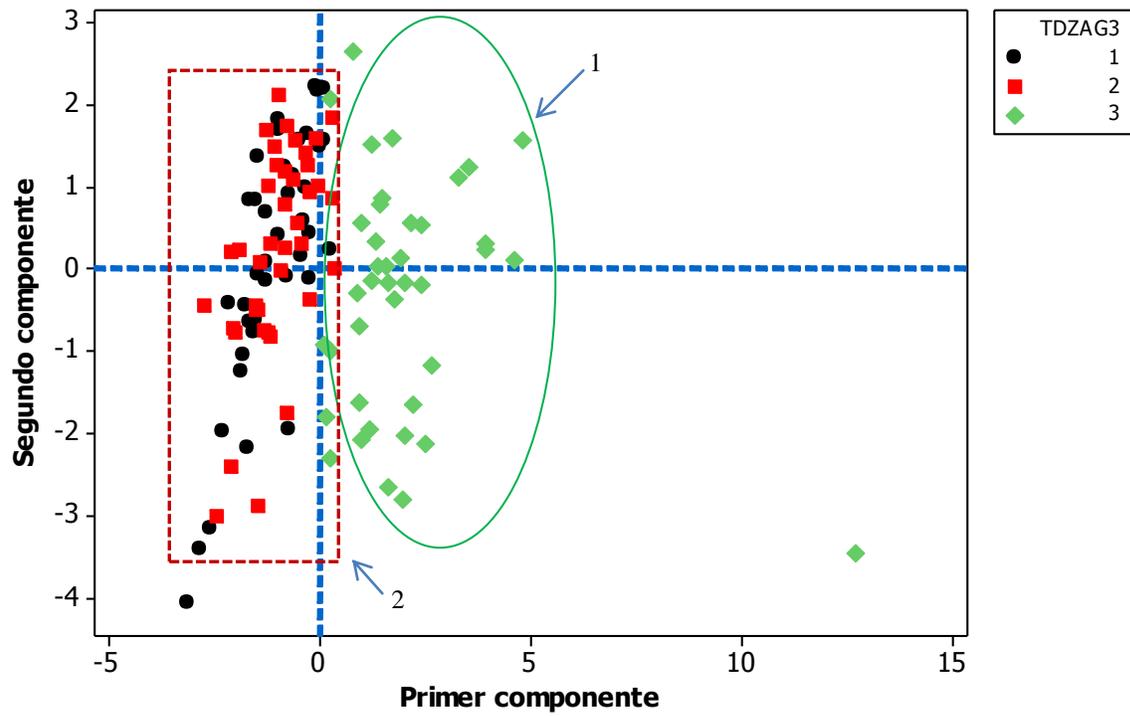


Figura 6.2. Dispersión de las doce variables analizadas en base al primer y segundo componente principal usando las tres diferentes dosis y número de aplicaciones de TDZ y AG3.

6.4. CONCLUSIÓN

Del análisis multivariado de las variables evaluadas en los dos capítulos anteriores se concluye que el número de laterales con necrosis esta altamente correlacionada con la longitud de laterales, yemas necrosadas por lateral y número de frutos por lateral; respuesta discutida ya en el primer capítulo y aquí sustentada aún más con otro análisis estadístico, de la misma forma se comprobó la relación que existente entre el índice de cosecha y peso fresco y seco de frutos, área foliar y peso seco, y con rendimiento que es la principal variable de importancia económica en la producción esta correlacionada con el número de frutos por lateral que a su vez depende del número de yemas abortadas o necrosadas que tenga cada lateral fructificante.

6.5. LITERATURA CITADA

- Clark, R. J. and C. E. Finn. 2008. New Trends in Blackberry Breeding. *Acta Horticulturae* 777:41.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR, S.A. México. D.F.
- Dos Santos, A. M. y Raseira, M do C.B. 1988. Lancamento de cultivares de amoreira-preta. Pelotas, Brasil: Informativo 23. EMBRAPA. CNPFT.
- Esaú, K. 1969. Anatomía Vegetal. 1^{ra} ed. Ediciones Omega, Barcelona, España. 729 p.
- Galindo-Reyes, M. A., V. A. Gonzáles-Hernández, A. Muratalla-Lúa, R. M. Soto-Hernández, y M. Livera-Muñoz. 2004. Producción forzada de zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. *Revista Chapingo* 10(2):205-209.
- Johnson, D.E. 1998. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. México. 566 p.
- Lopez, R. G. A. Santacruz V., A. Muñoz O., F. Castillo G., L. Cordova T. y H. Vaquera H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Interciencia* 30(5): 284-290.
- Martínez, D. G., 1999. Fertilidad de yemas de la vid cv. Thompson Seedless y factores que la afectan. Folleto para productores No. 19. CECH-CIRNO-INIFAP. 26 p.
- Medina., M. M. 2006. Effect of the Thidiazuron in the Development and Production of the Pecan Tree. [Agrofaz: publicación semestral de investigación científica](#). 6(2):171-178.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas 3 Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Paraninfo. Madrid, España.
- Sánchez, R. G. 2008. La Red de Valor de la Zarzamora. Fundación Produce Michoacán, Morelia Michoacán, México.
- Sandoval, Z. E. 2005. Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D.F. 277 p.

