



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

TDZ, RIEGO Y CUBIERTA DEL DOSEL EN BROTAÇÃO FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN NOPAL TUNERO

EMMANUEL VÍCTOR GÓMEZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Emmanuel Víctor Gómez, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Alfredo López Jiménez, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis TDZ, RIEGO Y CUBIERTA DEL DOSEL EN BROTAÇÃO FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN NOPAL TUNERO

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 24 de julio de 2019



Firma del
Alumno (a)



Dr. Alfredo López Jiménez

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **TDZ, RIEGO Y CUBIERTA DEL DOSEL EN BROTACIÓN FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN NOPAL TUNERO** realizada por el (la) alumno (a): **EMMANUEL VÍCTOR GÓMEZ** 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 (A)



DR. ALFREDO LÓPEZ JIMÉNEZ

ASESOR (A)



DR. JOSÉ ISABEL CORTÉS FLORES

ASESOR (A)



M.C DAVID JAÉN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio 2019

TDZ, RIEGO Y CUBIERTA DEL DOSEL EN BROTAÇÃO FLORAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO EN NOPAL TUNERO

Emmanuel Víctor Gómez, M. en C

Colegio de postgraduados, 2019

RESUMEN

En promedio, el rendimiento de nopal tunero (*Opuntia ficus-indica*), es de 5.5 t ha⁻¹, considerándose baja productividad y repercutiendo significativamente en las ganancias de los productores. Un cladodio de nopal tunero, presenta brotes en la periferia, representando 30 % de brotación total/cladodio, quedando desaprovechados los espacios laterales. Emplear bioestimulante de la brotación en conjunto con cubiertas plásticas y riego, fue el objetivo de esta investigación y es una alternativa para incrementar brotación floral. Se usaron plantas de nopal tunero 'Roja purpura' de 4 años de edad, con distancia de plantación de 3x4 m. Se tuvieron dos factores: 1) Dosis de TDZ: 0 ppm, 400 ppm, 800 ppm. 2) Cubierta plástica conjunta con riego: sin cubierta y sin riego, sin cubierta y con riego, con riego y sin cubierta, con riego y con cubierta; en un arreglo factorial 3x4 con 12 tratamientos y tres repeticiones en parcelas divididas. La unidad experimental estuvo conformada por un grupo de cuatro cladodios. 44 días después de la aplicación de TDZ, el tratamiento con 800 ppm de TDZ obtuvo el mayor porcentaje brotación floral con 53.9 %, seguido de cubierta con riego con 400 ppm de TDZ con 46.8 %, superando significativamente el 12.7 % del testigo. 15 días después de la aplicación de TDZ, el tratamiento cubierto con riego con 400 ppm, presentó un porcentaje de brotación floral del 99.4 %, sin embargo, este y las demás plantas que tuvieron cubierta plástica, comenzaron a revertir las yemas florales a vegetativas después de 22 días de la aplicación de TDZ, este fenómeno y la aparición de nuevos brotes vegetativos o florales se detuvo a los 44 días después de aplicar TDZ, se sugiere que la cubierta plástica, elevó y mantuvo la temperatura para estimular brotación vegetativa y ocasionar reversión floral, esto ocasionó que 6 tratamientos tuvieran frutos, por lo que rendimiento y las variables de calidad se estimaron sin poder ser analizadas estadísticamente. En un futuro experimento se recomienda retirar la cubierta plástica después de 15 de la aparición de brotes.

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, Cubierta, Riego, TDZ.

TDZ, IRRIGATION AND COVER OF THE DOSE IN FLORAL BREEDING, PERFORMANCE AND QUALITY OF FRUIT IN NOPAL TUNERO

Emmanuel Víctor Gómez, M. en C

Colegio de postgraduados, 2019

ABSTRACT

On average, the yield of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*) is 5.5 t ha^{-1} , considering low productivity and having a significant impact on producers' profits. A cladode de pear cactus, has outbreaks in the periphery, representing 30% of total budding / cladode, the lateral spaces of the penca being wasted. Using biostimulant sprouting together with plastic covers and irrigation is the objective of this research and an alternative to increase floral sprouting. Prickly pear cactus plants 'Red purpura' 4 years old, with a planting distance of 3x4 m. There were two factors: 1) Dose of TDZ: 0 ppm, 400 ppm, 800 ppm. 2) Joint plastic cover with irrigation: without cover and without irrigation, without cover and with irrigation, with irrigation and without cover, with irrigation and with cover; in a 3x4 factorial arrangement with 12 treatments and three repetitions in divided plots. The experimental unit was made up of a group of four cladodes. 44 days after the application of TDZ, treatment with 800 ppm of TDZ obtained the highest floral budding percentage with 53.9%, followed by irrigation cover with 400 ppm of TDZ with 46.8%, significantly exceeding 12.7% of the control. 15 days after the application of TDZ, the treatment covered with irrigation with 400 ppm, presented a percentage of floral budding of 99.4%, however, this and the other plants that had plastic cover, began to reverse the flower buds to vegetative after After 22 days of the application of TDZ, this phenomenon and the appearance of new vegetative or floral shoots stopped at 44 days after applying TDZ, it is suggested that the plastic cover raised and maintained the temperature to stimulate vegetative sprouting and cause reversion floral, this caused that 6 treatments had fruits, so that yield and quality variables were estimated without being able to be statistically analyzed. In a future experiment it is recommended to remove the plastic cover after 15 of the appearance of shoots.

Keywords: *Opuntia ficus-indica*, Cover, Irrigation, TDZ.

AGRADECIMIENTOS

A la sociedad mexicana, por las aportaciones económicas que ayudan a postular estudiantes, a través de las becas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca otorgada para realizar mis estudios de maestría.

Al colegio de postgraduados y al Postgrado de Fruticultura, por darme la oportunidad de engrandecer mis conocimientos.

A mi consejero y asesores: Dr. Alfredo López Jiménez, Dr. José Isabel Cortés Flores, Dr. Javier Suárez Espinoza y M.C Alfonso Muratalla Luá por sus acertadas observaciones y sobre todo paciencia.

Al M.C David Jaén Contreras, por su asesoría y apoyo en el laboratorio de fruticultura

A todo el cuerpo de fruticultura, profesores y compañeros por el apoyo recibido.

DEDICATORIA

A mis padres Sofía y Jesús por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Isabel, Missael y Joel por los ánimos.

A mi amiga y compañera Paulina, por su apoyo, asesorías, amistad y trabajo en equipo.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| LISTA DE CUADROS..... | x |
| LISTA DE FIGURAS..... | xi |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivo general | 2 |
| 1.2 Hipótesis..... | 2 |
| 1.3 Supuesto..... | 3 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 Importancia del nopal tunero en México..... | 4 |
| 2.2 Requerimientos climáticos del nopal tunero..... | 4 |
| 2.3 Factores que influyen en la inducción floral del nopal tunero..... | 5 |
| 2.3.1 Poda y anillado | 5 |
| 2.3.2 Temperatura..... | 6 |
| 2.3.3 Agua..... | 7 |
| 2.3.4 Promotores de la brotación | 8 |
| 2.4 Calidad del fruto..... | 9 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 11 |
| 3.1 Sitio experimental | 11 |
| 3.2 Material vegetal | 11 |
| 3.3 Diseño de tratamientos y diseño experimental | 11 |
| 3.4 Establecimiento y manejo del experimento..... | 12 |
| 3.4.1 Aplicación de TDZ | 13 |
| 3.4.2 Establecimiento de la cubierta y el riego | 13 |
| 3.5 Variables de respuesta | 14 |
| 3.5.1 Brotación vegetativos y florales | 14 |
| 3.5.2 Rendimiento..... | 15 |
| 3.5.3 Calidad de fruto | 15 |
| 3.5.3.1 Tamaño..... | 16 |
| 3.5.3.2 Índice de color | 16 |

| | |
|--|----|
| 3.5.3.3 Firmeza..... | 16 |
| 3.5.3.4 Sólidos solubles totales (SST)..... | 16 |
| 3.5.3.6 Acidez titulable..... | 17 |
| 3.5.3.7 Ácido ascórbico (Vitamina C)..... | 18 |
| 3.6 Características de la semilla..... | 18 |
| 3.7 Análisis estadístico..... | 18 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 19 |
| 4.1 Brotación de yemas vegetativas y florales..... | 20 |
| 4.2 Rendimiento..... | 28 |
| 4.3 Peso de fruto..... | 29 |
| 4.4 Tamaño de fruto..... | 30 |
| 4.5 Índice de color..... | 31 |
| 4.6 Firmeza..... | 32 |
| 4.7 Sólidos solubles totales (SST)..... | 33 |
| 4.8 pH..... | 34 |
| 4.9 Acidez titulable..... | 34 |
| 4.10 Ácido ascórbico..... | 34 |
| 4.11 Tamaño de las semillas..... | 35 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 37 |
| 6. LITERATURA CITADA..... | 38 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|-----------|
| Cuadro 1. Lista de tratamientos de acuerdo al diseño experimental en parcelas divididas..... | 12 |
| Cuadro 2. Rendimiento y peso de frutos cosechados..... | 29 |
| Cuadro 3. Parámetros de coloración de frutos cosechados de seis tratamientos. | 32 |
| Cuadro 4. Caracteres organolépticos en frutos de tuna para calidad: firmeza, solidos solubles totales, pH, acidez titulable y vitamina C. | 33 |
| Cuadro 5. Características físicas de las semillas obtenidas de los frutos cosechados de tuna ‘Roja Purpura’: número, peso, longitud, diámetro y área de semillas..... | 36 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| Figura 1. Aplicación de TDZ al cladodio. | 13 |
| Figura 2. Vista de una planta con cubierta parcial del dosel. | 14 |
| Figura 3. Brotación de yemas vegetativas y florales a los 15 días después de la aplicación de 400 ppm de TDZ y cubierta del dosel..... | 15 |
| Figura 4. Temperatura media mensual: A) a la intemperie, B) bajo cubierta de plástico, desde emergencia de brotes, hasta madurez fisiológica del fruto. | 19 |
| Figura 5. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 15 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)..... | 21 |
| Figura 6. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 22 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)..... | 22 |
| Figura 7. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 30 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)..... | 23 |
| Figura 8. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 37 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)..... | 24 |
| Figura 9. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 44 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)..... | 26 |
| Figura 10. Crecimiento y desarrollo de cladodios de plantas con cubierta, riego y TDZ, inicialmente eran yemas florales. | 27 |
| Figura 11. Reversión de yemas florales a vegetativas de un cladodio tratado con cubierta y 400 ppm de TDZ | 28 |
| Figura 12. Tamaño de fruto, cosechados de los seis tratamientos que tuvieron frutos. C=Cubierta; R=Riego; c=sin cubierta; r=sin riego; 0=0 ppm de TDZ; 4=400 ppm de TDZ; 8=800 ppm de TDZ..... | 31 |
| Figura 13. Observación de la semilla en el estereoscopio del fruto (A) tratamiento cr8 y (B) testigo..... | 36 |

1. INTRODUCCIÓN

El nopal tunero es el cultivo de mayor importancia socioeconómica en las zonas áridas y semiáridas de México. Sus características fisiológicas y morfológicas le permiten adaptarse a condiciones extremas de altas o bajas temperaturas, y escasez de agua (Gallegos y Méndez, 2000).

