



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Efecto de diferentes dosis de compost sobre el crecimiento, rendimiento y rentabilidad en el cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.), Las Esquinas, Carazo, 2010

AUTORES

Br. Yader José Jarquín Calderón

Br. Oniss Osmar Lagos Gutiérrez

ASESORES

Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro

Ing. Agr. Norman Cruz Vela

Managua, Nicaragua

Octubre, 2012



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Graduación

Efecto de diferentes dosis de compost sobre el crecimiento, rendimiento y rentabilidad en el cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.), Las Esquinas, Carazo, 2010

AUTORES

Br. Yader José Jarquín Calderón

Br. Oniss Osmar Lagos Gutiérrez

ASESORES

Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro

Ing. Agr. Norman Cruz Vela

Presentado a la consideración del honorable tribunal
examinador como requisito para optar al grado de Ingeniero
Agrónomo

**Managua, Nicaragua
Octubre, 2012**

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN		PÁGINA
	DEDICATORIA	i
	AGRADECIMIENTOS	iii
	ÍNDICE DE CUADROS	iv
	ÍNDICE DE FIGURAS	v
	ÍNDICE DE ANEXOS	vi
	RESUMEN	vii
	ABSTRACT	viii
I	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	3
	2.1 Objetivo general	3
	2.2 Objetivos específicos	3
III	MATERIALES Y MÉTODOS	4
	3.1 Ubicación y fechas de estudio	4
	3.2 Diseño Metodológico	4
	3.3 Manejo del ensayo	5
	3.4 Variables evaluadas	5
	3.4.1 Supervivencia	6
	3.4.2 Número de brotes	6
	3.4.3 Ancho de brotes	6
	3.4.4 Longitud de brotes	6
	3.4.5 Brotes totales y brotes a cosecha	6
	3.4.6 Rendimiento (kg ha ⁻¹)	6
	3.4.7 Análisis económico	6
	3.5 Análisis estadístico	6
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
	4.1 Efecto de las dosis de compost sobre la supervivencia	7
	4.2 Efecto de las dosis de compost sobre el número de brotes	8
	4.3 Efecto de las dosis de compost sobre el ancho de brotes	9
	4.4 Efecto de las dosis de compost sobre la longitud de brotes	10
	4.5 Efecto de las dosis de compost sobre el número de brotes totales y brotes a cosecha	11
	4.6 Efecto de las dosis de compost sobre el rendimiento	12
	4.7 Análisis económico	13
	4.7.1 Presupuesto parcial de las dosis de compost aplicadas en el cultivo de nopal	14
	4.7.2 Análisis de dominancia de las dosis de compost aplicadas en el cultivo de nopal	15
V	CONCLUSIONES	16
VI	RECOMENDACIONES	17
VII	LITERATURA CITADA	18
VIII	ANEXOS	21

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir, llenarme de bendiciones y esperanzas a lo largo de toda mi existencia y haber alcanzado una meta más en la vida.

A mi madre, Marcela Calderón Olivas por haber tenido toda la confianza en mí y haber estado conmigo en todo momento durante mis estudios y lograr el objetivo más grande de mi vida coronar una carrera universitaria.

A mis hermanos Wilmer, Alonso, Jerónimo, Nereyda y Karina por todo su apoyo y comprensión para la culminación de mis estudios.

A todos los docentes de Primaria de la Escuela Lolita Salazar; de Secundaria del Instituto Marista Padre Andrés Weller Kolbe en Condega y a todos los que estuvieron presentes en mi formación durante los cinco años de estudio en la Universidad Nacional Agraria.

Yader José Jarquín Calderón

DEDICATORIA

Este trabajo representa el esfuerzo logrado por culminar una de mis metas propuestas en el lapso de mi vida y por haber finalizado mi carrera universitaria dedico a:

Dios por haberme dado la sabiduría y salud para culminar mi tesis.

A mis padres: **Isabel Gutiérrez** y **Reymundo Lagos** quienes han sido el eje fundamental en mi formación profesional e impulsadora para alcanzar mi título.

A: **Jonny Albenis, Mirian Lisseth, Osman y Areth Lagos** mis hermanos por haberme apoyado incondicionalmente en finalizar mi tesis.

A: **Claudia Lorena Castillo** mi novia por inculcar el deseo de superación, confianza, apoyo y paciencia en todo momento de mi tesis.

Oniss Osmar Lagos Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

A nuestros asesores: Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro, Ing. Agr. Norman Cruz Vela, quienes han dedicado su valioso y esmerado tiempo, para orientarnos en nuestra finalización de nuestra investigación, agradeciendo fielmente por la paciencia, su apoyo generoso en regalarnos nuevos conocimientos, amistad brindada como docentes y guías en la elaboración de esta trabajo de tesis.

Al Dr. Arnulfo Monzón y familia, Ing. Agr. Roberto Larios, Ing. MSc. Martha Gutiérrez, Sra. Carolina Padilla, Ing. Hugo René Rodríguez, Lic. Liana Elisa Altamirano que de manera incondicional nos brindaron su apoyo y colaboración por regalarnos un espacio de su debido tiempo para finalizar nuestro trabajo de diploma. A ellos gracias.

A la Universidad Nacional Agraria, en especial a la Facultad de Agronomía, la Dirección de Servicios Estudiantiles, a todos los profesores que nos ayudaron en nuestra formación profesional y al centro de documentación agropecuaria (CENIDA) que contribuyó con la información requerida para la elaboración de este trabajo.

Al señor Silvio López por brindarnos el lugar (Ecolote Ave María, Las Esquinas Carazo) para el establecimiento del ensayo.

