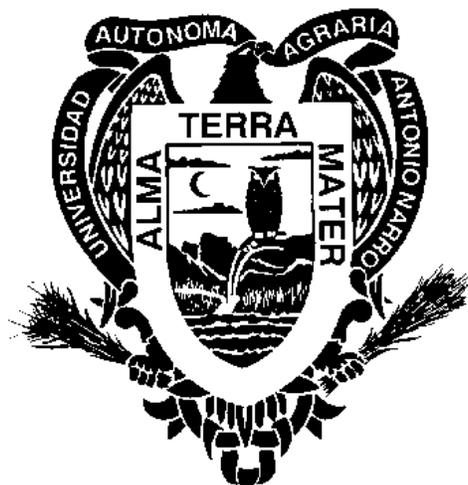


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**DETERMINACIÓN DE LA HORA ÓPTIMA DEL DÍA PARA LA COSECHA DEL
NOPAL DE VERDURA (*Opuntia ficus – indica*)**

POR

JOSÉ JIMÉNEZ JIMÉNEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE LA HORA ÓPTIMA DEL DÍA PARA LA COSECHA DEL
NOPAL DE VERDURA (*Opuntia ficus-indica*)

POR
JOSÉ JIMÉNEZ JIMÉNEZ

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


Ph. D. PEDRO CANO RIOS

VOCAL:


DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

VOCAL:


ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ

VOCAL SUPLENTE:


DR. ALFREDO OGAZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA,

DICIEMBRE DEL 2017



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

POR
JOSÉ JIMÉNEZ JIMÉNEZ,
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

ASESOR PRINCIPAL:


Ph. D. PEDRO CANO RIOS

ASESOR:


DR. LUCIO LEOS ESCOBEDO

ASESOR


DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

ASESOR:


ING. ELISEO RAYGOZA SANCHEZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DEL 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la vida y todo el tiempo que ha estado siempre presente en mi a lo largo de mi camino y durante el recorrido, así como la oportunidad que me ha brindado para obtener un logro más en mi vida, por mostrarme su infinita bondad, aun en los tiempos de dolor y tristeza, por mostrarme a ti dios toda tu bendición, para así poder lograr mis objetivos que siempre trace y por los que faltan por cumplir.

A MI ALMA TERRA MATER, a la mejor escuela de agricultura por abrirme las puertas al conocimiento y así poder visualizar lo amplio que es el campo de la ciencia y brindarme esa oportunidad de ser un profesionalista estilo **NARRO**.

A mi Asesor principal, al Ph.D Pedro Cano Ríos, por el apoyo incondicional y dedicación que me brindo durante el desarrollo proyecto.

A mi Asesor el Dr. Lucio Leo Escobedo por el apoyo, disponer de su tiempo y paciencia durante el escrito y desarrollo de esta investigación.

Al Dr. José Luis Reyes Carrillo por el apoyo, el tiempo dedicado en el transcurso de este presente trabajo realizado.

Al Ing. Eliseo Raygoza Sánchez, gracias por su apoyo y proporcionar sus parcelas para el desarrollo del proyecto de investigación.

DEDICATORIAS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que realizo, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y camino, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que desde un principio creyeron en mí que también han sido mi soporte y compañía durante mi estancia en narro

Mi madre Rufina Jiménez Guzmán, por darme la vida, quererme y preocuparte siempre por mí, y creer en mí siempre apoyándome en cada momento.

Mi padre Esteban Jiménez López, gracias por ofrecerme una carrera profesional, para mi futuro, por mostrarme el buen camino de la vida, la dedicación y por todo el apoyo brindado hasta el momento muchas gracias.

A mis hermanas, Celia Jiménez Jiménez y Gudelia Jiménez Jiménez gracias por sus apoyos esto es un ejemplo a seguir adelante, si ustedes se deciden esta meta siempre se lograra a pesar de las diferentes dificultades que se presentan.

A mi Esposa, Gladys Cruz Caballero gracias por llegar a mi vida y por tu apoyo en cada momento de nuestras vidas.

A mi hija Jaqueline Jiménez Cruz tu eres mi fuerza mis ganas de salir adelante.

A mi padrino, Teodoro Jiménez López por sus motivaciones

RESÚMEN

La utilización del nopal verdura en México se inició con las antiguas civilizaciones mesoamericanas principalmente, a través de la recolección de frutos y partes vegetativas en poblaciones silvestres. Los cladodios jóvenes, las flores y los frutos, fueron utilizados como alimento por los indígenas. El objetivo fue evaluar cuatro cultivares de nopal verdura en características químicas y rendimiento según la hora de corte del nopalito durante el día para obtener la menor acidez y la mayor concentración de sólidos solubles. El sitio de estudio se localizó dentro de las instalaciones de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la Unidad Laguna, ubicado en terrenos agrícolas. Se evaluaron cuatro cultivares de nopal verdura: Copena, Chapingo, Narro y Chicomostoc bajo un diseño experimental Factorial con tres factores en Bloques completos al azar con 64 tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados encontrados para variedades, fechas, horarios y la combinación variedad-fecha, variedad-horario, fecha-horario y variedad-fecha-horario mostraron diferencia altamente significativa ($DMS= 0.05$). Las variables evaluadas fueron el contenido de sólidos solubles expresados en grados Brix y el contenido de acidez expresado en pH del fruto. La variedad Copena resultó la mejor con un valor medio en sólidos solubles igual a 4.44 grados Brix. Mientras la variedad Narro resultó con el valor más bajo. La diferencia encontrada entre ambas variedades para los sólidos solubles fue de 22.31 % de incremento. Para el contenido de acidez expresado como pH del fruto la variedad Copena fue la que mostró el valor medio más alto igual a 4.34, mientras la variedad Narro con el valor medio más bajo.

Palabras clave: Acidez, cosecha, nopalito, sólidos solubles, variedades

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS	ii
RESÚMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
I.2. Objetivo.....	3
1.3. Hipótesis	3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen y distribución de los nopales	4
2.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.3. Morfología de la planta	5
2.4. Longevidad	5
2.5. Raíz	5
2.6. Tallo	6
2.7. Hojas.....	6
2.8. Flor	6
2.9. Fruto.....	6
2.10. Fisiología del nopal opundia.....	6
2.11. Regiones productoras de México.....	7
2.12. Cultivares de nopal para verdura en México	7
2.13. Distribución geográfica del nopal a nivel nacional.....	8
2.14. Época de plantación	9
2.15. Densidad.....	9
2.16. Usos y subproductos del nopal	9
2.17. Zona de producción de nopal.....	9
2.18. Producción mundial del nopal	10
2.19. Valor nutritivo del nopal.....	10
2.20. Variedades usadas para verdura	10
2.21. Composición química del nopal	11

2.22. Manejo del cultivo	11
2.23. Plantación del nopal	11
2.24. Preparación de una plantación en el terreno	12
2.25. Métodos de plantación	12
2.26. Riegos	13
2.27. Labores culturales	13
2.28. Fertilización.....	13
2.29. Cosecha.....	14
2.30. Formas de reproducción	15
2.31. Propagación por semillas	15
2.32. Propagación vegetativa.....	15
2.33. Manejo de microtuneles	16
3.1. Localización del área de estudio	21
3.2. Localización del sitio de estudio.....	22
3.3. Clima de la región.....	22
3.3.1. Temperatura	22
3.3.2. Humedad relativa	22
3.3.3. Evaporación	23
3.3.4. Precipitación pluvial	23
3.3.5. Heladas	23
3.3.6. Altitud.....	23
3.4. Vegetación.....	23
3.5. Suelos	24
3.6. Acondicionamiento del área de estudio	24
3.6.1. Preparación del terreno	24
3.6.1.1. Barbecho	24
3.6.1.2. Empareje	24
3.7.0. Selección del material vegetativo.....	24
3.7.1. Tratamiento del material vegetativo con caldo bordelés	25
3.8. Plantación	25
3.9. Riegos	25
3.10. Variables evaluadas	26

3.10.1. Sólidos solubles expresados en grados Brix	26
3.10.2. pH del fruto	26
3.10.3. Variedades.....	26
3.10.4. Fecha	26
3.10.5. Horario	26
3.10.6. Variedad-fecha	26
3.10.7. Variedad-horario	27
3.10.8. fecha-horario.....	27
3.10.9. Variedad-fecha-horario.....	27
3.11. Diseño experimental	27
3.12. Material de propagación	27
3.12.1. Cosecha.....	28
3.12.2. Muestreos realizados	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1. Variedades de nopal verdura	29
4.2. Fecha de corte.....	30
4.3. Horario para el corte.....	31
4.4. Fecha-horario	32
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1	Principales regiones productoras de nopal en México.	7
Cuadro 2	Distribución geográfica del nopal a nivel nacional.	8
Cuadro 3	Datos de la producción mundial de nopal verdura.	10
Cuadro 4	Valor nutricional del nopal verdura por cada 100 g de fruto.	10
Cuadro 5	Composición química del nopal verdura.	11

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Orientación que se requiere al establecer una penca de nopal en el terreno.	13
Figura 2	Localización de área de estudio.	21
Figura 3	Localización del sitio de estudio.	22
Figura 4	Comportamiento de las cuatro variedades de estudio con respecto al contenido de solidos solubles expresado en grados Brix.	29
Figura 5	Comportamiento de las cuatro variedades de estudio con respecto al contenido de acidez expresado como pH del fruto.	30
Figura 6	Comportamiento de las cuatro fechas de corte del nopal verdura con respecto al contenido de acidez expresado como pH de fruto.	30
Figura 7	Comportamiento de los cuatro horarios de corte del nopal verdura con respecto a solidos solubles expresados en grados Brix.	31
Figura 8	Comportamiento de los cuatro horarios de corte del nopal verdura con respecto al contenido de acidez expresado en pH	32
Figura 9	Comportamiento de los cuatro fechas y los cuatro horarios para el corte del nopal verdura para la variable solido soluble (grados Brix).	33

I.- INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento prehispánico del nopal se realizó con base en el proceso de recolección de frutos y brotes tiernos de “nopaleras” silvestres para luego transitar al establecimiento de plantaciones de especies deseadas o sobresalientes (Borron-Macias *et al.*, 2009)

La utilización del nopal en México se inició con las antiguas civilizaciones mesoamericanas principalmente, a través de la recolección de frutos y partes vegetativas en poblaciones silvestres. Se menciona que las nopaleras influyeron en el asentamiento de culturas indígenas en México, los cladodios jóvenes, las flores y los frutos eran utilizados como alimento por los indígenas (Pimienta-Barrios, 2000)

De poblaciones silvestres se condujo a una hibridación entre especies separadas por la naturaleza y creándose así nuevos cultivares, aprovechando lo más selecto de su riqueza genética y siendo cultivado en plantaciones comerciales.

