



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**ADAPTACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica* L. Miller) PARA  
LA PRODUCCION DE NOPAL VERDURA EN LA COMUNIDAD  
BUENA VISTA DEL SUR, DIRIAMBA, CARAZO**



**AUTORES:**

**Br. FRANCISCO AMARU LANDERO ESQUIVEL  
Br. EMIR ALEXANDER CRUZ SAENZ**

**ASESORES:**

**M.Sc. MOISES BLANCO NAVARRO  
Dr. ALEJANDRO AGUILAR**

**MANAGUA, NICARAGUA  
SEPTIEMBRE, 2006**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**ADAPTACION DEL NOPAL (*Opuntia ficus indica* L. Miller) PARA  
LA PRODUCCION DE NOPAL VERDURA EN LA COMUNIDAD  
BUENA VISTA DEL SUR, DIRIAMBÁ, CARAZO**



**AUTORES:**

**Br. FRANCISCO AMARU LANDERO ESQUIVEL  
Br. EMIR ALEXANDER CRUZ SAENZ**

**ASESORES:**

**M.Sc. MOISES BLANCO NAVARRO  
Dr. ALEJANDRO AGUILAR**

**PRESENTADO A LA CONSIDERACION DEL HONORABLE  
TRIBUNAL EXAMINADOR COMO REQUISITO FINAL PARA OPTAR  
AL GRADO DE INGENIERO AGRONOMO GENERALISTA**

**MANAGUA, NICARAGUA  
SEPTIEMBRE, 2006**

## INDICE GENERAL

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
III. REVISION DE LITERATURA	5
3.1 Descripción de la planta	5
3.2 Exigencias climáticas	6
3.3 Exigencias edáficas	7
3.4 Fotosíntesis	7
3.5 Nopalitos	8
IV. MATERIALES Y METODOS	10
4.1 Descripción del lugar y del ensayo	10

4.1.1 Descripción del lugar.	10
4.1.2 Descripción del ensayo	10
4.1.3 Descripción de los tratamientos	10
4.2 Métodos de fitotecnia	11
4.3 Variables evaluadas	12
3.3.1. Número, longitud y diámetro de brotes	12
3.3.2. Supervivencia	12
4.4 Descripción del análisis	12
4.4.1 Descripción del modelo aditivo lineal para el experimento	13
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	14
5.1 Número de brotes	14
5.2 Longitud de brotes	17
5.3 Diámetro de brotes	19
5.4 Supervivencia	21
VI. CONCLUSIONES	23
VII. RECOMENDACIONES	24
VIII. REFERENCIAS	25
IX. ANEXOS	27

## **DEDICATORIA**

Con la culminación de mi trabajo de tesis, es un orgullo dedicársela en primera instancia a Dios sobre todas las cosas por haberme dado fé, sabiduría y salud para alcanzar mis metas que siempre he anhelado.

De manera muy especial a mis padres Orlando Cruz Tijerino y María Haydee Sáenz, por sus sacrificios, apoyo, amor y todo el esmero que tuvieron para mi formación.

A mi tío Raúl Cruz Tijerino por su ayuda incondicional a lo largo de mis estudios secundarios y universitarios.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para lograr obtener este triunfo.

Emir Alexander Cruz Sáenz

## DEDICATORIA

Es un orgullo haber finalizado mi trabajo de tesis y se la dedico primeramente a Dios por guiar mi vida e iluminarme en todos los momentos.

A mis padres Francisco Landero Aráuz y Máxima Esquivel Altamirano, pilares fundamentales en la realización y culminación de mis estudios.

A mis tíos Nahum Gutiérrez y Filomena Esquivel por su apoyo incondicional que me brindaron durante todos mis estudios, sin ellos no hubiera podido realizarlos.

A todas las personas que de una u otra forma han contribuido en este triunfo.

Francisco Amaru Landero Esquivel

## AGRADECIMIENTOS

Por la finalización del presente trabajo agradecemos a nuestro asesor Ing. M.Sc. Moisés Blanco Navarro por darnos la oportunidad de trabajar con él en un tema innovador y su constante ayuda incondicional clave para el éxito de nuestro trabajo.

Al Ing. Silvio Echaverri Briceño, Profesor Emérito de la Universidad Nacional Agraria (UNA), por poner a nuestra disposición su finca Guadarrama para el establecimiento del ensayo y sus aportes al trabajo.

A todos los profesores de la UNA, en especial a los que nos ayudaron en nuestra formación profesional.

A todos los compañeros que nos brindaron apoyo en la realización del trabajo.

Francisco Amaru Landero Esquivel

Emir Alexander Cruz Sáenz

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Composición de nopalitos frescos, lechuga y espinaca	9
2. Descripción de los tratamientos incluidos en el estudio	11

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Comparación de número de brotes/planta de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004).	15
2. Comparación de longitudes de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds, en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004).	18
3. Comparación de diámetros de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64,80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre, 2004).	20
4. Porcentaje de sobrevivencia de plantas de nopal, a los 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004).	22

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Página</b>
1. PLANO DE CAMPO	28
2. Comparación de número de brotes por planta de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004	29
3. Comparación de longitudes de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds, en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004).	29
4. Comparación de diámetro de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64,80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre, 2004).	30
5. Comparación del porcentaje de sobrevivencia de plantas de nopal, obtenidos a los 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004).	30

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la finca Guadarrama, de la comunidad Buena Vista del Sur, del municipio de Diriamba, Carazo en los meses de julio a noviembre del 2004; con los objetivos de evaluar 6 tipos de secciones de propagación (  $\frac{1}{2}$  de sección vertical,  $\frac{1}{2}$  de sección horizontal, 1, 2, 3 y 4 cladodios) para determinar las respuestas a las condiciones edafoclimáticas de la zona, en aras de presentarles alternativas de producción a los agricultores, se estableció en un diseño experimental de bloques completamente al azar (BCA) con 4 repeticiones. Se evaluó el número, longitud y diámetro de los brotes por plantas, así como el porcentaje de sobrevivencia. El número de brotes en los tratamientos 4 y 3 cladodios presentaron los mejores resultados con 2.66 y 2.38 brotes/planta respectivamente. En longitud de brotes no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, observándose el mayor valor numérico en el tratamiento de 4 cladodios con 11.71 cm/brote; en la variable diámetro de brotes los mejores resultados se obtuvieron de los tratamientos 4, 1, 3 y 2 cladodios con 5.04, 4.44, 4.09 y 3.95 cm/brote. La sobrevivencia de las plantas fue significativamente diferente entre los tratamientos obteniendo el 100% de sobrevivencia los tratamientos 2 y 3 cladodios para el mejor resultado. Los menores porcentajes de sobrevivencia se encontraron con la forma de reproducción de  $\frac{1}{2}$  transversal, el cual presentó 1.16 brotes/planta, con longitud de 7.40 cm/brote y 2.13 cm/brote de diámetro y un 60% de sobrevivencia de las plantas.