Además, está considerado como una alternativa viable para la conservación de suelo, por su capacidad radical de retención en laderas y también por su eficacia en el almacenamiento de agua; al incorporar en el suelo los cladodios podados, se mantiene la humedad y aumenta el contenido de materia orgánica del suelo (Márquez *et al.*, 2012).

Los productores de tuna del país obtienen pocas ganancias de la cosecha, a causa de dos principales problemas: 1) bajos rendimientos (Márquez *et al.*, 2012) y 2) la concentración de las cosechas en el periodo de julio a septiembre, ya la mayor demanda de tuna es en el mes de diciembre (Ramírez *et al.*, 2015).

En la región productora de nopal tunero del centro del país que abarca los estados de México, Puebla e Hidalgo, los productores están cosechando casi 5.5 t ha⁻¹, considerándose una producción regular. Los productores con mayor acceso al agua y recursos económicos obtienen hasta 20.5 t ha⁻¹.

Domínguez *et al.*, (2017) realizaron un estudio socioeconómico en nopal tunero en el Estado de México, concluyendo que es rentable a partir de una superficie mínima de dos hectáreas, con un rendimiento de 12 t ha⁻¹.

Con el fin de incrementar el rendimiento, Martínez *et al.*, (2001) evaluaron el efecto de poda y época de despunte de cladodios de un año de edad. En nopal tunero 'Copena'. Ellos eliminaron 25, 50 y 75 % del cladodio para estimular la brotación floral en sus dos caras, ya que normalmente las yemas únicamente emergen en la periferia del cladodio.

Sus resultados indicaron que, a mayor despunte, menor rendimiento, pero se incrementa el tamaño, peso y calidad del fruto. Eliminando el 25 %, 50 % y 75 % del cladodio, el rendimiento disminuye 32 %, 67 % y 93 %, respectivamente.

Otros estudios se han enfocado a evaluar el efecto del riego en nopal tunero. Luna *et al.*, (2012) encontraron que, con un sistema de riego por goteo, aplicando 67 L/planta/mes de agua al inicio de la brotación floral y vegetativa, y antes de la cosecha, se aumenta rendimiento de frutos en un 36.7 %.

Por otra parte, Muñoz *et al.*, (1994) al evaluar el efecto de cubiertas plásticas en microtúneles con riego en nopal verdura para aumentar el rendimiento y mantener la producción en invierno, solamente lograron éste último objetivo. Además, encontraron una relación positiva, entre el efecto de la temperatura producida por la cubierta del microtúnel, y la maduración de cladodios para cosecha.

No obstante, estos resultados, el problema de concentración de cosecha no se ha solucionado. Por lo tanto, se requiere encontrar otras alternativas para mejorar la productividad y calidad de tuna. Este trabajo se enfoca en mejorar la intensidad de brotación floral, rendimiento y calidad del fruto.

1.1 Objetivo general

Incrementar el rendimiento y calidad de fruto de tuna 'Roja purpura' mediante la aplicación de TDZ bajo riego y cubrimiento parcial del dosel antes de la diferenciación floral, para aumentar el porcentaje de yemas florales.

1.2 Hipótesis

La aplicación de TDZ, el riego, y cubierta parcial del dosel aumentan la brotación floral, rendimiento y calidad organoléptica del fruto de nopal tunero 'Roja purpura'.

1.3 Supuesto

La investigación se realizó bajo el supuesto de que la acción de TDZ es localizada en los cladodios a los cuales se les aplica el producto, por lo tanto, se pueden evaluar diferentes dosis en diferentes cladodios de una misma planta.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del nopal tunero en México.

El nopal de tuna (*Opuntia ficus-indica*), ocupa 65 000 ha del país y se tienen más de 50 variedades; sobresaliendo: 'Alfajayucan', 'Blanca Cristalina', 'Amarilla' y 'Roja'. La cosecha nacional presenta tendencias ascendentes, desde 1980 a 2015 paso de 43 000 t a 408 000 t (SIAP, 2016).

Los frutos de tuna forman parte de la cultura mexicana desde la época prehispánica. El nopal tunero, se caracteriza por tener bajos requerimientos de inversión y una alta capacidad de adaptación a condiciones extremas, debido a sus características morfológicas y fisiológicas.

A diferencia de otras especies tiene una productividad regular, de 5 t ha⁻¹ en relación a la inversión empleada, y es una alternativa para terrenos agrícolas pobres, generando oportunidades económicas y alimentos para personas con bajos recursos (Méndez y García, 2006).

En México existe un gran potencial económico con el nopal tunero, ya que cuenta con amplia diversidad agroclimática y demanda en los mercados europeos y norteamericanos (Ramírez *et al.*, 2015).

Las prácticas para el manejo de las plantaciones de nopal: anillados, poda, riego, control de plagas, enfermedades y fertilización, no son costosos, sin embargo, la rentabilidad depende de la disponibilidad mínima de dos hectáreas cultivadas (Domínguez *et al.*, 2017).

2.2 Requerimientos climáticos del nopal tunero.

El nopal tunero, se encuentra principalmente en regiones áridas y semiáridas, también pueden hallarse en zonas subhúmedas (Pimienta *et al.*, 1993). Sin embargo, es posible encontrar algunas especies en lugares a 4700 msnm, aunque tiene un mejor desarrollo y comportamiento en zonas de 117 a 2675 msnm (Nobel, 1995), con una

precipitación anual de 200 a 750 mm, dependiendo de la variedad (Granados y Castañeda, 1991).

La temperatura óptima oscila entre 20 y 26 °C, temperaturas de 65 °C y -8 °C son letales. La eficiencia fotosintética es mayor cuando la luz y humedad del suelo son limitados, presentando un régimen térmico diurno-nocturno entre 20°C/10°C y 27°C/17°C (Nobel y Hartsock, 1984).

2.3 Factores que influyen en la inducción floral del nopal tunero.

2.3.1 Poda y anillado

La poda en nopal tunero se realiza en el mes de marzo, con el objetivo de eliminar sombreado, prevenir entrecruzamiento de cladodios, optimizar la radiación solar, evitar pérdida de clorofila y reducción en la actividad fotosintética en los cladodios que requieren luz para la diferenciación floral (Pimienta, 1990).

Los anillados en nopal tunero se realizan con la finalidad de agobiar la planta, para producir etileno y acelerar los procesos fisiológicos que inducen la brotación floral (Díaz, 2002). Sin embargo, Aguilar (2002) encontró que, el anillado parcial del cladodio de nopal tunero 'Tlaconopal' aumento 50 % las yemas florales y redujo 75 % las vegetativas, adelanto la cosecha 51 días y redujo la calidad de los frutos.

Zegbe y Mena (2008), así como otros investigadores (Nerd *et al.*, 1989; Barbera *et al.*, 1991; Nerd *et al.*, 1991; Inglese, 1995; Jonas *et al.*, 1998 y Basile, 2001) realizaron experimentos con el fin de retrasar la época de cosecha en nopal tunero, sin afectar el rendimiento.

Podaron las yemas florales y vegetativas en la época de floración, para retrasar un mes la cosecha, sin embargo, la producción que se obtiene en agosto disminuye el rendimiento 80%, mientras que la cosecha retrasada de octubre se reduce 27%.

2.3.2 Temperatura

Los procesos fisiológicos de las plantas están íntimamente relacionados con la temperatura (Weigel, 1995). Avitia y Castillo (2007) mencionan que en un frutal que crece en una temperatura óptima, se forman las flores, pero a temperaturas bajas brotan yemas vegetativas y cuando son altas se tiene un crecimiento y desarrollo mínimo o nulo de los brotes.

El nopal tunero tiene tolerancia a altas temperaturas. Bajo esta condición reduce su actividad metabólica, absorción de CO₂, la apertura de estomas y tasa de transpiración (Pimienta, 1990).

El nopal tunero, requiere temperaturas de 29 a 35 °C para promover el crecimiento vegetativo y de 26 a 28 °C para estimular la brotación floral y la síntesis de hormonas del crecimiento (Rojas, 1961).

El nopal verdura requiere temperaturas relativamente altas (29 – 35 °C) para su producir, sin embargo, el frío es fundamental para estimular floración del siguiente ciclo.

En invernaderos, el intervalo de temperatura óptimo es de 25 a 35 °C (Arredondo, 2002); sin embargo, Pimienta (1990) menciona que con un suministro adecuado de agua en invernadero se modifica la temperatura óptima a 17 °C.

Modificando temperaturas con cubiertas plásticas o invernaderos, se pueden manejar los procesos fisiológicos de la planta, en específico inducción y diferenciación floral, complementando con aplicación de estimuladores de brotación y fertilizantes, en conjunto con prácticas de poda, anillado, fertilización, control de plagas y enfermedades (Aukerman y Amasino, 1999).

El efecto de la temperatura repercute de igual manera en el nopal verdura y tunero. A una temperatura de 28°C en adelante, el nopal verdura presenta mayor número de cladodios emergidos, con un aumento significativo en tamaño, al igual que en el nopal tunero, disminuye brotación floral.

A una temperatura de 20 a 26°C, el nopal verdura presenta homogeneidad en el número, crecimiento y desarrollo en sus nopales, y en el tunero, presencia de la brotación y desarrollo de yemas florales (López *et al.*, 2013).

2.3.3 Agua

El nopal tunero no requiere altos volúmenes de agua, sin embargo, es indispensable para la elongación celular que se refleja en el crecimiento de los brotes vegetativos y florales, y suministro de nutrimentos a toda la planta. El riego debe aplicarse antes y durante el crecimiento de las yemas, para facilitar la actividad metabólica (Avitia y Castillo, 2007).

En nopal tunero, el riego en conjunto con cubiertas plásticas y coberturas de paja al suelo, son prácticas para propiciar el desfase de la época de cosecha, tolerar los efectos de altas temperaturas y aumentar los rendimientos.

Para suministrar la cantidad de agua óptima que la planta de nopal requiere, se toma en cuenta las características del perfil y el abatimiento del 50 % de agua disponible en el suelo (Orona *et al.*, 2003).

En la región de Santa Fe, Zacatecas la aplicación de un primer riego a plantas de nopal tunero 'Rojo liso' en el mes de marzo estimuló la brotación de yemas florales. Posteriormente se aplicó un segundo riego antes de la floración y se adicionaron dos riegos más a intervalos de 20 días, obteniendo una cosecha 35 días antes que, en la región de Pinos, la cual es la zona tunera más importante en el estado de Zacatecas (Zegbe y Mena, 2006).

Zegbe y Mena (2008) indicaron que la aplicación del riego y la fertilización en conjunto con cubiertas plásticas se puede retrasar o adelantar la época de cosecha del nopal tunero. Sin embargo, cuando se logra desfase la época de cosecha se reduce significativamente el rendimiento, pero se mejora la calidad de los frutos.

Aunque no se tienen exactamente establecidos los requerimientos de agua para el nopal, la intensidad de radiación determina en gran medida la frecuencia del riego; en

el periodo primavera – otoño, el óptimo es cada 15 días, y en invierno, una vez al mes. Para ambos casos, se considera las condiciones climáticas, principalmente las precipitaciones que se presenten (Arredondo, 2002).

