

Production of nopalitos in tunnels and diseases associated with freeze damage

Fernando Borrego-Escalante.¹

Margarita Murillo-Soto.²

Arnoldo Flores-Hernández.³

INTRODUCCION

El Nopal (*Opuntia* spp) tiene gran diversidad de utilización, pues puede ser consumido en fresco, como fruto ó verdura, ó como forraje para ganado, sobre todo en invierno, en donde la producción de forrajes de alto valor nutritivo es más costosa. De sus frutos, se pueden obtener también derivados agroindustriales como jaleas, mermeladas, pigmentos, aguardientes, dulces, etc. Los brotes tiernos (nopalitos) pueden ser utilizados para cocinarse en fresco, ó para enlatarse, sólo o con otras verduras, en conservas; también se está utilizando en la elaboración de dulces y cápsulas de nopalito deshidratado, ya que hasta la edad de mes y medio, es cuando mayor contenido de proteínas presenta, además de la gran cantidad de fibra y mucílagos, lo que lo hace deseable por sus propiedades antidiabéticas é hipoglucémicas.

En los últimos 5 años, ha habido un gran interés mundial en el cultivo y aprovechamiento del nopal y sus derivados, lo que ha motivado que en diferentes instituciones de investigación y educación, se realicen estudios relacionados. En México, Barrientos (1965) y Pimienta (1974) resaltaron la importancia del

1. - Head, Department of Plant Breeding, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., Mexico.
2. - Head, Laboratory of Biochemistry, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah., Mexico.
3. - Department of Arid Zones, Universidad Autonoma de Chapingo, - Bermejillo, Dgo., Mexico.

nopal como cultivo, y continúan realizando investigación sistemática; y en el Norte de México, Borrego (1982) y Flores (1986) han implementado líneas de investigación para obtener nopal tolerante a heladas.

El nopal para verdura (nopalito) es muy susceptible a daño por frío. Precisamente es en los primeros meses del año (Febrero, Marzo y parte de Abril, en el período católico de Cuaresma) cuando alcanza mayor precio (hasta 3,000 Pesos Kg.). Entonces, es necesario encontrar genotipos que sean tolerantes a heladas y que conserven al máximo su buena calidad para producir verdura, y/o cultivar nopal en túneles de plástico, para protegerlo contra las heladas de esos meses, además de estimular la brotación en los meses de Invierno.

Este artículo es una revisión de algunos aspectos relacionados con la producción intensiva de nopal para verdura en túneles de plástico, variación en pH. por hora de corte, y principales enfermedades del nopal ocasionadas por frío.

M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

a).- ESTUDIO DE PRODUCCION DE NOPALITOS EN MACROTUNEL.

En la UAAAN, en Noviembre de 1990, se estableció un experimento considerando los mejores 4 genotipos del programa de mejoramiento genético de la UAAAN. Borrego et al. (1990) describieron la metodología para la obtención de los genotipos tolerantes a heladas.

Sel. ANV₁: Para verdura; fruto blanco, con características

vegetativas intermedias entre *O. robusta* y *O. ficus-indica*.

Sel. ANV₃: Para verdura; fruto blanco, con características vegetativas de *O. crassa*.

Sel. ANV₅: Para verdura; fruto amarillo, con características vegetativas de *O. ficus-indica*.

Sel ANTV₆: Para fruto y verdura; fruto blanco, con características vegetativas de *O. ficus-indica*.

Estos 4 genotipos, se establecieron en 3 densidades:

Densidad 1: 10 plantas/m²

Densidad 2: 20 plantas/m²

Densidad 3: 30 Plantas/m²

El diseño experimental fué completamente al azar, con 4 repeticiones.

El establecimiento se realizó en camas de 1 metro de ancho y 12 metros de largo, en macrotúnel con cubierta acrílica; la temperatura mínima durante el estudio fué de 15° C, la máxima de 30° C y una temperatura media de 25° C.

b).- VARIACION EN pH. POR HORA DE CORTE.

Se realizaron, a los mismos genotipos y densidades, las siguientes determinaciones de pH., con un potenciómetro marca Beckman.