## I. INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) pertenece a la familia Cactáceae. Se considera como centro de origen de este género el área del Golfo de México y el Caribe, debido a la gran variabilidad genética que se encuentra en dicha zona. Habita en las zonas desérticas de Estados Unidos, México y América del Sur (Sosa y García, 1997).

El uso del nopal en México data desde la época prehispánica, cuando tuvo una función importante en la economía agrícola del imperio azteca. En décadas recientes las plantaciones para producción de fruto y forraje, así como para hábitat de la cochinilla (*Dactylopius coccus*), insecto productor de grana (colorante rojo) y nopalitos se han extendido en muchos países de África, América, Asia y Europa. El nopal es importante para la economía de zonas áridas y semiáridas tanto para subsistencia como para una agricultura orientada al mercado (Barbera, 1999).

El nopal tiene una especial adaptación para desarrollarse en las zonas cálidas, áridas y semiáridas de la mayor parte del mundo (principalmente en Centro y Suramérica). Esta especie ofrece la peculiaridad de estar adaptada a condiciones de sequía, debido al tipo de metabolismo especial que posee y a sus estructuras anatómicas, siendo por este motivo capaz de producir una abundante cantidad de materia orgánica con una gran eficiencia en la

utilización de agua. Así, por ejemplo, mientras que por término medio un cultivo de cereal consume del orden de 600 litros de agua para formar un kilo de materia orgánica, en el nopal se forma la misma cantidad utilizando valores hasta diez veces inferiores de agua (Mir, 1997).

Como forraje se puede producir en áreas donde muy pocos cultivos prosperan; sus cladodios presentan altos niveles de palatabilidad y digestibilidad asociados con un alto contenido de agua que reduce la necesidad de suministrar agua a los animales (Barbera, 1999).

Se ha descubierto una gran cantidad de propiedades que se puede extraer, por ejemplo del fruto se puede obtener vitaminas y propiedades astringentes y antisépticas; se utiliza para producir miel, vinos, alcoholes y confituras como el queso de tuna un dulce muy apreciado en México con textura de cajeta. Por su parte las pencas del nopal sirven como forraje, son medicinales, además son un alimento delicioso para el consumo humano (Sosa y García, 1997).

Los nopalitos verdes pueden ser producidos rápido y abundantemente de plantas expuestas a altas temperaturas con poca agua, condiciones desfavorables para la producción de muchas de las hortalizas verdes de hoja.

En la última década el cultivo de nopal para propósito de producción de nopalitos se ha considerado como uno de los cultivos de amplio potencial para su explotación dada las bondades de este producto en la alimentación humana.

De acuerdo con la SAGAR-CEA (1999) el nopal verdura en 1999 alcanzó el lugar número 11 en volumen de producción y el número 12 en cuanto al valor de la producción, considerándose dentro del grupo de las principales hortalizas en México.

El nopal verdura es consumido en México como parte imprescindible de la dieta diaria de muchos pobladores. Además de ser un alimento nutritivo de bajo costo para una población de bajos ingresos, los nopalitos pueden convertirse en un producto de “especialidad” para consumidores con capacidad adquisitiva, tal como México exporta a Japón (Barbera, 1999).

En nuestro país la producción del nopal como planta de cultivo no existe, aún cuando todo el trópico seco de Nicaragua es un área potencial de siembra. La escasez de alimentos que se produce especialmente durante el verano en Nicaragua, podría ser suplida por el nopal verdura.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar la respuesta del nopal a las condiciones edafoclimáticas de la localidad Buena Vista del Sur, municipio Diriamba, departamento de Carazo.

### **2.2 Objetivos específicos**

Evaluar el efecto del número de cladodios usados por posturas en establecimiento y rendimiento de nopal.

Evaluar la rusticidad del cultivo mediante sobrevivencia de las plantas, sin aplicar agroquímicos.

Presentar alternativas de producción a agricultores de la zona que puedan ser utilizadas en un futuro cercano.

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 Descripción de la planta

Es una planta arbustiva suculenta, ramificada con porte variable desde rastrero hasta arborescente grande. El tallo y las ramas están constituidos por pencas o cladodios con apariencia de cojines ovoides y aplanados, unidos unos con otros, pudiendo en conjunto alcanzar hasta 5 m de altura (Mir, 1997).

La raíz es fibrosa y el sistema radicular extenso, pero poco profundo penetrando con gran facilidad en las grietas y suelos más duros y pedregosos. Generalmente son gruesas, pero no suculentas de tamaño y ancho variables y a menudo es proporcional al tamaño de la parte aérea. Tiene un desarrollo rápido, formando una red o malla que aprisiona el suelo evitando la erosión. No suelen presentar pelos absorbentes, cuando se encuentra en un medio edáfico con escasa humedad, mientras que en suelos húmedos si existe un abundante desarrollo de estos (Mir, 1997).

El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos (Sosa y García, 1997).

Las hojas caducas sólo se observan sobre tallos tiernos, cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se encuentran las aréolas de las que brotan las espinas, de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando los cladodios han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas (Sosa y García, 1997).

Las flores son solitarias, localizadas en la parte superior del cladodio, de 6 a 7 cm de longitud. Cada aréola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración unas pueden brotar el mismo año, otras el segundo y tercero. Las flores se abren a los 35 a 45 días de su brotación. Sus pétalos son de colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo y rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco (Sosa y García, 1997).