2.3.4 Promotores de la brotación

Los promotores de la brotación en las plantas, son aplicados principalmente en zonas templadas con inviernos benignos a frutales caducifolios. Algunos de estos promotores son Revent (Thidiazuron) y Dormex (Cianamida de hidrógeno) productos con función citoquinínica.

Ambos son efectivos adelantando el inicio de la floración, la floración plena y acortan el tiempo entre dichas etapas, también aumentan el diámetro y grosor de la pared del ovario en la yema floral (Alvarado *et al.*, 2000).

El TDZ (Thidiazuron) es uno de los estimuladores de brotación más empleados en campo debido al impacto que ha tenido en algunos frutales caducifolios. Para aumentar las probabilidades del efecto benéfico de este producto se debe tomar en cuenta la interacción del estado fisiológico de las yemas (latencia), la fecha y dosis de aplicación y la temperatura del ambiente prevaleciente durante y después de la aplicación (Llamas *et al.*, 2002).

Se ha probado mezclas de TDZ y citrolina en yemas de vid (*Vitis vinífera* L.), con la finalidad de mejorar la efectividad del TDZ en función de unidades frío acumuladas y se ha encontrado que la citrolina no mejora el efecto de TDZ y a su vez este no tiene efecto en la brotación de yemas que han acumulado sus requerimientos de frío.

Además, se puede obtener un resultado contrario al esperado, porque el TDZ es sensible a las altas temperaturas relacionadas con el estado fisiológico de yemas cercanas a la emergencia (Márquez *et al.*, 2000).

Sin embargo, Almaguer *et al.* (2000) en ciruelo japonés ‘Shiro’ y ‘Santa Rosa’ encontraron que al emplear una mezcla de citrolina al 3 % y 250 ppm de TDZ se promovió la brotación floral en periodos cortos, y se adelantó la brotación 15 días.

El aceite o extracto de ajo (*Allium sativum* L.) es usado principalmente como insecticida repelente de afidos, debido a la alta toxicidad de dos de sus componentes: disulfuro de metilo alilico y dialilo trisulfuro (Eduardo *et al.*, 2013).

Además, estimula y uniformiza la brotación floral, y usarse en combinación con otros estimuladores de brotación como el TDZ o la Cianamida de hidrógeno sin que se afecte su efectividad (Velásquez, 2017).

Almanza *et al.*, (2010) al comparar el efecto de extracto de ajo al 50 y 100 % con cianamida de hidrógeno al 96 % en el rompimiento de la dormancia en yemas de vid en condición del trópico, encontraron que el aceite de ajo al 50 % tuvo mayor porcentaje de brotación floral, área foliar y presencia de racimos en comparación con el testigo.

2.4 Calidad del fruto.

Es un atributo clave que los consumidores y comerciantes emplean para determinar el precio del fruto. Los criterios más utilizados para clasificar la calidad del fruto son: tamaño, color de cáscara, firmeza, contenido de azúcares, entre otros, de acuerdo al mercado nacional o mundial (Bruhn, 2007).

En México, se encuentran diversas variedades de tuna existentes en el mundo, lo que permitió al nopal tunero adquirir importancia socioeconómica y agroecológica a nivel mundial (Granados y Castañeda, 1991).

La calidad de los frutos se ve afectada desde el manejo agronómico del huerto en cuanto a poda, riego, fertilización, control de plagas y enfermedades, y el manejo postcosecha en la vida de anaquel del producto, transporte, almacenamiento y refrigeración (Mika, 1985).

Corrales y Hernández (2005) evaluaron la calidad de tuna con y sin semilla de 'Cristalina', bajo los parámetros de peso de fruto, pérdidas de peso postcosecha, forma del fruto (relación longitud/diámetro), acidez titulable y concentración de sólidos solubles totales, ellos encontraron que las tunas sin semilla tuvieron menor relación pulpa/cáscara

que las normales, menor peso, frutos alargados y no presentaron diferencias en los aspectos de acidez titulable y sólidos solubles totales.

Varela *et al.*, (2014) al estudiar la influencia del riego en la calidad de tuna 'Cristalina' y 'Amarilla', encontraron que el peso y firmeza de fruto fueron mayores en la 'Cristalina' y menores en la 'Amarilla'; la concentración de sólidos solubles totales y la materia seca fueron similares en ambas variedades.

Zegbe y Mena (2006) al estudiar el efecto de retrasar la cosecha un mes, en la calidad de frutos de tuna 'Cristalina', encontraron que los frutos de la segunda floración tuvieron mayor firmeza; sin embargo, el peso, contenido de sólidos solubles totales y contenido de materia seca fueron similares.

Martínez *et al.*, (2001) con despuntes mensuales de cladodio, de junio a diciembre, mejora el peso y contenido de sólidos solubles del fruto, porque la planta de nopal se encuentra en etapa de floración y tienen el hábito de fructificar en el contorno superior del cladodio.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio experimental

La investigación se realizó en el huerto San José del campo experimental del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México, ubicado a una latitud 19° 27' 34.31" y longitud 98° 54' 21.03", 2 247 msnm (Google Earth, 2018). El clima es templado semiseco, la humedad relativa promedio de 43 %, con una precipitación media anual de 551.2 mm (Estación Meteorológica, Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, 2018).

3.2 Material vegetal

El estudio se realizó con la selección 'Roja púrpura' que tiene un peso promedio de 130 g, pulpa roja purpura y catalogada medianamente resistente al manejo postcosecha. La edad de las plantas 4 años, establecidas a 3 x 4 m entre plantas e hileras, respectivamente. El periodo de brotación floral hasta madurez de consumo del fruto es aproximadamente de 140 días.

3.3 Diseño de tratamientos y diseño experimental

Se probaron dos factores: 1. Dosis de TDZ (tres niveles) y 2. Cubierta del dosel y riego por separado o la combinación de ambos (cuatro niveles), en arreglo factorial (3x4), por lo tanto, se tuvieron 12 tratamientos (Cuadro 1). El diseño experimental fue parcelas divididas con 3 repeticiones; la parcela grande (PG) la constituyo la cubierta plástica del dosel y el riego por separado o la combinación de ambos, la parcela chica (PCH) la dosis de TDZ. La unidad experimental fue un grupo de cuatro cladodios por planta.

Cuadro 1. Lista de tratamientos de acuerdo al diseño experimental en parcelas divididas.

| No. | Parcela grande (Cubierta del dosel y riego) | Parcela chica (Dosis de TDZ en ppm) | Identificación |
|-----|--|--|----------------|
| 1 | Con cubierta con riego | 0 | CR0 |
| 2 | Con cubierta con riego | 400 | CR4 |
| 3 | Con cubierta con riego | 800 | CR8 |
| 4 | Con cubierta sin riego | 0 | Cr0 |
| 5 | Con cubierta sin riego | 400 | Cr4 |
| 6 | Con cubierta sin riego | 800 | Cr8 |
| 7 | Sin cubierta con riego | 0 | cR0 |
| 8 | Sin cubierta con riego | 400 | cR4 |
| 9 | Sin cubierta con riego | 800 | cR8 |
| 10 | Sin cubierta sin riego | 0 | cr0 (Testigo) |
| 11 | Sin cubierta sin riego | 400 | cr4 |
| 12 | Sin cubierta sin riego | 800 | cr8 |

C= con cubierta, c= sin cubierta; R= con riego, r= sin riego; 0= 0 ppm de TDZ, 4= 400 ppm de TDZ y 8= 800 ppm de TDZ.

Para la asignación de las parcelas grandes y parcelas chicas, se realizó una aleatorización con el programa The R Project for Statistical Computing (2018).

3.4 Establecimiento y manejo del experimento

En el mes de enero de 2018, se seleccionaron 12 plantas de nopal, de las cuales cada PG tuvo 3. En cada planta se conformaron tres grupos de cuatro cladodios, cada grupo recibió una PCH. Los criterios de selección se basaron primordialmente en que los cladodios tuvieran una posición vertical y que sus lados estuvieran orientados de este-oeste, con el fin de estar expuestos a una mayor radiación solar.

3.4.1 Aplicación de TDZ

Un día antes de la aplicación del bioestimulante, se mezcló 150 mL de aceite de ajo (20 % de ingrediente activo) de la marca San Lucas con 7.5 mL del surfactante Inex-A de Bayer^{MR} en un recipiente de un litro.

El día de la aplicación, (14 de febrero de 2018) se agregó 400 ppm de TDZ (.8 mL del producto comercial Revent con 50 % de ingrediente activo) del bioestimulante de la marca Bayer^{MR} a la mezcla preparada el día anterior, enseguida se aforó a 1 L de agua con dilución de mucílago de nopal. De manera similar se preparó la mezcla con 800 ppm de TDZ.

La aplicación de la mezcla se realizó con brocha, en ambas caras del cladodio, a partir de las 19:00 horas (Figura 1).



Figura 1. Aplicación de TDZ al cladodio.

3.4.2 Establecimiento de la cubierta y el riego

La cubierta parcial del dosel se hizo con plástico calibre 700 y 20 % de sombra, a una altura de 1.50 m (Figura 2). El riego se hizo de forma manual, aplicando 30 L de agua/planta/mes, en cajetes de 1 m² con 30 cm de profundidad; en total, las plantas recibieron 4 riegos, a partir de marzo de 2018. Después del primer riego, se colocó un acolchado con paja de cebada, para mantener la humedad en el suelo.



Figura 2. Vista de una planta con cubierta parcial del dosel.

3.5 Variables de respuesta

3.5.1 Brotación vegetativos y florales

En marzo del 2018, 15 días después de la aplicación de TDZ, emergieron los primeros brotes. Durante 44 días, se contaron las yemas brotadas de cada cladodio y se calculó el porcentaje de brotación (Figura 3).

También se separaron en vegetativas y florales. Pimienta *et al.*, 1993 menciona que cuando emerge un brote de nopal tunero, este se puede diferenciar por la forma de la parte superior de la yema: floral (redonda) y vegetativo (rectangular).



Figura 3. Brotación de yemas vegetativas y florales a los 15 días después de la aplicación de 400 ppm de TDZ y cubierta del dosel.

3.5.2 Rendimiento

A principios del mes de agosto de 2018, se cosecharon los frutos de las plantas.

Rendimiento por cladodio (g): se registró el peso total de la producción en los 6 tratamientos con frutos (CR0, CR4, CR8, cr0, cr4 y cr8).

Rendimiento por planta (g): utilizando el rendimiento por cladodio, se multiplico por un estimado número de cladodios por planta.

Rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$) se calculó a partir del rendimiento por planta y densidad de plantación.

3.5.3 Calidad de fruto

Los frutos que se seleccionaron para medir las variables de calidad (tamaño, peso, índice de color, firmeza, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y ácido ascórbico) estaban en madurez fisiológica.

3.5.3.1 Tamaño

Con un vernier digital marca Trupper, se midió la longitud y el diámetro ecuatorial (mm) de 4 tunas por 6 tratamientos.

3.5.3.2 Índice de color

En 4 tunas por 6 tratamientos, se realizaron tres lecturas en puntos diferentes de la cáscara del fruto, empleando un colorímetro Hunter CIE L*C*H. Al final se promediaron las tres lecturas. Los valores de L=luminosidad, C=color y H=matiz se ubicaron en un plano tridimensional de color.