Yader José Jarquín Calderón
Oniss Osmar Lagos Gutiérrez

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

	PÁGINA
1. Análisis químico de suelo, en Las Esquinas Carazo, 2010.	4
2. Descripción de los tratamientos y dosis que fueron aplicados en el nopal en Las Esquinas Carazo, 2010.	4
3. Datos generales del cultivo de nopal establecido en Las Esquinas Carazo 2010.	12
4. Presupuesto parcial de las dosis de compost en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo, 2010.	13
5. Análisis de dominancia de las dosis de compost en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo, 2010.	14
6. Análisis marginal de las dosis de compost en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo, 2010.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Supervivencia de las plantas de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.	7
2. Número de brotes por hectárea en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.	8
3. Ancho de brotes por planta (cm), en el cultivo de nopal, Las Esquinas, Carazo 2010.	9
4. Longitud de brotes (cm), en el cultivo de nopal, Las Esquinas Carazo 2010.	10
5. Brotes totales y brotes comerciables por hectárea del cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.	11
6. Efecto de las dosis de compost sobre el rendimiento en el cultivo de nopal, Las Esquinas Carazo 2010.	12

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Plano de campo del cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.	21
2. Glosario de términos del cultivo de nopal	22

RESUMEN

El nopal (*Opuntia ficus-indica* (L)) es una planta perteneciente a la familia de las Cactáceas que sobrevive en zonas áridas y semiáridas. En Nicaragua la problemática de erosión, generando gran variabilidad genética y posibilidades de adaptabilidad no requiere de mucha agua para su cultivo siendo una alternativa para zonas que están teniendo problemas por bajos rendimientos debido al empobrecimiento paulatino de los suelos, la falta de alimento humano y animal hace de este cultivo una planta importante para resolver estos problemas de hoy en día. El ensayo se estableció el 19 de mayo del 2010 en la finca Ecolote Ave María, ubicada en Las Esquinas Carazo, en el km 37 ½ carretera Managua, San Marcos Carazo donde se estableció en un diseño de Bloque Completamente al Azar (BCA), con 4 repeticiones y seis tratamientos (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5), kg de compost por planta, el área de estudio comprendió 117 m² considerada como el área experimental. Al realizar un análisis de los datos tomados en campo con una duración de 4 meses las variables evaluadas no presentan un comportamiento normal por esta razón se utilizó la técnica no paramétrica Kruskal Wallis, demostrando que no existen diferencias estadísticas significativas en ninguna de las variables evaluadas en el ensayo; sobrevivencia, número de brotes, ancho de brotes, longitud de brotes, brotes totales y brotes a cosecha y rendimiento en cuanto a las aplicaciones de compost. Determinando así que la aplicación de compost no influyó en los rendimientos obtenidos en el experimento.

Palabras clave: zona árida, semiáridas, nutrición.

ABSTRACT

The prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L)) is a plant belonging to the family of Cactaceas that survive in arid and semiarid regions. In Nicaragua the problem of erosion, lack of food and feed crop makes this an important plant to solve these problems now becoming eroded and unproductive land into fertile land for crops and livestock feed, human food, nutrition and health living things. The assay was established on May 19, 2010 on the farm Ecolote Ave Maria, located in Carazo Corners, on the road 37 ½ km Managua, San Marcos, Carazo, where he settled on a design of randomized complete block (RCB) with 4 replications and six treatments (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5), kg of compost per plant, the study area included 117 m² considered the experimental area. When performing an analysis of data collected in the field with a duration of 4 months, the variables do not present an abnormal behavior for which was determined to perform the non-parametric analysis Kruskal Wallis demonstrating that there are not statistically significant differences in any of the variables evaluated in the assays such as survival, number of shoots, shoot width, length of shoots, buds and harvest and total yield in terms of application of compost. Thereby determining that the application of compost did not influence the yields obtained in the experiment.

Keywords: arid zones, semiarid, nutrition.

I. INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia ficus-indica* L) es una planta perteneciente a la familia de las Cactáceas que sobrevive en zonas áridas o semiáridas, en México se encuentra la mayor diversidad genética y una de las mayores superficies cultivadas de nopales en el mundo.

Pimienta (1994) afirma que este cultivo tiene un papel ecológico importante ya que detiene la degradación de suelos deforestados, es utilizado como cercas vivas y plantas ornamentales. Melgarejo (2000) afirma que el mismo cultivo transforma las tierras erosionadas e improductivas en tierras fértiles para el cultivo, además de que es una planta que posee alto grado de resistencia a la sequía, altas temperaturas y adaptabilidad a suelos poco fértiles.

La constitución morfológica le permite poseer resistencia a la sequía y a cambios climáticos, estas plantas resuelven el problema de pérdida de agua durante la fotosíntesis ya que al abrir sus estomas sólo durante la noche la temperatura es menor y la humedad del ambiente es comparativamente alta, de manera que el mecanismo CAM (Crasulacean Acidic Metabolism) le permite a la planta maximizar la eficiencia en el uso de agua, otra adaptación importante es la epidermis de los cladodios, que se encuentra revestida de una cutícula gruesa que le protege de la evaporación (Barbera, 1999).

El cultivo es desconocido en Nicaragua, hay pocos datos de manejo agronómico e información a nivel local, pero puede llegar a convertirse en una alternativa viable de gran relevancia para las poblaciones de las zonas secas y marginales como la región central y pacífico del país, ya que puede constituir la solución ante los efectos sociales, edáficos y económicos que se presentan en la actualidad. Investigaciones realizadas evidencian el gran potencial que el cultivo de nopal tiene para la producción de verdura fresca (consumo humano), presentando gran adaptabilidad en la zona del trópico seco del país como la región costera de Diriamba (Landeroy y Cruz, 2005).

El cultivo representa una alternativa para la dieta alimenticia tanto para humanos como animales, su importancia es ser fuente de alimento a bajo costo, las bondades radican en la diversidad de utilidades que posee tanto por su valor nutritivo como la adaptabilidad en diferentes zonas de Nicaragua, como forraje se puede producir 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 (Felker, 1999).

Blanco *et al.*, (2005), recomiendan impulsar el cultivo a otras zonas del país y con ello promover el consumo especialmente en el ganado bovino, ya que en la época seca es donde regularmente el ganado enfrenta crisis de alimentos, siendo un recurso naturalvalioso como suplemento de la alimentación animal y una alternativa para los productores. Boujghagh y Chajia (2001), afirman que el nopal es bien apreciado como forraje según estudios realizados en México.

El 78 % del nopal es comestible y en 100 g de peso de nopal fresco encontramos un alto contenido de calcio (93 mg), constituyéndose en un recetario que refleja la tradición y cultura de los distintos pueblos que durante miles de años usaron el nopal no solo para su supervivencia sino también como base económica, cultural y religiosa (Melgarejo, 2000).

