



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller), en la UNA, Managua, 2009.

AUTORES

Br. Rolando José Garay Oviedo

Br. Felícita Antonia Granera Urroz

ASESORES

MSc. Moisés Blanco Navarro

MSc. Aleyda López Silva

Managua, Nicaragua

Noviembre, 2011



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller), en la UNA, Managua, 2009

AUTORES

Br. Rolando José Garay Oviedo

Br. Felícita Antonia Granera Urroz

Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador para optar a los grados de ingeniero
agrícola e ingeniero agrónomo respectivamente

Managua, Nicaragua
Noviembre, 2011

ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN | PÁGINA |
|--|--------|
| DEDICATORIA | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| ÍNDICE DE CUADROS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| ÍNDICE DE ANEXOS | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 3 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 4 |
| 3.1 Ubicación y fechas del estudio | 4 |
| 3.2 Diseño metodológico | 5 |
| 3.3 Manejo del ensayo | 5 |
| 3.3.1 Selección de la semilla | 5 |
| 3.3.2 Preparación de suelo y siembra | 5 |
| 3.3.3 Orientación de los cladodios..... | 5 |
| 3.3.4 Aplicación de vermicompost..... | 5 |
| 3.3.5 Control de arvenses | 6 |
| 3.3.6 Riego..... | 6 |
| 3.4 Cosecha..... | 6 |
| 3.5 Variables evaluadas | 6 |
| 3.5.1 Supervivencia del nopal..... | 6 |
| 3.5.2 Número de brotes | 6 |
| 3.5.3 Longitud de brotes..... | 6 |
| 3.5.4 Ancho de brotes..... | 6 |
| 3.5.5 Brotes a cosecha | 7 |
| 3.5.6 Rendimiento del nopal..... | 7 |
| 3.6 Levantamiento de datos | 7 |
| 3.7 Análisis estadístico | 7 |
| 3.8 Análisis económico | 7 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 8 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 4.1 | Sobrevivencia del nopal..... | 8 |
| 4.2 | Número de brotes | 9 |
| 4.3 | Longitud de los brotes | 11 |
| 4.4 | Ancho de brotes | 121 |
| 4.5 | Brotos a cosecha | 13 |
| 4.6 | Rendimiento del nopal..... | 13 |
| 4.7 | Análisis económico por presupuesto parcial | 15 |
| 4.7.2 | Presupuesto parcial..... | 16 |
| 4.7.3 | Análisis de dominancia..... | 17 |
| V. | CONCLUSIONES | 18 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 19 |
| VII. | LITERATURA CITADA | 20 |
| VIII. | ANEXOS | 25 |

DEDICATORIA

Con mucha satisfacción, amor, orgullo y cariño dedico este trabajo en primera instancia a tres personas que significan mucho en mi vida.

A mis abuelitas Estela Oviedo, Hilda Vidaurre Reyes y tía Fátima Oviedo, personas que jugaron un rol significativo a lo largo de mi formación como persona, forjando en mí, valores éticos y morales.

A mis primos Edwin Rivas Oviedo y Jerónimo Rivas Oviedo por haberme dado consejos oportunos cada vez que los necesité.

A mi primita Kristhel Andrea Oviedo, para quien le pido a Dios que la sane de su enfermedad y le devuelva el carisma y la alegría que solía tener.

A Eduardo Oviedo (q. e. p. d.) por haberme ayudado incondicionalmente durante la etapa de investigación y ejecución de este trabajo, brindándome su apoyo, sabios consejos y palabras de aliento para continuar en las labores que parecían inalcanzables.

A aquellos estudiantes que a pesar de no contar con los recursos necesarios para formarse como profesionales realizan sacrificios para luchar día a día contra las adversidades de la vida y llegar a ser personas de éxito en el campo laboral.

A aquellas personas emprendedoras que dedican su vida entera a los trabajos de investigación con el fin de contribuir al desarrollo de nuestro país.

Rolando José Garay Oviedo

DEDICATORIA

Con mucho amor, cariño y respeto dedico este trabajo a mi querida tía, Ing. Marlene Ruíz, por brindarme su apoyo incondicional durante mi formación profesional instruyéndome en el camino de la perseverancia y la superación profesional, brindándome sus sabios consejos, valores morales, siendo la guía ineludible para continuar con la lucha de la superación profesional.

De manera muy especial, a mi abuelita Cruz Ruíz, por haberme brindado su cariño y confianza, dándome sus mimos y cariñitos en cada momento de mi vida.

Para dos personas que siempre estuvieron pendientes de mí, mis hermanos Migdalia Granera y Melvin Granera.

A mi abuelito Félix Urroz Manzanares (q. e. p. d.)

A los futuros Agrónomos de la UNA, pues ellos serán la semilla que haga producir los suelos que sustenten a nuestra bendita y linda Nicaragua.

Felícita Antonia Granera Urroz

AGRADECIMIENTOS

Al Ser Omnipotente, creador del Universo, a quien le debo la vida y el que me escucha cada vez que atravieso por momentos difíciles.

A mis padres Rolando Garay y Alejandra Oviedo Sequeira por haber puesto todo su empeño, dedicación y sacrificio para ser una persona de bien profesional, brindándome las oportunidades que ellos por alguna razón no tuvieron en la vida.

A Felícita Granera, una de las personas que me ha apoyado moralmente, habiéndome instado a la reflexión, brindándome su comprensión especialmente en los últimos años de mi carrera y durante la etapa de investigación.

A mis asesores MSc. Moisés Blanco Navarro y MSc Aleyda López Silva, por darme la oportunidad de trabajar con ellos, sobre todo por formar parte de mi formación profesional, forjando en mi deseos de superación e inculcando valores humanos.

Al cuerpo de docentes del departamento de ingeniería agrícola de la UNA y aquellos que de alguna manera contribuyeron a mi formación ética y profesional.

A mi *Alma Mater*, por ser el templo de la sabiduría, forjando en mí persona valores humanos de calidad, proporcionándome los conocimientos necesarios para contribuir al desarrollo de Nicaragua.

Rolando José Garay Oviedo

AGRADECIMIENTOS

Infinitamente al Creador por darme las fuerzas necesarias en cada minuto de mi vida, por darme la fortaleza necesaria para seguir en la constancia de lo cotidiano.

A mis padres queridos Justo Granera y Juana Pastora Urroz por haberme brindado todo su amor, apoyo incondicional y sacrificio para que culminara mi formación profesional.

De manera muy especial a mi asesor MSc. Moisés Blanco Navarro por acogerme cariñosamente y darme la oportunidad de ser participe en este trabajo de investigación, infinitamente gracias, por ser uno de los ejes fundamentales de mi formación moral y profesional, al haber contribuido con sus consejos y experiencia. Por brindar su mano amiga y compartir sus conocimientos sin medida alguna, haciendo de mi una mejor persona.

A nuestra asesora MSc Aleyda López por dedicarnos su valioso tiempo y profesionalismo para realizar la culminación de esta labor de investigación.

A Rolando Garay, por haberme apoyado en los momentos buenos y difíciles, por ser la motivación y alegría que me inspiro a seguir, por dar todo sin esperar nada.

A mis amigos Oscar Lagos y Franklin Ramos quienes siempre me ayudaron brindándome cariño, palabras de aliento y sabios consejos en el trayecto de nuestra amistad.

Al Dr. Oscar Gómez y MSc. Marvin Fornos por habernos brindado su valioso tiempo y colaboración en esta investigación.

A los fondos ASDI, por financiarnos nuestro trabajo de graduación.

Especialmente a mi Alma Mater, Universidad Nacional Agraria, por ser el templo salomónico de nuestra formación académica, el eje de gran relevancia, determinante en nuestro horizonte profesional.

Felícita Antonia Granera Urroz

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | PÁGINA |
|---|---------------|
| 1. Análisis de suelo del ensayo de nopal. UNA, Managua, 2009..... | 4 |
| 2. Análisis económico del cultivo del nopal | 15 |
| 3. Cálculo de los costos variables en el cultivo del nopal. | 15 |
| 4. Presupuesto parcial del cultivo del nopal. | 16 |
| 5. Análisis de dominancia..... | 17 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | PÁGINA |
|--|---------------|
| 1. Condiciones de precipitación y temperatura que se presentaron en la UNA, Managua, en el año 2009..... | 4 |
| 2. Porcentaje de sobrevivencia en el cultivo del nopal, 120 dds, UNA, Managua, 2009..... | 8 |
| 3. Número de brotes por planta en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009. | 9 |
| 4. Longitud de brotes por planta en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009..... | 11 |
| 5. Ancho de brotes por planta en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009..... | 12 |
| 6. Brotes totales y brotes a cosecha en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009..... | 13 |
| 7. Rendimiento del nopal en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, UNA, Managua, 2009.... | 14 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXOS | PÁGINA |
|---|--------|
| 1. Plano de campo..... | 25 |
| 2. Análisis de varianza para la variable, numero de brotes a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (<i>Opuntia ficus- indica</i> Miller. L), UNA, Managua, 2009..... | 26 |
| 3. Análisis de varianza para la variable, longitud de brotes a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (<i>Opuntia ficus- indica</i> Miller. L), UNA, Managua, 2009..... | 26 |
| 4. Análisis de varianza para la variable, ancho de brotes a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (<i>Opuntia ficus- indica</i> Miller. L), UNA, Managua, 2009..... | 26 |
| 5. Análisis de varianza para la variable, brotes a cosecha a los 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (<i>Opuntia ficus- indica</i> Miller. L), UNA, Managua, 2009..... | 26 |
| 6. Análisis de varianza para la variable, Rendimiento (kg.ha ⁻¹) a los 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (<i>Opuntia ficus- indica</i> Miller. L), UNA, Managua, 2009..... | 27 |
| 7. Registro de precipitación mensual promedio (mm) de la Estación Aeropuerto Internacional Managua, Nicaragua (INETER, 2009)..... | 27 |
| 8. Registro de temperatura promedio mensual (°C) de la Estación Aeropuerto Internacional Managua, Nicaragua (INETER, 2009)..... | 27 |
| 9. Características químicas del vermicompost utilizado en el cultivo de nopal en la UNA, Managua, 2009. | 27 |