3.5.3.3 Firmeza

La medición fue realizada en 4 tunas por 6 tratamientos, con un texturómetro universal FORCE FIVE MODEL FDV, con un puntal cóncavo de 3 cm. Se determinó la resistencia en dos puntos de la cáscara del fruto, y después se promediaron los dos valores obtenidos. La resistencia se midió en Newton (N).

3.5.3.4 Sólidos solubles totales (SST)

Se obtuvo jugo de la pulpa de 4 frutos por 6 tratamientos y se determinó la cantidad de sólidos solubles totales (°Brix) con un refractómetro digital marca Atago.

3.5.3.5 pH

La determinación de pH se realizó empleando un potenciómetro marca BECKMAN modelo 40, la lectura se tomó directamente del jugo extraído de 4 frutos por 6 tratamientos.

3.5.3.6 Acidez titulable

Se determinó el porcentaje de ácido cítrico empleando el método de la AOAC (1990). En 24 muestras de 10 g de pulpa, obtenida de cada uno de los 4 frutos por los 6 tratamientos, se obtuvieron 5 mL de jugo, a los cuales, se adicionaron de 2 a 3 gotas de fenolftaleína y se neutralizó con hidróxido de sodio (NaOH) 0.3125 N. Los resultados se reportaron en % de ácido cítrico de acuerdo a la ecuación:

$$\% \text{ de ácido cítrico} = G (N) (0.064) (100) / \text{ peso de la muestra}$$

Donde:

G = mL de NaOH gastados en la titulación

N = Normalidad del NaOH = 0.064

0.064 = miliequivalentes del ácido cítrico

Peso de la muestra = 10 g

Alícuota = 5 mL

3.5.3.7 Ácido ascórbico (Vitamina C)

Se determinó la concentración de vitamina C con el método de la AOAC (1990). De 24 muestras de 10 g de pulpa de cada uno de los 4 frutos de los 6 tratamientos, se obtuvo 3 mL de jugo en 30 mL de ácido oxálico al 0.5%. Posteriormente, se tomó una alícuota de 5 mL y se tituló con el reactivo 2,6 diclorofenol, hasta obtener el vire a color rosado. Los datos se reportaron como $\text{mg}100 \text{ mL}^{-1}$ de jugo. Pero se usó la ecuación:

$$\text{mg de ácido ascórbico} = \frac{(G)(F_{\text{dye}})(V_{\text{total}}) (100)}{(A_{\text{licuota}})(P_{\text{m}})}$$

G = mL de diclorofenol gastados en la titulación

F_{dye} = factor diluyente = 2.6

V_{total} = 3 mL

Alicuota = 5 mL

P_m = peso de la muestra = 10 g

3.6 Características de la semilla

Se realizó una caracterización de las semillas de 4 frutos por 6 tratamientos. Para ello se colocaron las semillas en el escáner de una impresora EPSON L6167, con una regla para tener referencias del tamaño de las semillas, usando el programa de cómputo Win seedle, que proporciona los datos siguientes: número de semillas, longitud, diámetro y área de las mismas. El peso se determinó con una balanza digital marca Rhino y se observaron las semillas en un estereoscopio.

3.7 Análisis estadístico

La brotación vegetativa y floral se analizó con un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), se empleó el programa Statistical Analysis Software (SAS), versión 9.4.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró la temperatura media mensual, a la intemperie (Figura 4A) y bajo cubierta plástica (Figura 4B), en tres horas del día: 8:00, 14:00 y 20:00 h, con termómetros portables digitales marca STEREN modelo TER-150, instalados a 1.5 m de altura del suelo.

Se observó que la cubierta plástica, ocasionalmente aumentó la temperatura de 3 a 8 °C en comparación con la temperatura a la intemperie, lo que estimuló brotación vegetativa y ocasionó la reversión floral.

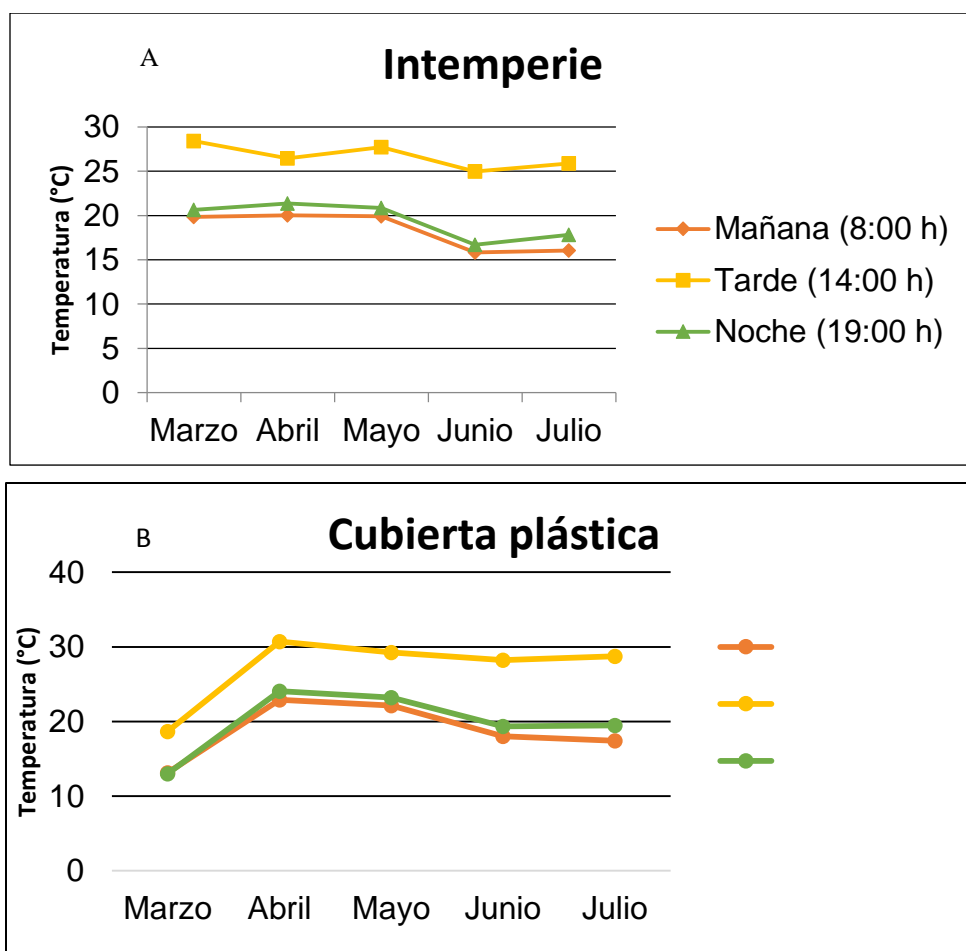


Figura 4. Temperatura media mensual: A) a la intemperie, B) bajo cubierta de plástico, desde emergencia de brotes, hasta madurez fisiológica del fruto.

4.1 Brotación de yemas vegetativas y florales

El análisis de varianza indicó que la dosis de TDZ en interacción con la cubierta parcial del dosel y riego afectó la brotación, tanto vegetativa como la floral.

A los 15 días de la aplicación del TDZ, las plantas de nopal bajo condiciones de cR, los cladodios que recibieron 800 ppm tuvieron más yemas vegetativas brotadas (10 %) en comparación con la dosis 0 (4.2 %), 400 ppm (5.6 %) y el testigo (1.4 %) (Figura 5A). La brotación floral (Figura 5B) fue mayor con el uso de la cubierta plástica, ya que los tratamientos CR4 y Cr8, estimularon 99.4 % y 90 % respectivamente, superaron al testigo (1.4 %).

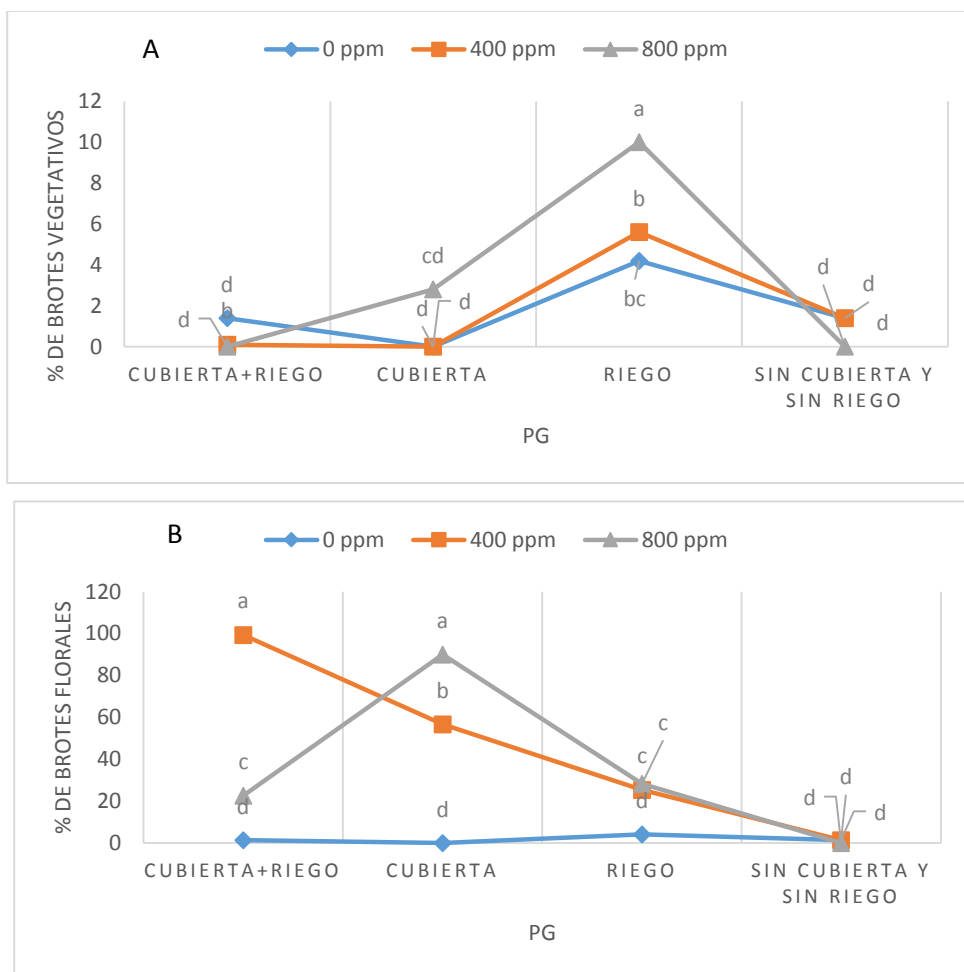


Figura 5. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 15 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)

A los 22 días después de la aplicación de la mezcla de TDZ en las plantas de nopal tunero, cR8 mantuvo mayor porcentaje de brotación vegetativa (21.3 %) (Figura 6A).

Mientras que el porcentaje de brotación floral, comenzó a presentar pérdidas de yemas florales, por causa de la reversión floral, CR4 de 99.4 % (Figura 5B) a 93.7 % (Figura 6B), al igual que la cubierta con 800 ppm de TDZ que fue de 90 % (Figura 5B) a 80.9 % (Figura 6B).