La apertura de tierras al cultivo de especies productoras de granos básicos y la disminución de los huertos familiares de nopal, están provocando la desaparición de cultivares y variantes de nopal valiosos, los cuales han sido desarrollados a través de miles de años de agricultura y los cuales aún no están representados en bancos de germoplasma. En cuanto a la importancia del nopal como verdura, el nopalito ocupa el quinto lugar por su volumen de producción y el doceavo lugar por la superficie de cultivo dentro el rubro de las hortalizas, reportando un consumo per cápita de 6.38 kg año⁻¹.

En México, por nopales se identifica a plantas de la familia Cactaceae de los subgéneros *Opuntia* y *Nopalea*, cuyo distintivo principal son sus yemas homólogas. La utilización del nopal (*Opuntia* spp.) como alimento, por el hombre mesoamericano, data de entre 7,000 y 9,000 años a.C., de acuerdo con los hallazgos arqueológicos (Borron-Macias *et al.*, 2009)

El nopal se ha utilizado como verdura forraje y tuna, además de otros subproductos transformados como cremas, shampoo, jabones, y en alimentos en escabeche,

salmuera, dulces, galletas, tortillas, refresco, entre otros. Por esto el nopal es considerado un recurso alimenticio de gran importancia a través del tiempo para nuestros ancestros y lo sigue siendo aún para nosotros, no sólo por el aporte nutritivo a nuestra dieta sino también por la gran diversidad de productos elaborados a partir de él, incluyendo su uso medicinal y su participación en los cosméticos entre otros.

Sin embargo a pesar de que en México existe una gran diversidad de cactáceas, éstas se aprovechan sólo en áreas muy reducidas, y es hasta la fecha que se le ha dado una gran importancia. En la medicina por sus propiedades hipoglucemiantes y su efecto para controlar los niveles de colesterol además del alto contenido en fibra y minerales como el calcio entre otros. el nopal verdura tradicionalmente ha sido de los alimentos de mayor consumo del pueblo (Tovar-Puente, 2008a).

Los brotes tiernos o nopalito, tienen un alto contenido de agua por lo que el riego a la planta en tiempo oportuno y sistemático estimula altos rendimientos. Para un buen manejo de la fertilización, se debe definir la cantidad y frecuencia del agua de riego, junto con los nutrimentos así como su cantidad a utilizar durante la etapa de crecimiento (Vasquez-Alvarado *et al.*, 2008).

Las características físicas y químicas del nopal verdura como peso, longitud, anchura, grosor, número de hojas, acidez, contenido de humedad, clorofila y carotenoides son variables que podrían usarse como parámetros para complementar la normativa de calidad del nopal verdura (Maki-Diaz *et al.*, 2015)

La especie *Opuntia ficus-indica* L., se cultiva en 25 países por sus frutas (tunas), cladodios jóvenes o nopalitos (tallos) y cladodios maduros. México es el único país con producción comercial de nopalitos de *O. ficus-indica* L., y se cultiva en 12,041 ha, con una producción de 728,940 t en el año 2009, con rendimientos promedio a nivel anual que varían desde 3.09 hasta 99.93 t ha⁻¹, y un promedio general de 64.33 t ha⁻¹(Blanco-Macías *et al.*, 2011)

En México, *Opuntia ficus-indica*, se usa para producir nopalito (hortaliza nopal verdura) en 10,500 ha, mientras que en Estados Unidos de América se cultiva con tal propósito en 200 ha (Valdez-Cepeda *et al.*, 2010).

1.2. Objetivo

Para poder conocer los horarios más adecuados de corte del nopal verdura
Evaluar cuatro cultivares de nopal verdura en características químicas y rendimiento.

Evaluar la hora de corte del nopalito durante el día para obtener la menor acidez y la mayor concentración de sólidos solubles.

Evaluar cuatro fechas de corte en cuatro cultivares de nopal verdura

1.3. Hipótesis

La hora de corte del nopalito durante el día muestra diferencias en el contenido de la acidez y de los sólidos solubles del nopal verdura.

Los genotipos de estudio tienen característica diferente en el contenido de la acidez y de los sólidos solubles.

Las fechas de cosecha presentan diferente contenido de acidez y de sólidos solubles del nopal verdura.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen y distribución de los nopales

Los nopales son originarios de América tropical y subtropical y hoy se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano. Además, se ha difundido a África, Asia, Europa y Oceanía donde también se cultivan o se encuentra en forma silvestre (Sáenz y Berger, 2006).

2.2. Clasificación taxonómica

La siguiente Clasificación taxonómica del nopal verdura es la más comúnmente aceptada. (Valdez *et al.*, 1995)

Reino: Vegetal

Subreino: Embryophita

División: Angiospermae

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Dialipétala

Orden: Apuntiales

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Opuntioideae

Tribu: Opuntiae

Géneros: Opuntia y Nopalea

El género Nopalea en México, presenta 10 especies, de las cuales probablemente sólo *N. cochellinifera*, se utiliza como nopal verdura. En suma, de las 104 especies de Opuntia y 10 de Nopalea, se utilizan como forraje 15 especies, como tuna seis especies y como verdura tres especies: dos de Opuntia y una de Nopalea (Valdez *et al.*, 1995)

2.3. Morfología de la planta

Los nopales son plantas Xerofitas perfectamente adaptadas al medio cálido seco. La succulencia es la principal característica morfológica de los nopales y de la mayoría de las cactáceas. Esta puede considerarse como el sello distintivo de su parte aérea y resulta de la proliferación celular masiva de cientos de tejidos parenquimatosos, asociada a un aumento en el tamaño de las vacuolas y una disminución de los espacios intercelulares (Borrego y Burgos, 1986)

2.4. Longevidad

La longevidad promedio de las plantas de nopal es de 5 a 7 años, alcanzando algunas veces hasta 10 años con buenos rendimientos; en terrenos apropiados con pH neutro y con prácticas constantes de cultivo, sin problema de plagas el nopal puede llegar hasta 80 años generando rendimientos de 80 a 90 t ha⁻¹. Las plantaciones comerciales de explotación intensivas, pueden durar 3 años (Fernandez, 1949)

2.5. Raíz

Las raíces de una planta de nopal, son típicas o pivotantes, con ejes primarios que sirven para fijar a la planta. Por su origen, derivan de la radícula, aunque en ocasiones puedan estimularse el desarrollo de raíz a partir del tallo generalmente son gruesas, pero no succulentas, de ancho y de tamaño variables; en general, se afirma que su tamaño es proporcional al de la aérea (CODAGEM, 1979)

El nopal es una especie vegetal que mejor aprovecha el agua. Lo que les permite sobrevivir a las condiciones adversas. Una de ellas es que posee una raíz superficial característica que permite el aprovechamiento rápido de las lluvias. El nopal puede formar raíces nuevas absorbentes dentro de las 24 horas posteriores al humedecimiento del suelo (Luna-Vazquez, *et al.*, 2012b)

2.6. Tallo

El tallo es suculento, erecto, ramificado y multiarticulado. Se origina de cladodios que primeramente tiene forma aplanada y con el tiempo (de 10 a 15 años). Los más inferiores adquieren consistencia leñosa y adoptan una forma cilíndrica, posee cutícula gruesa y está adaptado para almacenar agua en sus tejidos. Los cladodios son de aspecto aplanado y tiene forma de raqueta; su color verde con distintas tonalidades y tiene función fotosintética, ya que presenta abundante parénquima clorofílico (Rodríguez y Nava, 1998)

2.7. Hojas

En el nopal solamente existen en los renuevos de las pencas cuando están tiernos (nopalitos). Son hojas pequeñas, aproximadamente cónicas, herbáceas y caducas, en cuyas axilas se hallan areolas de los cuales brotan las espinas. Las hojas desaparecen completamente al alcanzar la penca cierto grado de desarrollo, o sea en unos cuáhdos días, en cuyo lugar quedan las espinas (Barrientos, 1989).

2.8. Flor

Del tipo solitarias, sentadas, nacen en la base de las aréolas, cáliz con tubo oval soldado con ovario y limbo; numerosos estambres persistentes, filamentos largos, coloridos; anteras longitudinalmente dehiscentes; pistilo grueso, tubuloso, digitado en su extremo, formando varios lóbulos estigmáticos (Barbera, *et al.*, 1999)

2.9. Fruto

El fruto es una baya polispermica, carnosa, más o menos ovoide, desnuda, espinosa; normalmente jugosa y comestible, considerada un fruto accesorio por desarrollarse de un ovario ínfero (INFOASERCA, 1999)

2.10. Fisiología del nopal opundia

Los cladodios poseen además espinas. Presentan pocas estomas por unidad de superficie con la particularidad de permanecer cerrados durante el día y abiertos en la noche; esto evita la pérdida de agua por transpiración durante el día y permite

durante las horas nocturnas la entrada de dióxido de carbono (CO₂), materia prima indispensable para la fotosíntesis.

El tipo de fotosíntesis que presentan los nopales corresponde al metabolismo del ácido crasuláceo (plantas CAM). La apertura nocturna de las estomas, permite la toma de CO₂ lo que conduce a una acidificación gradual del tallo. Las condiciones de déficit hídrico extremo, permanecen cerrados durante el día y la noche, evitando la transpiración y la entrada del CO₂. En este caso, el agua y el CO₂, producidos por la respiración son utilizados para la fotosíntesis, situación que explica la lenta deshidratación y degradación que sufren los cladodios durante un periodo prolongado de sequía extrema (Nobel, 1998)

2.11. Regiones productoras de México

Las principales regiones productoras de nopal en México se muestran en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Principales regiones productoras de nopal en México (Ramírez-Abarca, *et al.*, 2012)

Estados	Superficie Sembrada	Volumen de producción
	Ha	Ton
Edo. México	4,337	322,102
Morelos	2,769	274,300
México	736	6,765
Baja California	703	5,169
Tamaulipas	625	4,896
Jalisco	452	4,495
San Luis Potosí	423	1,125
Zacatecas	404	8,172
Michoacán	308	4,846
Aguascalientes	198	9,742

2.12. Cultivares de nopal para verdura en México

De un total aproximado de 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea* clasificadas en nuestro país, se utilizan 24 especies para consumo diverso: 15 de ellas como nopal para forraje, seis para tuna, y tres para nopal verdura, siendo las últimas especies:

Opuntia ficus-indica, *Opuntia robusta* y la *Nopalea cochellinifera*; mismas que con sus diversas variedades existen en las principales zonas de producción de México (Blanco-Macias *et al.*, 2008)

2.13. Distribución geográfica del nopal a nivel nacional

Zona nopalera del centro norte. Esta zona comprende a Zacatecas e incluye partes territoriales de Aguascalientes, Jalisco, Durango y Guanajuato.