Strik, C. B. 1992. Blackberry cultivars and production trends in the Pacific Northwest. *Fruit Var. J.* 46:202-206.

Strik, C. B. 2008a. A Review of Nitrogen Nutrition of *Rubus*. In: *Proc. Acta Horticulturae* 777: 403.

Tejera, H. B. y L. Ochoa, F. 2004. La zarzamora ante los retos productivos, del mercado y del desarrollo local. Universidad Autónoma Chapingo y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán, México.

7. CONCLUSIÓN GENERAL Y RECOMENDACIONES

La dosis de aplicación de reguladores de crecimiento con un total de 150 mg L^{-1} de TDZ + 100 mg L^{-1} de AG₃ y divididos en 50 mg L^{-1} ocho días antes de la defoliación, 25 mg L^{-1} de TDZ + 25 mg L^{-1} de AG₃ por cuatro veces más con intervalos de ocho días, son las que mayor porcentaje de laterales y yemas necrosadas presentaron independientemente la fecha de forzado o dosis de aplicación de nitrógeno al suelo. Esta misma dosis y forma de aplicación de reguladores de crecimiento es la que mayor longitud de laterales fructificantes provoco; esto a su vez repercute en mayor número de yemas necrosadas por lateral, disminución en el número de frutos por cada lateral y menor rendimiento.

Conforme las temperaturas promedio son más bajas hacia los meses de Noviembre y Diciembre promueven mejor diferenciación floral de las yemas vegetativas de la zarzamora sin que la planta haya sido estimulado químicamente, sin embargo, si la planta si es estimulada durante estas temperaturas también inciden en que se presente un mayor número de laterales y yemas con necrosis. Esta disminución de temperatura a su vez hace más lento el proceso de desarrollo y acumulación de biomasa en la planta; ya que se vio afectado el peso seco total de fruto y planta, efecto opuesto al que causa la mayor fertilización nitrogenada, ya que la haber más nitrógeno disponible es mayor la composición de materia seca en la planta.

La fertilización nitrogenada no aumento directamente el porcentaje de yemas con necrosis, sin embargo, si se observo que al hacer aplicaciones de nitrógeno al suelo dos días antes de la aplicación de reguladores de crecimiento, es mayor el efecto que tienen estos en la planta.

Las yemas necrosadas de zarzamora que se muestrearon en las diferentes fechas resultaron ser en su mayoría ya florales; conformadas por sus órganos reproductivos como sépalos, pétalos, estambres e incluso yemas accesorias también ya necrosadas.

Las yemas de zarzamora anatómicamente muestran 4 a 5 túnicas en su estado vegetativo y durante su estado reproductivo (yema diferenciada) muestran solo 2 túnicas.

No aplicar dosis mayores de 25 a 50 mg L⁻¹ TDZ ocho días antes del forzado ni repetir la aplicación a los ocho días con 25 a 50 mg L⁻¹ TDZ + 25 mg L⁻¹ AG₃ ya que estas dosis a pesar de ser más bajas también producen necrosis entre 1 a 2 %.

Dejar que la planta madure sus tallos y yemas el mayor tiempo posible: mínimo 7 meses desde su roce a piso o plantación, ambas son usualmente entre febrero y marzo, antes de ser forzadas, estimuladas o activadas a su brotación de laterales fructificantes.

Probar dosis de reguladores (TDZ y AG₃) de manera independiente para definir cual es el regulador de crecimiento que promueve esa necrosis de yemas florales.

Hacer análisis de fertilidad al suelo y nutricionales a peciolo u hojas a los diferentes tratamientos antes y después de la aplicación de cada factor.

APÉNDICE

Cuadro A1. Valores de significancia menores a 0.05 de las variables del capítulo 1.