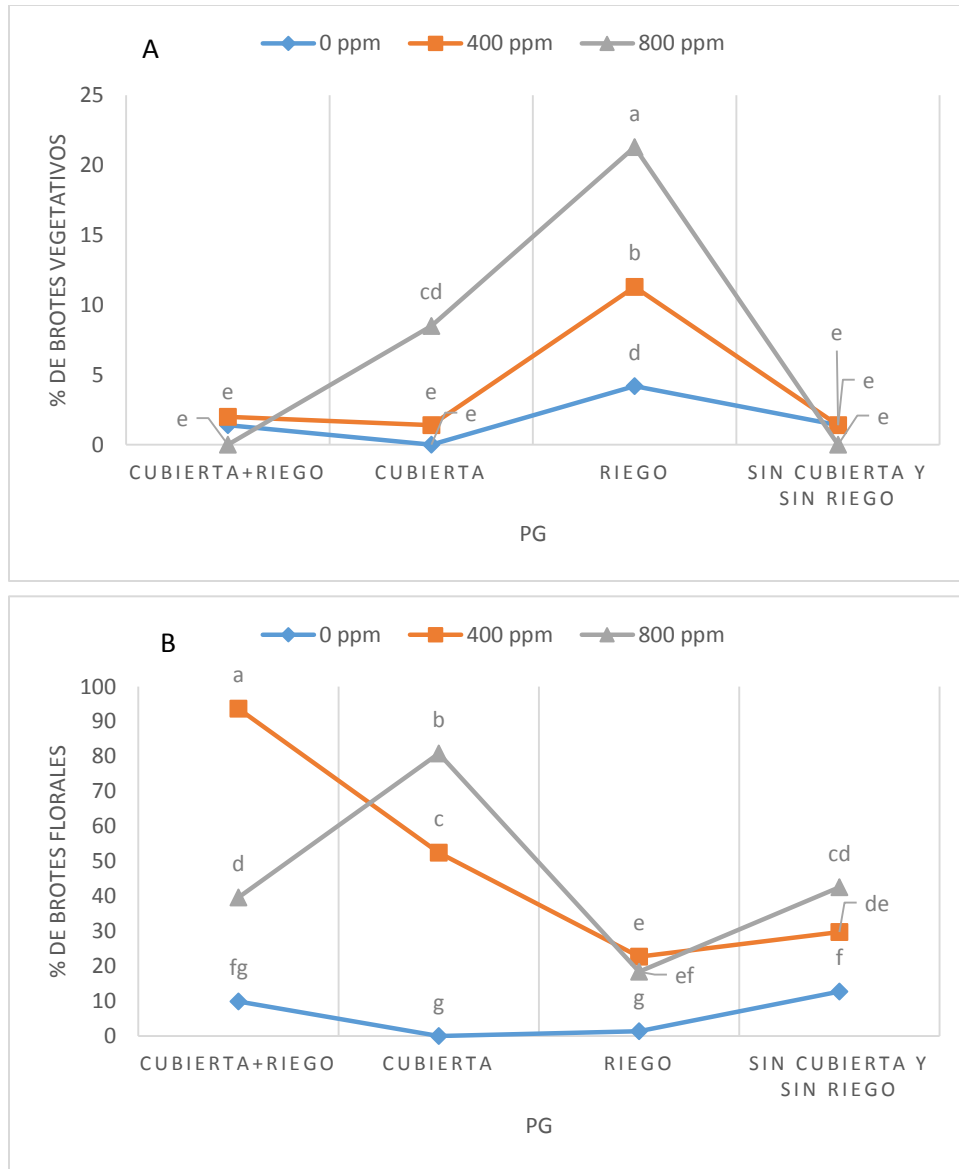


Figura 6. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 22 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)

A los 30 días después de la aplicación de la mezcla de TDZ en las plantas de nopal tunero, se observó un incremento en porcentaje de brotes vegetativos (Figura 7A) en Cr8 (29.8 %), superando los obtenidos por cR8 (21.3 %) y testigo (1.4 %).

El porcentaje de brotación floral, continuó disminuyendo por la reversión yemas florales a vegetativas, debido a alta temperatura, ocasionada por el efecto de la cubierta

plástica. CR4 tuvo 86.6 %, a pesar de esto del problema mencionado, se mantuvo como el mejor tratamiento; Cr8 se mantuvo disminuyendo (66.7 %) (Figura 7B).

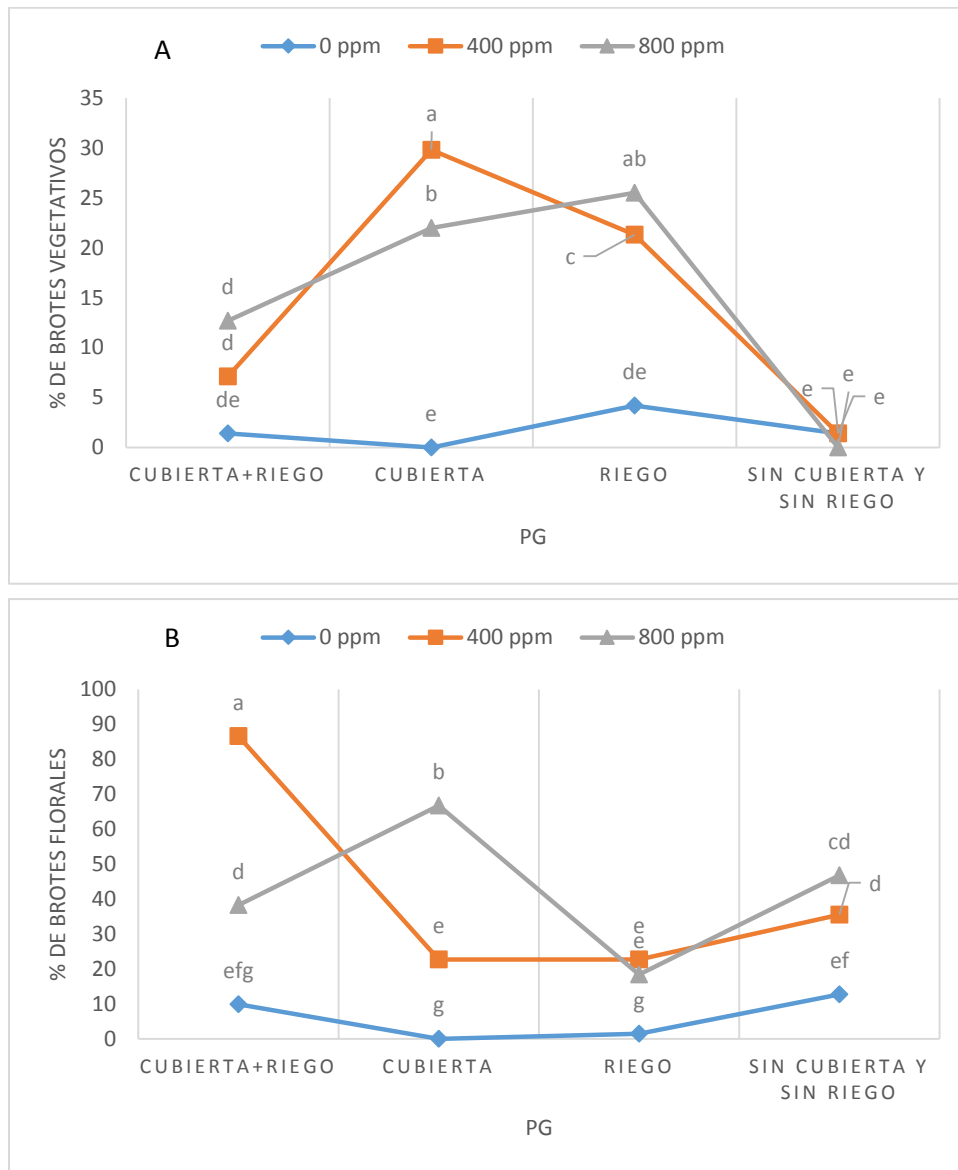


Figura 7. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 30 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)

A los 37 días después de la aplicación de la mezcla de TDZ en las plantas de nopal tunero, continuo el incremento del porcentaje de brotes vegetativos, por efecto de la cubierta plástica. CR4 aumento a 46.9 %, al igual que Cr8 a 71.6 %, ambos superaron al testigo (1.4 %) (Figura 8A).

El porcentaje de brotación floral continuo disminuyendo significativamente, en CR4 (46.8 %), esto dejo como el mejor tratamiento a cr8 (52.5 %), superando al testigo 12.7 % (Figura 8B).

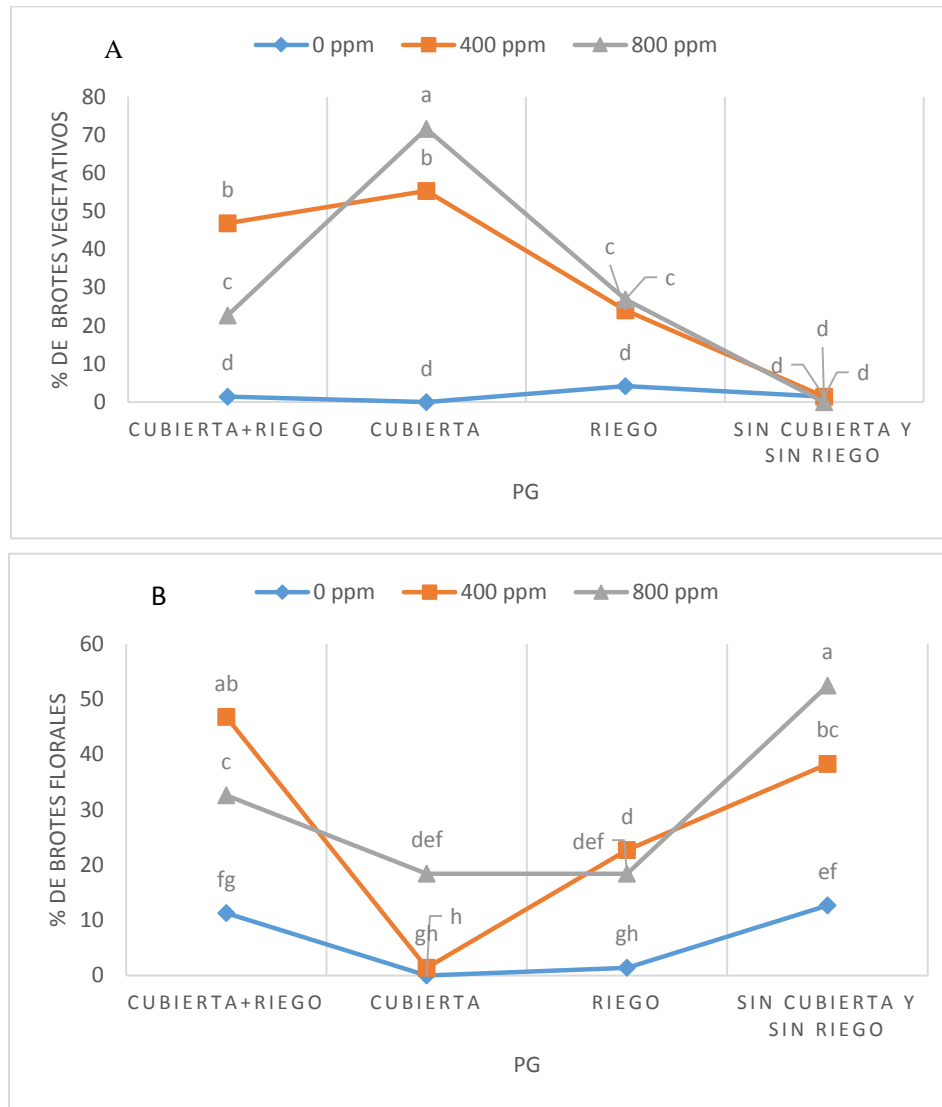


Figura 8. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 37 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)

La última aparición de nuevos brotes y cambios de yemas florales a vegetativas fue a los 44 días después de la aplicación del TDZ en las plantas de nopal, la brotación vegetativa, al final, fue mayor en Cr8 (71.6 %), seguido de CR8 (46.9 %) (Figura 9A).