Zona nopalera del Noreste: norte de Tamaulipas y noreste de Nuevo León.

Zona nopalera Difusa. Está incluido solo las partes calizas de San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, Coahuila y partes áridas de Durango y Chihuahua (Granados y Dunia, 1991)

Cuadro 2.2. Distribución geográfica del nopal a nivel nacional (Pimienta, 1990)

Estados	Uso de nopal
Aguascalientes	Nopal traspatio <i>opuntia ficus</i>
Baja California	Es la excepción de los estados del norte, pues es el único en producir nopal y no consumirlo, ya que lo exporta a estados unidos para los emigrantes y para la distribución de los núcleos de personas de origen mexicano que consume en california.
Coahuila	Nopal de traspatio <i>opuntia ficus indica</i>
Distrito Federal	Milpa Alta es a delegación de nopal más grande en nuestro país.
Durango	Nopal de traspatio <i>opuntia ficus indica</i> .
Guanajuato	Nopal de traspatio <i>opuntia ficus indica</i>
Jalisco	Son pequeñas zonas nopaleras, la más importante está cerca de la laguna de Chapala
Puebla	Nopal tunero
Oaxaca	La producción de nopal se concentra en los valles del centro
San Luis Potosí	Nopal de traspatio <i>opuntia ficus indica</i>
Zacatecas	Nopal de traspatio <i>opuntia ficus indica</i>

2.14. Época de plantación

La época más adecuada para iniciar una plantación, es en los meses abril o mayo, poco antes de la temporada de lluvias, esto permite que para los meses de octubre o noviembre del mismo año se inicie el corte de nopalitos en condiciones de temporal, que es cuando hay buenos precios (Rios y Quintana, 2004).

2.15. Densidad

El nopal se cultiva principalmente en hileras separadas de 1.0 a 1.5 m; las pencas se siembran a distancia de 25 cm a 50 cm, las plantas se dejan crecer entre 1.0 m y 1.50 m de altura (se lignifica paulatinamente la parte de la planta más cercana a la superficie del suelo). Las densidades varían de 15,000 a 40,000 plantas por hectárea siendo las más comunes de 17,000 (Blanco-Macias *et al.*, 2008).

2.16. Usos y subproductos del nopal

Los nopales como un recurso natural, son la fuente de los productos y subproductos que utilizamos para nuestra subsistencia, estos recursos son requeridos en los diferentes campos de la industria ya sea en cosméticos, medicina y alimentos. Como alimentos se consume en escabeche, salmuera, dulces, galletas, tortillas y refresco. Como cosméticos, en cremas, shampoo, jabones y mascarillas y finalmente en el campo de la medicina por propiedades hipoglucemiantes, en el control de los niveles de colesterol, tiene un alto contenido en fibra y minerales, además de Calcio entre otros (Tovar-Puente, 2008b)

2.17. Zona de producción de nopal

En la producción de nopalito verdura en México, participan 19 estados, con 10,500 ha en total. Sin embargo, sólo el Estado de México aporta el 51.8% de la Superficie y casi el 57% de la producción total. En Milpa Alta, en el Estado de México, es la zona más productora de nopal verdura en México (Blanco-Macias *et al.*, 2008).

2.18. Producción mundial del nopal

Los países con mayor número de productores, superficie, rendimiento, producción y exportación e importación de nopalito en fresco, se presentan en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Datos de la producción mundial de nopal verdura (Flores-Valdez *et al.*, 1995)

Países	Superficie ha	Rendimiento t ha ⁻¹	Producción ton	Exportación ton	Consumo aparente ton	Consumo per cápita kg año ⁻¹
México	10400	55.06	572,625	1527	571098	6.35
E.U.A	100	50	5000	3500	10027	0.77

2.19. Valor nutritivo del nopal

El valor nutrimental del nopal verdura se presenta en el Cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Valor nutrimental del nopal verdura por cada 100 g de fruto (Saenz-C., 2006).

Elementos	Proporción
Agua	91.0 %
Proteínas	1.5 %
Lípidos	0.2 %
Hidratos de carbono	4.5 %
Cenizas	1.3 %
Vitaminas C	11 mg/100g
Carotenoides	30 ug/100 g
Fibra	1.1 %

2.20. Variedades usadas para verdura

Actualmente existen 15 variedades que se utilizan para la producción de nopal verdura y se destaca con mayor número de producción la variedad Copena V1, Copena F1 y el nopal manso, son los que se utilizan para producción de nopalito.

La variedad Copena F-1, es de triple propósito (verdura, fruto y forraje), cuyos brotes son más delgados que los de Tlaconopal, tienen pocas espinas, poca baba y no son agrias. Además, indican que esta variedad tiene la ventaja de que produce nopalitos de excelente calidad e igualmente tunas blanca y dulces, si se desea, ocupar sus

pencas pueden ser utilizadas como forraje en la alimentación de vacas, cabras y borregos sin que haya problemas de diarreas.

En la región de Caborca Sonora, se ha generado información para el manejo de las variedades Tlaconopal, Copena F1, Milpa Alta, Atlixco y un material regional, que aparentemente puede tratarse de Copena V1. Destacando como buenas alternativas para esta región así como Copena F1 (Robles-Contreras *et al.*, 2008)

2.21. Composición química del nopal

La composición química del nopal se presenta en el siguiente cuadro 2.5

Cuadro 2.5. Composición química del nopal verdura (Guevara-Arauz, 1996).

Parámetro	Contenido (mg 100g ⁻¹)
Ácido ascórbico	4.00
Carotenos	5.00
Tiamina	0.04
Riboflavina	0.04
Niacina	0.30

En esta tabla se observa la composición química del nopal ya que son una fuente importante de ácido ascórbico (vitamina C) y carotenos (precursores de la vitamina A) las cuales son vitaminas importantes en el desarrollo del ser humano.

2.22. Manejo del cultivo

El manejo de cultivo se considera como un factor de gran importancia para un cultivo para permanezca protegido de todos los fenómenos, tales como: heladas, vientos, deformaciones topográficas, plagas en subsuelo, maleza, barbecho, riego y cosecha (Rodríguez, 2010).

2.23. Plantación del nopal

La época de plantación ocurre desde finales de Febrero y durante todo el mes de Marzo, una vez que se haya disminuido el riesgo de heladas tardías. Así mismo las plantaciones realizadas en esta época son con el fin de aprovechar las lluvias tempranas que llegan a presentarse y de esa manera la planta tendrá la capacidad

de establecerse en el terreno antes del invierno. La época de plantación puede extenderse hasta el mes de Agosto, ya que con plantaciones posteriores se corre el riesgo de daños por bajas temperaturas, pues una planta joven es más susceptible al daño por heladas. En la plantación se colocan las pencas en las cepas recargadas a un lado y cubrir con tierra la parte basal de la penca. (Luna-Vazquez y Urrutia-Morales, 2008).

2.24. Preparación de una plantación en el terreno

Se realizan cepas con dimensiones de 50 cm y una profundidad 25 cm con el fin de que sirvan al mismo tiempo para captación de agua: en ellas se colocan las pencas. En campo abierto para establecer el cultivo, se realiza primero un barbecho o un subsuelo, un paso de la rastra para desmenuzar los terrones y se realiza el trazo de surcos. Para conservar la humedad en el suelo, se les formaran pequeñas represas (contras) para mayor retención de humedad y así evitar la resequedad del suelo. En la plantación se establecen por hileras con separación entre cuatro y seis metros, dependiendo de la superficie y del manejo de la plantación. Una vez echa esta labor, se realiza el abonado después se acondiciona el sistema de riego y se procede a plantar (Luna-Vazquez y Urrutia-Morales, 2008).

2.25. Métodos de plantación

En la actividad denominada Oreado, el material vegetativo se realiza con el objetivo de cicatrizar la herida de corte, se procede a distribuirlo en el terreno seleccionado y preparado con anticipación. Esta actividad se realiza un día antes de iniciar la plantación. La penca se enterrará $\frac{1}{3}$ de su longitud en el suelo y se le realiza una ligera inclinación evitando que la cara de la penca quede expuesta a los rayos del sol ya que podría provocar quemaduras severas.

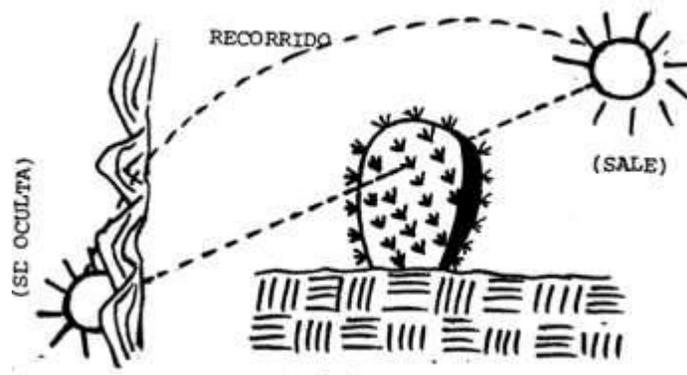


Figura 2.1. Orientación que se requiere al establecer una penca de nopal en el terreno.

Durante el establecimiento del cultivo, el éxito en el desarrollo del mismo, va a depender del cuidado que se le proporcione, durante las siguientes etapas (Canseco-Guzman y Canseco-Guzman, 2013).

2.26. Riegos

El cultivo del nopal es tolerante a la sequía, los riegos son casi nulos, pero en caso de que se necesite (por sequía muy prolongada), se debe aplicar un riego auxiliar con una lámina aproximada de 10 cm.