	Determinación inmediata		24 horas después	
Hora 1: 7:00	crudo	cocido	crudo	cocido
Hora 2: 12:00	crudo	cocido	crudo	cocido
Hora 3: 18:00	crudo	cocido	crudo	cocido

Además, a cada corte y tratamiento, se determinaba acidez al

gusto (palatable).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1, se presentan parte de los análisis de varianza efectuados.

TABLA 1.- Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) en estudio de producción de nopal para verdura. UAAAN, 1991.

FUENTES DE VARIACION	1a. Cosecha		2a. Cosecha	
	No. Brotes	Peso Brotes	No. Brotes	Peso Brotes
Genotipos	10.757**	197141**	5.791**	183438**
Densidades	0.383	4053	2.514*	96248*
Gen. x Densid.	0.328	3767	0.508	13374
Error	0.247	2872	0.382	13343

* Significativo al 5 % de probabilidad.

** Significativo al 1 % de probabilidad.

Fecha de establecimiento: 25 Noviembre de 1990.

1a. Cosecha: 11 de Marzo de 1991.

2a. Cosecha: 27 de Abril de 1991.

En lo que respecta a genotipos, se encontraron diferencias altamente significativas en las características de número de brotes y peso de brotes, tanto en la 1a. como en la 2a. cosecha, indicándonos el diferente potencial de producción que presentan los genotipos en estudio. En la tabla 2 y gráfica 1, se presentan los genotipos y cada característica.

En lo que respecta a densidades, se encontraron diferencias significativas en la 2a. cosecha solamente, tanto para Número de

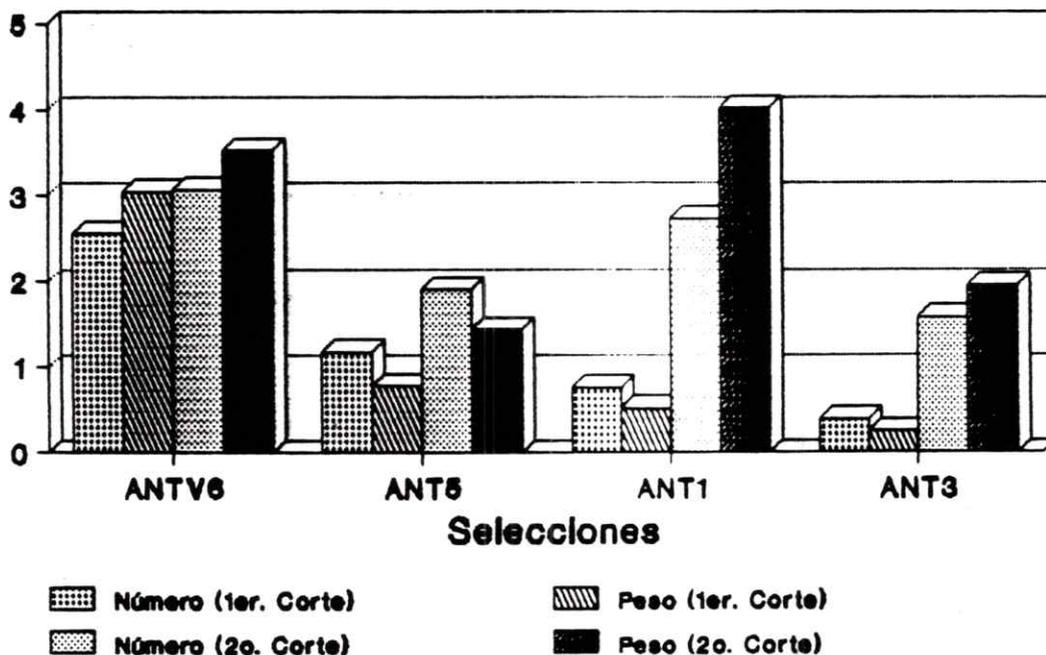
Brotos como para Peso de Brotos. En la Tabla 3, se presentan las pruebas de DMS y los promedios de las 3 densidades en estudio.

TABLA 2 .- Pruebas de DMS para Número de Brotos y Peso de Brotos para 4 Genotipos (Promedios por planta). UAAAN, 1991.