En todos los muestreos, el testigo mantuvo 1.4 % de brotación vegetativa, Pimienta (1990) menciona que normalmente el nopal tunero presenta 3 % de brotación vegetativa por ciclo.

Al final, cr8 tuvo el mayor porcentaje de brotación floral (53.9 %), seguido de CR4 (46.8 %), el testigo finalizó con 12.7 % (Figura 10B), superando los resultados obtenidos por Aguilar (2002), realizando anillados en nopal tunero 'Tlaconopal', obtuvo 45 % de brotación floral y 4 % en vegetativa, y a los de Aguilar (2005) con 5 % vegetativos y 42.3 % florales realizando anillados en nopal tunero 'Cristalina'.

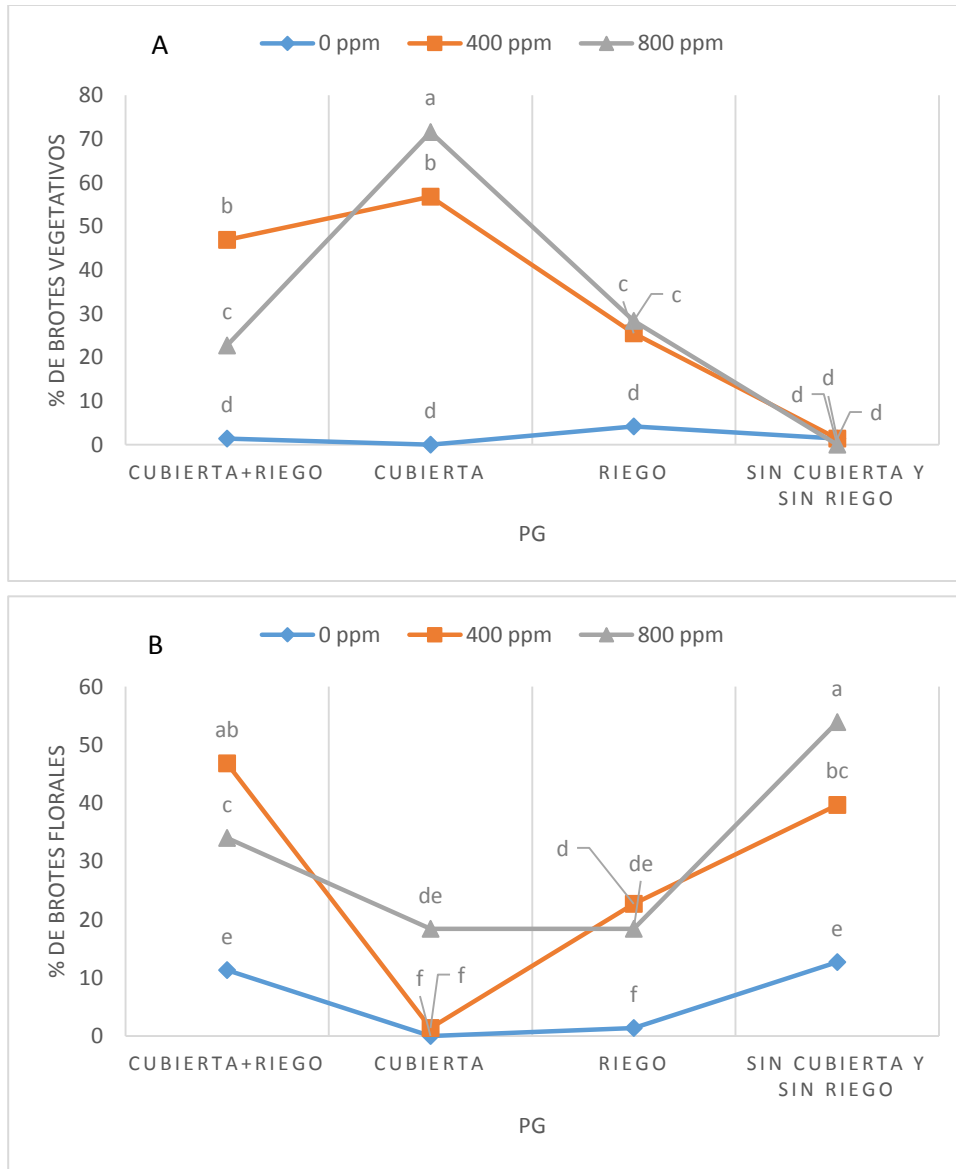


Figura 9. Brotación vegetativa (A) y floral (B) 44 días después de la aplicación de TDZ en cuatro condiciones de manejo. Letras iguales no son estadísticamente significativas Tukey ($p \leq 0.05$)

A los 15 días después de aplicar TDZ, se observó un efecto positivo en la brotación floral en los tratamientos que contenían cubierta (Figura 3). Las cubiertas plásticas propiciaron temperaturas de hasta 35 °C, potenciando el TDZ junto con riego.

Pimienta (1990) menciona que, a temperaturas de 35 °C o superiores, el nopal tunero disminuye la fotosíntesis neta, lo que reduce la apertura de estomas y aumenta la respiración, ocasionando estrés que estimula la brotación.

De los 22 a 44 días siguientes, la cubierta parcial con y sin riego, empezó a disminuir el porcentaje de brotación floral y a aumentar el vegetativo (Figura 10), debido a la reversión de las yemas florales a vegetativas (Figura 11).

Avitia y Castillo (2007) reportaron, que en vid existe reversión floral al exponer las plantas en etapa de desarrollo de yemas a altas temperaturas.



Figura 10. Crecimiento y desarrollo de cladodios de plantas con cubierta, riego y TDZ, inicialmente eran yemas florales.



Figura 11. Reversión de yemas florales a vegetativas de un cladodio tratado con cubierta y 400 ppm de TDZ

4.2 Rendimiento

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodios nuevos, se realizó un análisis descriptivo con los datos de rendimiento.

El rendimiento estimado más alto, se obtuvo con el tratamiento CR4, el cual produjo 2193.6 g/cladodio, comparado con el testigo (339 g/cladodio) tuvo una diferencia de 1854 g (Cuadro 2), esta amplia diferencia, pudo ser debido a la acción del aceite de ajo en combinación con TDZ. Estos valores son superiores a los reportados por Valdez *et al.* (2013) con 1186 g/cladodio.

Martínez *et al.*, (2001) presentaron rendimientos variados de acuerdo a despuntes de cladodios, al retirar 25 % de este obtuvo 16 Kg/planta, con 50 % 46 Kg/planta y con la eliminación del 75 % 76 Kg/planta.

También Zegbe y Mena (2008) obtuvieron rendimientos en una primera floración de 48.3 Kg/plantas, posteriormente indujeron una segunda floración eliminado todos las

yemas vegetativas y florales del mismo año, de este flujo reportaron 16.7 Kg/planta y Pinedo *et al.*, (2010) reporto 30 t/ha⁻¹.

Cuadro 2. Rendimiento y peso de frutos cosechados.

| Tratamiento | Número de frutos/cladodio | Peso del fruto (g) | Rend. de fruto/cladodio (g) | Rend. de fruto/planta (g) | Rend. de fruto por ha. (t) |
|---------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| cr0 (Testigo) | 5 | 67.9 | 339.7 | 4 | 3.3 |
| cr4 | 13 | 138.5 | 1801.1 | 21.6 | 17.9 |
| cr8 | 15 | 140.2 | 2103.2 | 25.2 | 20.9 |
| CR0 | 4 | 78.6 | 314.6 | 3.7 | 3 |
| CR4 | 36 | 60.3 | 2193.6 | 26.3 | 21.9 |
| CR8 | 18 | 65.9 | 1186.9 | 14.2 | 11.8 |

C=Cubierta; R=Riego; c=sin cubierta; r=sin riego; 0=0 ppm de TDZ; 4=400 ppm de TDZ; 8=800 ppm de TDZ.

4.3 Peso de fruto

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comprar el peso de fruto.

El tratamiento cr8, obtuvo mayor peso en su fruto con 140.2 g, supero al testigo (67.9 g) (Cuadro 2), este efecto fue causa de las precipitaciones de junio y julio, aumento el peso y tamaño de tuna (Gugliuzza *et al.*, 2002).

Sin embargo, Corrales y Hernández (2005) reportaron mayor peso en Tuna “Cristalina”, con semilla 220 g y sin semilla 180 g, tratadas con 150 mg L⁻¹ de ácido giberélico. Zegbe y Mena (2006) obtuvieron frutos de ‘Cristalina’ con peso de 188.5 g en la cosecha de agosto, mientras que, en la cosecha retrasada de octubre, inducida por la eliminación de cladodios y yemas floral en época de floración, frutos de 202.5 g.

Aquino *et al.*, (2012) caracterizaron frutos de variedades *Opuntia* spp. 'Rojo púrpura' reportando peso de 160.37 g, Ochoa y Guerrero (2013) obtuvieron frutos de tuna 'Blanca' con peso de 99.17 g y Varela *et al.*, (2018) induciendo partenocarpia cosecharon tuna 'Cristalina' de 137.8 g y 'Burróna' 140.8 g.

4.4 Tamaño de fruto

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comprar tamaño de frutos.

Los frutos cosechados, con el mayor tamaño fueron de cr8, largo (116.9 mm) y diámetro (64.1 mm), algunos frutos excedieron su capacidad de elongación celular, se agrietaron y redujeron calidad física, esto pudo suceder por las lluvias de junio y julio.

El tamaño de fruto cosechado fue superior al testigo largo (91.7 mm) y ancho (55.41 mm) (Figura 12) y a los reportados por Varela *et al.*, (2018) con la variedad 'Cristalina', presento longitud de 90.8 mm y diámetro 53.4 mm y 'Burróna' con 87.4 mm y 55.1 mm; respectivamente.