Los estudios sobre las necesidades nutritivas del nopal son escasos, aunque se ha comprobado que la planta responde favorablemente a la fertilización, en zonas como México se emplea el estiércol como abono orgánico ya que se ha demostrado que mejora la estructura del suelo y a la vez aporta elementos minerales (Fernández y Saiz, 1990). En Nicaragua estudios realizados por Orúe y Rojas (2008), comprobaron que utilizando compost como enmienda nutricional se obtienen buenos rendimientos.

El compost tiene muchas ventajas en su empleo: constituye un material con mayor disponibilidad de nutrientes como (N, P₂O₅, K₂O, Fe^{2+,3+}, Mn²⁺, Cu), mejora la estructura del suelo, estimula la vida microbiana, es un abono proveniente de los recursos naturales y la tecnología de fabricación es sencilla (Gonzálvez, 1998).

Blanco *et al.*, (2008), demuestran que las semillas de nopal que aumentan significativamente el rendimiento, son aquellas fertilizadas con abonos orgánicos, entre ellos está el compost, en donde en el presente estudio se hará una evaluación sobre el comportamiento de la aplicación de niveles de compost para determinar que dosis en la zona de las Esquinas, Carazo favorecen al cultivo del nopal.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de compost sobre el crecimiento, en el cultivo de nopal.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la mejor dosis de aplicación de compost con el que se obtiene mayor crecimiento y rendimiento en kg ha^{-1} en el cultivo de nopal.
- Analizar la rentabilidad económica de las dosis evaluadas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y fechas de estudio

El ensayo se estableció en la finca Ecolote Ave María, propiedad del señor Silvio López, ubicada en el municipio de las Esquinas, en el kilómetro 37 ½ carretera Managua-San Marcos municipio de Carazo. Las coordenadas geográficas son 11° 22' 02'' latitud norte y 86° 21' 03'' longitud oeste, Ecolote se encuentra a una altura de 452 m, presenta temperaturas de 22 °C, precipitación promedio anual de 900 mm (INETER, 2009), suelo franco arenoso (UNA, 2010).

Para determinar algunos parámetros de la fertilidad de los suelos del área de estudio, se tomaron muestras de suelos para ser analizadas en el Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria (UNA, 2010). En el Cuadro 1 se presentan los resultados de dicho análisis.

Cuadro 1. Análisis químico de suelo en Las Esquinas Carazo, 2010

pH (H₂O)	MO %	N %	P ppm	K (meq/100g de suelo)	Ca (meq/100g de suelo)	Mg (meq/100g de suelo)
6.11	9.4	0.47	ND	0.57	14.85	3.03

Fuente: UNA, 2010.

Los datos reflejados en el Cuadro 1 se pueden interpretar de la siguiente manera: pH: ligeramente ácido, materia orgánica (MO): Alta, nitrógeno (N): Alto, fósforo (P): Bajo, potasio (K): Alto, calcio (Ca): alto, magnesio (Mg): alto, estos es según los rangos propuestos por Quintana *et al.*, (1983). El suelo se clasifica texturalmente como franco arenoso. (ND)

3.2 Diseño Metodológico

El ensayo se estableció en un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cuatro repeticiones y seis tratamientos, los cuales fueron distribuidos de manera azarizada al momento de la siembra.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos y dosis que fueron aplicados en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo, 2010

Tratamientos	kg de compost/planta
T1 (Testigo)	0.0
T2 (Compost)	0.5
T3 (Compost)	1.0
T4 (Compost)	1.5
T5 (Compost)	2.0
T6 (Compost)	2.5

El área experimental fue de 117 m², correspondiente a 13 m de longitud y 9 m de ancho. Los nopales fueron establecidos a una distancia de 1 m entre surco Gutiérrez y Hernández (2007) y 0.50 m entre plantas Alonso y Cruz (2006), logrando obtener una densidad poblacional de 221 plantas, de las cuales 72 fueron consideradas como parcela útil en todo el ensayo.

3.3 Manejo del ensayo

Antes de realizar la siembra se controló con machete las arvenses a fin de crear condiciones óptimas para el cultivo y evitar la competencia de las semillas de nopal con las arvenses que estaban presentes en el lugar de establecimiento del ensayo. Las semillas de nopal se establecieron de forma manual, se realizó el ahoyado con piochas, los hoyos se realizaron con una dimensión de 20 cm de profundidad por 30 cm de ancho. Se plantó 1/3 de la penca con la finalidad de que en caso de pudriciones se hubiera podido disponer de 2/3 partes para replantar como fracciones mínimas, de esta forma queda buena superficie de la planta para su reproducción y el área sembrada corresponde a una fracción suficiente para el arraigamiento y estabilidad de la planta (Vásquez *et al.*, 2007).

El ensayo se estableció el 19 de mayo del 2010; se plantaron 221 cladodios, de los cuales 72 fueron evaluados como parcela útil. La semilla que se utilizó para la siembra fue asexual compuesta de una postura de tres cladodios. Este tipo de postura genera mejores resultados en cuanto a la producción de nopalitas (Landeró y Cruz, 2005). La semillase obtuvo de la parcela experimental ubicada en la zona norte de la Universidad Nacional Agraria y la distancia adecuada para la siembra de dichas semilla fue de 1 m entre surcos y 0.5 m entre plantas (Blanco *et al.*, 2007).

Las aplicaciones de los tratamientos antes mencionados fueron al momento de la siembra sobre la superficie del suelo alrededor de la planta, se realizaron dos limpiezas de las malezas que se encontraron dentro del experimento la primera se realizó el 22 de junio del año 2010 y la segunda el 27 de agosto del mismo año. La cosecha se realizó a los 120 días después de la siembra (dds), de forma manual y antes que empezaran a lignificarse los brotes. El corte se realizó antes del mediodía, con el objetivo de aprovechar las bajas temperaturas de la mañana y con ello prolongar la vida útil de anaquel del producto (Ríos y Quintana, 2004).

Los instrumentos que se utilizaron en el levantamiento de datos fueron tabla de campo, hojas de tomas de datos, regla graduada de 30 cm, calculadora, lápiz de grafito, borrador, balanza y en el establecimiento y manejo del cultivo azadones, piocha, palín, machete, rastrillo y guantes.