VARIABLE	FACTOR	SIGNIFICANCIA
Dinámica de brotación	Fechas de forzado	< 0.0001
	Reguladores de crecimiento	< 0.0011
Dinámica de floración	Fechas de Forzado	< 0.001
	Fertilización nitrogenada	< 0.0001
Laterales con necrosis	Fechas de forzado	< 0.0033
	Reguladores de crecimiento	< 0.0037
Yemas necrosadas	Reguladores de crecimiento	< 0.0026
	Fechas de forzado	< 0.0001
	Fertilización nitrogenada	< 0.0177
	Reguladores de crecimiento	< 0.0001
Longitud de laterales	Interacción fechas de forzado con reguladores de crecimiento	< 0.0110
	Interacción fechas de forzado con fertilización nitrogenada	< 0.0098
	Fechas de forzado	< 0.0001
	Fertilización nitrogenada	< 0.0001
Laterales fructificantes	Reguladores de crecimiento	< 0.0001
	Fechas de forzado	< 0.0001
	Fertilización nitrogenada	< 0.0001
	Interacción fechas de forzado y fertilización nitrogenada	< 0.0219
Frutos por lateral	Interacción fechas de forzado y reguladores de crecimiento	< 0.0402
	Fechas de forzado	< 0.0001
Peso fresco de frutos	Fechas de forzado	< 0.0001
	Fertilización nitrogenada	< 0.0001
Rendimiento	Fechas de forzado	< 0.0001
	Fertilización nitrogenada	< 0.0001

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomando con valor Alpha $\alpha = 0.05$.

Cuadro A2. Valores de significancia menores a 0.05 de las variables del capítulo 2.

VARIABLE	FACTOR	SIGNIFICANCIA
Índice de cosecha	Fechas de forzado	< 0.0001
	Reguladores de crecimiento	< 0.0001
Peso específico de hoja	Fertilización nitrogenada	< 0.0167
Área foliar	Reguladores de crecimiento	< 0.0212
	Fechas de forzado	< 0.0473
Peso total de la parte aérea	Fertilización nitrogenada	< 0.0024
	Reguladores de crecimiento	< 0.0107
Peso seco promedio de frutos	Fechas de forzado	< 0.0001

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomando con valor Alpha $\alpha= 0.05$.

Cuadro A3 Valores propios de la matriz de varianzas derivados de las 12 variables evaluadas.

Componente Principal	Valor Propio	Diferencia	Proporción	Acumulativo
1	4.0096	1.9534	0.334	0.334
2	2.0562	0.6448	0.171	0.505
3	1.4114	0.243	0.118	0.623
4	1.1684	0.164	0.097	0.720
5	1.0044	0.2722	0.084	0.804
6	0.7322	0.0758	0.061	0.865
7	0.6564	0.2792	0.055	0.920
8	0.3772	0.124	0.031	0.951
9	0.2532	0.0737	0.021	0.972
10	0.1795	0.0309	0.015	0.987
11	0.1486	0.1457	0.012	1.000
12	0.0029	0.0000	0.000	1.000

Cuadro A4. Coeficiente de correlación de Pearson para 12 variables evaluadas en zarzamora, en Los Reyes, Michoacán.

	AREF	INDC	LONL	FRUL	LATF	PESF	REN	PESS	LATN	YEMN	DINB	DINF
AREF	1.00											
INDC	-0.437 0.000	1.00										
LONL	0.273 0.003	-0.239 0.009	1.00									
FRUL	-0.295 0.001	0.707 0.000	-0.258 0.004	1.00								
LATF	-0.317 0.000	0.358 0.000	-0.544 0.000	0.280 0.002	1.00							
PESF	-0.194 0.034	0.210 0.021	-0.108 0.238	0.167 0.068	-0.019 0.836	1.00						
REN	-0.165 0.072	0.761 0.000	0.032 0.728	0.665 0.000	0.184 0.045	0.280 0.002	1.00					
PESS	0.900 0.000	-0.188 0.040	0.313 0.000	-0.035 0.701	-0.241 0.008	-0.109 0.002	0.249 0.006	1.00				
LATN	0.248 0.006	-0.291 0.001	0.467 0.000	-0.448 0.000	-0.357 0.000	-0.067 0.465	-0.076 0.410	0.240 0.008	1.00			
YEMN	0.387 0.000	-0.325 0.000	0.551 0.000	-0.465 0.000	-0.541 0.000	-0.122 .184	-0.107 0.244	0.350 0.000	0.747 0.000	1.00		
DINB	0.145 0.115	0.023 0.803	0.400 0.000	-0.164 0.074	-0.109 0.238	-0.215 0.019	0.074 0.423	0.168 0.066	0.283 0.002	0.216 0.018	1.00	
DINF	0.044 0.629	0.007 0.942	0.005 0.956	-0.079 0.390	-0.084 0.360	-0.017 0.855	0.028 0.765	0.050 0.591	0.128 0.163	0.095 0.302	-0.042 0.645	1.00

AREF: Área foliar, INDC: Índice de cosecha, LONL: Longitud de laterales, FRUL: Frutos por lateral, LATF: Laterales fructificantes, PESF: Peso fresco promedio de frutos, REN: Rendimiento, PESS: Peso seco total de la parte aérea, LATN: Laterales con necrosis, YEMN: Yemas necrosadas, DINB: Dinámica de brotación, DINF: Dinámica de floración.