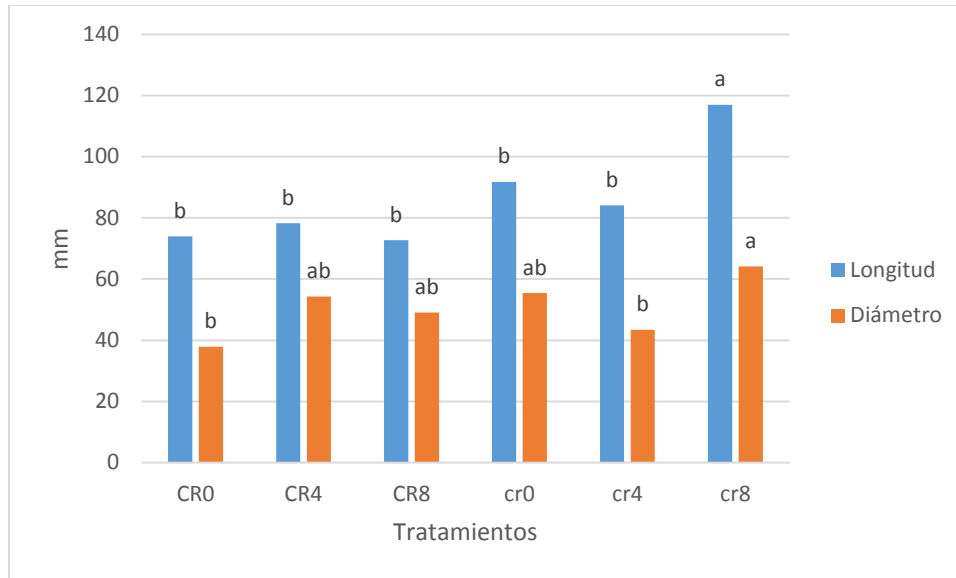


Figura 12. Tamaño de fruto, cosechados de los seis tratamientos que tuvieron frutos. C=Cubierta; R=Riego; c=sin cubierta; r=sin riego; 0=0 ppm de TDZ; 4=400 ppm de TDZ; 8=800 ppm de TDZ.

4.5 Índice de color

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comparar la coloración de la cáscara del fruto.

Las betalaínas son pigmentos que proporcionan color a los frutos de tuna, amarillo, verde, púrpura, blanco y rojo (Stintzing *et al.*, 2005), estos son solubles en agua y dentro de este grupo de pigmentos se encuentran las betocianinas que son las que proporcionan la coloración roja púrpura en tuna (Strack *et al.*, 2013).

Los resultados obtenidos en el colorímetro Hunter L, C y H (Cuadro 3), señalan que el tratamiento cr8, tuvo mayor concentración de betocianinas, por lo que presento mayor coloración rojo púrpura, en el plano tridimensional se ubicaron los valores L, C y H, donde L tiene 40.61, C 16.4 y H 31.72.

Cuadro 3. Parámetros de coloración de frutos cosechados de seis tratamientos.

| Tratamiento | L (Luminosidad) | C (Color) | H (Matiz) |
|-------------|-----------------|-----------|-----------|
| cr0 | 39.33 | 15.37 | 34.28 |
| cr4 | 38.38 | 14.68 | 28.92 |
| cr8 | 40.61 | 16.4 | 31.72 |
| CR0 | 37.47 | 12.62 | 46.6 |
| CR4 | 40.52 | 13.63 | 35.31 |
| CR8 | 36.74 | 15.89 | 33.24 |

C=Cubierta; R=Riego; c=sin cubierta; r=sin riego; 0=0 ppm de TDZ; 4=400 ppm de TDZ; 8=800 ppm de TDZ.

4.6 Firmeza

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comparar la resistencia de la cáscara del fruto en manejo postcosecha.

Los frutos con mayor resistencia de cáscara al manejo postcosecha, fueron los de CR0 (24.72 N), en comparación con el testigo (19.42 N) (Cuadro 4). Zegbe y Mena (2008) reportaron firmeza de frutos, en la cosecha de agosto (29.3 N) y en la de octubre (35.6 N). Ochoa y Guerreo (2013) tuvieron frutos con una firmeza de 11.8 N.

Cuadro 4. Caracteres organolépticos en frutos de tuna para calidad: firmeza, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y vitamina C.

| Tratamiento | Firmeza (N) | ° Brix % de SST | pH | Acidez titulable % de ácido cítrico | Vitamina C mg/100 mL |
|-------------|----------------|--------------------|-----|--|-------------------------|
| cr0 | 19.4 | 11.7 | 7.2 | 0.06 | 14.9 |
| cr4 | 15.8 | 9.5 | 7.2 | 0.04 | 5.9 |
| cr8 | 15.3 | 11.2 | 7.4 | 0.1 | 2.4 |
| CR | 24.7 | 11.2 | 7.2 | 0.1 | 2.9 |
| CR4 | 16.8 | 10.5 | 7.7 | 0.1 | 5.4 |
| CR8 | 15.3 | 9.1 | 6.7 | 0.04 | 1.4 |

C=Cubierta; R=Riego; c=sin cubierta; r=sin riego; 0=0 ppm de TDZ; 4=400 ppm de TDZ; 8=800 ppm de TDZ.

4.7 Sólidos solubles totales (SST)

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comparar la cantidad de sólidos solubles totales en fruto.

Los frutos del testigo tuvieron mayor contenido de sólidos solubles totales (11.7 % de SST), fue ligeramente superior a los demás (Cuadro 4). Estos valores se aproximaron a los reportados por Martínez *et al.*, (2001) con 15.18 % de SST, Corrales y Hernández (2005) 14 % de SST y Aquino *et al.*, (2012) 14.12 % de SST, coincidieron con Zegbe y Mena (2008) 10 a 10.4 % de SST, Ochoa y Guerrero (2013) con 10.7 % de SST y Varela *et al.*, (2018) 11.8 % de SST.

4.8 pH

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comparar pH de frutos.

El pH más alto fue de 7.7, obtenido de los frutos del tratamiento CR4, siendo más elevado que el testigo con pH de 7.2 (Cuadro 4), aunque entre los tratamientos no hubo mucha diferencia, no contrasta con el pH mencionado en la literatura. Pineda *et al.*, (2010) tuvo frutos con pH de 6.7, Aquino *et al.*, (2012) 5.8 y Ochoa y Guerrero (2013) 5.3.

4.9 Acidez titulable

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comparar el porcentaje de ácido cítrico en frutos.

El porcentaje de ácido cítrico no fue variable entre los tratamientos, ya que la pulpa es de color rojiza, pero fue ligeramente mayor en tres tratamientos: CR0 (0.1 % de ácido cítrico), CR4 (0.12 % de ácido cítrico) y cr8 (0.1 % de ácido cítrico), el testigo tuvo (0.06 % de ácido cítrico) (Cuadro 4).

Pinedo *et al.*, (2010) obtuvo menores porcentajes de ácido cítrico, en 'Cristalina' 0.027 % de ácido cítrico y 'Burrona' 0.030 % de ácido cítrico, al igual que lo reportado por Aquino *et al.*, (2012) con frutos de 0.074 % de ácido cítrico, y Ochoa y Guerrero (2013) con tuna "Blanca" 0.07 % de ácido cítrico.

4.10 Ácido ascórbico

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comparar el contenido de vitamina C en frutos.

Los frutos del testigo presentaron mayor contenido de Vitamina C (14.94 mg/100 mL) (Cuadro 4), aparentemente tuvo una diferencia remarcada en comparación con los demás tratamientos.

Pinedo *et al.*, (2010) obtuvo frutos con una concentración de ácido ascórbico en 'Cristalina' de 28.33 mg/100 mL y 'Burróna' 28.66 mg/100 mL; Ochoa y Guerrero (2013) con tuna "Blanca" reportaron 34.36 mg/100 mL.

4.11 Tamaño de las semillas

Debido a la pérdida de frutos en las repeticiones de los tratamientos, por causa de la reversión floral y caída de los cladodios madre por el exceso de cladodio nuevos, se realizó un análisis descriptivo para comparar las características físicas de las semillas de tuna.

Se observó que las semillas pertenecientes a los tratamientos con TDZ, tuvieron pigmentos rojos (Figura 13A) y las del testigo fueron de un color homogéneamente claro y sin pigmentaciones (Figura 13B).

Cuadro 5. Características físicas de las semillas obtenidas de los frutos cosechados de tuna 'Roja Purpura': número, peso, longitud, diámetro y área de semillas.

| Tratamiento | N° semillas/fruto | Peso/semilla (g) | Longitud (mm) | Diámetro (mm) | Área /semilla (mm ²) |
|-------------|-------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|
| cr0 | 303 | 3.8 | 6.4 | 4.7 | 17.8 |
| cr4 | 27 | 0.1 | 7.1 | 5.2 | 21.1 |
| cr8 | 161 | 1.6 | 4.7 | 3.3 | 10.2 |
| CR0 | 141 | 1.4 | 5.5 | 3.3 | 13.6 |
| CR4 | 308 | 2.8 | 5.3 | 3.9 | 12.9 |
| CR8 | 247 | 2.4 | 5.46 | 4.3 | 16.8 |

C=Cubierta; R=Riego; c=sin cubierta; r=sin riego; 0=0 ppm de TDZ; 4=400 ppm de TDZ; 8=800 ppm de TDZ.

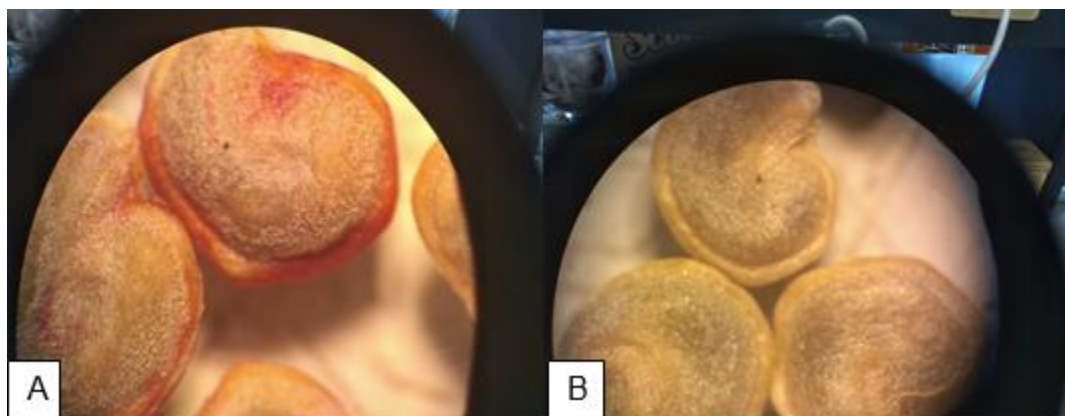


Figura 13. Observación de la semilla en el estereoscopio del fruto (A) tratamiento cr8 y (B) testigo.

El programa Win seedle, facilitó la caracterización de las semillas, porque proporcionó diversa información de los caracteres (Cuadro 5).

En futuras investigaciones se puede mejorar este aspecto, y complementar el estudio de las semillas en tuna y otros frutales.

5. CONCLUSIONES

El efecto de la combinación de la cubierta plástica, riego y TDZ, aumentó significativamente la brotación floral en la periferia y estimuló los laterales de los cladodios, sin embargo, las cubiertas plásticas elevaron y mantuvieron temperaturas arriba de 26 °C, lo que ocasiono que 22 días después de aplicar el TDZ, las plantas que estaban bajo cubierta plástica, presentaron reversión floral y estimulación de yemas vegetativas, debido a esto, se recomienda para un experimento futuro, una vez iniciada la brotación de yemas florales, se retiren las cubiertas plásticas.