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el área experimental de Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN) de la Universidad Nacional Agraria, municipio de Managua, departamento de Managua, localizada en el km. 12.5 Carretera Norte, entre las coordenadas 12° 8' 36" latitud Norte y 86° 09' 49" longitud Oeste, con una altitud de 56 m.s.n.m. El propósito fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de vermicompost sobre el crecimiento y rendimiento del nopal, para lo que se estableció un experimento en los meses de septiembre 2009 a enero 2010. El arreglo fue un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos, fertilizados con dosis de 0.50, 0.75, 1.00 y 1.25 kg por planta. Se evaluaron las variables: número, longitud, ancho de brotes y sobrevivencia. Las variables brotes a cosecha, brotes totales y rendimiento se evaluaron al momento de la cosecha. El área experimental fue de 64 m², correspondientes a 8 m de longitud y 8 m de ancho con una densidad poblacional de 20 000 plantas ha⁻¹, de las cuales solamente 7 500 fueron evaluadas, correspondientes al total de las plantas consideradas como parcela útil. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias según Tukey, con un error de 5 %. Encontrándose que ninguno de los tratamientos presentaron significancia estadística. En número de brotes el T4 (1.25 kg.planta⁻¹) obtuvo el mayor número de brotes (17.37 brotes.planta⁻¹) el menor número T1 (0.50 kg.planta⁻¹) (12.41 brotes planta⁻¹), la longitud de los brotes osciló entre 8.99 a 6.86 cm, el ancho de brotes obtuvo promedios de 4.55 a 3.37 cm. En brotes a cosecha el T3 (1.00 kg⁻¹planta) obtuvo el mayor resultado (72 499 brotes.ha⁻¹) y el menor (66 666 brotes ha⁻¹) el T4 (1.25 kg.planta⁻¹). El mayor rendimiento (6 825 kg ha⁻¹) lo obtuvo el T1 (0.50 kg planta⁻¹) y el menor rendimiento (4 050 kg.planta⁻¹), el T4 (1.25 kg.planta⁻¹). Se observó un porcentaje de sobrevivencia de 91.67 % del cultivo hasta los 120 días después de la siembra.

Palabras claves: Vermicompost, brotes¹.

¹ Cladodios

ABSTRACT

This work was performed in the experimental area Nicaraguan Genetic Resources (REGEN) at National Agrarian University, Managua municipality. It is located at km 12.5 North Road, between latitudes 12 ° 8 '36" North latitude and 86 ° 09' 49" West longitude, at 56m altitude. The purpose was to evaluate the application effect of vermicompost on growth and yield of cactus. Since September, 2009 to January, 2010 experiment was arranged in a randomized block design (RBD) with four replications and four fertilizer treatments at doses of 0.50, 0.75, 1.00 and 1.25 kg.plant⁻¹. Variables were measured: buds number, length, width and survival. Harvest buds variables; total buds and yield were measured at harvest time. Experimental area was 64 m², corresponding to 8 m long and 8 m wide. Density population was 20 000 plants.ha⁻¹, but only 7 500 were evaluated as total plants, because is considered useful plot. The results were submitted to variance analysis (ANOVA) and medium separation by Tukey, with an error of 5 %. According to results, there was not statistical significance, only numeric significance in every variable. Comparing the bud number, the T4 (1.25 kg.plant⁻¹) obtained eldest number (17.37 bud.plant⁻¹) and T1 (0.5 kg.plant⁻¹, 12.4 bud.plant⁻¹) got the lowest number. The buds length range oscillates from 8.99 to 6.86 cm. Buds width got an average of 4.55 to 3.37 cm. Buds harvested T3 (1.00 kg.plant⁻¹) obtained the highest result (72 499 bud.ha⁻¹) and the lowest result was (66 666 ha⁻¹ buds) for T4 (1.25 kg.plant⁻¹). The T1 (0.5 kg.plant⁻¹) obtained the highest yield (6 825 kg.ha⁻¹) and the lowest yield (4050 kg.plant⁻¹) the T4 (1.25 kg.plant⁻¹). The survival result was 91.67 % in the crops until 120 days after sowing time.

Key words: Vermicompost, bud², yield, survival,

² cladodes

I. INTRODUCCIÓN

El interés del ser humano por los nopales data de miles de años, su origen e historia están íntimamente relacionados con las antiguas civilizaciones mesoamericanas; en particular con la cultura azteca. Existen evidencias arqueológicas que permiten afirmar que fueron las poblaciones indígenas asentadas en las zonas semiáridas las que iniciaron sus cultivos de forma normal (Pimienta, 1990, citado por Sáenz, 2006 a).

Su importancia radica en la diversidad de usos que puede dársele a este cultivo, tanto por su valor nutritivo, como la capacidad de sobrevivencia en las diferentes zonas áridas y costeras (Landerero y Cruz, 2005). Esto es debido a su constitución morfológica, ya que posee alta resistencia a la sequía y a los cambios climáticos, además de desempeñar un rol ecológico y nutricional valioso (Blanco, 2009).

El nopal verdura se utiliza tanto para consumo humano como para consumo animal. Para el consumo humano aporta el 90% de agua, 1% de minerales, 0.3% de grasas, 2% de proteínas, 0.8% de fibra cruda y 5.6% de extracto nitrogenado (Loza, 1997). Para el ganado, el valor alimenticio es bueno (materia orgánica de 84 %, digestibilidad de la materia orgánica 78.9 %, proteína cruda 4.1 % a 14 %, fibra detergente neutro 23.8 %, fibra detergente ácido 14.7 % y materia seca 9.1 %,) por la capacidad que tiene principalmente para transformar celulosa (Bravo y Piña, 1979), (Flores y Aguirre, 1992). Su consumo se ha extendido cada vez más, éste se ha incrementado por sus ventajas nutricionales. Las pencas tiernas se pueden preparar en escabeche, caldos, sopas, ensaladas o en guisados, en platos fuertes, como antojitos, en salsas, bebidas, postres y mermeladas (Sáenz, 1999).

Nicaragua se ve directamente afectada producto de las variaciones climáticas que acontecen en la actualidad como inviernos irregulares, huracanes fuertes y sequías prolongadas, que en su mayoría desfavorecen la producción agrícola creando déficit de alimentos (Moncada, 2007).

El creciente aumento poblacional demanda cada vez mayores cantidades de alimentos sanos e inocuos. Según Sáenz (2004), citado por Sáenz (2006 b), la tendencia general en el consumo de alimentos es buscar un buen aporte de nutrientes y alimentos que sean beneficiosos para la salud, alternativas que le permiten al nopal incursionar en el mercado nacional como producto innovador para el consumo humano.

Basado en resultados obtenidos por Orúe y Rojas (2008), quienes trabajaron con diferentes nutrientes orgánicos como alternativa al cambio climático surgió la idea de evaluar el efecto del vermicompost sobre el cultivo del nopal.

El nopal tiene una rápida respuesta a los fertilizantes de origen sintético y abonos orgánicos. Esta respuesta se manifiesta en un rápido desarrollo vegetativo y precocidad a la producción, además de que se mejora la calidad del fruto (INIFAP, 2010).

La aplicación de abonos orgánicos en Nicaragua es una práctica reciente utilizada por productores que desean regenerar y mantener la fertilidad de los suelos, siendo el

vermicompost uno de ellos, se caracteriza por ser rico en nutrientes; es el único abono orgánico con flora bacteriana (40 a 60 millones de microorganismos por cm³), su aplicación reduce hasta un 40 % de los costos de fertilización (BIOAGRO, 2010).

El vermicompost ayuda a mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incrementa la disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Azufre; en lo que a la biología se refiere, el vermicompost incentiva la actividad microbiana (Legall *et al.*, 2000), es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodoro, se le considera el resultado de la materia orgánica y otros componentes digeridos y excretados por las lombrices de tierra en cautiverio.

Perdomo (2000), afirma que el vermicompost contiene un alto porcentaje de ácidos húmicos y fulvicos, alta carga microbiana, mejora la estructura del suelo, haciéndolo más permeable al agua y al aire, es un biofertilizante bioorganico activo, su pH es ligeramente ácido (6.8-7.5), y se puede aplicar en cualquier dosis sin riesgo de quemar las plantas.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Generar información del efecto de la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo de nopal.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Determinar cuál de las dosis de vermicompost aplicadas generó mejores resultados sobre el crecimiento y rendimiento del nopal.

2.2.3 Identificar mediante un análisis económico por presupuesto parcial, la dosis de vermicompost que aportó los mayores beneficios netos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y fechas del estudio

El ensayo fue establecido en el mes de septiembre (época de postrera) del año 2009 en la Universidad Nacional Agraria km 12.5 Carretera Norte, municipio de Managua, Nicaragua, entre las coordenadas 12° 8'36" latitud Norte y 86° 09'49" longitud Oeste, con una altitud de 56 m.s.n.m.

El tipo de suelo predominante en la zona experimental es de textura franco arcillo arenoso, con poca pendiente, profundos, bien drenados y con pH ligeramente básico, (7.71) según Acuña y Lara, (2001).

Es un bosque tropical seco y cálido, presenta temperaturas medias de 27.7 °C, con precipitaciones 2 373 mm por año y una humedad relativa promedio de 71 % (INETER, 2009).