El agua es un recurso muy importante para la estimulación y crecimiento de los brotes, en los periodos de sequía que son Mayo a Octubre (Higuera-Ruiz y Aguilar-Avila, 2003)

2.27. Labores culturales

Los labores culturales son requerimiento importantes para el cultivo durante su desarrollo fenológico como es, control maleza, podas, fertilización, plagas, enfermedades, cosecha

2.28. Fertilización

El cultivo del nopal tiene una excelente respuesta a la aplicación de estiércol de ganado bovino, ya que acelera su desarrollo vegetativo. El estiércol de animal induce un crecimiento más rápido en los primeros años, lo que incrementa la

producción, aun con precipitaciones pluviales bajas ya que este abono tiene la capacidad máxima de retención de humedad.

El efecto del estiércol tiende a mejorar la fertilidad y las propiedades físicas y químicas del suelo. Incrementa la porosidad, la infiltración y la capacidad de retención de agua de lluvia en el suelo. Considerado como una opción para incrementar la productividad de las nopaleras, donde su efecto residual, dependerá de la cantidad aplicada, se prolongará además por varios años. El abonado del terreno antes de plantar promueve y un desarrollo vegetativo vigoroso. Esta actividad no siembre es posible.

Una vez terminada la preparación del terreno, en el sitio donde quedara cada planta, se recomienda aplicar 10 kg de estiércol seco e incorporarlo al suelo para evitar que el viento lo arrastre. Esta labor también debe realizarse antes del periodo de lluvia, ya que al realizar el mezclado del estiércol con la tierra, quedara formado un bordo dentro del surco que servirá para incrementar la retención del agua de lluvia.

La aplicación de materia orgánica en forma de estiércol, disminuye los efectos de la sequía porque permite mayor retención de agua, lo cual es un factor importante en la región donde las condiciones de sequía son críticas. En huertas mayores de 6 años se recomienda aplicar 15 kg de estiércol seco de cualquier tipo de gana combinado con 200 gramos de sulfato de amonio, 200 gramos de Sulfato de potasio, por planta. Este último fertilizante, no siempre es necesario aplicarlo. Un año los fertilizantes se aplican mezclados con el estiércol y al siguiente año únicamente se aplican los fertilizantes químicos. Excepto por el estiércol, los fertilizantes inorgánicos aquí mencionados, pueden ser aplicados a través del riego por goteo. La mitad del nitrógeno y todo el fosforo y potación se aplica con el riego cuando la brotación inicia. El resto del nitrógeno se aplica después de la cosecha aprovechando la humedad residual o con la aplicación de un riego (Luna-Vazquez *et al.*, 2012a)

2.29. Cosecha

Con respecto a la cosecha se consideran solamente aquellos nopalitos que han alcanzado el tamaño requerido por el mercado. El tamaño ideal es de 15 a 20 centímetros de largo, los cuales alcanzan un peso en promedio 100 gramos. El resto

de los brotes se dejan en la planta para el siguiente corte. La frecuencia de cortes puede ser entre 12 y 15 días. Una opción es dejar que la mayoría de los brotes alcancen el tamaño ideal para que el consumidor elija y posteriormente se cosechan todos; Se recomienda que durante la cosecha se deba usar cuchillos de acero inoxidable, para retrasar la oxidación de los nopalitas en el punto del corte. El corte se realiza desprendiendo los nopalitas del punto de unión, procurando que no se dañe la penca madre tampoco los brotes tiernos.(Luna-Vazquez, 2011)

El mejor momento óptimo para la cosecha es por la mañana. Si se desea obtener una producción continua de brotes tiernos (durante todo el año), se debe de realizar cortes frecuentes cada 8 o 15 días. Necesario realizar una aplicación de, abono orgánico y riego, cuando el cultivo lo requiera (Ruiz-Lopez, 2011)

2.30. Formas de reproducción

El nopal se reproduce de forma sexual (por semilla) y asexualmente (por pencas) (Borron-Macias, *et al.*, 2009)

2.31. Propagación por semillas

La propagación se realiza por semillas del fruto, la cual tiene un alto poder germinativo, pero en su desarrollo es muy lento y alta variabilidad está destinado parcialmente a mejoramiento genético por lo cual, generalmente se utiliza la reproducción asexual mediante pencas o cladodios. (Borron-Macias, *et al.*, 2009)

2.32. Propagación vegetativa

La parte meristemática del nopal es la areola que se encuentra ubicada de manera helicoidal en el cladodio y pueden originar ramas, flores o raíces. Los cladodios son desprendidos de la planta madre, la zona de corte cicatriza y se suberiza, sellando los sitios de pérdida de humedad adicional. La liberación inmediata de mucílago por los tejidos heridos mejora y acelera la cicatrización. Una vez que se suberiza, cada pieza puede actuar como un propágulo independiente. El agua almacenada cubrirá las necesidades de transpiración, la formación de nuevas raíces y de brotes si se coloca en el suelo. El cladodio puede sostener la pérdida de agua por un largo

tiempo: hasta seis meses sin perder viabilidad si se le almacena en un sitio sombreado y seco. (Borron-Macias, *et al.*, 200)

En el cladodio existen areolas por ambos lados de la penca, se puede formar una planta y el primer piso puede tener de 2 a 6 brotes o más. Para la selección de las pencas, se escogen las más vigorosas, sanas, libres de plagas y enfermedades, aquellas plantas que hayan mostrado buena producción de fruto y brotes, mayores de 18 meses y con un promedio de 25 cm. (Amaya-Robles, 2009)

2.33. Manejo de microtuneles

El sistema de microtúneles para la producción de nopal de verdura en invierno consiste de estructuras hechas con varillas arqueadas (media luna), cubiertas o forradas con manguera negra. Las estructuras se cubren con plástico transparente resistente a la luz ultravioleta, y se asegura su unión con hilos de rafia. Estos proporcionan condiciones adecuadas de temperatura a las plantaciones nuevas y a las ya establecidas para su crecimiento y producción de brotes en la época de invierno (Castillo-Tovar, 2014)

2.34. Plagas y enfermedades

Las principales plagas que se presenta en el nopal es el: Picudo barrenador (*Cactophagus spinolae* Gyll.) Picudo de la espina (*Cactophagus spinolae*), Gusano blanco del nopal (*Lanífera ciclades druce*), Gusano de cebrá (*Oliycella nephelepsa* Dyar), Grana cochinilla (*Dactylopus indicus* Green), Chinche gris (*chelinidea tabulata* Burm), Chinche roja (*Hesperolabops gelostops* Kirk), Mosca del nopal (*Dasiops bennetti* MacAlpine), Trips del nopal (*Sericotrips opuntiae* Hood), Gusano de alambre (*Melanotus spp*)

Enfermedades más comunes que se presentan es la Mancha bacteriana (***macrophomina sp***) Mancha o secamiento de la penca, pudriciones causadas por hongos, bacterias y virus.

Picudo barrenador (*Cactophagus spinolae* Gyll.)

Daños: Los adultos se alimentan comúnmente de los bordes de los brotes y las larvas de los tejidos donde hacen galerías en la parte interna de los ejes principales:

ciertas áreas de las partes afectadas presentan acumulación de secreciones de consistencia gomosa.

Control. En estado adulto se puede controlar de forma mecánica, se captura y se destruye manualmente ya que es poco activo y camina sobre las pencas, en los meses de mayo a septiembre. Las larvas se pueden extraer de las heridas que se reconoce por las masas de secreción que fluyen del punto dañado. Para ello se usa un cuchillo. En el invierno se puede extraer las pupas que se localizan en la base de las pencas.

Picudo de espinas (*Cactophagus spinolae*)

Daños: los adultos no causan daño de importancia; las larvas, al nacer comienzan a alimentarse dando lugar a un escurrimiento que forma escamas y cintas de secreciones que pronto endurecen y producen un secamiento en la base de las espinas

Control. Se recomienda destruir las pencas atacadas, o bien hacer aplicaciones de folidol en los meses de abril y mayo.

Gusano blanca del nopal (*Lanífera ciclades druce*)

Daños: las larvas recién nacidas poco a poco avanzan hacia el interior de las pencas, hasta alcanzar el eje principal; afectan los tejidos leñosos y perforan toda la parte tierna, hasta debilitar a la planta que posteriormente muere, o por lo menos no produce nuevos brotes.

Control. Debido a sus hábitos sociales, en los meses de Septiembre y Octubre se localizan las colonias de larvas jóvenes sobre las pencas bajo una malla de seda, las cuales deben destruirse. La colonia de larvas desarrolladas se localizan gracias al cumulo de excremento que expulsan de su galería y allí mismo pueden destruirse.

Gusana cebra (*Oliycella nephelepsa Dyar*)

Daños: las larvas viven exclusivamente en el interior de la planta provocan abultamiento exteriores por la destrucción interna de la penca.

Control. Se puede combatir haciendo uso de control biológico. Existen 2 enemigos que parasitan y atacan las larvas que son los siguientes: El Taquinido *Phorocera texana* Aid y Wedd, que ataca las larvas maduras.

Chinche gris (*Chelinidea tabulata* Burm)

Daños: el daño consiste en pequeñas áreas cloróticas que se forma en las pencas del nopal; estas manchas son ocasionadas al alimentarse succionando la savia y tamaño varia de 2 a 8 mm de diámetro, si se trata de picaduras de ninfa o de adultos y ellos prefieren pencas tiernas; sin embargo, también lo hacen sobre pencas de mayor edad e incluso sobre frutos.

Control: se puede hacer un control biológico con especies del género (*Chelinidea Ch. vittiger*)

Chinche roja (*Hesperolabops gelostops* Kirk)

Daños: las ninfas y adultos succionan la savia de las pencas para formar manchas resacas que, posteriormente, se levantan y con frecuencia se unen provocando el agrietamiento de la superficie

Control. Se puede controlar con los mismos organismos biológicos que se usan para el control de la chinche gris.

Cochinilla o grana (*Dactylopus indicus* Green)

Daños: la gran cochinilla se localizan en la parte basal de las espinas, con apariencia de pequeñas bolita de algodón, al momento de aplastarlas segregan un líquido rojo purpura. Ataques severos de esta plaga pueden causar la caída del fruto. Debilitamiento de la planta y finalmente la muerte.

Control. Existen dos insectos enemigos naturales, que atacan a la cochinilla, estos son: *chilocorus cati* Linne, que en su estado larvario se alimenta de las hembras de *Dactylopus indicus* y el otro es *lactilia cocidivora*.

Mosca del nopal (*Dasiops bennetti* MacAlpine)

Daños; las larvas producen tumores ovales en los bordes de los cladodios. Del tamaño, que sobresalen por ambos lados, de 2.5 cm de alto por 1.7 cm de ancho; en un principio estas formaciones son del mismo color en la planta, después el tejido comienza a decolorarse por ambos lados, adquiere un tono café oscuro o negro y se hunde la superficie de los tejidos muertos. Las larvas destrozan el tejido interior y los tejidos fibrosos de color café contrastan con los tejidos sano verdes. Los tejidos frescos infestados pierden su humedad natural, cuando en ellos se hospedad las larvas que se transforman en pupas.