La pérdida total de frutos en 6 de los 12 tratamientos no permitió realizar análisis estadístico en rendimiento y calidad de frutos.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, Becerril, G. 2005.** Producción forzada de nopal (*Opuntia-ficus indica*, cv.) Tlaconopal mediante anillado parcial. Revista. Fitotecnia. Estado de México. Volumen. 28 (3):295–298.
- Almaguer, Vargas, G., J. R. Espinosa, Espinosa., A. Luna, Contreras y J. C. Paz, Solórzano. 2000.** Aplicación de promotores de la brotación en ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lind.) “Shiro” y “Santa rosa”. Revista Chapingo Serie Horticultura, volumen 6(1):111–115. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.
- Almanza, P. J., P. A. Serrano., G. Ficher y H. E. Balaguera, López. 2010.** Rompimiento de la dormancia de yemas de vid (*Vitis vinifera* L.) mediante aplicaciones de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del trópico alto. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, volumen 4(2):145–152.
- Alvarado, Raya, H., J. Rodríguez, Alcázar., G. Calderón, Zavala, y Cárdenas, Soriano, E. 2000.** El Thidiazurón, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) ‘Shiro’. Revista Agrociencia, volumen 34(3):321–327. Montecillo, Estado de México.
- Aquino, Bolaños, E. N., Y. Chavarría, Moctezuma., J. L. Chávez, Servia., R. I. Guzmán, Gerónimo., E. R. Silva, Hernández, y I. Verdalet, Guzmán. 2012.** Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. Revista Investigación y Ciencia, volumen 20(55):3 –10. Universidad de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Arredondo, Gómez, A. 2002.** Propagación y mantenimiento de cactáceas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico Núm. 21.
- Aukerman, M. y R. Amasino. 1998.** Floral induction and florigen. Cell. 93:491-494.
- Avitia, García, E. y A. M. Castillo, González. 2007.** Desarrollo floral en frutales. Libro (1):26-39. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México.

- Barbera, G., F. Carimi, y P. Inglese. 1991.** The reflowering of prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, influence of removal time and cladode load on yield and fruit ripening. *Adv. Hortic. Sci.*, 5:77–80.
- Basile, F. 2001.** Economic aspects of italian cactus pear production and market. *J. Prof. Assoc. for Cactus Develop.* 4:31-46.
- Bernier, G. 1988.** The control of floral evocation and morphogenesis. *Ann. Revista. Plant Physiol.* 39:175-219.
- Bruhn, C. M. 2007.** Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. Universidad de California centro de Información e investigación en tecnología postcosecha. División de agricultura y recursos naturales. Series de horticultura y postcosecha No. 24. 3(3):37.
- Canales, Sosa, E. 2008.** Cambios en crecimiento, producción y distribución de materia seca por efecto de promotores de brotación en durazno. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Tesis.
- Corrales, García, J. y J. L. Hernández, Silva. 2005.** Cambios en la calidad postcosecha de variedades de tuna con y sin semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, volumen 28(1):9 –16. Chapingo, Texcoco, Estado de México.
- Díaz, Montenegro, D. H. 2002.** Fisiología de árboles frutales. AGT editor, libro 1:50-53. México, D.F.
- Domínguez, García, I. A., M. R. Granados, Sánchez, L. M. Sagarnaga, Villegas., J. M. Salas, González y J. Aguilar Ávila. 2017.** Viabilidad económica y financiera de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Nopaltepec, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrarias*, volumen 8(6):1371-1382.
- Eduardo, Castresan, J., J. Rosenbaum y L. Alicia, González. 2013.** Study of the effectiveness of three essential oils to control aphids on pepper plants *Capsicum annuum* L. *Revista Scielo*, volumen 31(3):49–58. Estación Concordia, Argentina.
- Gallegos V. C. y G. S. Méndez. 2000.** La tuna: Criterios y técnicas para su producción comercial. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo, Fundación PRODUCE Zacatecas–Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 164 p.
- Granados, Sánchez, D. y A. D. Castañeda, Pérez. 1991.** El nopal: historia, fisiología, genética e importancia frutícola / D. Trillas 227 páginas.

- Google Earth. 2018. Mapa de Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.**
- Gugliuzza, G., Inglese, P. y La Mantia, T. 2002.** Relationship between fruit thinning and irrigation on determining fruit of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit. *Acta Hort.* 581:205-209.
- Inglese, P. 1995. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Plant Production and Protection Paper 132:79-81.
- Jonas, A., G. Resenblat., D. Krapf., W. Bitterman y I. Neeman. 1998.** Cactus flowers may prove beneficial in benign prostatic hiperplasia due to inhibition of 5 α reductase activity, aromatase activity and lipid peroxidation. *Urol Res.* 26(4):65-70.
- Jones, B. J., B. Wolf, y H. A. Mills. 1991.** Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing. Athens, GA, USA.
- Llamas, Llamas, J., E. Carvajal, Millán., A. Orozco, Avitia., A. Rascón, Chu., A. Romo, Chacón., V. M. Guerrero, Prieto., V. A. Gonzáles, Hernández y A. A. Gardea, Béjar. 2002.** Respuesta metabólica y brotación de yemas de manzano por la aplicación de promotores de brotación. *Revista Fitotecnia Mexicana*, volumen 25(4):411–417. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.
- López, Collado, C. J., A. Malpica, Vázquez; J. López, Collado., E. García, Pérez y A. Sol Sánchez. 2013.** Crecimiento de *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. En la brotación zona central de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (5):1005–1014. Paso de Ovejas, Veracruz.
- Luna, Vázquez, J., J. A. Zegbe, Domínguez., J. Mena, Covarrubias y M. T. Rivera, Lozano. 2012.** Manejo de plantaciones de nopal tunero en el altiplano potosino. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto para productores No. MX-0-310305-32-03-17-10-59: 22–25.
- Márquez, Berber, S. R., C. Torcuato, Calderón., G. Almaguer, Vargas., M. T. Colinas, León., y A. Khalil, Gardezi. 2012.** El sistema productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México:

Problemática y alternativas. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, volumen 18(1): 81-93.

Márquez, Cervantes, J. A., R. Cano, Mendrano y J. Rodríguez, Alcázar. 2000. Thidiazuron, citrolina y unidades frío en el rompimiento de letargo de yemas de vid (*Vitis vinífera* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, volumen 6(1):105–110. Hermosillo, Sonora, México.

Martínez, González, J. C., A. López, Jiménez., J. P. Cruz Hernández y A. Delgado, Alvarado. 2001. Pruning and sprouting season in prickly pear cladodes. *Agrociencia*, 35(2):159-167

Méndez, Gallegos, S. J. y J. García Herrera. 2006. La tuna: producción y diversidad. *Biodiversidad* 68: 1-5.

Muñoz, Zepeda, L., I. Méndez y R. Jacinto, Mata. 1994. Producción invernal de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* var *Atlixco*), bajo microtúnel usando 2 tipos de plástico como cubierta; en Xaloztoc, Tlaxcala, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2:153-156

Mika, A. 1985. Physiological responses of fruit trees to pruning. *Hort. Rev.* 8:337- 338.

Nerd, A., A. Karady y Y. Mizrahi. 1989. Irrigation, fertilization and polyethylene covers in prickly pear influence bud development. *HortScience* 24:773-775.

Nerd, A., A. Karady y Y. Mizrahi. 1991. Out-offseason prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity. *HortScience* 26:527-529.

Nobel, P. S. y T. L. Hartsock. 1984. Physiological responses of *Opuntia ficus-indica* to growth temperature. *Physiol. Plant*: 98 -105.

Nobel, P. S. 1995. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. Food and Agricultural Organization. Roma: 36-48.

Ochoa, Velasco, C. E. y J. A. Guerrero, Beltrán. 2013. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características de calidad de Tuna Blanca Villanueva (*Opuntia albicarpa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, volumen 14(2):149–161. Hermosillo, México.

Orona, Castillo, I., A. Flores, Hernández., M. Rivera, González., J. Guillermo Martínez y J. de J. Espinoza, Arellano. 2003. Productividad del agua en el

- cultivo de nopal con riego por goteo en la comarca lagunera. *Terra Latinoamericana*, volumen 21(2):195-201.
- Pimienta, Barrientos, E. 1990.** El nopal tunero. Libro de 246 páginas: 43–45. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Pimienta, Barrientos, E., G. Barbera y P. Inglese. 1993.** Cactus pear (*Opuntia* spp.) international network: an effort for productivity and environmental conservation for arid and semiarid lands. *Revista Cactus and Succulent Journal*.
- Pinedo, Espinoza, J. M., A. F. Bañuelos, Fuentes y A. D. Hernández, Fuentes. 2010.** Comportamientos poscosecha de cultivares de tuna por efecto del manejo de huerto y temperatura de frigoconservación. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 11(1):43-58. Tulancingo, Hidalgo.
- Ramírez, Abarca, O., E. Figueroa, Hernández y L. E. Espinosa, Torres. 2015.** Análisis de rentabilidad de la tuna en los municipios de Nopaltepec y Axapusco, Estado de México. *Revista mexicana de agronegocios*, volumen 36: 1199-1210.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016.**
- Stintzing, F. C., K. M. Herbach., M. R. Mobhammer., R. Carle., W. E. Yi., S. Sellappan., C. C. Akoch., R. Bunch y P. Felker. 2005.** Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* sp.) clones. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, volumen 52(2):442–451.
- Strack, D., T. Vogt y W. Schliemann. 2013.** Recent advances in betalain research. *Phytochemistry*, volumen 62(3):247–269.
- Valdez, Cepeda, R. D., S. de J. Méndez, Gallegos., R. Magallanes, Quintanar., D. L. Ojeda, Barrios y F. Blanco, Macías. 2013.** El rendimiento de fruto por cladodio depende de sus atributos físicos en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variedad “Rojo pelón”. *Revista Chapingo Seria Horticultura*, volumen 20(2):131–146.
- Varela, Delgadillo, O. E., M. Libera, Muñoz, M., A. Muratalla, Lúa y J. A. Carrillo, Salazar. 2018.** Inducción de partenocarpia en *Opuntia* spp. *Revista Fitotecnia Mexicana*, volumen 41(1):3–11. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Varela, Gámez, Y., A. K. Caldera, Arellano., J. A. Zegbe., A. Serna Pérez y J. Mena, Covarrubias. 2014.** Irrigation in nopal influences the storage and packaging of tuna. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, volumen 5(8):1377–1390.

- Velásquez, Areco, S. 2017.** Uso del extracto de ajo (*Allium sativum* L.) para homogenizar la brotación en dos variedades de vid (*Vitis vinífera* L.) y su efecto comparativo frente a un producto químico. Revista Agrociencias, volumen 2(3):11–16. Calamuchita, Áviles, Departamento de Tarija.
- Weigel, D. 1995.** The genetics of flower development: from floral induction to ovule morphogenesis. Annu. Rev. Genetics, volumen 29:19-39.
- Zegbe, Domínguez, J. A. y J. Mena, Covarrubias. 2006.** Modificación de la floración, maduración y época de cosecha del nopal tunero (*Opuntia spp.*) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto científico número 8:2-24.
- Zegbe, Domínguez, J. A. y J. Mena, Covarrubias. 2008.** Retraso de la cosecha en nopal tunero cv. Cristalina. Revista Chapingo Serie Horticultura 14(1):85-90. Calera, Zacatecas.