GENOTIPO	1a. Cosecha		2a. Cosecha	
	No. Brotos	Peso Brotos(gr)	No. Brotos	Peso Brotos(gr)
Sel. ANTVs	2.56 a	304.72 a	3.07 a	352.08 a
Sel. ANVs	1.18 b	77.62 b	1.90 b	143.35 b
Sel. ANV ₁	0.76 c	52.63 bc	2.72 a	401.57 a
Sel. ANVs	0.39 d	25.54 c	1.58 b	193.84 b

Aún cuando no se encontraron diferencias en la interacción Genotipos x Densidades, en la gráfica número 2 se presentan los 12 tratamientos en estudio, en donde podemos observar que, por

Gráfica 1.- Promedios de Número de Brotos y Peso de Brotos para 4 genotipos (Promedios por planta). UAAAN, 1991.



Nota: Peso de Brotos = gr/100

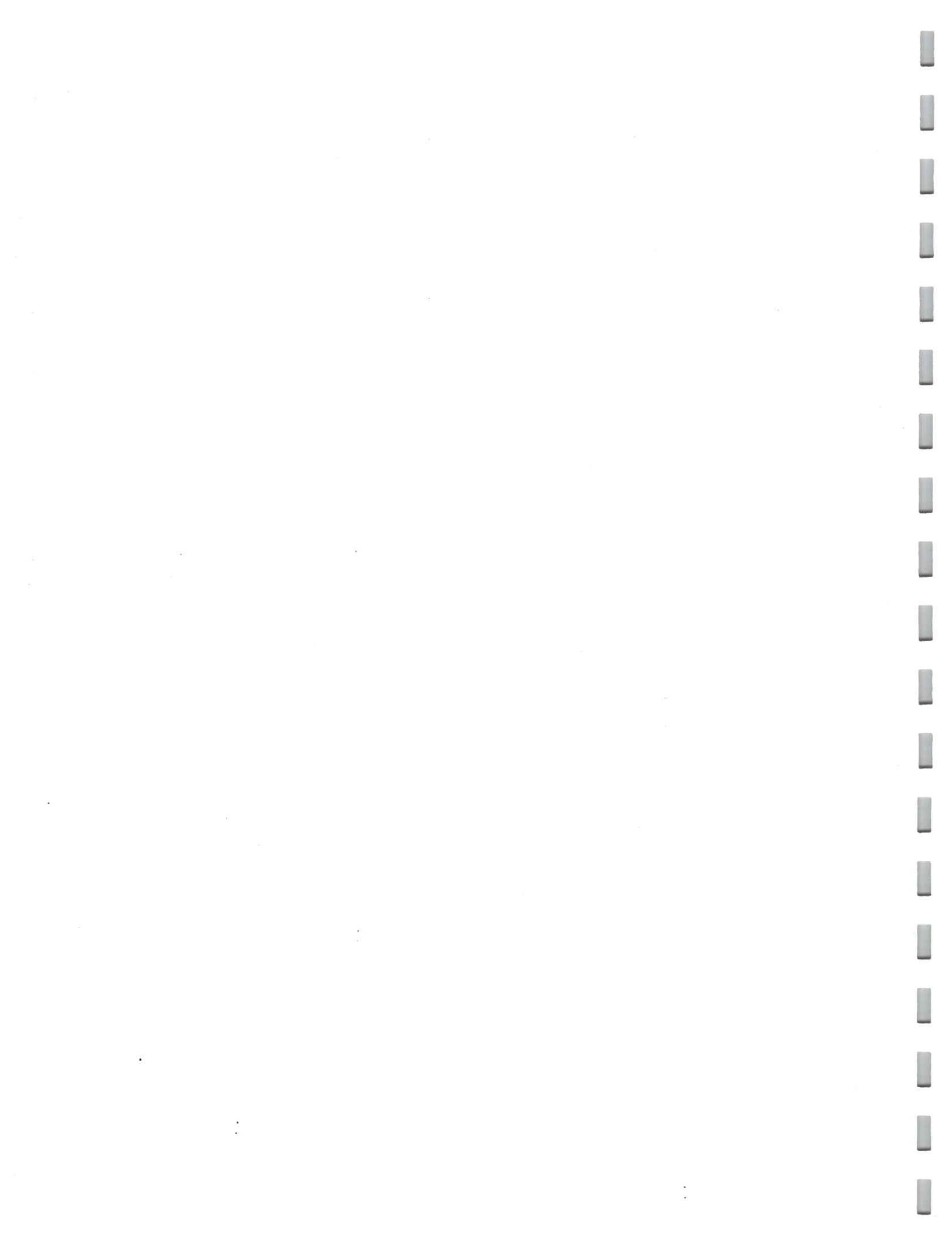
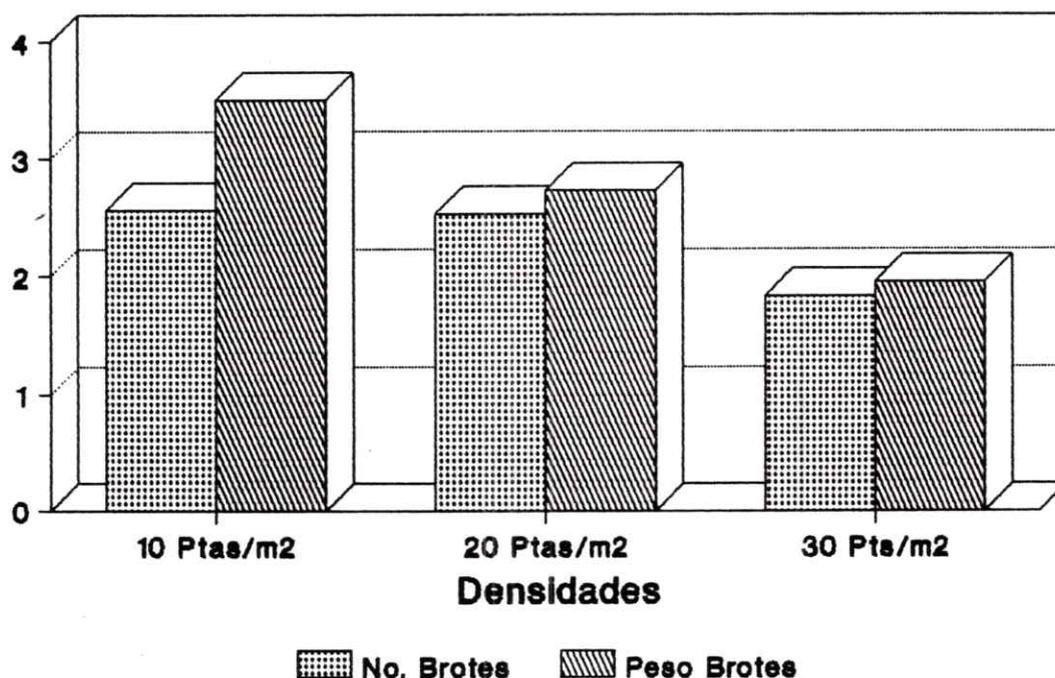