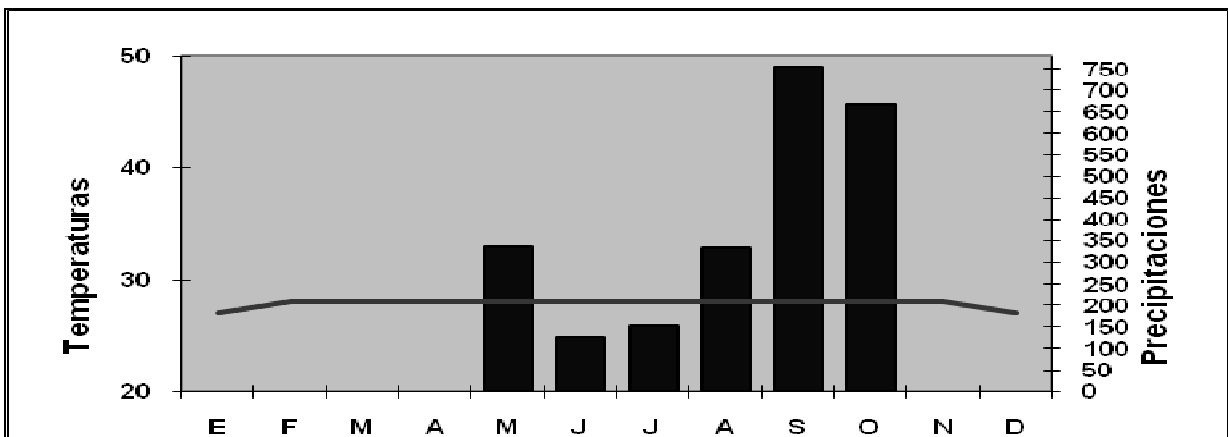


Figura 1. Condiciones de precipitación y temperatura que se presentaron en la UNA, Managua durante el año 2009 (INETER, 2009).

Se realizó un análisis de suelo antes de establecer el ensayo con el propósito de conocer el referente del contenido de nutrientes.

Cuadro 1. Análisis de suelo del ensayo de nopal, UNA, Managua 2009

| Descrip. | pH | MO | N % | P-disp. (ppm) | K-disp. | Ca | Mg | Fe | Cu | Mn Ppm | Zn |
|----------|------|------|------|---------------|---------|-------|------|------|------|--------|------|
| UNA | 7.71 | 3.38 | 0.17 | 19.3 | 4.61 | 22.34 | 5.46 | 5.60 | 1.12 | 37.60 | 3.12 |

Fuente: (LABSA, 2009).

3.2 Diseño metodológico

El estudio consistió en la evaluación del vermicompost sobre el crecimiento y rendimiento del nopal, utilizando diferentes niveles de vermicompost (0.50, 0.75, 1.00, 1.25 kg.planta⁻¹), el experimento consistió en un diseño unifactorial de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos, los que se distribuyeron al azar al momento de la siembra.

El área experimental total fue de 64 m², correspondiente a 8 m de longitud y 8 m de ancho con una densidad poblacional de 128 plantas, de las cuales solamente 48 fueron evaluadas, correspondientes al total de las plantas consideradas como parcela útil.

Cada bloque presentó dimensiones de 2 m de ancho por 8 m de longitud para un área de 16 m² por bloque compuesto de 36 plantas. La distancia entre surco de 1 m y 0.50 m entre planta, la parcela experimental presentó una área de 2 m², tomando como parcela útil 3 plantas.

3.3 Manejo del ensayo

3.3.1 Selección de la semilla

Se utilizó la variedad sin espina o de castilla, usándose posturas de un cladodio (Le Houérou, 1996). Según Mir (1997), esta variedad crece y se desarrolla de 3-5 m de alto, es de corona ancha, glabrosa; tallo de 60 a 150 cm de ancho, cladodios abobados de 6 a 30 cm de largo, 20 a 40 cm de ancho y 18 a 19 mm de grosor, color verde oscuro, cubierto de una capa de cera.

3.3.2 Preparación de suelo y siembra

La preparación de suelo consistió en un pase de grada, posteriormente se realizó un hoyado para realizar la siembra de los cladodios, la profundidad de siembra fue de 15 cm, se enterró solamente la tercera parte inferior de los cladodios, con la finalidad de que en caso de pudriciones se pudiera disponer de 2/3 partes para replantarla como fracciones mínimas (Vásquez *et al.*, 2007).

La distancia de siembra utilizada fue de 0.5 m entre planta, por ser la recomendada por Alonso y Cruz, (2006). Los surcos fueron dispuestos a 1 m, según recomendaciones de Blanco *et al.*, (2007), con una densidad de 20 000 plantas.ha⁻¹ (Gutiérrez y Hernández, 2008).

3.3.3 Orientación de los cladodios

La orientación en que fueron dispuestas las caras planas de los cladodios al plantarse fue de este a oeste. Nobel (1982), menciona que en zonas con latitudes de 27° Norte o Sur las caras planas de los cladodios deben orientarse de Este a Oeste, para una mayor eficiencia fotosintética y emisión de raíces, lo que genera más carbohidratos necesarios para la brotación y crecimiento (Becerra, 1975).

3.3.4 Aplicación de vermicompost

El vermicompost se aplicó después de haberse realizado la siembra de los cladodios, la aplicación del sustrato se realizó al pie de cada planta.

3.3.5 Control de arvenses

El control de arvenses se realizó de forma manual con azadón con el fin de crear condiciones óptimas para el cultivo. Alemán (2004), afirma que el control de malezas al momento de la siembra es de gran importancia debido a que esta práctica favorece al cultivo librándolo de competencia durante los primeros estadios de crecimiento.

3.3.6 Riego

Este se realizó semanal con un intervalo de riego de 7 días en una jornada de cuatro horas. El sistema de riego utilizado fue riego por aspersión.

3.4 Cosecha

La cosecha se realizó a los 120 dds, como lo indican trabajos de investigación anteriores realizados por Gutiérrez y Hernández (2008). Se realizó de forma manual cuando los brotes alcanzaron de 10-15 cm de longitud (100-120 g), de peso con un color verde tierno y textura blanda, antes de que empezaran a lignificar.

3.5 Variables evaluadas

3.5.1 Supervivencia del nopal

Es el porcentaje de plantas vivas que se contabilizaron en cada una de las tomas de datos, cada 15 dds hasta los 120 días momento en que se efectuó la cosecha.

3.5.2 Número de brotes

Las variables fueron evaluadas periódicamente en todas las plantas del ensayo. La muestra fue tomada en los 1.5 metros centrales de cada surco por parcela útil.

El número de brotes es el conteo de los nuevos brotes llamados cladodios, constituyen la parte comestible o material vegetativo disponible para la reproducción o material de cosecha para futuras plantaciones. El conteo fue acumulativo por tratamiento en cada una de las plantas que conformaban la parcela útil, esto se realizó cada 15 días después de la siembra, hasta los 120 días momento en que se efectuó la cosecha.

3.5.3 Longitud de brotes

A cada uno de los brotes se le midió la longitud en la parte central desde la base hasta el ápice del cladodio, desde los 15 hasta los 120 dds haciendo uso de regla graduada. El resultado se expresó en cm.

3.5.4 Ancho de brotes

Corresponde a cada una de las mediciones que se realizó en cada brote, esta se hizo en la parte media, haciendo uso de vernier general, desde los 15 hasta los 120 dds. El resultado se expresó en cm.

3.5.5 Brotes a cosecha

Este se obtuvo al momento de realizar la cosecha, a los 120 días después de la siembra a partir del conteo de los brotes cosechados de cada una de las plantas de las parcelas útiles por cada uno de los tratamientos.

3.5.6 Rendimiento del nopal

Son los cladodios que se cortaron y seleccionaron para el consumo, de textura tierna, con dimensiones de 5 a 10 cm de ancho y 10 a 20 cm de largo, sin afectación de enfermedades ni daños mecánicos que afecten su consumo. Los resultados se expresan en kg ha^{-1} .

3.6 Levantamiento de datos

La toma de datos se realizó con una frecuencia de 15 días, a partir de los primeros 15 días de establecido el ensayo. El periodo de levantamiento de datos tuvo una duración de 120 días.

3.7 Análisis estadístico

Se realizó un Análisis de varianza, ANDEVA al 95 % de confianza para las variables número, longitud, ancho de brotes y rendimiento. Se realizó la prueba de rangos múltiples de Tukey con un 5 % de error a las variables que mostraron significancia estadística. Se empleó estadística descriptiva (frecuencias e histogramas). Utilizándose frecuencia para las variables número, ancho y longitud de brotes e histogramas para la sobrevivencia, brotes totales y rendimiento.

3.8 Análisis económico

Este análisis se realizó con el propósito conocer la relación costo beneficio que se incurre por cada tratamiento y conocer la rentabilidad de la aplicación de vermicompost en el cultivo del nopal.

Este análisis se realiza cuando se conoce el rendimiento de cada uno de los tratamientos, se tiene que tener en cuenta parámetros como precio del producto a aplicar, costo de mano de obra, densidad de plantas y precio del producto cosechado en campo, luego se procede a una serie de análisis que al final revelan lo que el agricultor puede ganar o perder al pasar de un tratamiento a otro.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Supervivencia del nopal

El nopal tiene una crucial importancia principalmente por su tolerancia a zonas secas el hecho de que esta especie pueda crecer en áreas inadecuadas para otros cultivos, la hace más atractiva, es una ventaja en términos productivos y por la gran diversidad de productos que se pueden obtener de ella (Barbera, 1999).

Según Pimienta (1998), el nopal se adapta a diversas condiciones de suelo, altitudes y tipo de vegetación, Ríos y Quintana (2004), mencionan que el nopal debido a su constitución morfológica y fisiológica posee alta resistencia a la sequía y a cambios climáticos.

Nobel (1991), afirma que el nopal puede ser cultivado en una gran parte de la superficie de la tierra, particularmente en zonas áridas o semiáridas o en aquellas que están a punto de convertirse en tierras secas, así como también se logra la recuperación de tierras degradadas.