Trips del nopal (*Sericotrips opuntiae* Hood)

Daños; el Trips realiza su ataque haciendo perforaciones en los tejidos de la planta, succionando el jugo celular. Los órganos atacados se cubren de manchas de color amarillo o gris blanquecina, adquieren aspecto jaspeado y se ven ensuciadas con gotitas de excremento oscuro y brillante: más tarde aparece la amarillez o coloración parda, así como la costroicidad y la desecación de la parte atacada. Los Trips son también vectores de enfermedades virales.

Control: se puede controlar usando cualquier de los siguientes productos:

Paration etílico C.E.50% en dosis de 150 cc/ha en 100 litros de agua

Malation C.E 50 % en dosis de 200 cc/ha en 100 litros de agua

Heptacloro C.E polvo en dosis de 50 gramos por cepa

Gusano de alambre (*Melanotus spp*)

Daño; los gusanos devoran las raíces y otras partes aéreas de la planta; con la frecuencia producen daños muy grandes y la invasión se produce por la marchitez que presenta la planta en su aérea afectada.

Control; se recomienda aplicar en mezcla con el fertilizante, los siguientes productos. Carburan granulado a dosis por cepa en gramos de 20-25, clordano polvo con dosis por cepa en gramos de 40-45, diazinon granulado dosis por cepa en gramos de 15-20.

Enfermedades**Pudrición negra (*macrophomina sp*)**

Sintomatología; la infección se manifiesta con la presencia de una pequeña mancha clorótica en las pencas afectadas.

Control: es más factible un control químico de la pudrición negra *macrophomina sp* mediante el uso de cualquiera de los siguientes productos: Benlate, Tecto, Arazan, Manzini, Captan y Zineb; con una dosis recomendada y se realizan con una frecuencia de 3 a 4 aplicaciones con un periodo 15 a 17 días.

Engrosamiento de cladodios

Este problema de engrosamiento se acompaña de una reducción de la planta en general, falta de brotación y cuando aparecen algunos brotes, son de tamaño reducido (Perez-De Valle, 2006).

Mal de oro (*Alternaria spp*)

Sintomatología: el mal de oro se presenta como manchas amarillas en forma de costras.

Control: se realiza una preparación de mezcla a base de caldo bordelés a razón de 1.0 kilogramo de sulfato de cobre más 1.0 kilogramo de cal en 100 litros agua (Aguilar-Zamora, 2000)

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del área de estudio

Dentro de la región de la Comarca Lagunera, se ubica la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna la que se encuentra geográficamente entre los paralelos $24^{\circ} 10'$ y $26^{\circ} 45''$ de Latitud Norte y los meridianos $101^{\circ}40'$ y $104^{\circ} 5'$ Longitud Oeste, con una altura de 1100 msnm.

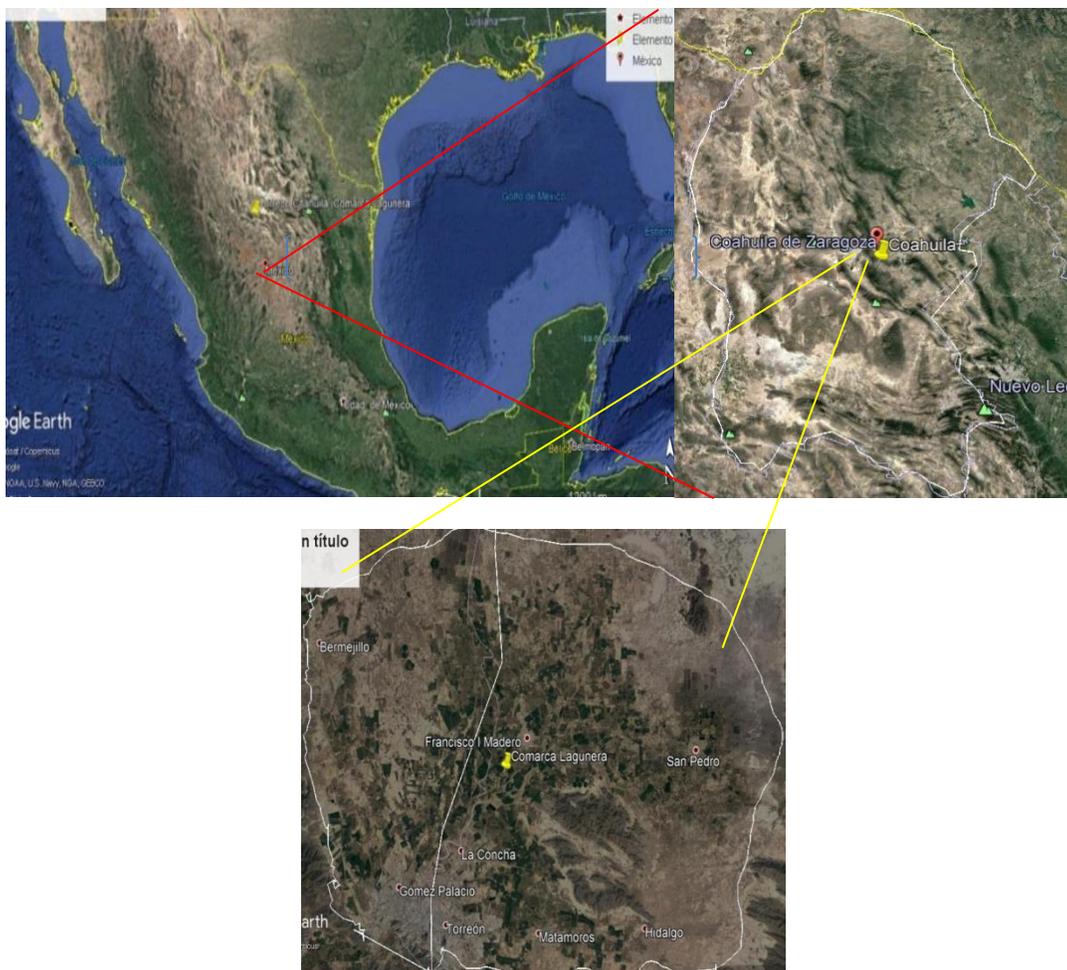


Figura 3.1. Localización del área de estudio

3.2. Localización del sitio de estudio

El sitio de estudio, se localiza dentro de las instalaciones de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la Unidad Laguna, ubicado en terrenos agrícolas que se encuentran al costado sur del área pecuaria y al oeste del área experimental.



Figura 3.2. Localización del sitio de estudio

3.3. Clima de la región

En la Comarca Lagunera, predomina el clima es desértico. El clima se clasifica como BWh (muy seco) con un porcentaje de superficie municipal 7.9, BSk seco templado con un porcentaje de superficie municipal 92.1

3.3.1. Temperatura

El mes de Junio es considerado el más cálido del año. La temperatura durante este mes es en promedios 27.5 ° C. Sin embargo el mes de Enero tiene la temperatura promedio más baja del año con 13.7 ° C.

3.3.2. Humedad relativa

En cuanto a la humedad relativa, ésta varía en el año alcanzando en primavera un valor promedio de 30.1 %, en otoño un 49.3% y finalmente en invierno un 43.1 %, situación que limita la agricultura temporal

3.3.3. Evaporación

La evaporación promedio mensual es de 178 mm, registrándose más intensa o incrementando sus valores durante los meses de mayo y junio con 234 y 236 mm anuales respectivamente

3.3.4. Precipitación pluvial

La precipitaciones menos frecuentes ocurren durante el mes de Agosto, considerado el mes más seco con 11.4 mm y el mes más lluvioso es en Junio con 60.6 mm.

3.3.5. Heladas

Respecto a las heladas, éstas se presentan durante el invierno con gran variabilidad. Sin embargo las heladas ocurridas durante el mes de Enero son en promedio 17 y con una menor cantidad en el mes de Diciembre.

3.3.6. Altitud

El municipio de Torreon se encuentra ubicado geográficamente 1120 msnm mientras el sitio de estudio se encuentra una latitud 25°33'26.32"N y la longitud 103°22'21.39"O

3.4. Vegetación

En los terrenos de la Comarca Lagunera prevalecen las siguientes especies vegetales como: Pastizales: Zacate tres barbas (*Aristida* sp), Zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*), chino grama. (*Bouteloua breviseta*). Bosque: Encino (*Quercus* sp) matorral: Ocotillo (*Fourquieria splendens*), Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), Gobernadora (*Larrea tridentata*), Mezquite (*Prosopis glandulosa*). Chaparral: Encino (*Quercus cordifolia*), Encino (*Quercus* sp), zumaque (*Rhus* sp), Sotol (*Dasyllirion* sp). Otros: Nopal (*Opuntia* spp), Chamizo (*Atriplex* sp).

3.5. Suelos

Los suelos más predominantes en la región, son Castañozem (Suelos alcalinos), Fluvisol (suelo de río está formado de materiales acarreados por agua), Litrosol, Regosol (capa de material suelto que cubre a la roca), Rendzina (Connotativo de suelos someros que producen ruido con el arado por su pedregosidad). Vertisol (Literalmente, suelo que se revuelve o que se voltea), Xerosol (suelo seco) y Yermosol (, suelo desolado).

3.6. Acondicionamiento del área de estudio

3.6.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo consistió en un barbecho, seguido de un rastreo cruzado, esto con la finalidad de obtener un mejor mullido para un buen desarrollo del sistema radical de las plantas, además facilitar el trasplante del material vegetativo.

3.6.1.1. Barbecho

Se realizó el barbecho con una profundidad de 25 a 30 cm, con el objetivo de remover y voltear la capa inferior del suelo y exponer y eliminar las plagas que se encuentran en el terreno.

3.6.1.2. Empareje

El terreno se empareja en el sentido que correrá el agua y conviene usar caudales pequeños para evitar la posibilidad de erosión. Por eso mismo el largo de los surcos no debe ser de longitudes grandes, debido a la pequeña cantidad de agua que se usa.

3.7.0. Selección del material vegetativo

Para seleccionar el material vegetativo se tomaron los siguientes criterios.

- Pencas con buen vigor.
- Libre de plagas y enfermedades.
- Que no presenten mal formaciones físicas.
- Con una edad de 1 a 2 años.