TABLA 3.- Producción Promedio en 3 Densidades, para Número de Brotes y Peso de Brotes (Promedios por planta). UAAAN, 1991.

DENSIDAD	NUMERO DE BROTES	PESO DE BROTES (grs)
10 Pts/m ²	2.56 a	350.03 a
20 Pts/m ²	2.53 a	273.19 ab
30 Pts/m ²	1.86 b	194.91 b

Gráfica 2.- Producción Promedio en 3 Densidades, para Número y Peso de Brotes (Promedios por planta). UAAAN, 1991.



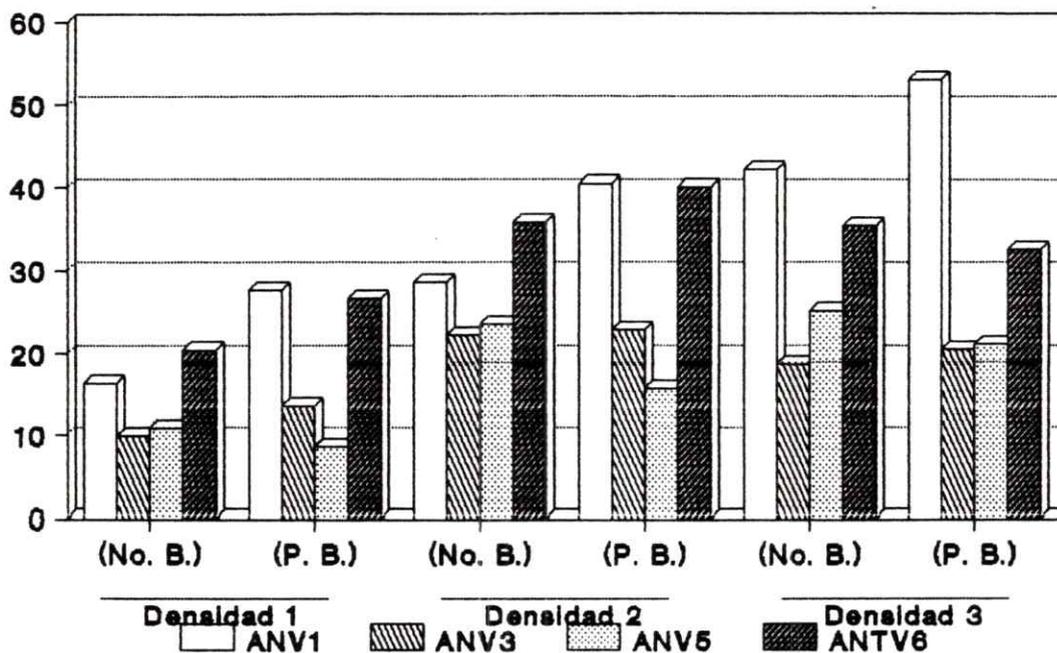
Nota: Peso de Brotes = gr/100

efectos de la competencia, a alta densidad se producen menos brotes por planta, y de menor peso, siendo la selección ANTV6 la que presenta mejor potencial de rendimiento para la producción intensiva de verdura.

Si consideramos que para las cosechas subsiguientes se presentaron pocas diferencias respecto a la 2a. cosecha, podemos considerar que, en base a producción por Hectárea, considerando camas de 1.50 mts. de ancho y 1 mto. entre camas, con andadores de 2 mts. cada 31 mts., se tiene una producción de 40 Ton/Ha. cada 2 meses para la selección ANTV₆, en 117 camas de 46.5 m² cada una. La misma extrapolación se realizó para los demás tratamientos en estudio, y se presenta en la gráfica número 3.

La selección ANV1 resultó ser el genotipo de mayor rendimiento, con 53.048 Ton. Sin embargo, en calidad de nopalito, (grosor de cutícula, acidez, sabor, tamaño, espinas) es mejor el ANTV₆, y aún mejor el ANV₃, aunque éste rinde la mitad de los otros. Considerando el propósito de la explotación, si es para consumo en fresco, conserva ó deshidratación, será la selección del genotipo y densidad adecuada. Grajeda y Barrientos (1978) lograron con la variedad COPENA V-1 producciones intensivas de verdura durante la época de mayor demanda en el mercado, mediante forzamiento en túneles de plástico. La producción promedio en éstos túneles ha sido hasta de 27 Kg/m²., en cortes cada 15 días al tamaño comercial requerido. La plantación más eficiente es en forma superintensiva, con pencas de un semestre de edad y con una densidad de plantación de 55 plantas por m². En el presente estudio, debido al tamaño de las pencas madre, la mayor densidad posible fué de 30 pencas por m². Hay que considerar que es necesario suplementar mayor abono orgánico y más agua, con mayor cantidad de plantas por m²., por lo que es necesario considerar

Gráfica 3.- Producción potencial de nopalitos por Hectárea para 4 Genotipos y 3 Densidades, cada 2 meses. UAAAN, 1991.



Nota: Número de Brotes/10,000
 . Peso de Brotes en Ton/Ha.

éstas situaciones en un análisis económico final. Otros investigadores (García, 1972; Castañeda, 1978; CODAGEM, 1981) reportan producciones de 5 a 8 Ton/Ha., cada semana, durante todo el año. En éste aspecto, también será la demanda del nopalito y la oportunidad de comercializarlo, lo que determine el manejo más adecuado, ya que se corre el riesgo de que, con fertilizante químico, abono orgánico y alta densidad, mucha de la producción no tenga mercado seguro.

La determinación de acidez es importante, debido a que nos indica la hora adecuada de corte, así como la variación inicial en el manejo.