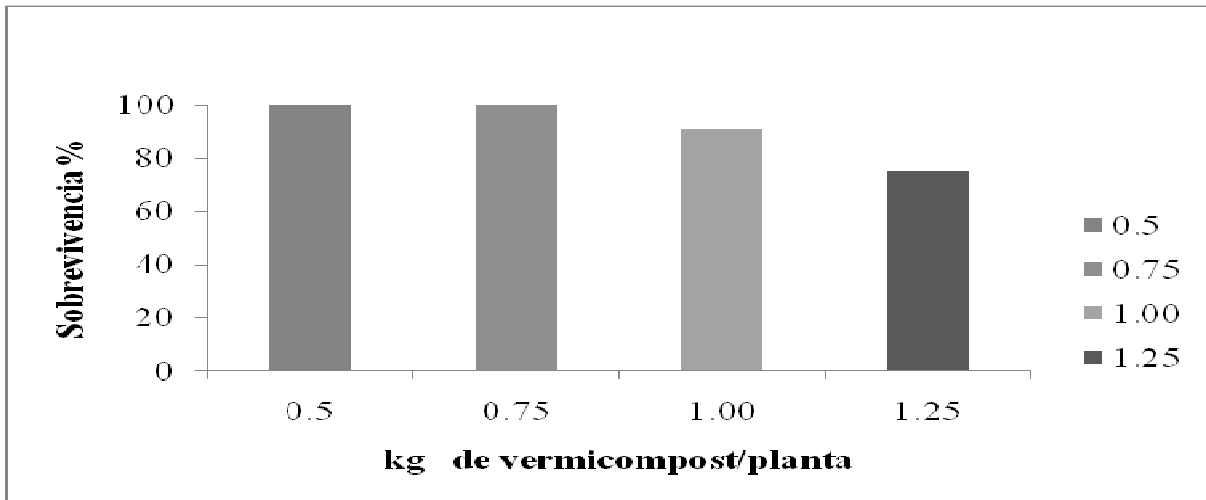


Figura 2. Porcentaje de supervivencia en el cultivo del nopal, 120 dds³, UNA, Managua, 2009.

La Figura 2 muestra el comportamiento de las plantas en la localidad de estudio, el número de plantas vivas en el ensayo refleja la respuesta que tiene el nopal a la aplicación de vermicompost y la zona de estudio.

La supervivencia mostrada en el ensayo fue de 91.67 % lo que demuestra la adaptabilidad del material a la localidad de estudio y tratamientos aplicados; el 8.33 % de la afectación se debe a afectaciones por pudriciones blandas causadas por bacterias. En la fig.2 se observa mayor afectación, en el tratamiento T4 (1.25 kg.planta⁻¹). El vermicompost se caracteriza por aumentar la capacidad de retención de humedad en los suelos, facilitando las condiciones para el desarrollo de patógenos como la pudrición blanda. Esta es influenciada por factores que dependen de variables ambientales como: la concentración del O₂, temperatura, humedad

³ Días después de la siembra

relativa y estado hídrico del suelo, afectando el desarrollo de la planta (Glinski y Steoniewski, 1985; Taiz y Zeiger, 1991).

Según Granata (1999), la pudrición blanda de los cladodios está frecuentemente asociada con la alteración bacteriana llamada mancha bacteriana, el proceso infeccioso evoluciona hasta que destruye todo el órgano; las enfermedades se desarrollan rápidamente en temperaturas de 20 ° a 35 ° C, acompañado de períodos de lluvia y alta humedad relativa.

La incidencia y severidad de las pudriciones puede llegar hasta un 90 % lo cual causa una reducción de la producción (Méndez *et al.*, 2007).

4.2 Número de brotes

Esta variable refleja la producción de la plantación, ya que cada brote representa un cladodio próximo a cosecha. El número de brotes indica la velocidad, frecuencia de brotación, estructura vegetativa y grado de desarrollo de la planta el cual permite realizar estimados y tiempos de cosecha, siempre y cuando el destino de la plantación sea la producción de nopalitos como verdura fresca.

En la Figura 3, se observa el comportamiento de la plantación en cuanto a la producción de brotes bajo diferentes dosis de vermicompost. Se muestra una tendencia similar de crecimiento en todos los tratamientos desde que la planta empieza a emitir brotes hasta su cosecha. El crecimiento de los brotes se incrementa a medida que transcurre el tiempo, estos incrementos se dan entre los 45 a 75 días después de la siembra, se observa un nuevo incremento a partir de los 105 días después de la siembra.

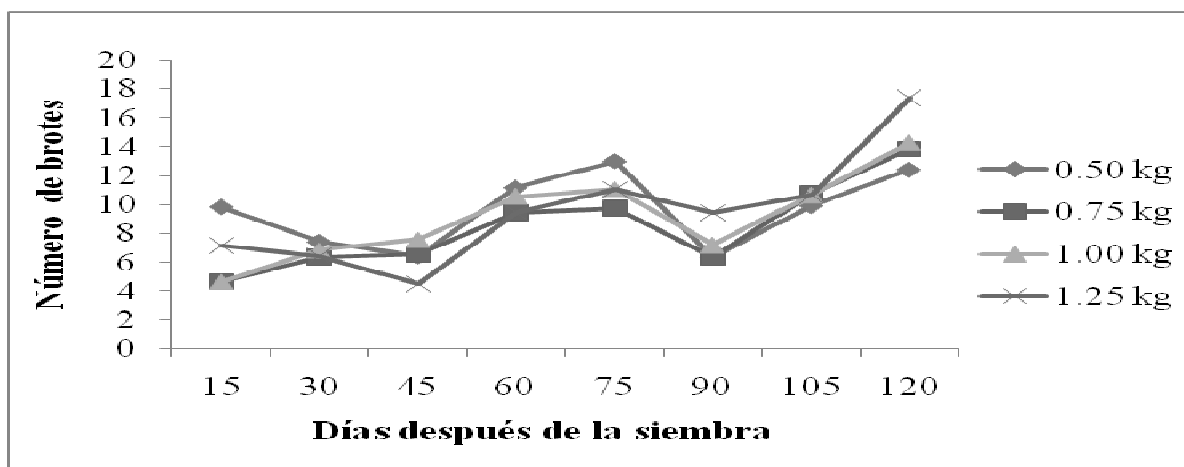


Figura 3. Número de brotes por planta en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009.

El Andeva realizado con un 95 % de confianza (Anexo 2) para cada tratamiento, demostró que la aplicación de las diferentes dosis de vermicompost en el nopal no genera significancia estadística en cuanto a la producción de brotes en ninguno de los tratamientos del ensayo, desde los 105 hasta los 120 días después de la siembra.

Esta variable presentó un patrón de crecimiento ascendente a partir de los 45 dds, se observa un descenso a partir de los 75 días después de la siembra; El descenso observado en la Figura 3, es causado simplemente por el hecho de discontinuar la medición de aquellos brotes que habían alcanzado su máximo crecimiento encontrándose lignificados. A la vez a los 75 y 90 dds se da una interrupción del intervalo de riego para el cultivo, esto propició una reducción en la producción y crecimiento de nuevos brotes de la planta debido al estrés hídrico al que fueron sometidas.

Según Ríos y Quintana (2004), el agua es un recurso que permite la brotación, en los meses de mayor sequía. Nobel y Castañeda (1998), afirman que las raíces superficiales y extendidas captan el agua de las escasas lluvias que caen en esas épocas. Las lluvias aisladas, por otra parte, inducen la formación de raíces secundarias que aumentan la superficie de contacto con el suelo lo cual facilita la absorción de agua y nutrientes. Según FAO (2003), otra adaptación del nopal son sus raíces que tienden a ser superficiales facilitando una repuesta rápida a lluvias ligeras y esto induce la producción de nuevos brotes; Kausch (1965), afirma que ésta especie puede formar nuevas raíces dentro de las 24 horas posteriores al humedecimiento de un suelo seco.

Según Vásquez *et al.*, (2008), el nopal por ser una planta rústica puede sobrevivir sin agua largos períodos sin embargo esto le provoca a las plantas una fuerte deshidratación y reducción drástica en la producción de nuevos brotes o nopalitos. Por esta razón si se quiere tener una explotación comercial de nopal verdura, el riego debe ser oportuno y sistemático para alcanzar altos rendimientos.

Numéricamente el mayor número de brotes lo obtuvo el tratamiento T4 (1.25 kg.planta⁻¹) con un promedio de 17.37 brotes por planta y el menor número de brotes el tratamiento T1 (0.50 kg.planta⁻¹) con 12.41 brotes por planta, estos resultados son mayores en comparación a los obtenidos por Orúe y Rojas (2008), quienes obtuvieron promedios de 2.45 brotes por planta al aplicar dosis de 0.50 kg.planta⁻¹ de vermicompost.

4.3 Longitud de los brotes

El crecimiento es un factor fundamental para el desarrollo de las plantas; este se realiza a través de yemas vegetativas existente en la aureolas que es un órgano característico de las cactáceas (Gonzales y Mendieta, 2010).

Desde el punto de vista productivo es una variable importante, es parte uno de los elementos principales que componen el rendimiento, estos brotes deben de haber alcanzado ciertas dimensiones, aproximadamente de 10 a 20 cm de longitud para estar aptos de cosecha, Blanco *et al.*, (2008). Cantwell de Trejo (1992), afirma que los cladodios pueden cosecharse a los 30 o 60 días después de brotar, cuando pesen entre 80 y 120 g y sean de 15 a 20 cm de longitud coincidiendo con Corrales (1993).

La Figura 4, muestra el comportamiento de la variable longitud de brotes (cm) bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost, hubo un patrón de característico de crecimiento ascendente en todos los tratamientos hasta los 75 días después de la siembra, manifestándose una reducción a los 90 días después de la siembra, puesto que el

comportamiento de esta variable estaba en dependencia del tamaño de los primeros brotes de la plantación los cuales a los 75 dds se encontraban lignificados y no se evaluaron más.

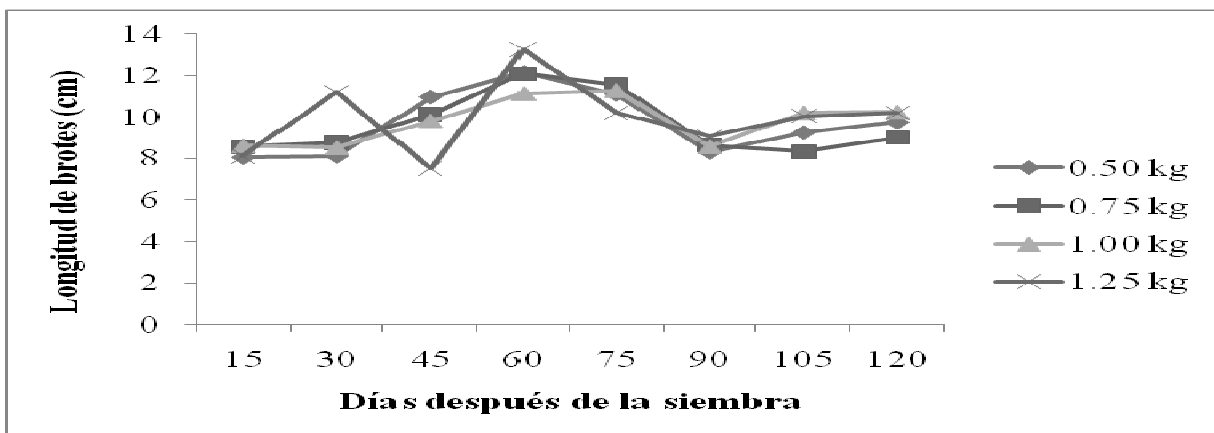


Figura 4. Longitud de brotes por planta en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009.