El fruto es una baya polisperma, carnosas, de forma ovoide esférica, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud, son comestibles, agradables y dulces (Sosa y García, 1997).

En el nopal los cladodios, las flores y aún los frutos en desarrollo son capaces de diferenciación, sin embargo los cladodios son la unidad típica de propagación (Pimienta, 1990). Los cladodios separados de manera natural de la planta madre son el mecanismo típico de dispersión en las nopaleras silvestres (Nava *et al.*, 1991).

### **3.2 Exigencias climáticas**

El nopal para verdura crece en lugares con precipitación de 700 a 1.500 mm al año, aunque se encuentra en lugares con precipitación anual de 200 a 250 mm. Se desarrolla bien con temperaturas entre 12 a 34 °C, con un rango óptimo de 18 a 26 °C. Crece desde el nivel del mar hasta los 3 000 m.s.n.m. Su mejor desarrollo lo alcanza entre los 1 700 a 2 500 m.s.n.m (Sosa y García, 1997).

### **3.3 Exigencias edáficas**

Se desarrolla en suelos sueltos, arenosos, calcáreos, marginales y poco fértiles, superficiales, pedregosos, caracterizándole una amplia tolerancia edáfica; sin embargo, los suelos altamente arcillosos y húmedos no son convenientes para su cultivo (Sosa y García, 1997).

### **3.4 Fotosíntesis**

El nopal tiene un metabolismo fotosintético del tipo de las Crasuláceas denominado CAM (Crasulacean Acid Metabolism), que le permite producir biomasa en las condiciones de aridez y sequía de su hábitat característico. Para evitar la pérdida de agua por los estomas durante el proceso fotosintético, las plantas CAM han desarrollado un mecanismo específico que evita efectuar la apertura estomática durante gran parte de las horas del día que son las más calurosas (Mir, 1997).

Los estomas se abren principalmente durante la noche y el anhídrido carbónico llega hasta las células fotosintéticas, en las que es fijado en forma de ácido málico y almacenado en la vacuola. Durante el día, el ácido málico va saliendo de la vacuola hasta el citoplasma, donde se va descarboxilando y el anhídrido carbónico que va produciendo es captado por los cloroplastos. En estos orgánulos se realiza el proceso de fijación y reducción del anhídrido carbónico a través del ciclo de Calvin, que produce azúcares inicialmente igual que en el resto de las plantas, al utilizar la energía de las radiaciones luminosas, por este motivo las pencas de nopal, por la mañana, debido a su contenido en ácido málico, tiene una acidez considerable la cual se va reduciendo a lo largo del día. Gracias a este mecanismo especial de fotosíntesis, el nopal reduce considerablemente la pérdida de agua por los estomas y eleva de una manera importante la eficiencia en el uso del agua. (Mir, 1997).

### **3.5 Nopalitos**

El nopal verdura conocido comúnmente en México como nopalitos, son principalmente agua (92 %) y carbohidratos, incluyendo fibra (4-6 %), con poca proteína (1-2 %) y minerales principalmente calcio (1 %). También contiene cantidades moderadas de vitamina C (10-15 mg 100 g<sup>-1</sup>) y el precursor de la vitamina A, el  $\beta$ -caroteno (30  $\mu$ g 100 g<sup>-1</sup> carotenoide) (Feitosa- Teles *et al.*, 1984; Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988).

La tabla 1 compara la composición de los nopalitos con el de otras hortalizas verdes lechuga y espinaca. Mientras que los niveles de carotenoide y vitamina C están intermedios entre la espinaca y la lechuga, la contribución de los nopalitos a la dieta puede ser significativa en particular en zonas áridas.

**Tabla 1. Composición de nopalitos frescos, lechuga y espinaca.**

Componente	Nopalitos	Lechuga	Espinaca
Agua (%)	91.0	95.5	90.7
Proteína (%)	1.5	1.0	3.2
Lípido (%)	0.2	0.1	0.3
Fibra cruda (%)	1.1	0.5	0.9
Carbohidratos totales (%)	4.5	2.1	4.3
Ceniza (%)	1.3	0.5	1.8
Calcio (mg 100 g <sup>-1</sup> )	90	19	99
Vitamina C (mg 100 g <sup>-1</sup> )	11	4	28
Carotenoides (μg 100 g <sup>-1</sup> )	30	19	55

Fuente: Datos para tallos de cactus de Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988; datos para lechuga y espinaca de USDA Agric. Handbook 8-11,1984.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Descripción del lugar y del ensayo**

#### **4.1.1 Descripción del lugar**

El presente trabajo se realizó en la finca Guadarrama ubicada en el km 56 carretera Diriamba-Casares-La Boquita, en la comunidad de Buena Vista del Sur, municipio Diriamba, departamento de Carazo. Diriamba está situada en 11° 51" latitud norte y 86° 14" latitud oeste, con una temperatura promedio de 24 °C y una precipitación de 1 200 mm al año y con una elevación de 580 m.s.n.m.

#### **4.1.2 Descripción del ensayo**

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA), en el cual se ubicaron 6 tratamientos con 4 repeticiones. El área total del ensayo fue de 570 m<sup>2</sup> (15 x 38 m). Cada tratamiento constó de 20 plantas sembradas a una distancia de 3 m entre surcos y 2 m entre plantas para obtener un total de 120 plantas en el experimento para una densidad de 1 683 plantas por hectárea.

#### **4.1.3 Descripción de los tratamientos**

Se utilizaron cladodios enteros y fracciones de estos: el primero, el segundo, el tercero y el cuarto tratamiento constan de 1, 2, 3 y 4 cladodios enteros respectivamente, el quinto tratamiento es la mitad de un cladodio en

posición vertical cortado en la parte central del cladodio, el sexto tratamiento es la mitad de un cladodio en posición horizontal cortado en la parte central desde la base hasta el ápice del cladodio.