- Con un tamaño mínimo 30 cm de ancho.
- Plantas de buen grosor y suculentas
- Que presentar el corte en la parte de unión con la planta madre.

3.7.1. Tratamiento del material vegetativo con caldo bordelés

Se realizó un tratamiento previo a las pencas con una solución de caldo bordelés al 2 %. Para esta solución se utilizó un kg de sulfato de cobre más un kg de cal y 100 lts de agua. Después se colocaron el total de pencas dentro de la solución durante tres minutos, seguido de un secado durante 11 días en promedio.

3.8. Plantación

Las pencas se plantaron con una orientación Norte-Sur, enterrándolas hasta la mitad de su longitud. Las caras de las pencas fueron orientadas hacia los pasillos, con el fin de no invadir los espacios entre plantas y mantener los pasillos despejadas para el resto de actividades a realizar.

Las pencas que se utilizaron en la plantación fueron de 12 a 13 cm de tamaño y seleccionando las mejores teniendo cuidado en cada uno de los cortes para no dañar la penca madre. Después del tratamiento con caldo Bordelés se hizo el trasplante durante las primeras horas de la mañana para evitar la deshidratación de las pencas. Ésta actividad se realizó a finales del mes Septiembre del año 2015, en camas de 1.0 m de ancho por 3.0 m de largo, dejando un espacio entre hileras (Tratamientos) de 0.30 m y 1.0 m entre cama y cama.

3.9. Riegos

El sistema de riego que se utilizó para el presente trabajo fue riego por goteo, con líneas principales conectadas a una línea principal y conectada a la red de distribución de agua.

3.10. Variables evaluadas

3.10.1. Sólidos solubles expresados en grados Brix

El contenido de sólidos solubles expresados en grados Brix, fueron medidos con un refractómetro manual tipo ocular.

3.10.2. pH del fruto

El contenido de acidez se determinó en el Laboratorio del Departamento de Suelos. Primero se cortaron los nopalitos en trozos pequeños correspondientes a los tratamientos de estudio, después se licuaron utilizando una licuadora tipo casera donde se agregó agua destilada, luego se hizo toma de lectura utilizando un peachimetro digital para determinar la acidez en cada una de las muestras.

3.10.3. Variedades

Respecto a los genotipos de estudio se consideraron cuatro cultivares Copena, Chapingo, Narro, Chicomostoc

La prueba de medias para la medición de grados Brix indico estadísticamente que la variedad Copena fue la mejor ya que genero una media de 4.40 respectivamente mientras que la variedad narro es la presento una media baja 3.69

3.10.4. Fecha

Para la evaluación de corte del nopal verdura se consideraron cuatro fechas durante los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto.

3.10.5. Horario

Para la variable horario se consideraron cuatro tiempos durante el día que fueron a las 10:00 am, 13:00 pm, 16:00 pm y 18:00 pm

3.10.6. Variedad-fecha

Para la interacción variedad-fecha se consideraron las cuatro variedades (Copena, Chapingo, Narro y Chicomostoc y las cuatro fechas (Mayo, Junio, Julio y Agosto que se evaluó el experimento.

3.10.7. Variedad-horario

Para las combinaciones de variedad-horario se tomó en cuenta las 4 variedades (Copena, Chapingo, Narro y Chicomostoc) y los cuatro horarios (10:00, 13:00, 16:00 y 18:00 de corte del nopal verdura.

3.10.8. fecha-horario

Con respecto a la combinación fecha-horario se consideraron los cuatros meses (Mayo, Junio, Julio y agosto) y los cuatro horarios (10:00, 13:00, 16:00 y 18:00).

3.10.9. Variedad-fecha-horario

Para la interacción de variedad-fecha-horario, se tomó en consideración las siguientes tres variables que son cuatro variedades (Copena, Chapingo, Narro y Chicomostoc) de nopal verdura, cuatro fechas (Mayo, Junio, Julio y agosto) para el corte de nopal verdura y cuatro horarios que son (10:00, 13:00, 16:00 y 18:00) de corte.

3.11. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue un Factorial con Bloques completos al azar con cuatro niveles en el Factor A, correspondiente a cuatro variedades de nopal verdura: Copena, Chapingo, Narro, y Chicomostoc. Cuatro niveles en el Factor B, correspondiente a cuatro fechas (Mayo, Junio, Julio y Agosto). Cuatro niveles en el Factor C, correspondiente a cuatro horarios (10, 13, 14, 16 hrs), generando 64 tratamientos de estudio y con cinco repeticiones en cada uno de ellos para obtener 120 unidades experimentales de nopal verdura.

3.12. Material de propagación

Para el trabajo experimental se establecieron los siguientes cultivares: Copena presenta gran producción en brotes suculentos, tiene como característica que carecen de espinas, presenta un color verde intenso, suculentas, de buen sabor, con poca acidez y baba, resistente a heladas. Chapingo, Narro, Chicomostoc.

3.12.1. Cosecha

Se realizaron cinco cortes de nopal verdura en cada uno de los tratamientos de estudio durante cada uno los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, después procesados para su evaluación donde se midió sólidos solubles expresados en grados Brix y pH del fruto.

3.12.2. Muestreos realizados

Respecto a las muestras obtenidas, éstos se realizaron en diferentes horarios de corte para su evaluación que fueron 10:00 am, 13:00, 16:00 pm y 18:00 pm, durante el día durante 4 meses (mayo, junio, julio, agosto), se realizaron mediciones de sólidos solubles expresados en grados Brix con refractómetro manual del tipo ocular, obteniendo así los valores correspondientes.

3.14. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados obtenidos, se realizó mediante el paquete estadístico SAS versión 9

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variedades de nopal verdura

Los resultados obtenidos para las cuatro variedades de nopal verdura en estudio donde se evaluó el contenido de sólidos solubles expresados en grados Brix, se encontró diferencia altamente significativa, donde la variedad Copena resulto la mejor con un valor medio en sólidos solubles igual a 4.44 grados Brix. (Figura 4.1.), mientras la variedad Narro resultó con el valor más bajo respecto al contenido de sólidos solubles con un valor medio de 3.63, respectivamente. La diferencia encontrada entre ambas variedades en sólidos solubles refleja un 22.31% de incremento entre la variedad Copena y la variedad Narro.

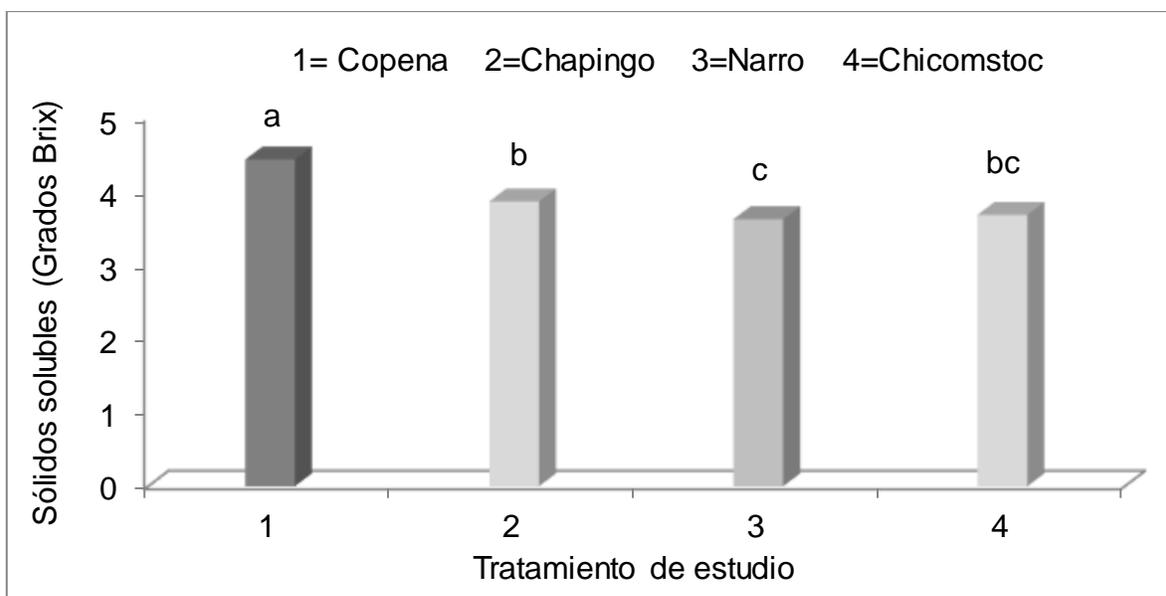


Figura 4.1. Comportamiento de las cuatro variedades de estudio con respecto al contenido de Sólidos solubles expresado en grados Brix.

Sin embargo, para el contenido de acidez expresado como pH del fruto, no se encontró significancia estadística, siendo la variedad Copena la que mostró el valor medio más alto igual a 4.34, mientras la variedad Narro con el valor medio más bajo igual a 4.29. (Figura 4.2.), La diferencia entre las dos variedades respecto al contenido de acidez mostró un incremento de 1.16%.

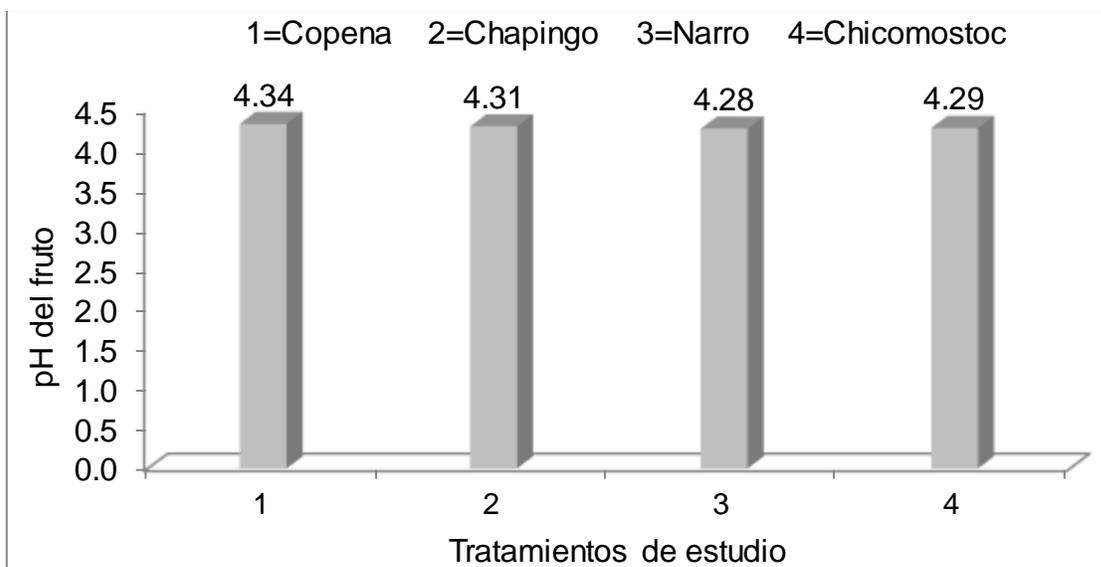


Figura 4.2. Comportamiento de las cuatro variedades de estudio con respecto al contenido de acidez expresado como pH del fruto.