El Andeva realizado con un 95 % de confianza (Anexo 3) demostró que no existe significancia estadística entre ninguna de las dosis de vermicompost aplicadas, no obstante si hubo diferencias numéricas, siendo el tratamiento T3 (0.75 kg.planta⁻¹) que presentó la mayor longitud de brotes con un promedio de 8.99 cm y la menor longitud el tratamiento T4, (1.25 kg.planta⁻¹) con 6.86 cm.

Según García *et al.*, (2000), la nutrición edáfica no tiene efecto significativo en cuanto a la longitud del cladodio, ya que el largo es directamente proporcional al área fotosintéticamente activa compuesta por el largo y el ancho, la nutrición edáfica tampoco tiene efecto sobre este.

Resultados similares encontraron Landero y Cruz (2006); Orúe y Rojas (2008), al sólo encontrar diferencias numéricas y longitudes de 11.71 - 7.40 cm y 12.76 - 10.88 cm respectivamente.

Los resultados encontrados de longitud están dentro del rango establecido en las normas de calidad CODEX STAN 185-1993, la cual considera como tamaño comercial de los brotes entre 9 y 30 cm (FAO-OMS, 1993).

4.4 Ancho de brotes

El ancho es una variable de gran importancia en el rendimiento del nopal, el peso del brote estará determinado por su tamaño, que resulta de la combinación de la longitud y el ancho. Igual que la longitud, el ancho es un componente importante al momento de la cosecha, puesto que el valor de este determina el tiempo óptimo que debe cosecharse, aproximadamente de 4 a 10 cm (Blanco *et al.*, 2008).

La Figura 5, muestra el comportamiento del variable ancho de brotes bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost. El ancho fue similar en todos los tratamientos, siendo el tratamiento T3 (1.00 kg.planta⁻¹) el que presento el mayor ancho con 4.55 cm y el menor el tratamiento T4 (1.25 kg.planta⁻¹) con 3.37 cm.

El Andeva que se realizó fue al 95 % de confianza (Anexo 4), no presentó significancia estadística entre ninguno de los tratamientos, habiéndose encontrado únicamente diferencias numéricas entre los tratamientos. El tratamiento que influyó en la diferencia entre el mayor y el menor ancho no alcanzó más de 1 cm.

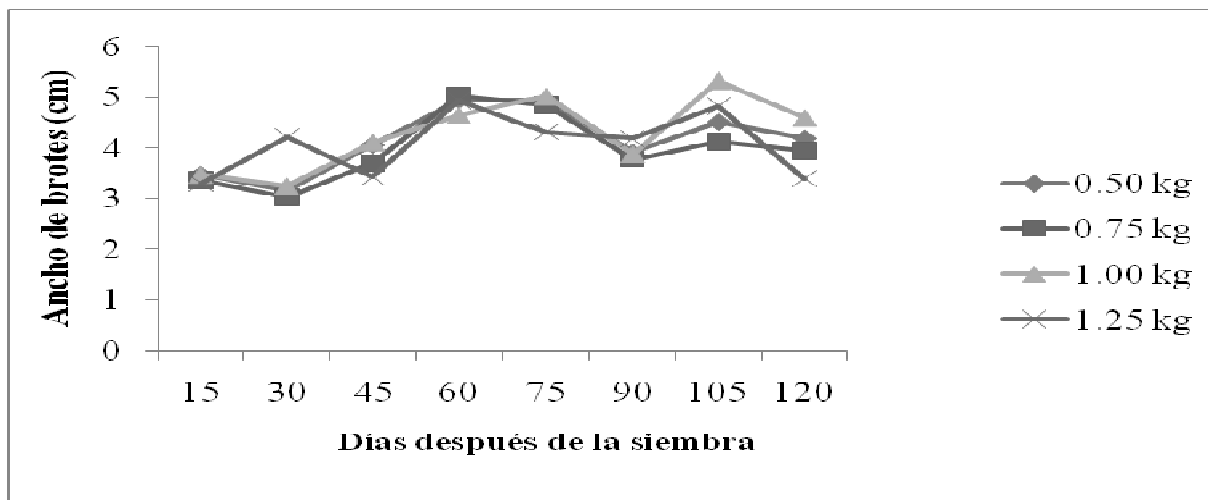


Figura 5. Ancho de brotes por planta en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009.

La figura muestra la disminución del ancho de los brotes en los tratamientos; dicho efecto se debe a que estos estaban lignificados, habían alcanzado su máximo desarrollo y por ende no se midieron más, así mismo el surgimiento de nuevos brotes, disminuye el promedio total que se obtiene del ancho para cada tratamiento. La disminución en los tratamientos no ocurre en las mismas fechas debido a que el crecimiento se ve influenciado por las condiciones ecológicas del cultivo.

Según Pimienta (1997), el ancho de los brotes es una característica propia de cada variedad, por lo tanto no habrá diferencias numéricas de gran peso o significancias cuando se sometan a evaluación individuos de la misma variedad en el cultivo de nopal.

4.5 Brotes a cosecha

Esta variable permite comparar la cantidad de brotes que tenía la planta a los 120 dds y el número de brotes aptos para cosecharse.

En la Figura 6, se puede observar el comportamiento de los brotes a cosecha para cada uno de los tratamientos y su contraste con los brotes totales contabilizados al momento de la cosecha.

El Andeva realizado con un 95% de confianza (Anexo 5) a los brotes cosechados reflejó que no hubo significancia estadística en ninguna de las dosis aplicadas, pero si hubieron diferencias numéricas, presentando el mayor promedio de brotes el tratamiento T3 (1.00 kg planta⁻¹) con 72 499 brotes.ha⁻¹ y el menor el tratamiento T2 (0.75 kg planta⁻¹) con promedios de 61 666 brotes.ha⁻¹; con mejores resultados a los obtenidos por Orúe y Rojas (2008), quienes obtuvieron promedios de 12,500 brotes ha⁻¹ al aplicar vermicompost a razón de 0.50 kg planta⁻¹.

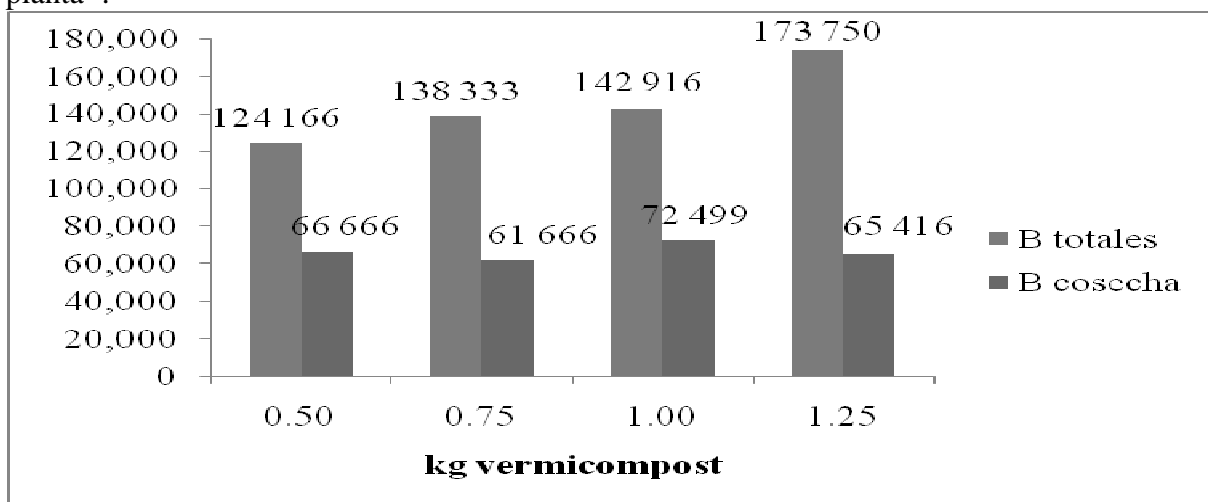


Figura 6. Brotes totales y brotes a cosecha en el cultivo del nopal, UNA, Managua, 2009.

Se puede afirmar que a los 120 dds se encontraron aptos de cosecha de un 44 a 50 % de los brotes totales.

4.6 Rendimiento del nopal

El rendimiento se obtuvo mediante el peso de los cladodios que se cortaron y fueron pesados en bascula digital, la muestra fue tomada de cada parcela útil, el resultado obtenido se traspoló a kilogramos por hectárea.

El rendimiento en el nopal se puede determinar como: número y peso de los nopalitos, los brotes listos para cosecharse pueden tener dimensiones de 10 a 20 cm, alcanzando un peso de 100 a 120 g (Blanco *et al.*, 2008). En tanto Cantwell (1999), menciona que los cladodios deben de cosecharse 30 a 60 días después de brotar cuando pesen entre 80 y 120 g y sean de 15 a 20 cm de longitud o en dependencia de las exigencias del consumidor o destino del producto.

Villalobos (2006), argumenta que la cosecha debe realizarse tomando en cuenta índices de madurez y calidad de acuerdo al tamaño que van desde pequeños con largo inferior a 10 cm y medianos entre 10 y 20 cm, aproximadamente con un peso que oscile entre 100 g, así mismo manifiesta que la recolección debe efectuarse después de 2-3 horas de exposición de la planta a luz solar, debido a que el nopal es una planta CAM, la fijación de CO₂ durante la noche se da en forma de ácido málico antes de convertirse en azúcares durante el día. Debido a esto, el contenido de ácido de los nopalitos puede fluctuar ampliamente y afectar el sabor final.