**Tabla 2. Descripción de los tratamientos incluidos en el estudio.**

Número de tratamiento	Clave	Número de cladodios
1	1c	1
2	2c	2
3	3c	3
4	4c	4
5	½ cv	½ vertical
6	½ ct	½ transversal

CLAVE: c: cladodio, cv: cladodio cortado verticalmente, ct: cladodio cortado horizontalmente

#### 4.2 Métodos de fitotecnia

Los cladodios fueron cortados en la base con un cuchillo bien afilado según cada tratamiento. Una vez que los cladodios fueron recolectados se dejaron una semana bajo sombra para promover la suberización de las heridas dejadas por el corte y evitar el ataque de plagas y enfermedades.

Antes de la siembra se realizó una limpieza en el lugar del experimento, posteriormente se procedió a realizar las mediciones para el estaquillado, una vez hecho esto se procedió a hacer los hoyos y luego a sembrar, se enterró la sección del cladodio a propagar hasta la mitad de su longitud y los brazos se enterraron dos terceras partes de su longitud de tal forma que

hubiese mayor superficie de contacto con el suelo, porque ésta va a ser el área generadora de raíces, responsable del anclaje y nutrición de la planta.

No se aplicó fertilización, plaguicidas, ni riego para probar la rusticidad y adaptación del material a la localidad.

### **4.3 Variables evaluadas.**

#### **4.3.1 Número, longitud y diámetro de brotes**

Las variables fueron evaluadas periódicamente en todas las plantas del ensayo. El tamaño de la muestra consistió en todas las plantas de la parcela. Se contabilizó el número de brotes (número de nuevos cladodios formados en la planta) y se midió la longitud (cm) y diámetro (cm) de los mismos. La longitud se evaluó desde la base del cladodio hasta la parte más apical, mientras que el diámetro se registró en la parte central del cladodio, los datos se tomaron más o menos cada 15 días, a partir de los 36 días después de la siembra (dds) durante 4 meses.

#### **4.3.2 Sobrevivencia**

Se contaron las plantas muertas debido a las condiciones adversas al cultivo, por tratamiento este dato se evaluó a los 111 dds.

### **4.4 Descripción del análisis**

El estudio consistió en un experimento unifactorial, con análisis de varianza y en los casos donde se encontró diferencias significativas

se procedió a la separación de medias utilizando la técnica de separación de Tukey al 95 % de confianza.

#### **4.4.1. Descripción del modelo aditivo lineal para el experimento.**

$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$ ... donde

$i = 1, 2, 3, \dots, t = 6$  tratamientos

$j = 1, 2, 3, \dots, r = 4$  repeticiones

$Y_{ij}$  = Es el dato del rendimiento (en números/brotos) para cada uno de los tratamientos, representa la j-ésima observación del rendimiento registrado en el i-ésimo tratamiento evaluado.

$\mu$  = Es la media poblacional del rendimiento en los tratamientos.

$\tau_i$  = Es el efecto del i-ésimo tratamiento de nopal sobre el rendimiento registrado.

$\beta_j$  = Efecto debido al j-ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = Es el elemento aleatorio de variación generado en el experimento.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Número de brotes

El número de brotes que presente la planta determinará la producción total de la parcela, debido a que cada nuevo brote es un nopalito en potencia.

Los tallos tiernos jóvenes planos o cladodios del género *Opuntia* también se les llama hojas de cactus o nopal. En las etapas iniciales de crecimiento hay hojas verdaderas vestigiales asociadas a las espinas, pero las hojas generalmente comienzan a caer en la época en que los nopalitos llegan a su madurez comercial.

El número de brotes es importante porque determinará la formación de la estructura vegetativa de la planta, lo que nos permitirá conocer el grado de desarrollo de ésta.

Los resultados para la variable número de brotes según el ANDEVA (Anexo 2) no muestran diferencias estadísticas significativas a los 36, 51 y 64 dds, obteniendo los mejores resultados los tratamientos de 3 y 4 cladodios y los más bajos resultados los tratamientos de 2 cladodios y  $\frac{1}{2}$  cladodio transversal, como se aprecia en la Figura 1.

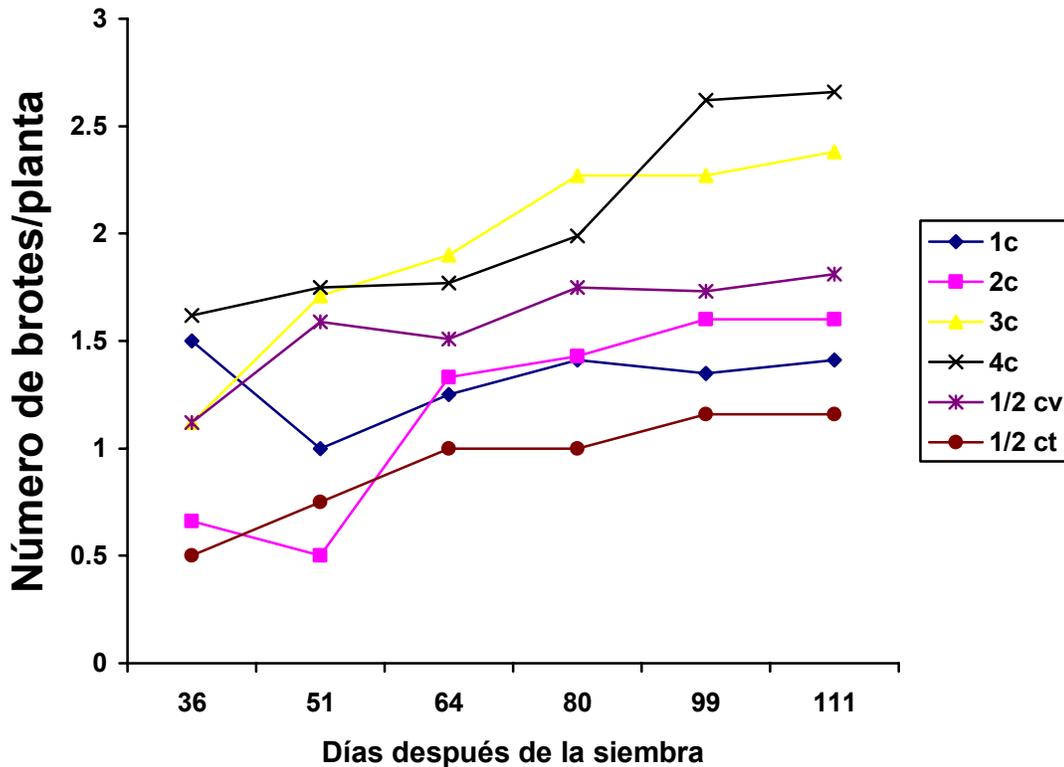


Figura 1. Comparación de número de brotes/planta de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004)