3.4 Variables evaluadas

Luego de establecido el ensayo se realizaron 8 tomas de datos con una frecuencia de 15 dds durante un tiempo de 4 meses correspondientes a los 120 días que dura el período del cultivo hasta la cosecha. Las variables evaluadas fueron: sobrevivencia, número de brotes, ancho de brotes, longitud de brotes, brotes totales y brotes a cosecha, rendimiento y rentabilidad económica.

3.4.1 Sobrevivencia: Se observó la adaptabilidad a los factores climáticos que tiene el cultivo del nopal en la zona, calculando el número total de individuos muertos expresados en porcentaje con respecto a la población inicial de 72 plantas dentro de la parcela útil, durante 120 días que dura el período del cultivo.

3.4.2 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. Fueron contabilizados por tratamiento en cada una de las tres plantas que conformaban la parcela útil, este proceso se llevó a cabo cada 15 dds, los brotes constituyen la cantidad de material alimenticio o vegetativo disponible para la reproducción o material de consumo.

3.4.3 Ancho de brotes: Correspondió a las mediciones de cada uno de los brotes con una regla graduada en cm, midiendo la parte más ancha del brote y se realizó cada 15 días a partir de la fecha de siembra hasta los 120 días.

3.4.4 Longitud de brotes: Correspondió a las mediciones desde la base hasta el ápice del brote, con la regla graduada en cm y se realizó cada 15 días a partir de la fecha de siembra hasta los 120 días.

3.4.5 Brotes totales y brotes a cosecha: Los brotes totales es la cantidad de brotes que produce la planta desde el momento de la siembra hasta la cosecha. Los brotes a cosecha son aquellos que no están lignificados y no presentan daños mecánicos.

3.4.6 Rendimiento (kg ha^{-1}): Fue determinado a los 120 dds, en la cual se cortaron los cladodios totales comerciales y no comerciales y se pesaron por tratamiento, tomándose como cladodios comerciales aquellos que presentaron una longitud entre 10 a 20 cm y entre 5 a 15 cm de ancho, según Gibson y Nobel (1986), son los más aptos para la comercialización.

3.4.7 Análisis económico: Este se realizó con los resultados obtenidos en el ensayo de la cosecha y sirve para formular recomendaciones a partir de datos agronómicos ajustados a los objetivos y circunstancias del agricultor; se realizó por el método de presupuesto parcial el cual 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.

3.5 Análisis estadístico: Los tratamientos fueron sometidos a análisis estadísticos, análisis de varianza (ANDEVA) con un 95 % de confianza a las variables de Sobrevivencia, número de brotes, ancho de brotes, longitud de brotes, brotes totales y brotes a cosecha, rendimiento a través del método estadístico de datos no paramétricos Kruskal-Wallis, encontrando en todas las variables evaluadas al realizar el análisis no significancia estadística con ninguno de las dosis de compost aplicadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de las dosis de compost sobre la Supervivencia

La variable supervivencia refleja el número de plantas vivas encontradas durante el ensayo. Observando la adaptabilidad a los factores climáticos que tiene el cultivo del nopal en la zona de Las Esquinas, Carazo durante el año 2010, permitiendo así determinar que la supervivencia obtenida en el ensayo fue entre un 94 y 99 % como se muestra en la Figura 1.

Los tratamientos fueron aplicados al momento de la siembra y al realizar el análisis estadístico este demostró que las diferentes dosis de compost no generan diferencias estadísticas significativas para la variable ($p = 0.52$).

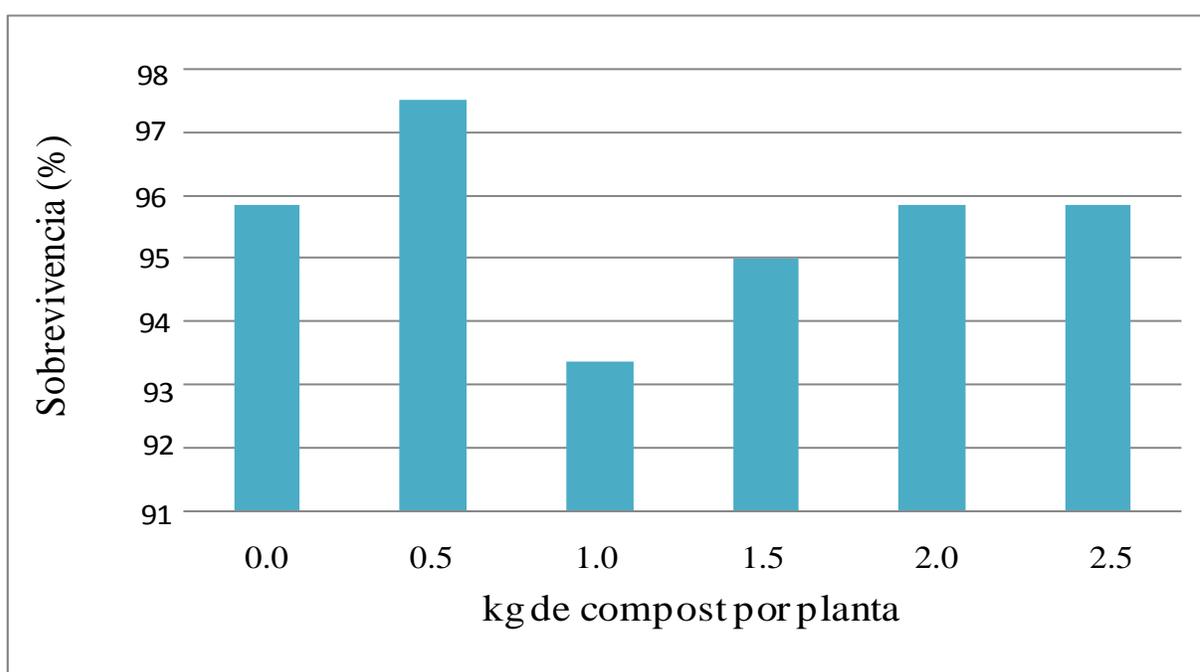


Figura 1. Supervivencia de las plantas de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.