Con relación al nopalito la cosecha se realiza manualmente con cuchillos o tijeras cortando la base de la penca.

En cuanto al rendimiento obtenido en el nopal, el Andeva realizado con un 95% de confianza (Anexo 6) reflejó que no hubo significancia estadística en ninguno de los tratamientos, no obstante si hubo diferencias numéricas. El tratamiento que presentó el mayor rendimiento fue el tratamiento 1 ($0.50 \text{ kg.planta}^{-1}$) con un promedio de $6\,825 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido del tratamiento T2 (0.75 kg.ha^{-1}) con $6\,750 \text{ kg.ha}^{-1}$, en tercer lugar el tratamiento T3 ($1.00 \text{ kg.planta}^{-1}$) con $6\,660 \text{ kg.ha}^{-1}$ seguido del tratamiento T4 ($1.25 \text{ kg.planta}^{-1}$) con rendimiento de $4\,050 \text{ kg.ha}^{-1}$.

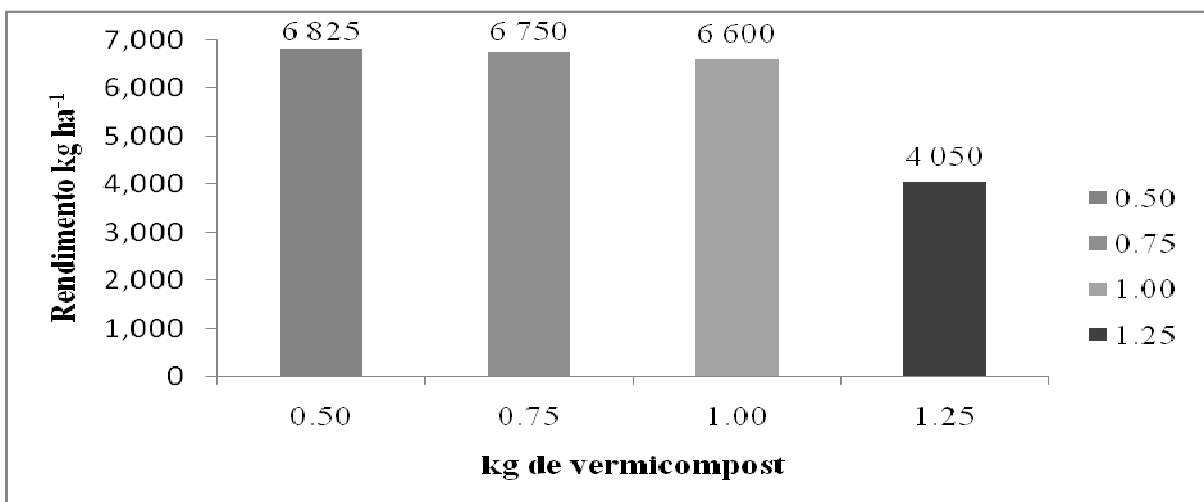


Figura 7. Rendimiento del nopal en kg.ha^{-1} , UNA, Managua, 2009.

Los rendimientos alcanzados son atractivos en relación a los que se obtienen en épocas secas, ya que según Sáenz (1985), las opuntias producen dos cosechas por año sin la ayuda de alguna técnica o manejo agronómico en particular: una entre febrero y mayo de $2\text{-}4 \text{ t ha}^{-1}$ y otra entre Julio a Octubre que produce de $6\text{-}9 \text{ t ha}^{-1}$. Este va a estar determinado por el manejo agronómico que se le brinde al cultivo, considerando atractivos los resultados obtenidos en este trabajo, comparado con años anteriores que alcanzaron un aproximado de $1\,500 \text{ kg.ha}^{-1}$.

Los rendimientos altos en nopal verdura se atribuyen a los sistemas de producción, que incluyan una densidad adecuada de plantación, disponibilidad de agua y nutrientes durante el ciclo de vida del cultivo (Orona *et al.*, 2002).

Cabe mencionar que el mayor rendimiento no fue alcanzado por el número de cladodios, sino por el peso de estos, esto afirma que el peso de los cladodios por efecto de tamaño no está ligado a la nutrición, es decir ninguna de las dosis de vermicompost aplicadas influyó sobre el rendimiento del nopal.

4.7 Análisis económico por presupuesto parcial

El presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar datos experimentales con el fin de obtener costo y beneficios de los tratamientos alternativos (CIMMYT, 1988). Según Miranda (2002), un presupuesto parcial es una herramienta de análisis que permite estimar el resultado económico de una actividad agropecuaria.

4.7.1 Análisis económico del cultivo del nopal

Cuadro 2. Análisis económico del cultivo del nopal

| DATOS GENERALES DEL ENSAYO | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------------|---|
| Tratamiento | Dosis kg planta⁻¹ vermicompost | N° de Aplicaciones | Rendimiento medio del nopal kg ha⁻¹ |
| 1 | 0.5 | 1 | 6 825 |
| 2 | 0.75 | 1 | 6 750 |
| 3 | 1.00 | 1 | 6 600 |
| 4 | 1.25 | 1 | 4 050 |

Precio de semilla: C\$ 5.00

Precio del vermicompost: C\$ 2.25 el kg

Precio del Nopal en campo: C\$ 22 por kg

Densidad de planta: 20 000 plantas por hectárea

Costo del día de trabajo: C\$ 80 día/hombre

Transporte: C\$ 300 por viaje

El Cuadro 3 se muestra detalladamente el total de costos que varían en una plantación de nopal con la aplicación de diferentes dosis de vermicompost.

Cuadro 3. Cálculo de los costos variables en el cultivo del nopal

| Costos variables | UM | Tratamientos | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 0.50 kg | 0.75 kg | 1.00 kg | 1.25 kg |
| Vermicompost aplicado | Kg.ha ⁻¹ | 10 000 | 15 000 | 20 000 | 25 000 |
| Costo vermicompost | C\$ | 22 500 | 33 750 | 45 000 | 56 250 |
| Mano de obra utilizada | | 5 d/h | 7d/h | 9 d/h | 12 d/h |
| Costo de aplicación | C\$ | 400 | 560 | 720 | 960 |
| transporte | C\$ | 300 | 500 | 600 | 700 |
| Aplicación de riego | | | | | |

Cuadro 3. Continuación...

| | | | | | |
|----------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Número de veces | | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Mano obra utilizada | | 6 d/h | 6 d/h | 6 d/h | 6 d/h |
| Precio aplicación | C\$ | 7200 | 7200 | 7200 | 7200 |
| Control de arvenses | | | | | |
| Nº veces | | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Mano obra utilizada | d/h | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Precio limpieza | C\$ | 2560 | 2560 | 2560 | 2560 |
| Cosecha | | | | | |
| Mano obra utilizada | d/h | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Precio mano obra | C\$ | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Costo cosecha | C\$ | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |

4.7. 2 Presupuesto parcial**Cuadro 4.** Presupuesto parcial en el cultivo del nopal

| Descripción | UM | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-------------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 0.50 | 0.75 | 1.00 | 1.25 |
| Rendimiento medio | (kg.ha ⁻¹) | 6 825 | 6 750 | 6 600 | 4 050 |
| Rendimiento ajustado | (kg.ha ⁻¹) | 61 42.5 | 6 075 | 5 940 | 3 645 |
| Beneficio bruto | (C\$.ha ⁻¹) | 135 135 | 133 650 | 130 680 | 80 190 |
| Costo de semilla | C\$ | 50 000 | 50 000 | 50 000 | 50 000 |
| Costo del vermicompost | C\$ | 22 500 | 33750 | 45 000 | 56 250 |
| Costo de aplicación | C\$ | 400 | 560 | 720 | 960 |
| Transporte | C\$ | 300 | 500 | 600 | 700 |
| Aplicación de riego | C\$ | 7 200 | 7 200 | 7 200 | 7 200 |
| Control arvenses | C\$ | 2 560 | 2 560 | 2 560 | 2 560 |
| Cosecha | C\$ | 1 000 | 1 000 | 1 000 | 1 000 |
| Total costos variables | C\$ | 83 960 | 95 570 | 107 080 | 118 670 |
| Beneficio neto | C\$.ha⁻¹ | 51 175 | 38 080 | 23 600 | -38 480 |

4.7.3 Análisis de dominancia

El análisis de dominancia se efectúa ordenando los tratamientos de menores a mayores costos totales que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento que tienen costo que varían más bajo. Aquellos tratamientos que son dominados se marcan con “D”.

Cuadro 5. Análisis de dominancia

| Tratamiento | Dosis (kg planta⁻¹) | Costos Variables (C\$ ha⁻¹) | Beneficios Netos (C\$ ha⁻¹) |
|--------------------|---------------------------------------|---|---|
| 1 | 0.50 | 83 960 | 51 175 ND |
| 2 | 0.75 | 95 570 | 38 080 D |
| 3 | 1.00 | 107 080 | 23 600 D |
| 4 | 1.25 | 118 670 | -38 480 D |

Como se observa en el cuadro 5 se presentan todos los tratamientos, en primer lugar el que presenta los mayores beneficios netos por hectárea, el resto de los tratamientos resultan dominados en comparación con el tratamiento 1 (0.50 kg. planta⁻¹), es decir el análisis de dominancia descarta a los demás tratamientos en observación.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Ninguna de las dosis aplicadas de vermicompost influyó sobre la brotación en el cultivo del nopal, encontrándose únicamente diferencias numéricas, presentando mayores resultados el tratamiento T4 (1.25 kg.planta⁻¹ vermicompost).
- ✓ La aplicación de vermicompost no presentó efecto significativo sobre la longitud y ancho de los cladodios.
- ✓ El rendimiento no se ve influenciado por la aplicación de ninguna de las dosis de vermicompost, encontrándose sólo diferencias numéricas. El mejor resultado lo obtuvo el tratamiento T1 (0.50 kg.planta⁻¹) con 6 825 kg.ha⁻¹.
- ✓ El nopal responde de manera positiva a las condiciones edáficas y climáticas de la zona, obteniendo una supervivencia el cultivo de un 91.67 % con lo que se demuestra la adaptabilidad a la zona de estudio.
- ✓ El análisis económico refleja que la aplicación de vermicompost a razón de 0.50 kg.planta⁻¹, es el tratamiento que presenta mayores beneficios netos y recuperación del capital invertido.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Para el abonado del nopal se recomienda la aplicación de vermicompost a razón de 0.50 kg.planta⁻¹. Este se recomienda por generar el mejor resultado en cuanto al rendimiento y beneficios netos.
- ✓ Darle continuidad al estudio de manera que se obtenga información sobre la afectación significativa del vermicompost sobre el crecimiento y rendimiento del nopal.
- ✓ Continuar con estudios que permitan conocer el comportamiento del nopal bajo diferentes momentos de aplicación de vermicompost.