A los 80 dds se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, existiendo tres categorías distintas según la separación de medias realizada utilizando la prueba de Tukey al 95 % de confianza, (Anexo 2). El tratamiento de 3 cladodios con 2.27 brotes/planta resultó la mejor categoría, seguido de los tratamientos 4 cladodios, ½ cladodio vertical, 2 y 1 cladodios con 1.99, 1.75, 1.43, y 1.41 brotes/planta respectivamente como la segunda categoría, el tratamiento de ½ cladodio transversal con 1 brote/planta fue la tercer categoría.

A los 99 dds se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento de 4 cladodios con 2.62 brotes /planta obtuvo el mejor resultado, seguido de los tratamientos de 3 cladodios, ½ cladodio vertical, 2 y 1 cladodios con 2.27, 1.73, 1.60 y 1.35 brotes/planta respectivamente y el tratamiento de ½ cladodio transversal con 1.16 brotes/planta.

A los 111 dds los tratamientos de 4 y 3 cladodios con 2.66 y 2.38 brotes/planta se comportaron estadísticamente de manera similar, seguidos de los tratamientos de ½ cladodio vertical y 2 cladodios con 1.81 y 1.60 brotes/planta, diferenciándose del tratamiento de 1 cladodio con 1.41 brotes/planta y éste a su vez del tratamiento de ½ cladodio transversal con 1.16 brotes/planta existiendo entre estos cuatro grupos diferencias altamente significativas (Anexo 2).

Los tratamientos de 3 y 4 cladodios fueron los que obtuvieron los mejores resultados. Cada brote emerge de una yema o aréola localizada en cada cladodio, así que al utilizar material de propagación con más cladodios tienen mejores resultados debido a que cada cladodio tiene la posibilidad de producir al menos un brote.

## 5.2 Longitud de brotes

La longitud es importante por que nos sirve como un indicador al momento de la cosecha, ya que cuando alcancen aproximadamente 10 a 15 cm de longitud están aptos para el consumo, aunque no siempre se sigue este patrón de cosecha pues el tamaño puede variar según los gustos del consumidor y las exigencias del mercado demandante (Cantwell de Trejo, 1992; Corrales, 1992).

La longitud y el diámetro determinan el área foliar de los nuevos cladodios. Se dice que una mayor área foliar contribuye a un aumento del rendimiento, al incrementar los niveles de fotosíntesis con lo cual aumenta la biomasa producida.

Los resultados para la variable longitud de cladodio, según el ANDEVA, (Anexo 3) no mostraron diferencias estadísticas, pero si numéricamente el tratamiento con 4 cladodios obtuvo la mayor longitud de los brotes y la menor longitud la presentó el tratamiento de  $\frac{1}{2}$  cladodio transversal; según se aprecia en la figura 2.

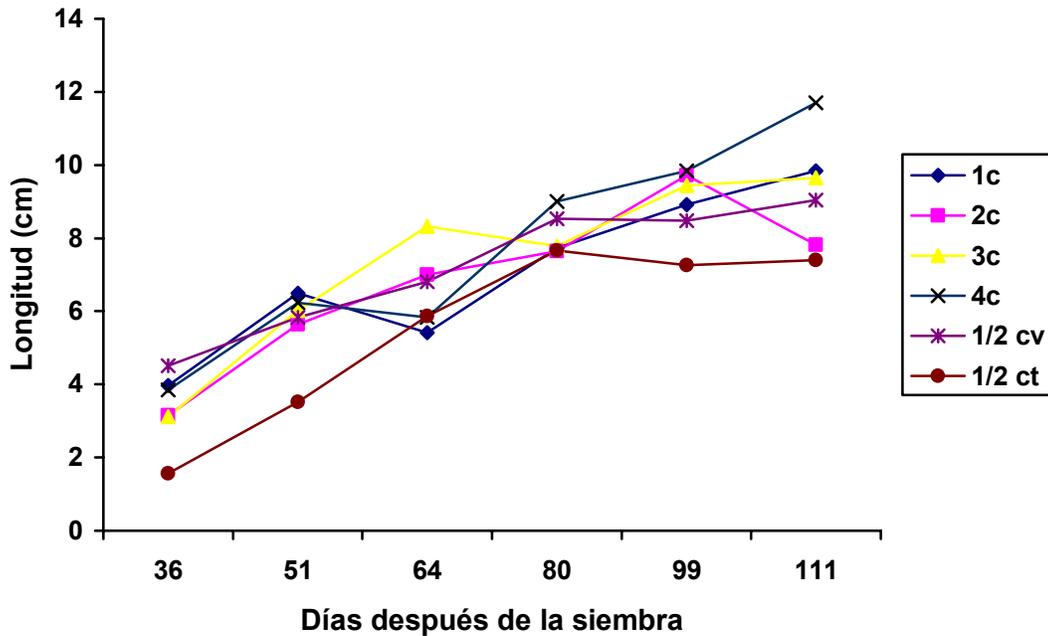


Figura 2. Comparación de longitudes de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds, en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004)

El tratamiento de cuatro cladodios obtuvo la mayor longitud de los brotes; debido posiblemente a que hubo una mayor captación de radiación solar. Al tener la planta madre más cladodios existió mayor captación de luz, la cual es fuente energética para reacciones fotoquímicas y como estimuladores de crecimiento, esto provocó mayor elongación de los nuevos cladodios.

A mayores densidades de siembra en suelos fértiles se puede obtener mejores resultados tanto en longitud como número de brotes y diámetro de estos (Barrientos, 1972).