En la tabla número 4 se presentan los resultados de la

TABLA 4.- Análisis de Varianza (Cuadrados medios) de la determinación de pH. en nopal para verdura. UAAAN, 1991.

FUENTE DE VARIACION	Crudo		Cocido		Palatable	
	inmed.	24 Hs.	inmed.	24 Hs.	inmed.	24 Hs.
Genotipos	0.059	0.044	0.031	0.076	0.023	0.021
Densidades	0.092	0.055	0.088	0.073	0.014	0.013
Horas de Corte	23.749**	1.385**	23.218**	1.209**	13.22**	1.605**
Gen. x Densid.	0.034	0.079	0.046	0.045	0.034	0.023
Gen x Hora/Corte	0.98	0.047	0.087	0.081	0.015	0.024
Den x Hora/Corte	0.013	0.088	0.018	0.043	0.038	0.181
Gen x Den x H/C	0.024	0.049	0.040	0.044	0.024	0.022
Error	0.089	0.064	0.093	0.057	0.091	0.071
C. V. (%)	5.57	5.13	5.56	4.73	5.50	5.53

** Significativo al 1 % de probabilidad.

determinación del pH. Se encontraron diferencias altamente significativas, sólo en la fuente de variación de hora de corte, siendo las demás fuentes de variación no significativas. Lo anterior nos indica que en el comportamiento de los tratamientos en la acidez, no influyó el tipo de planta, ni la densidad de explotación, únicamente la hora de corte. En la tabla número 5, se presentan los resultados de los tratamientos y horas de corte. Estos resultados son importantes, puesto que el productor normalmente cosecha muy temprano en la mañana, para llevar sus nopalitos al centro de acopio ó mercado de inmediato, y que esté fresco para una mejor presentación. Sin embargo, si cosechara en la tarde, su acidez sería menor y, conservado en bodega, permanecería fresco para la mañana siguiente.

Osmond et al. (1973), Osmond (1975, 1976), Nobel (1980), Rouley y Szrek (1975) y Samish y Ellern (1975) han realizado

TABLA 5.- Valores Promedio y su jerarquización, de la hora de corte de nopal para verdura. UAAAN, 1991.

HORA DE CORTE	Crudo		Cocido		Palatable	
	inmed.	24 Hs.	inmed.	24 Hs.	inmed.	24 Hs.
7:00	4.62 a	4.76 a	4.77 a	4.87 a	5.02 a	4.88 a
12:00	5.40 b	5.10 c	5.51 b	5.19 c	5.40 b	5.20 b
18:00	6.02 c	4.97 b	6.16 c	5.06 b	6.05 c	5.19 b

estudios fisiológicos sobre la fijación de CO₂ por las plantas del tipo fotosintético CAM. En éste estudio se encontró, a nivel práctico, la variación diurna en la acidez del nopal; inclusive cómo, después de cortado, sigue fijando CO₂, puesto que 24 hs. después del corte, aún en los tratamientos de menor acidez, baja un poco el pH. La mejor hora de corte, con una acidez intermedia que se conserva 24 hs. después, es a las 12:00. A nivel culinario, ésta tendencia también tiene su importancia, puesto que hay ensaladas y platillos que tienen como ingrediente vinagre, por lo que la cantidad a utilizarse sería menor en aquellos tratamientos de mayor acidez.

Por lo que respecta a las enfermedades del nopal propiciadas por el daño por frío, son pocas, siendo el principal daño, el rompimiento de la pared celular al congelarse el agua intracelular, y aumentar el volúmen por el principio físico de dilatación. Recordemos que los factores que influyen en la intensidad del daño por frío y propicia entrada de patógenos son:

a) factores climáticos: frecuencia, intensidad, duración y hora del día en que se presenta la helada; humedad relativa, nieve y