VII. LITERATURA CITADA

- Acuña, C. y Lara, C. 2001. Evaluación del comportamiento de dos cultivares clonales de Quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* L), en condiciones del REGEN UNA, Managua, Nicaragua, primera 2000 – 2001. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. UNA. 35 p.
- Alemán, F. 2004. Manejo de arvenses en el trópico. Imprimatur. 2^{ed}. Managua, Nicaragua. 164 p.
- Alonzo, B. y Cruz, O. 2006. Evaluación de diferentes densidades de siembra de nopal (*Opuntia ficus indica* L), en la comunidad de Buena vista Sur. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. UNA. 27 p.
- Barbera, G; Inglese, P. y Pimienta, E.1999. Historia e importancia económica y agro ecológica, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, Roma. 132 pp.
- Becerra, R., S. 1975. Eficiencia fotosintética del nopal (*Opuntia spp*) en relación a la orientación de sus cladodios. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.
- BIOAGRO. (Biofertilizantes de Uruguay, UY) 2010. Compost de lombriz. Montevideo, Uruguay. Disponible en línea. Consultado 22 mayo 2010. En [www. Bioagro. Com. Uy/ compost_ de_ lombriz. Html](http://www.bioagro.com.uy/compost_de_lombriz.html).
- Blanco, M. 2009. Seis años de investigación en nopal (*Opuntia ficus- indica* L. Miller), en Diriamba, NI. Recurso natural con oportunidad. LV Reunión Anual del PCCMCA. San Francisco de Campeche, MX. 179 p.
- ; Orue, R; Rojas E; Zeledón, A. y Cortez, N. 2008. Efecto de enmiendas nutricionales en el nopal (*Opuntia ficus- indica* L.), un recurso natural no explotado en Nicaragua. LIV Reunión Anual del PCCMCA. San José, Costa Rica. 284 p.
- ; Gutiérrez, C; Hernández, E. y Arauz, E. 2007. Distancias entre surco y su influencia sobre la maleza y el crecimiento y rendimiento del nopal (*Opuntia ficus- indica* L.) en Diriamba. LIII Reunión Anual del PCCMCA. Antigua, Guatemala. 129 p.
- Bravo, E; Piña, I. 1979. Algunos aspectos sobre la industrialización de los nopales.
- Cantwell, M. 1999. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. Pp. 126-143. Eds. Barbera, G. Inglese, P y Pimienta, E. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y protección vegetal, P. 132. Roma, IT.
- 1992. Aspectos de calidad y manejo postcosecha de nopalitos. eds.: Salazar, S. y López, D. conocimiento y aprovechamiento del nopal. 5to congreso Nacional y 3er Internacional. Memoria de resúmenes. UACH. Chapingo, México. 110 p.

- Corrales, F. 1993. Descripción y análisis de cosecha y manejo fresco de nopalitas. In: Salazar, S y López, D. Conocimiento y aprovechamiento del nopal. 5to Congreso Nacional y 3er Internacional. Memoria de resúmenes. UACH. Chapingo, México. 110 p.
- CYMMYT. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME). 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, Un manual metodológico de evaluación económica. ed. Rev. México, D.F. p 19-50.
- De la Rosa, J.P y Santana, D. 1998. El nopal: usos, manejo agronómico y costos de producción en México. CNAZA- UACH. Chapingo, México. 183 p.
- García, T. y Espinoza, M. 2000. Efecto de bioabono sobre el área fotosintéticamente activa, producción de cladodios y eficacia de recuperación de Nitrógeno en un cultivo de tuna (*Opuntia ficus- indica* L.) en el primer año pos plantación. Universidad de Chile, 2000. Casilla 1004, Santiago, Chile. 96 p.
- González. J y Mendieta, E. 2010. Efecto de diferentes dosis de compost en época seca sobre el rendimiento, crecimiento y rentabilidad del nopal (*Opuntia ficus indica*, L.), Diriamba, Carazo, 2009. Tesis, Ing. Agr. Managua, Nicaragua. UNA. 39 P.
- Gutiérrez, C. y Hernández, H. 2008. Estudio de cuatro distancias entre surco y su influencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo del nopal (*Opuntia ficus- indica* L. Miller), en Diriamba, Nicaragua. Tesis, Ing. Agr. Managua, Nicaragua. UNA. 28 p.
- Granata, G. 1999. Agroecología, cultivo y usos del nopal: Enfermedades bióticas y abióticas. In: Barbera, G. Inglese, P y Pimienta, E. eds. FAO, Producción y protección vegetal. Boletín 132. Pp. 115- 121.
- Glinski. J; Steoniewski. 1985. Soil aeration and its role for plants. CRC Pres. Boca Ratón, FL. 6 pp.
- FAO/OMS. (Organización de las naciones unidad para la agricultura y la alimentación, IT. Organización Mundial de la salud U.S). 1993. Worldwide *Codex* standard for Nopal. Codex Stan 185-1993. Codex Alimentary. Volume five B. Tropical fresh fruits and vegetables.
- FAO. (Organización de las naciones unidad para la agricultura y la alimentación, IT). 2003. El Nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Eds. Candelario, J. p. 16 - 63.
- Flores, C. y Aguirre, J. 1992. Perspectivas de industrialización del nopallito y tuna. Memorias del quinto congreso Nacional y tercer congreso internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. UACH-CONACYT. Chapingo, Estado de México, México.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI). 2009. Datos de precipitación mensual total en milímetros Estación Meteorológica Aeropuerto Augusto C. Sandino. Managua, Nicaragua.

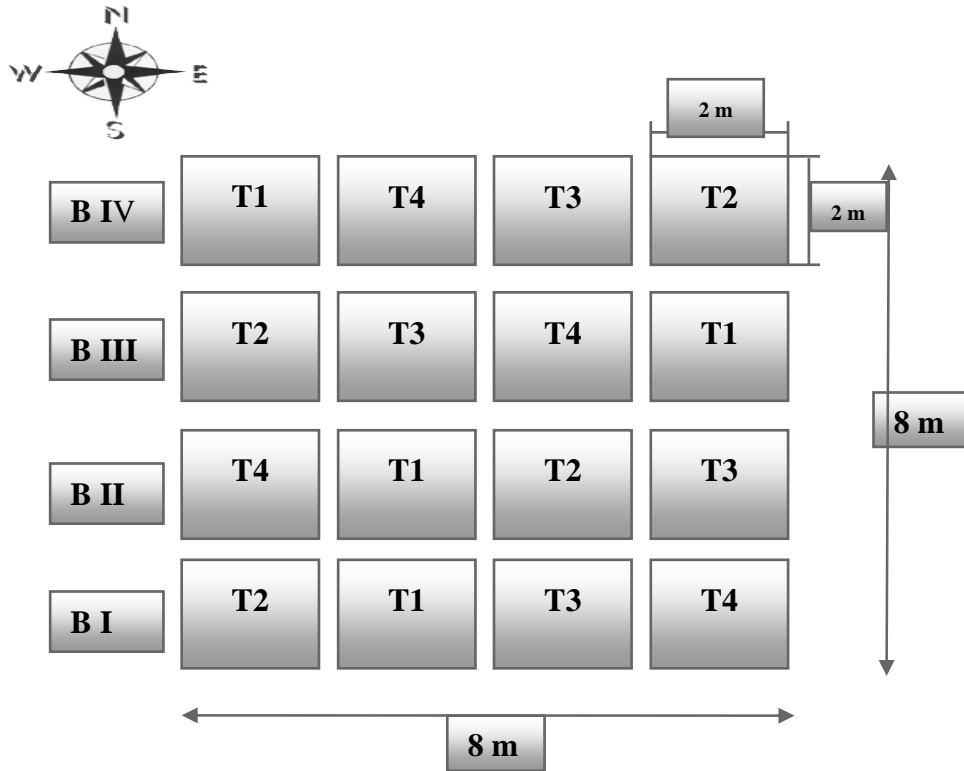
- INIFAP (Instituto de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, ME). 2010. Tecnología de producción para la rehabilitación de plantaciones avejentadas de nopal tunero en el Altiplano de San Luis, Potosí. Tecnología N. 47. 5PP.
- Kausch, W. 1965. Beziehungen zwischen wurzelwachstum, traspiration and CO₂ – Gaswechsil beieinigen kakteen. Plant, 66: 229 – 238.
- Le Houérou, H.N. 1996. The role of cacti (*Opuntia sp.*) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean basin. Journal of Arid Enviroments 33:135-159.
- LABSA (Laboratorio de suelos y agua). 2009. Análisis físico y químico de suelo para el área del ensayo de nopal. UNA, Managua, Nicaragua. 2 p.
- LABSA (Laboratorio de suelos y agua). 2009. Análisis químico de vermicompost para el ensayo de nopal. UNA, Managua, Nicaragua. 2 p.
- Landero, F. y Cruz, E. 2005. Adaptación del nopal (*Opuntia ficus- indica* L.) en la zona seca de Diriamba, Carazo, para la producción de nopal verdura. Tesis, Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 17 P.
- Legall, J.R; Dicovski, Rioboo, L.E.; Valenzuela Castellón, Z.I. 2000. Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales, Escuela de agricultura y ganadería de Estelí. Estelí, Nicargua.19pp.
- Loza, Álvaro, 1997. Guía para el cultivo de nopal bajo condiciones de temporal en el estado de Tlaxcala. Folleto técnico N 8. INIFAP-Fundación Produce Tlaxcala, México.33 pp.
- Méndez, J., Talavera, D., y García, E. 2007. Identificación y control de las enfermedades más comunes en el nopal. VI Simposio - Taller Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Sureste de México 7 y 8 de Diciembre 2007 Marini, N.L., México. Edición Especial 14- 2008. Revista Salud Pública y Nutrición.
- Melgarejo, P. 2000. Tratado de fruticultura para zonas áridas: el medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal. Madrid, ES, edit. Mundiprensa. v. 1, p. 297- 300
- Mir, U.M. 1997. Instrucciones para el cultivo del nopal y la cría de la grana cochinilla, Aplicar en centro y sur América. ed. Nocheztlicali. Barcelona, España. 44 p.
- Miranda, O. 2002. Presupuestos parciales para la administración de fincas. Estación experimental Agropecuaria, San Juan. INTA, Argentina. Hoja informativa para el sector agropecuario. Serie Economía y Administración, N 2. p 2.
- Moncada, J. M. 2007. Granos básicos en riesgos por cambio climático. La Prensa. 1 Febrero 2007. Managua, Nicaragua. P 7B