4.2. Fecha de corte

Los resultados encontrados respecto a las cuatro fechas de corte de nopal verdura (Mayo, Junio, Julio y Agosto), en el contenidos de solidos solubles expresados en grados Brix, se encontró un alto nivel de significancia, donde el mes de Julio resulto ser la mejor fecha de corte con un valor medio en sólidos solubles igual a 4.14. (Figura. 4.3.), mientras que la fecha de corte del mes de Junio, resulto con el valor medio más bajo de 3.35. La diferencia encontrada en fecha refleja un 23.58% de incremento.

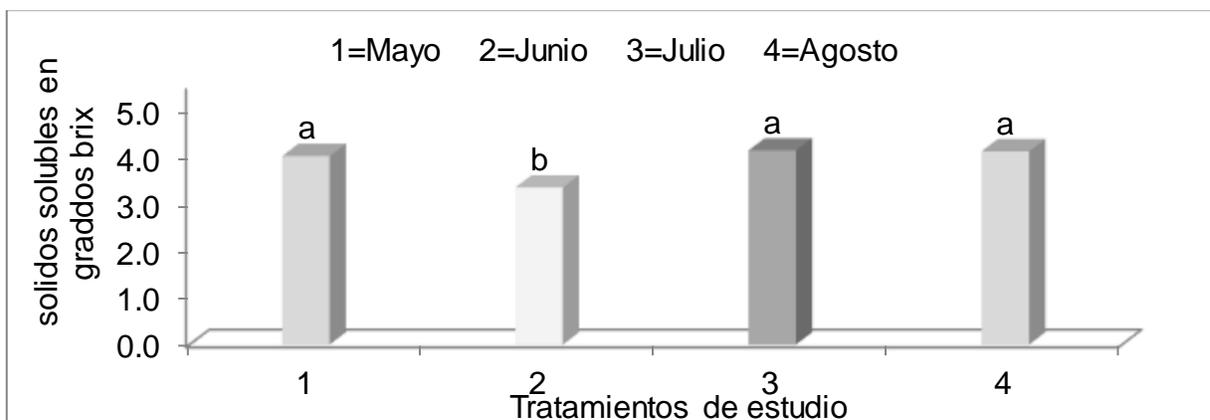


Figura 4.3. Comportamiento de las cuatro fechas de corte del nopal verdura con respecto al contenido de acidez expresado como pH del fruto.

Corrales-García, (2000), menciona que la temporada de cosecha comprende desde marzo hasta octubre en las plantaciones de cielo abierto la cosecha se puede realizar al mediodía pero principalmente por la mañana. En el presente trabajo realizado el mes con más alto nivel de significancia fue el mes de Julio para poder realizar cortes de nopal-verdura

4.3. Horario para el corte

Para los cuatros horarios de corte de nopal verdura, en los sólidos solubles expresados en grados Brix, se encontró alta significancia estadística, donde la hora de corte (10:00 am), resulto ser la mejor con un valor medio de 4.36 de grados Brix (Figura 4.5.), mientras que la hora de las 18:00 pm, obtuvo el valor más bajo con un valor medio de 3.55. La diferencia encontrada entre ambos horarios logró un incremento de 22.81%.

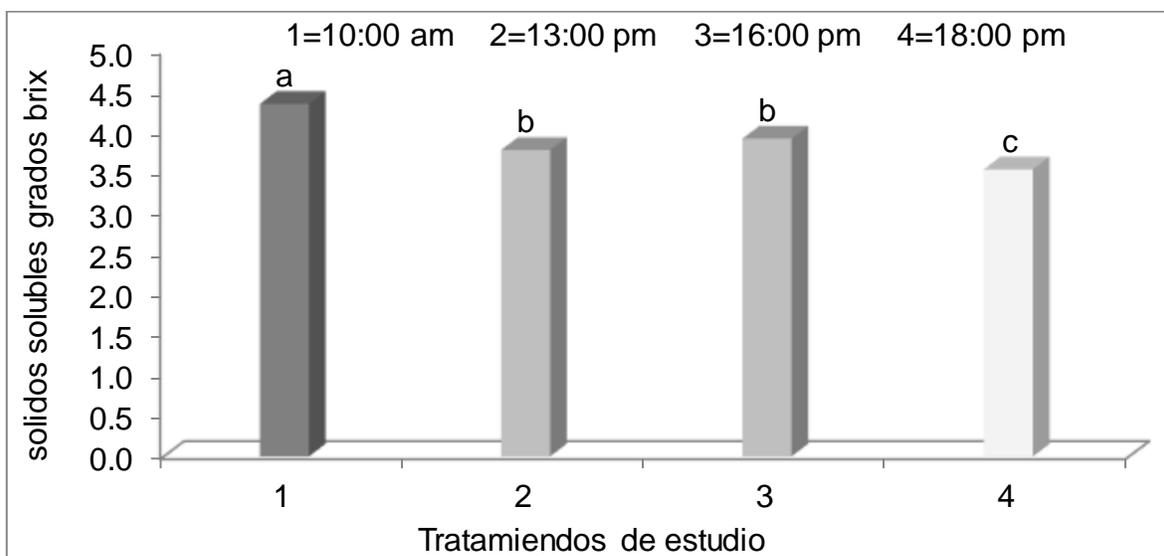


Figura 4.4. Comportamiento de las cuatro horarios de corte del nopal verdura con respecto a solidos solubles expresado en grados Brix.

Con respecto al contenido de acidez expresado como pH del fruto, no se encontró significancia estadística, siendo el horario de 13:00 horas pm, presentó el valor medio más alto igual a 4.37. Por su parte el horario 16:00 horas pm, con el valor medio más bajo de 4.25. La diferencia encontrada entre ambos horarios logró un incremento 2.82% en el contenido de acidez.

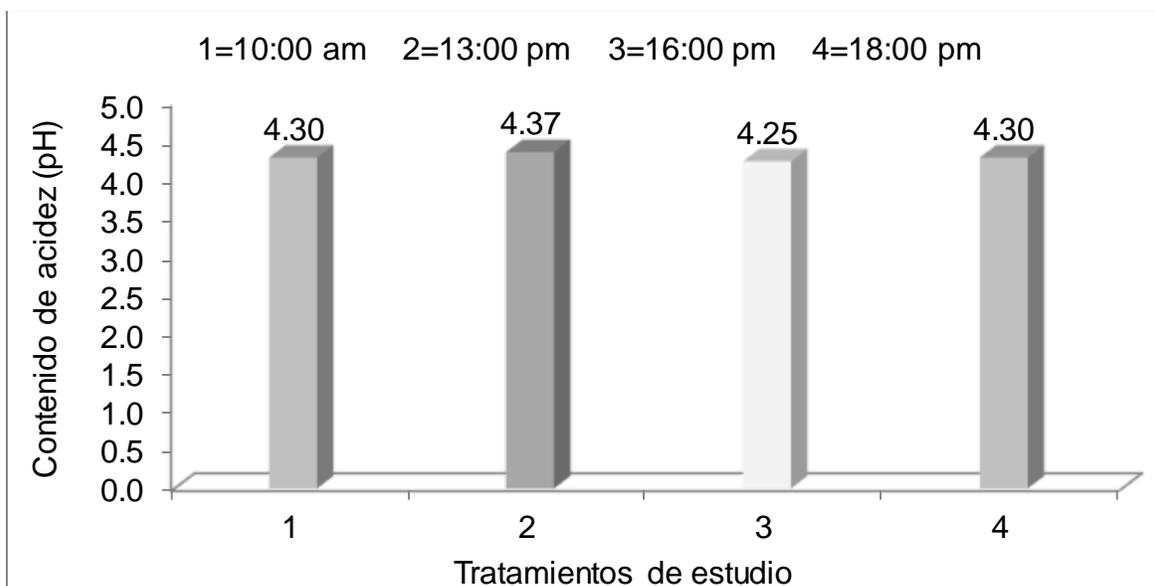


Figura 4.5. Comportamiento de los cuatro horarios de corte del nopal verdura con respecto al contenido de acidez expresado en pH.

Flores-Hernández, *et al.*, (2004), señalan que el nopalito-verdura en general se cosecha durante las primeras horas de la mañana, ya que estos presentan mayor contenido de acidez. Lo encontrado por estos autores tiene similitud con lo encontrado en este trabajo de investigación donde se obtuvo que el mejor horario de corte del nopalito verdura fue en el horario de las 10:00 am.

4.4. Fecha-horario

Los resultados encontrados para la interacción respecto a las cuatro fechas de corte (Mayo, Junio, Julio y Agosto) y los cuatro horarios (10:00 am, 13:00 pm, 16:00 pm y 18:00 pm), para la variable sólidos solubles expresados en grados Brix, se encontró alta significancia estadística (DMS= 0.05), encontrando que el mes de Mayo con el horario de las 10:00 hora am, resultó como la mejor interacción para realizar el corte de nopal verdura (Figura 4.6.).