Se demuestra que el interés por el cultivo del nopal se debe a su alto porcentaje de supervivencia, resistencia a la sequia, altas temperaturas y adaptabilidad a suelos poco fértiles y su alta productividad lo cual se debe a su alta eficiencia en cuanto al uso del agua. Melgarejo, en el 2000, sostiene que la planta de nopal es sensible a los suelos encharcados, por lo que en zonas con este riesgo, debe establecerse un drenaje adecuado.

Trabajos realizados por González y Mendieta (2010) en Diriamba y Garay y Granera (2009) en Managua revelan que el cultivo del nopal puede ser establecido en una gran parte de la zona del pacífico y central de Nicaragua. Nobel (1991), afirma que se puede cultivar 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.

4.2 Efecto de las dosis de compost sobre el número de brotes

La variable número de brotes constituyen la cantidad de material alimenticio o vegetativo disponible para la reproducción o material de consumo.

En etapas iniciales de crecimiento hay hojas verdaderas asociadas a las espinas, generalmente comienzan a caer en la etapa en que los nopalitas llegan a su madurez comercial, además de representar la productividad del cultivo el número de brotes también refleja la capacidad de brotación y la formación de nuevos órganos vegetativos de la planta (Fernández y Saiz, 1990).

La aplicación de las diferentes dosis de compost no generó significancia estadística en cuanto al número de brotes en ninguno de los tratamientos del ensayo mostrando ($p = 0.07$).

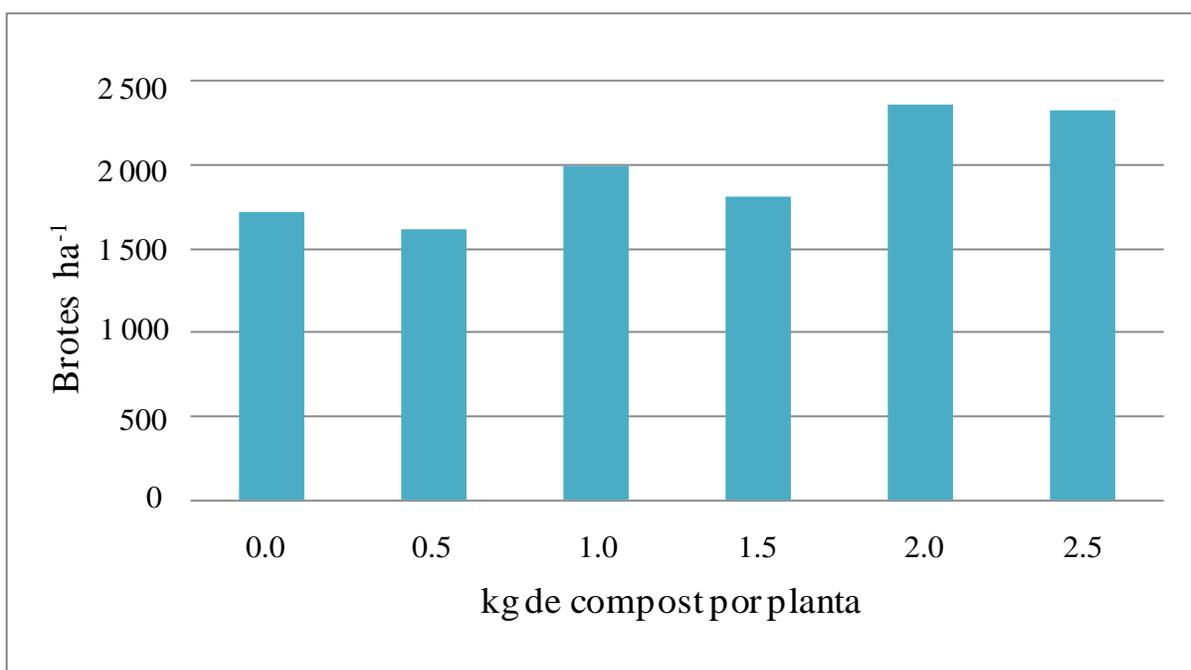


Figura 2. Número de brotes por hectárea en el cultivo del nopal en Las Esquinas Carazo 2010.

Investigaciones realizadas en nuestro país evidencian el gran potencial que el cultivo de nopal tiene como verdura fresca para consumo humano, presentando gran adaptabilidad en la región del Pacífico, Landero y Cruz (2005).

4.3 Efecto de las dosis de compost sobre el ancho de brotes

El ancho de brotes determina el área fotosintética activa, a una mayor área foliar contribuye a un aumento de los rendimientos al incrementar los niveles fotosintéticos por lo cual aumenta la biomasa producida (García, *et al.*, 2000).

La aplicación de las diferentes dosis de compost en el ensayo no generó significancia estadística en ninguno de los tratamientos aplicados al momento de la siembra ($p = 0.59$).