### 5.3 Diámetro de brotes

El crecimiento de nuevos cladodios esta marcadamente influenciada por el peso seco de los cladodios basales, los cuales actúan como fuente de carbono de los nuevos brotes (Mondragón *et al.*, 1993).

Los resultados para la variable diámetro de brotes según el ANDEVA (Anexo 4), no muestran diferencias estadística significativas a los 36, 51, 64, y 80 dds.

A los 99 dds se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Los tratamientos de 4, 1 y 3 cladodios se comportaron de manera similar con 4.29, 4.04 y 4 cm respectivamente seguidos de los tratamientos de 2 cladodios y  $\frac{1}{2}$  cladodio vertical con 3.68 y 3.25 cm cada uno y por último el tratamiento de  $\frac{1}{2}$  cladodio transversal con 2.14 cm.

A los 111 dds los tratamientos de 4, 1, 3 y cladodios con 5.04, 4.44, 4.09 y 3.95 cm respectivamente se comportaron estadísticamente de manera similar, seguido del tratamiento de  $\frac{1}{2}$  cladodio vertical con 3.25 cm, diferenciándose del tratamiento de  $\frac{1}{2}$  cladodio transversal que obtuvo 2.13 cm, encontrándose diferencias altamente significativas entre estos tres grupos. (Ver figura 3.)

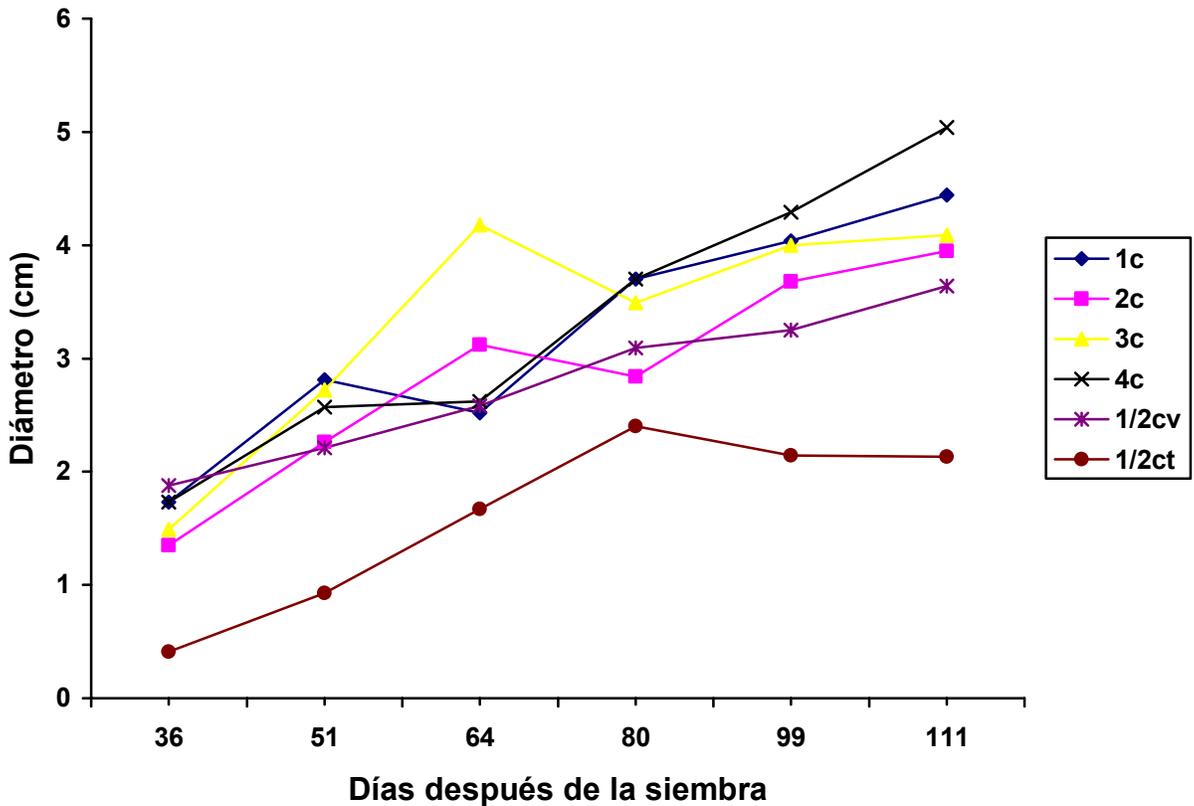


Figura 3. Comparación de diámetros de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre, 2004)

Los tratamientos de  $\frac{1}{2}$  cladodio vertical y transversal obtuvieron los menores diámetros debido a la forma del cladodio madre, porque los nuevos brotes generalmente siguen el mismo patrón de crecimiento de su progenitor.

Los tratamientos de 1, 2, 3 y 4 cladodios se comportaron estadísticamente de manera similar, porque sus brotes provenían de cladodios madres enteros y siguieron el mismo patrón de crecimiento.

#### 5.4 Sobrevivencia

El número de plantas que sobrevivieron nos indica la adaptación del material a la localidad en estudio. En el ensayo no se aplicó fertilización, no se realizó control de plagas y enfermedades, solamente se efectuó un control de malezas para comprobar la adaptación del material con manejo rústico.

La razón del mayor interés hacia las opuntias y en particular para la (*O. ficus-indica*) es la importante función que puede tener en el éxito de los sistemas de agricultura sostenible en zonas áridas y semiáridas. Esto se debe a su alto grado de resistencia a la sequía y altas temperaturas, a su adaptabilidad a suelos pocos fértiles, a su alta productividad que se debe a su alta eficiencia en el uso del agua, así como la función económica que puede tener en aumentar la viabilidad y eficiencia económica de parcelas de tamaño pequeño-mediano de agricultores de bajos ingresos, el cual busca producir para subsistencia o para llegar a los mercados nacionales e internacionales (Barbera, 1999).

Los resultados para la variable sobrevivencia según el ANDEVA (Anexo 5), muestran diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados.