- Nobel, P. S., 1991. Environmental productivity indices and productivity for *O. ficus-indica* under current and elevated atmosphere CO₂ levels. *Plant and cell environmental*.14: p. 637 – 646.
- Nobel, P. S. 1982. Orientation of terminal cladodes of plant *Opuntia*. *Bt. Gz. Cambridge, Massachusetts*. 143 (2): 2-9-224.
- , Castañeda. 1998. Seasonal, light, and temperature influences on organ initiation for unrooted cladodes of the prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L.). *Amer. Soc. Hort. Sci.* 123 (1): 47- 51 pp.
- Orúe, R. y Rojas, E. 2008. Efecto de enmiendas orgánicas sobre el rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) Diriamba, Carazo, 2008. Tesis UNA, Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 29 pp.
- Orona, I., Rivera, M., Troyo, E., Espinoza, J.J., Flores, A. 2002. Productividad del agua en nopal (*Opuntia* spp) bajo riego por goteo. Folleto científico No. 12. INIFAP CIBNOR – SIMAC. Gómez Palacio, Durango.
- Pimienta, E. 1998. El nopal tunero: Descripción botánica, uso e importancia económica. IN GERMEN, SOMEFI. N° 7. Texcoco, México. Pp. 10-12.
- , 1997. El nopal en México y el mundo. In: *cactácea, suculentos mexicanos*. CVS publicaciones, México. p. 22.
- , 1990. El nopal tunero. Universidad Autónoma de Guadalajara. Jalisco, México. 235 p.
- Perdomo, A. L. 2000. Recomendaciones técnicas acerca del uso del humus de lombriz en los cultivos de ciclos corto: maíz, sorgo y hortalizas. Editorial pueblo y educación. La Habana, Cuba. 180 p.
- Ríos, J y Quintana, V. 2004. Manejo general del cultivo del nopal. Institución de enseñanza e investigación. Puebla, México. 81 pp.
- Sáenz, C. 2006a. Características y composición química de los nopales. P 7-13. In Berger, H; Corrales, Galletti, L y García, V. eds. *Utilización agroindustrial del nopal*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 162 p.
- , 2006b. Los nopales como recurso natural. Pp. 1-6. In: Berger, H; Corrales, G; Galletti, L y García, V. eds. *Utilización agroindustrial del nopal*. Boletín de servicios Agrícolas de la FAO, 162 P.
- , 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. p. 211- 222. In: Esparza, G; Valdez, R. y Méndez, S. eds. *El nopal, tópicos de la actualidad*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

- 1999. Elaboración de alimentos y obtención de subproductos. Pp 114-150. In: Barbera, G; Inglese, P. y Pimienta, E. eds. Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y protección vegetal, 132. Roma.
- 1985. La tuna (*Opuntia ficus-indica* L) un cultivo con perspectivas. Alimentos. México. p. 47-49. Sáenz, C. 1985. La tuna (*Opuntia ficus indica*) un cultivo con perspectivas. Alimentos. México. p. 47-49.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Plant physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City, California. 282-367.
- Vásquez, A. R; Valdez, C. R; Blanco, M. F. 2008. Riego y fertilización del nopal verdura. VII Simposio- Taller: Producción y aprovechamiento del nopal en el Noreste de México. 24 y 25 de octubre 2008. Mina, N.L, México. Universidad Autónoma, Nuevo León, México. 18 p.
- Vásquez, V. C; Zúñiga, T. R; Orona, C. I; Murillo, A; Salazar, S.E, Vásquez, R. 2007. Análisis del crecimiento radical en cuatro variedades de nopal (*Opuntia ficus indica* L.) Universidad Juárez del Estado de Durango. Centro de Investigaciones Biológicas del Norte, ME. C.P.23090. P 86.
- Villalobos, M. 2006. Nopalitos, Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Departamento de ciencias de plantas. Universidad de California, Davis, CA. 9561.

VIII. ANEXOS

1. Plano de campo



| Tratamiento | Dosis (kg.planta ⁻¹) |
|-------------|----------------------------------|
| 1 | 0.50 |
| 2 | 0.75 |
| 3 | 1.00 |
| 4 | 1.25 |

2. Análisis de varianza para la variable, numero de brotes a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus-indica* Miller. L), UNA, Managua, 2009.

| F de V | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| Tratamiento | 0.79 ^{NS} | 0.16 ^{NS} | 1.46 ^{NS} | 0.59 ^{NS} | 0.65 ^{NS} | 0.88 ^{NS} | 0.02 ^{NS} | 0.84^{NS} |
| Bloque | 0.53 ^{NS} | 1.53 ^{NS} | 0.52 ^{NS} | 2.96 ^{NS} | 0.41 ^{NS} | 2.32 ^{NS} | 0.98 ^{NS} | 2.80^{NS} |
| C.V % | 51.11 | 36.67 | 33.92 | 23.19 | 29.57 | 42.74 | 47.52 | 31.41 |

3. Análisis de varianza para la variable, longitud de brotes a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus-indica* Miller. L), UNA, Managua, 2009.

| | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tratamiento | 0.05 ^{NS} | 2.25 ^{NS} | 1.00 ^{NS} | 1.08 ^{NS} | 0.51 ^{NS} | 0.08 ^{NS} | 1.87 ^{NS} | 1.19 ^{NS} |
| Bloque | 0.58 ^{NS} | 1.26 ^{NS} | 0.16 ^{NS} | 0.68 ^{NS} | 0.31 ^{NS} | 0.20 ^{NS} | 0.64 ^{NS} | 1.00 ^{NS} |
| C.V% | 29.84 | 20.41 | 30.83 | 13.57 | 14.74 | 24.55 | 13.41 | 21.89 |

4. Análisis de varianza para la variable, ancho de brotes a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus- indica* Miller. L), UNA, Managua, 2009.

| | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Tratamiento | 0.03 ^{NS} | 2.39 ^{NS} | 0.37 ^{NS} | 0.45 ^{NS} | 0.79 ^{NS} | 0.10 ^{NS} | 1.18 ^{NS} | 1.05 ^{NS} |
| Bloque | 0.88 ^{NS} | 1.03 ^{NS} | 0.51 ^{NS} | 1.79 ^{NS} | 0.53 ^{NS} | 0.12 ^{NS} | 0.90 ^{NS} | 0.41 ^{NS} |
| C.V % | 28.43 | 20.25 | 27.75 | 10.01 | 14.64 | 27.21 | 19.61 | 24.10 |

5. Análisis de varianza para la variable, brotes a cosecha a los 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus - indica* Miller. L), UNA, Managua, 2009.

| F de V | Sc | GL | CM | Fc | F 5% |
|--------------------|--------|----|-----------|---------|------|
| Tratamiento | 12.28 | 3 | 4.09 | 0.39 NS | 3.29 |
| Bloque | 22.35 | 3 | 7.45 | 0.71 NS | 3.29 |
| Error | 94.32 | 9 | 10.48 | | |
| Total | 129.55 | 15 | CV 51.96% | | |

6. Análisis de varianza para la variable, Rendimiento (kg ha^{-1}) a los 120 días después de la siembra bajo la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus-indica* Miller. L), UNA, Managua, 2009.

| F de V | Sc | GL | CM | Fc | F 5% |
|--------------------|------|----|-----------|---------|------|
| Tratamiento | 0.21 | 3 | 0.07 | 0.53 NS | 3.29 |
| Bloque | 0.51 | 3 | 0.17 | 1.30 NS | 3.29 |
| Error | 1.24 | 9 | 0.13 | | |
| Total | 1.96 | 15 | CV 60.09% | | |

7. Registro de precipitación mensual promedio (mm) de la Estación Aeropuerto Internacional Managua, Nicaragua (INETER, 2009).

| Año | En. | Feb. | Mar | Ab. | May. | Jun. | Jul. | Ag. | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------|-----|------|-----|-----|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|
| 2009 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 91.3 | 171.1 | 106.6 | 75.3 | 107.4 | 163.2 | 63.4 | 17.8 |
| 2010 | 0.0 | | | | | | | | | | | |

8. Registro de temperatura promedio mensual ($^{\circ}\text{C}$) en de la Estación Aeropuerto Internacional Managua, Nicaragua (INETER, 2009).

| Año | En. | Feb. | Mar. | Ab. | May. | Jun. | Jul. | Ag. | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| 2009 | 26.8 | 27.8 | 27.8 | 29.3 | 29.0 | 27.5 | 27.3 | 27.4 | 28.1 | 27.4 | 26.8 | 27.1 |
| 2010 | 27.0 | | | | | | | | | | | |

9. Características químicas del vermicompost utilizada en el cultivo del nopal en la UNA, Managua, 2009.

| Identificación | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Cu | Mn | Zn | % Humedad |
|---------------------|------|------|------|------|------|-----|----|-----|-----|--------------|
| | % | | | | | ppm | | | | |
| Vermicompost | 1.31 | 1.05 | 0.64 | 1.90 | 0.40 | 232 | 65 | 510 | 120 | 82.91 |