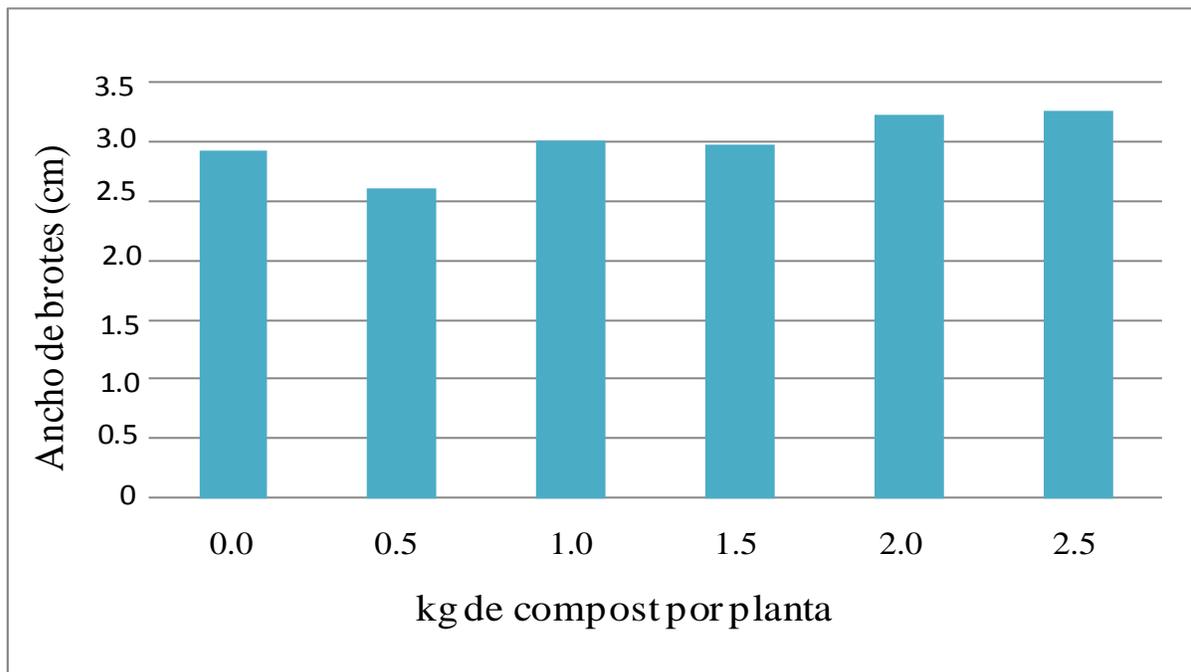


Figura 3. Ancho de brotes por planta (cm), en el cultivo de nopal, Las Esquinas, Carazo 2010.

Pimienta (1997), explica que el ancho de los brotes es una característica propia de cada variedad, por lo tanto no se encontraron diferencias numéricas de gran peso o significancias en la evaluación del ancho entre individuos de la misma variedad en nuestro caso de la *Opuntia ficus indica* en el cultivo del nopal.

4.4 Efecto de las dosis de compost sobre la longitud de brotes

El crecimiento de los brotes se realiza a través de las yemas vegetativas existente en la areolas, órgano característico de las Cactáceas, una vez que los brotes alcanzan su máxima longitud se lignifican y dan lugar a un nuevo cladodio permitiendo la ramificación de la planta.

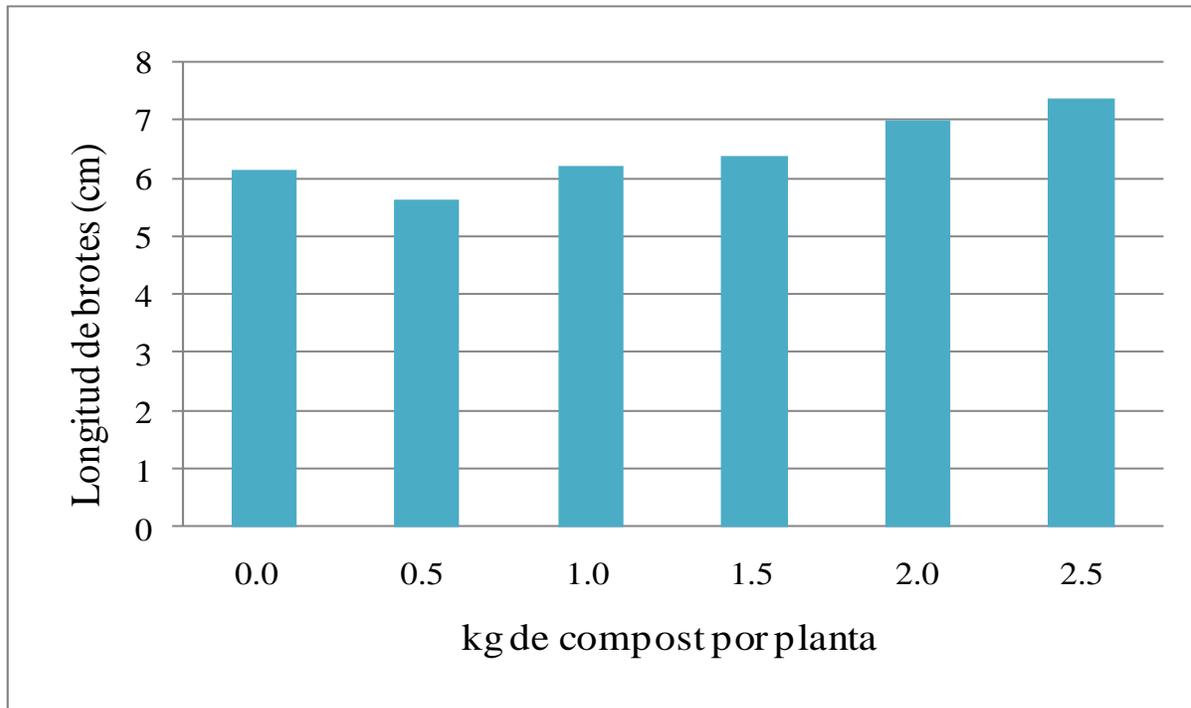


Figura 4. Longitud de brotes (cm), en el cultivo de nopal, Las Esquinas Carazo 2010.

La aplicación de las diferentes dosis de compost no genera significancia estadística para la longitud de brotes en ninguno de los tratamientos aplicados a la siembra ($p = 0.27$). 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.

4.5 Efecto de las dosis de compost sobre brotes totales y brotes a cosecha.

Esta variable permite comparar la cantidad de brotes que tenía la planta a los 120 dds considerándose como brotes totales y determinar la cantidad de brotes aptos para el consumo denominándosele como brotes a cosecha.

El nopal verdura como producto fresco, es un tejido vivo y está sujeto a cambios continuos entre el momento de cosecha y su consumo. Los nopalitos se cosechan comercialmente cuando están entre 15 y 20 cm de longitud cortándose en su base.