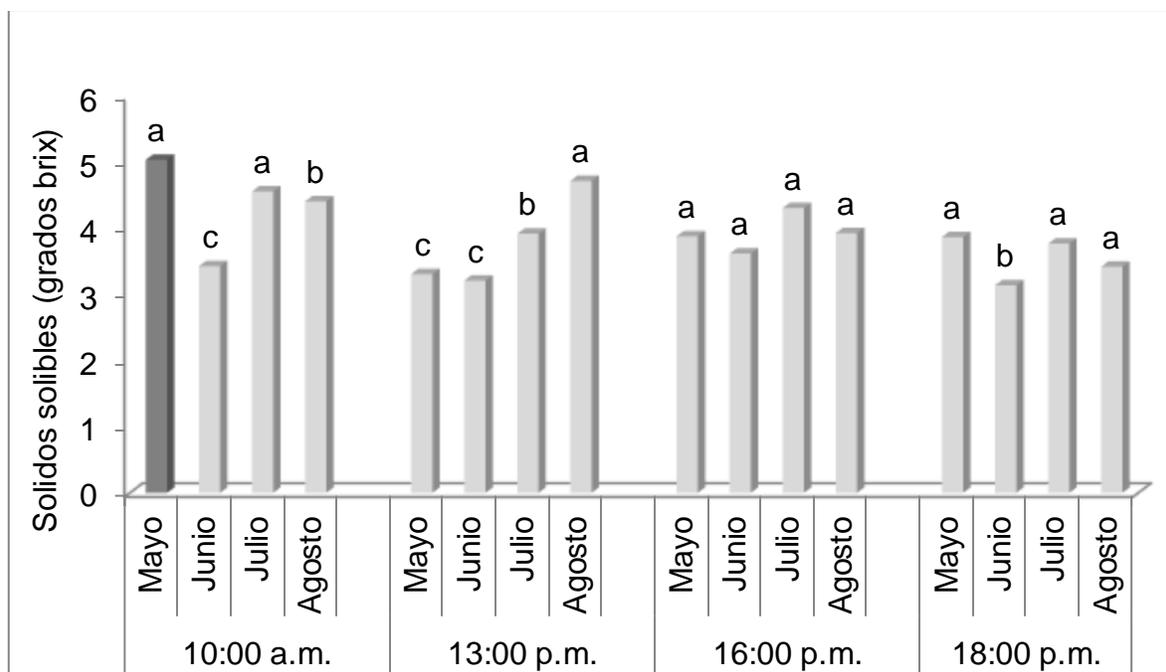


Figura 4.6. Comportamiento de las cuatro fechas y los cuatro horarios para el corte del nopal verdura, para la variable solido soluble (grados Brix).

Con respecto al contenido de acidez expresado como pH del fruto, no se encontró significancia estadística al 0.05, por lo que esta variable presenta iguales contenidos de acidez en las cuatro fechas (Mayo, Junio, Julio y Agosto), respecto a los cuatro horarios (10:00 am, 13:00 pm, 16:00 pm y 18:00 pm)..

V. CONCLUSIONES

1.- En la evaluación de las cuatro variedades de nopal verdura: Copena, Chapingo, Narro y Chicomostoc, la variedad Copena fue la sobresaliente y la que presentó el valor más alto en los sólidos solubles con 4.44 grados °Brix; mientras, que la variedad Narro con un valor de 3.63 de grados °Brix, fue la más baja. En el contenido de acidez nuevamente la variedad Copena fue la que presentó el valor medio más alto igual a 4.34.

2.- Para las cuatro fechas de corte (Mayo, Junio, Julio y Agosto), la fecha del mes de Julio fue la más significativa con el valor medio más alto igual a 4.14 de grados Briz; mientras que la fecha de Junio fue la más baja con un valor de 3.35.

3.- Con respecto a los horarios de corte (10:00 am, 13:00 pm, 16:00 pm y 18:00), se encontró que el horario de las 10:00 horas am presentó un valor de 4.36 de solidos solubles expresados grados °Brix. Mientras el horario de las 18:00 horas pm presento un valor más bajo de 3.55. Para el contenido de acidez el horario no presento diferencias significativas con una media general de 4.305

4.- Para la interacción fecha-horario del corte del nopal verdura, el mes de mayo con un horario de las 10:00 horas am, se presentó como la más idónea.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Zamora, A. A. 2000. El cultivo del nopal verdura en milpa alta, D.F. Folleto para productores N° 1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Centro 11.
- Amaya-Robles, J. E. 2009. El cultivo de tuna (*Opuntia ficus indica*). Gerencial Regional Agraria la Libertad Trujillo Perú 2009 18.
- Barbera, G., P. Inglese y B. Pimienta. 1999. Agrobiología, cultivo y usos del nopal Italia. FAO.
- Barrientos, P. F. 1989. Nopal y agaves como recursos de zonas áridas y semiáridas de México Centro de Genética, Chapingo, México.10.
- Blanco-Macias, F., R. D. Valdez-Cepeda, R. E. Vazquez-Alvarado y P. Almaguer-Sierra. 2008. Establecimiento y manejo del nopalito para verdura Revista salud pública y nutrición edición especial N° 2 VII Simposium-Taller"Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México 24 y 25 de Octubre del 2008 Mina, N.L., México.
- Borrego, E. F. y V. Burgos. 1986. El nopal Editorial Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buena Vista Saltillo, Coahuila, México.202.
- Borron-Macias, M., C. Gallegos-Vazquez y R. D. Valdez-Cepeda. 2009. Caracterización morfológica de 40 cultivares de nopal de uso hortícola del banco de germoplasma del cruce-uach. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 831-41.
- Canseco-Guzman, V. M. y B. Canseco-Guzman. 2013. Manual práctico de cultivo de nopal verdura para los Valles Centrales y Mixteca del Estado de Oaxaca. Manual de producción nopal verdura.
- Castillo-Tovar, H. 2014. Tecnología para la producción intensiva de nopal para verdura en Tamaulipas. Folleto para productores N° 25 Campo Experimental Rio Bravo, INIFAP-SAGARPA
- CODAGEM. 1979. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal, México., folleto SARH.
- Fernandez, L. 1949. Estudio químico de seis muestras de nopal del valle de México.
- Granados, S. D. y C. A. Dunia. 1991. El nopal, historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Editorial Trillas Universidad Autónoma de Chapingo13.

- Guevara-Arauza, J. C. 1996. Estudio para evaluar las condiciones del proceso y almacenamiento del nopal (*Opuntia* sp), Universidad Nacional Autónoma de México México D.F.
- Higuera-Ruiz, J. y M. A. Aguilar-Avila. 2003. Comercialización Internacional del nopal y sus subproductos: Una alternativa para el estado de Baja California Sur, Universidad Autónoma de Baja California Sur Octubre del 2003
- INFOASERCA. 1999. La tuna: Base del desarrollo de culturas Mesoamericana En línea <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/071/ca071.pdf>.
- Luna-Vazquez, J. 2011. Producción invernal de nopal verdura Folleto para productores N° 52 Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación 19.
- Luna-Vazquez, J. y J. Urrutia-Morales. 2008. Nopal para forraje en el antiplano potosino. INIFAP-CIRNE Campo experimental San Luis Folleto para productores N° 49 San Luis Potosí, S. L. P. México31.
- Luna-Vazquez, J., J. A. Zegbe-Dominguez, J. Mena-Covarrubias y M. T. Rivera-Lozano. 2012a. Manejo de plantación del nopal tunero en el Antiplano Potosino. Folleto para productores N° MX -0-310305-32-03-17-10-59 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental San Luis (): 23.
- Maki-Díaz, G., C. B. Peña-Valdivia, R. García-Nava, M. L. Arevalo-Galarza, G. Calderón-Zavala y S. Anaya-Rosales. 2015. Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo Nacional. *Agrociencia* 49:2015.
- Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Ed. Trillas México
- Pérez-De Valle, E. H. 2006. El nopal verdura *Opuntia spp* su descripción, manejo, usos, comercialización e industrialización Monografía Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista Saltillo Coahuila Junio de 2006.
- Pimienta-Barrios, E. 2000. El nopal (*Opuntia spp.*): Una alternativa ecológica productiva para las zonas áridas y semiáridas. In: Memorias. II Simposio y I Reunión Nacional. Agricultura sostenible: Un enfoque ecológico, Socioeconómico y de desarrollo Tecnológico. p 91.
- Ramírez-Abarca, O., E. Figueroa-Hernández, L. E. Espinosa-Torres y M. A. Ortiz-Rosales. 2012. Producción de nopal verdura en condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de agonegocios* 31:100-101.
- Ríos, J. R. y V. M. Quintana. 2004. Manejo general del cultivo del nopal. Colegio de Posgraduados, México14-15.

- Robles-Contreras, F., R. Macias-Duarte y R. L. Grijalva-Contreras. 2008. Tecnologia de produccion de nopal verdura para el Noroeste de Sonora Centro de Investigacion Regional del Noroeste Campo Experimental Costa de Hermosillo sitio Experimental Caborca Folleto tecnico Octubre de 20084-6.
- Rodriguez, C. E. 2010. Establecimiento de una plantacion de nopal verdura y algunas pruebas de deshidratacion de nopalito. Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial No. 5 VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal"231.
- Rodriguez, E. S. y A. C. Nava. 1998. Nopal, riqueza agroecologica de Mexico. Mexico, D.F. SEP, SEIT, DGETA.21-23.
- Ruiz-Lopez, S. 2011. El nopal: Propiedades y paquete tecnologico para su produccion Fundacion produce Sinaloa, A.C. Memoria de capacitacion 18.
- Sáenz, C. y H. Berger. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Food & Agriculture Org.
- Tovar-Puente, A. 2008a. El cultivo del nopal y su utilización integral: Una alternativa de producción sustentable para las zonas rurales de México REVISTA SALUD PUBLICA Y NUTRICION. Edicion Especial Nº 14, Mariny, N.L., Mexico.
- Tovar-Puente, A. 2008b. Nuevos productos y subproductos a base de nopal alimentos y medicinales una alternativa de produccion sustentable para las zonas rurales de mexico Revista Salud Publica y Nutricion edicion especial Nº 2 VII simposium taller produccion y aprovechamient del nopal en el Noreste de Mexico 24 y 25 de Octubre del 2008 Mina, N.L, Mexico.
- Valdez-Cepeda, R. D., F. Blanco-Macias, R. E. Vasquez-Alvarado y R. Magallanes-Quintanar. 2010. Producción y usos del nopal para verdura Revista Salud Publica y Nutricion 7 y 8 de Diciembre del 2007; Mariny .N.L, Mexico.
- Valdez, C. A. F., J. M. de Luna Esquive, P. P. R. Moreno, J. C. García, P. P. Javana, M. G. Morales y A. G. Campos. 1995. Mercado Mundial del nopalito. Universidad Autónoma Chapingo.
- Vasquez-Alvarado, R. E., R. D. Valdez-Cepeda y F. Blanco-Macias. 2008. Riego y fertilización del nopal verdura Revista Salud Publica y Nutricion No. VII Simposium Taller"Produccion y Aprovechamiento del NOPAL en el Noreste de Mexico 24 y 25 de Octubre del 2008 Mina, N.L., Mexico