velocidad del viento, así como presencia de intensa luz solar después de la helada; b) factores genéticos: grosor de la cutícula, contenido de agua intracelular, contenido de compuestos hidrófilos en el citoplasma celular, edad de la planta; c) factores agronómicos: orientación de los cladodios, ubicación de la plantación (arriba, en medio ó abajo de ladera) en plano o en ladera, si es en ladera, orientación de la ladera y de la plantación, presencia de cañadas cercanas que drenen el aire frío, etc. Todos éstos factores interrelacionan, por lo que el mejoramiento genético para obtener plantas de nopal tolerantes a heladas es difícil y de muchos años. Canales (1983) identifica a la pudrición negra del nopal, causado por el hongo *Macrophomina* spp. como la principal enfermedad en la región aledaña a Saltillo, y propiciada por nopaleras quemadas ó chamuscadas por frío. El control químico de ésta enfermedad es factible realizarlo con cualquiera de 7 productos ensayados (Benlate, Tecto, PCNB, Arasan, Manzin, Captan y Zineb) siempre y cuando se realicen de 3 a 4 aplicaciones con una frecuencia de 15 a 17 días entre cada aplicación.

En el área de Saltillo y Torreón, las enfermedades más frecuentes, aunque no tan importantes como la pudrición negra ya mencionada, son la gomosis (*Dothiorella ribis*), mancha de oro (*Alternaria* spp), pudrición de la epidermis (*Xantomonas*), pudrición suave (*Erwinia carotovora*, *E. aroideae*) y engrosamiento de cladodios (por virus ó micoplasmas).

Los productores de nopal, ya que se trata de pequeños lotes,

Nacional de Fitogenética. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. p. 116.

- ., M. Murillo S. y V. Parga T. 1990. Potential Production of Varieties of Nopal (Prickly pear) Cold Tolerants. Proceedings of First Annual Texas Prickly Pear Convention. Texas A & I University. Kingsville, Texas.
- Canales C., R. 1983. Etiología, Evaluación de Daños y Control de la Pudrición Negra del Nopal *Opuntia ficus-indica* en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Saltillo, Mexico. Tesis Profesional. UAAAN. 99 pp.
- Castañeda R., F. 1978. Cultivo del Nopal para Verdura. México. Bol. Tec. Fruticultura Mexicana. 1(2):3.
- CODAGEM. 1981. Perspectivas de la Utilización del Nopal y de la tuna. México. Folleto informativo. Gobierno del Estado de México, Toluca, Méx.
- Flores H., A. 1986. Selección y Evaluación de Genotipos de Nopal (*Opuntia* spp.) Resistentes al Frío. México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- García V., A. 1972. Cultive Nopal de Verdura. Chapingo, México. Dirección General de Extensión Agrícola.
- Grajeda G., J. E. 1978 Influencia de la Poda en la Producción Intensiva de Nopal de Verdura, *Opuntia* sp. y su Relación con la Tasa de Asimilación Neta. Tesis de Maestría, Chapingo, México. Colegio de Postgraduados.

- Nobel, P. S. 1980. Interception of Photosynthetically Active Radiation by Cacti of Different Morphology. *Oecologia*. 45(2):160-166.
- Osmond, C. B., W. G. Allaway, B. G. Sutton, J. H. Troughton, D. Queiroz, U. Luffage and K. Winter. 1973. Carbon Isotope Discrimination in Photosynthesis of CAM Plants. *Nature*. 246:41-42.
- . 1975. Environmental Control of Photosynthetic Options in Crassulacean Plants. Pages 311-321 in: Marcelle, Ed. *Environmental and Biological Control of Photosynthesis*. Dr. W. Junk. The Hague.
- . 1976. CO₂ Assimilation and Dissimilation in the Light and Dark in CAM plants. *Burries University Park Press*. Baltimore, pp 217-233.
- Pimienta, B., E. 1974. Estudio de las Causas que Producen Engrosamiento de Cladodios en Nopal *Opuntia* spp. en la zona de Chapingo. Tesis de Maestría, Chapingo, México. Colegio de Postgraduados, Sección de Fruticultura.
- Rouley, G. D. and S. R. Szarek. 1975. Photosynthesis efficiency of CAM Plants in Relation to C₃ Plants. pp. 289-297. In: Marcelle Ed. *Environmental and Biological Control of Photosynthesis: Proceedings of a Conference Held at Liunburgs Universitair Centram*. Dr. W. Junk. The Hague.
- Samish, Y. B. and S. J. Ellern. 1975. Tritratable Acids in *Opuntia ficus-indica* L. Department of Botany. Tel Aviv Jardel. *Journal of Range Management*, 28(5):365-369.