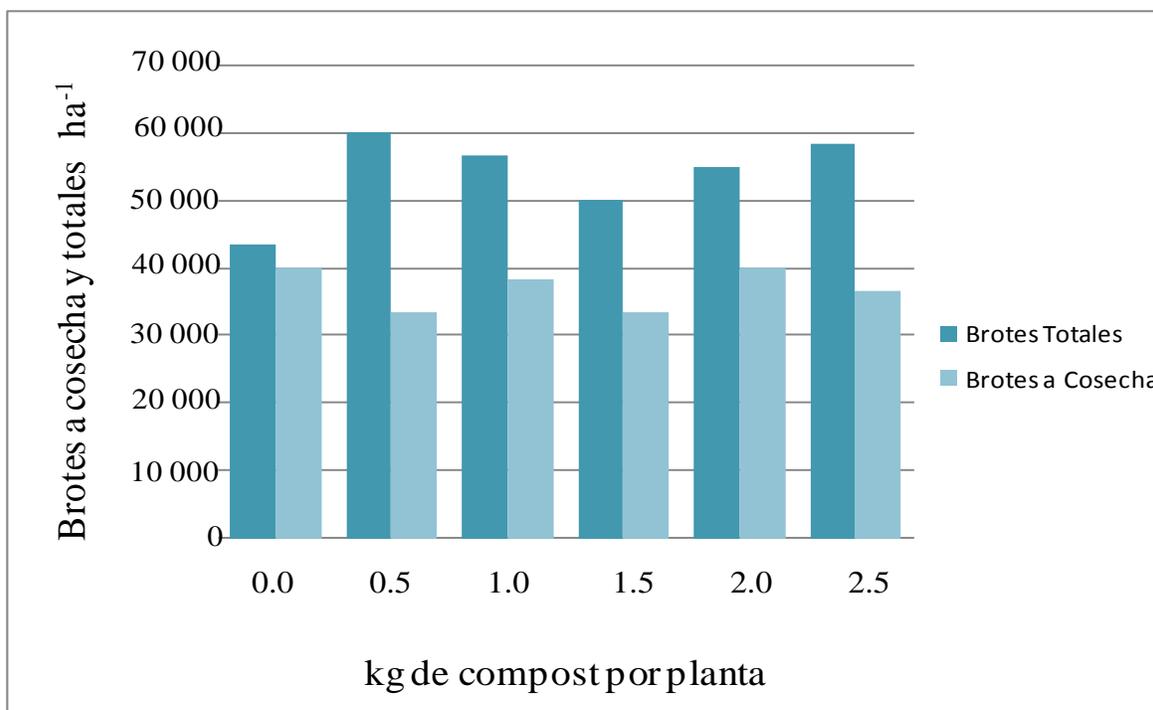


Figura 5. Brotes totales y brotes comerciales por hectárea del cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.

No existen diferencias estadísticas. Los resultados obtenidos con número de brotes a cosecha corresponde a los tratamientos testigo absoluto y 2.0 kg de compost por planta que presentan 40 000 brotes por ha; y los tratamientos con menor número de brotes a cosecha fueron el de 0.5 y 1.5 kg de compost por planta como se observa en la figura 5. Esto se debe a la absorción de nutrientes principalmente el nitrógeno las cuales tienen su relación con efectos fácilmente observables en las plantas como estimular el crecimiento vegetativo e incrementar la masa protoplasmática, sustancia que se hidrata fácilmente y produce succulenta foliar (kass, 1996). Por esta razón se incrementa los brotes totales, no así para los brotes a cosecha porque estos pasan a formar parte con estructura de cladodio.

4.6 Efecto de las dosis de compost sobre el rendimiento

Esta variable indica la capacidad de producción del cultivo alcanzada a los 120 dds donde se realizó el ensayo. El rendimiento del cultivo está en dependencia del manejo agronómico, condiciones edafoclimáticas y la nutrición aplicada.

La cosecha se realiza manualmente cortando la base del nopalito, utilizando tijeras de podar Cantwell (1999). Es recomendado utilizar esta práctica por las mañanas o por la tarde con el fin de evitar el alto contenido de acidez de los cladodios cosechados así como efectuarla de forma cuidadosa para evitar daños y disminuir las pérdidas de postcosecha.

Los nopales frescos de buena calidad se caracterizan por ser delgados turgentes y de un color verde brillante. El nopal requiere un bajo nivel de energía y de agua para obtener rendimientos satisfactorios y por ello tiene una mayor significancia agronómica para tierras áridas y semiáridas (Fernández y Saiz, 1990).

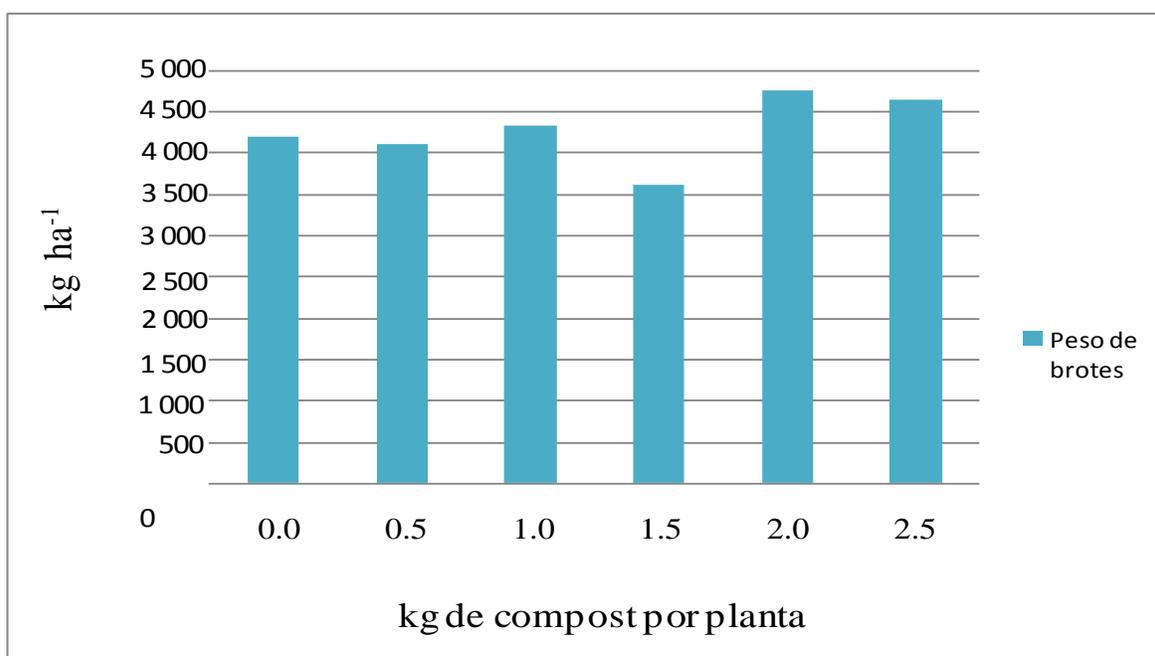


Figura 6. Efecto de las dosis de compost sobre el rendimiento en el cultivo de nopal, Las Esquinas Carazo 2010.