Los tratamientos de 2 y 3 cladodios presentaron 100 % de sobrevivencia, el de 4 cladodios presentó un 95 %, el tratamiento de un cladodio presentó el 85 %, el tratamiento de ½ cladodio vertical un 70 % y el tratamiento de ½

cladodio transversal el 60 % diferenciándose estadísticamente según la separación de medias realizada con la técnica de Tukey (Anexo 5).

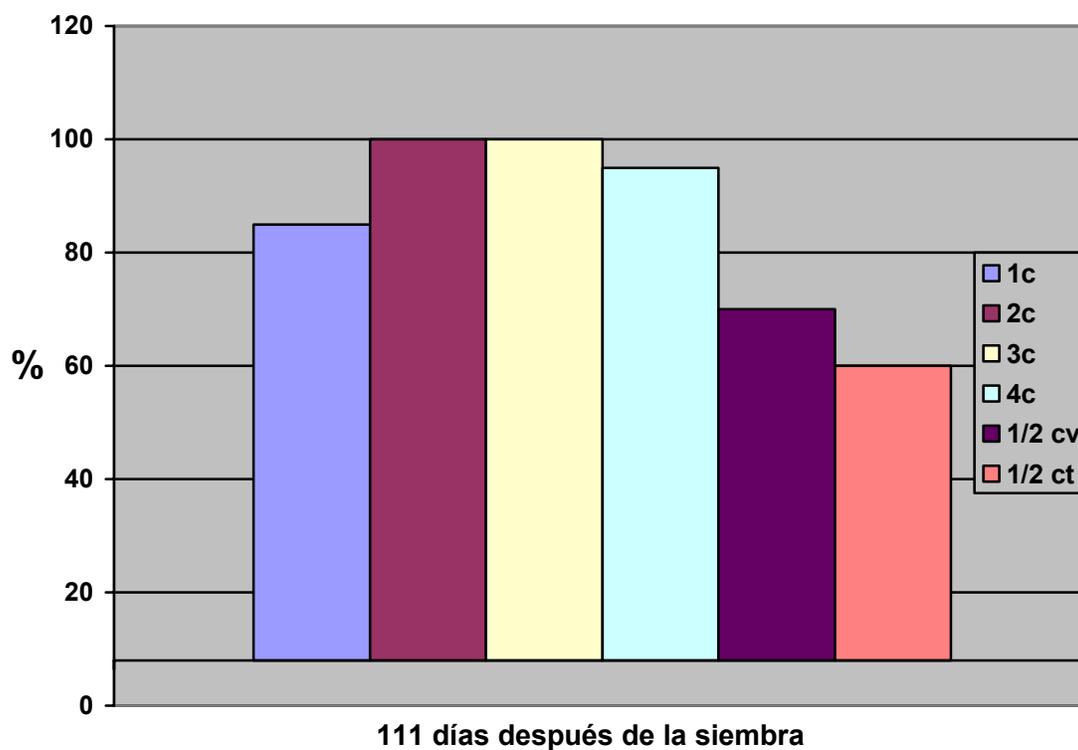


Figura 4. Porcentaje de sobrevivencia de plantas de nopal a los 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004)

Los tratamiento de  $\frac{1}{2}$  apical y  $\frac{1}{2}$  transversal obtuvieron el mayor número de plantas muertas, debido al tamaño pequeño del cladodio que tenían en comparación con los demás tratamiento por lo cual había un menor aporte nutricional para sustentar a la planta.

## VI. CONCLUSIONES

El nopal responde a las condiciones edafoclimáticas que presenta la zona, aún sembrado este de una manera rústica, es decir sin ningún manejo agronómico.

El material de cuatro y tres cladodios fueron los que obtuvieron el mayor número de brotes diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, mientras que el material de  $\frac{1}{2}$  transversal obtuvo el menor número de brotes.

En longitud de brotes los materiales no presentaron diferencias estadísticas entre sí, siendo el material de cuatro cladodios el que obtuvo los mayores valores numéricamente y el material de  $\frac{1}{2}$  cladodio transversal los menores valores.

En el diámetro de brotes los tratamientos de 1, 2, 3 y 4 cladodios obtuvieron los mayores valores y los menores valores el tratamiento de  $\frac{1}{2}$  cladodio transversal habiendo estadísticamente efectos significativos.

El material de  $\frac{1}{2}$  cladodio transversal presentó, el menor porcentaje de sobrevivencia de las plantas y los materiales de 2 y 3 cladodios no presentaron plantas muertas, habiendo estadísticamente diferencias significativas.

## VII. RECOMENDACIONES

El nopal se presenta como una alternativa productiva interesante para la región semiárida de nuestro país. Es necesario continuar trabajando en distintos aspectos técnico-comerciales de este cultivo tales como:

- Evaluar en otras localidades los tratamientos en estudio que presentaron los mejores resultados para conocer su adaptabilidad en todo el trópico seco de Nicaragua.

- Realizar estudios específicos de plagas y enfermedades para evaluar su impacto en el rendimiento.

- Utilizar el material de cuatro cladodios porque fue el que obtuvo los mejores resultados, pero donde hay escasez de material para la siembra el material de un cladodio da buenos resultados.

- Mejorar el conocimiento de los mercados actuales y potenciales.

- Continuar realizando experiencias en el manejo de las plantaciones.

- Realizar estudios sobre el manejo post-cosecha de los nopalitas.

## VIII. REFERENCIAS

- Barbera, G. 1999. Historia e importancia económica y agro-ecológica. Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO, Roma. Pp. 1-12.
- Barrientos, P. F. 1972. Rendimiento del nopal *Opuntia ficus-indica* var. "COPENA F-1 a diversas densidades. Rama de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Cantwell de Trejo, M. 1992. Aspectos de calidad y manejo de poscosecha de nopalitos. In: S. Salazar y D. López (eds). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. 5<sup>to</sup> Congreso Nacional y 3<sup>re</sup> Internacional. Memoria de Resúmenes. UACH. Chapingo, México. 110 pp.
- Corrales, G. 1992. Descripción y análisis de cosecha y manejo en fresco de nopalito tuna. In: S. Salazar y D. López (eds). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. 5<sup>to</sup> Congreso Nacional y 3<sup>re</sup> Internacional. Memoria de Resúmenes. UACH. Chapingo, México. 110 pp.
- Feitosa- Teles F. F., Stull J. W., Brow W. H. y Whiting F. M. 1984. Amino and acids of the prickly pears cactus (*Opuntia ficus-indica*). J. Sci. Fd. Agric. 35: 421-425 pp.
- Mir, U. M. 1997. Instrucción para el cultivo del nopal y la cría de la grana cochinilla aplicar en Centro y Suramérica. España. 44 pp.
- Mondragón, J., Luo, Y., Nobel, P. S. 1993. El cultivo de *Opuntia* para la producción de forraje: de la reforestación al cultivo hidropónico. El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Pp. 129-145.
- Nava, C. R., López, J. J. y Gasto J. 1991. Propagación asexual. Agroecología cultivos y usos del nopal. FAO, Roma, 71pp.
- Pimienta, B. E. 1990. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, México. Pp. 12-19.

Rodríguez-Félix, A. y Cantwell M. 1988. Developmental changes in the composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plants Food for Human Nutrition*. 38: 83-93 pp.

SAGAR-CEA. 1999. Anuarios estadísticos de producción agrícola en los Estados Unidos Mexicanos. 37 pp.

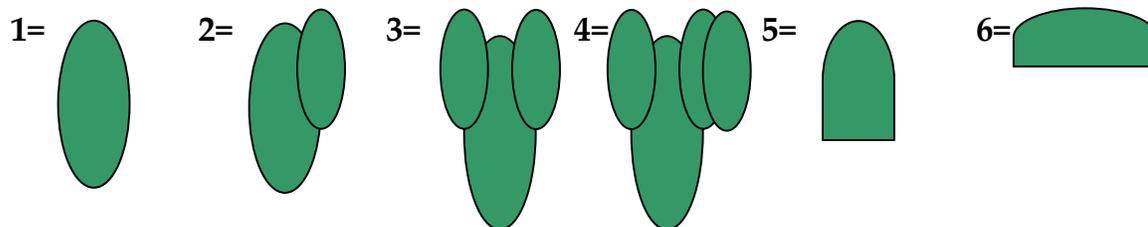
Sosa, V. E. y García M. P. 1997. Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. FAO, Santiago, Chile. Pp. 100-105.

## **IX. ANEXOS**

**ANEXO 1.**

**PLANO DE CAMPO**

<b>I</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>II</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>III</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>IV</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>6</b>



**ANEXO 2.**

Comparación del número de brotes por planta de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004).

Tratamientos	Días después de la siembra											
	36		51		64		80		99		111	
1c	1.50	a	1.00	a	1.25	a	1.41	ab	1.35	b	1.41	bc
2c	0.66	a	0.50	a	1.33	a	1.43	ab	1.60	ab	1.60	b
3c	1.12	a	1.71	a	1.90	a	2.27	a	2.27	ab	2.38	a
4c	1.62	a	1.75	a	1.77	a	1.99	ab	2.62	a	2.66	a
½ cv	1.12	a	1.59	a	1.51	a	1.75	ab	1.73	ab	1.81	b
½ ct	0.50	a	0.75	a	1.00	a	1.00	b	1.16	b	1.16	bcd
<b>Pr&gt;f</b>	NS		NS		NS		*		**		**	
<b>CV (%)</b>	76.03		57.4		44.04		28.33		23.63		25.48	

Medias con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al  $\alpha= 0.05$ .

### ANEXO 3

Comparación de longitud de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds en Buena Vista del Sur, Diriamba (agosto y noviembre 2004).

Tratamientos	Días después de la siembra											
	36		51		64		80		99		111	
1c	3.97	a	6.50	a	5.42	a	7.73	a	8.91	a	9.83	a
2c	3.16	a	5.65	a	7.00	a	7.64	a	9.71	a	7.81	a
3c	3.11	a	6.03	a	8.33	a	7.79	a	9.43	a	9.65	a
4c	3.84	a	6.23	a	5.83	a	9.01	a	9.83	a	11.71	a
½ cv	4.51	a	5.84	a	6.80	a	8.53	a	8.48	a	9.03	a
½ ct	1.57	a	3.52	a	5.87	a	7.66	a	7.26	a	7.40	a
<b>Pr&gt;f</b>	NS		NS		NS		NS		NS		NS	
<b>CV (%)</b>	91.66		81.37		41.47		25.22		19.70		28.99	

Medias con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al  $\alpha= 0.05$ .

### ANEXO 4

Comparación del diámetro de brotes (cm) de nopal, obtenidos a los 36, 51, 64, 80, 99 y 111 dds en Guadarrama, Diríamba (agosto y noviembre 2004).

Tratamientos	Días después de la siembra					
	36	51	64	80	99	111
1c	1.73 a	2.81 a	2.52 a	3.70 a	4.04 a	4.44 a
2c	1.35 a	2.26 a	3.12 a	2.84 a	3.68 ab	3.95 a
3c	1.49 a	2.72 a	4.18 a	3.49 a	4.00 a	4.09 a
4c	1.73 a	2.57 a	2.62 a	3.70 a	4.29 a	5.04 a
½ cv	1.88 a	2.21 a	2.58 a	3.09 a	3.25 ab	3.64 ab
½ ct	0.41 a	0.93 a	1.67 a	2.40 a	2.14 b	2.13 b
<b>Pr&gt;f</b>	NS	NS	NS	NS	*	**
<b>CV (%)</b>	88.49	79.47	42.23	29.25	21.40	18.92

Medias con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al  $\alpha = 0.05$ .

## ANEXO 5

Comparación del porcentaje de sobrevivencia de plantas de nopal, obtenidos a los 111 dds en Buena Vista del Sur, Diríamba (agosto y noviembre 2004).

Tratamientos	% de sobrevivencia
1c	85 abc
2c	100 c
3c	100 c
4c	95 bc
½ cv	70 ab
½ ct	60 a
<b>Pr&gt;f</b>	**
<b>CV (%)</b>	81.9

Medias con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al  $\alpha = 0.05$ .