La aplicación de las diferentes dosis de compost no genera significancia estadística en el rendimiento (kg ha⁻¹) para ninguno de los tratamientos en el cultivo de nopal ($p = 0.99$). Obteniendo un comportamiento similar todos los tratamientos aún en aquel donde no se le aplica ninguna cantidad de compost, el testigo absoluto.

La calidad de la materia orgánica depende de los materiales de origen y del grado de estabilización; materiales con un alto contenido de materia orgánica altamente estable o de lenta descomposición contribuye a que los nutrientes sean pocos asimilados por la planta. (Brown, y Chaney, 2000).

En general, se considera que la Inmovilización de nitrógeno del suelo con el agregado de este tipo de material se debe al hecho de que presentan relaciones C/N muy altas; y que elementos ligados a la materia orgánica su disponibilidad no es inmediata ya que requiere de una mineralización previa y se indica que la velocidad de esta varía de 6 a 12 meses según Kass, (1996).

Quintana (1983), señala que una relación C/N de 15:1 es considerada muy alta esto indica poca habilidad para producir nitratos y compuestos minerales que son las únicas formas de ser asimilados por las plantas.

4.7 Análisis económico

Cuadro 3. Datos generales del cultivo de nopal establecido en Las Esquinas Carazo 2010

Tratamiento	Dosis kg de compost/planta	Nº de aplicaciones	Rendimiento kg ha ⁻¹
1	-	-	4201.33
2	0.5	1	4106.67
3	1.0	1	4332.00
4	1.5	1	3607.33
5	2.0	1	4754.00
6	2.5	1	4646.00

Precio del compost: C\$ 2.20 el kg

Precio del nopal en campo: C\$ 20.00 el kg

Densidad de planta: 20 000 plantas ha⁻¹

Costo del día de trabajo: C\$ 80.00

4.7.1 Presupuesto Parcial de las dosis de compost aplicadas en el cultivo de nopal

Según CIMMYT (1988), el presupuesto parcial es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.

Cuadro 4. Presupuesto parcial de las dosis de compost en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo, 2010

Componentes	Tratamientos (kg de compost/planta)					
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	4 201.33	4 106.67	4 332.00	3 607.33	4 754.00	4 646.00
Ajuste del rendimiento	3 781.20	3 696.00	3 898.80	3246.60	4278.60	4181.40
Beneficio bruto	75 623.90	73 920.10	77 976.00	64 931.90	85 572.00	83628.00
Costo del fertilizante (C\$ ha ⁻¹)	-	22 000.00	44 000.00	66000.00	88000.00	110000.00
Costo de aplicación (C\$ ha ⁻¹)	0.00	320.00	480.00	640.00	800.00	960.00
Total de costos que varían	0.00	22320.00	44 480.00	66640.00	88800.00	110960.00
Beneficio neto (C\$ ha ⁻¹)	75 623.90	51 600.10	33496.00	-1708.06	-3228.00	-27332.00

En el Cuadro 4 se presentan los datos del análisis del presupuesto parcial del ensayo donde se presentan los rendimientos en kg ha⁻¹ de los tratamientos; seguido del ajuste del rendimiento reducidos a un 10% que muestra la diferencia del rendimiento experimental y el que el agricultor logra con ese tratamiento. Se presenta el beneficio bruto de cada tratamiento, después el costo del fertilizante que se aplica a cada tratamiento, y el costo de la aplicación. Para este caso el mayor costo variable lo tiene el tratamiento 2.5 kg de compost por planta con 110 960 córdobas por hectárea, con la diferencia de que este mismo tratamiento refleja un beneficio neto negativo de 27 332 córdobas por hectárea.

El menor costo variable se da en el tratamiento 0.5 kg de compost por planta con 22 320 córdobas por hectárea. El beneficio neto mayor en todos los tratamientos fue el que no se hizo ninguna aplicación de compost (testigo) presentado 75 623.9 córdobas por hectárea, en segundo lugar está el tratamiento 0.5 kg de compost por planta determinando 51 600.1 córdobas por hectárea, seguido del tratamiento 1.0 kg de compost por planta con 33 496 córdobas por hectárea el resto de tratamientos muestran beneficio netos debajo de cero lo cual evidencia que los rendimientos de estos tratamientos son bajos y los beneficios netos no logran superar los costos variables.

4.7.2 Análisis de dominancia de las dosis de compost aplicadas en el cultivo de nopal

Para realizar el análisis de dominancia el CIMMYT (1988), plantea que primero se ordenan los tratamientos de menores a mayores según el total de costos que varían, determinando así que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

Cuadro 5. Análisis de dominancia de las dosis de compost en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo, 2010

Tratamientos	Costos variables	Beneficio Neto	Dominados
0.0	0	75 623.90	ND
0.5	22 320.00	-51 600.10	D
1.0	44 480.00	-33 496.00	D
1.5	66 640.00	-1 708.06	D
2.0	88 800.00	-3 228.00	D
2.5	110 960.00	-27 332.00	D

En el Cuadro 5 se muestra el resultado del análisis de dominancia realizado a las seis dosis de compost aplicadas en el ensayo mostrando que solo el testigo resulta ser no dominados por ser el beneficio neto que se obtiene de este mayor que el costo variable, por tal razón descarta los demás tratamientos y no se aplica el análisis marginal.

V. CONCLUSIONES

Las aplicaciones de las dosis de compost aplicados no generaron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas: sobrevivencia, número de brotes, ancho de brotes, longitud de brotes, número de brotes totales y brotes a cosecha y rendimiento, en el cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.

Existe adaptabilidad del cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo obteniéndose una sobrevivencia entre un 94 y 99 %.

El análisis económico realizado a las tecnologías evaluadas demuestra que ninguna de las dosis de compost es viable para el productor ya que la tasa de retorno marginal nos da un valor de -1.07, indicando que la inversión no es factible.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios en condiciones similares para determinar posibles diferencias en las variables evaluadas

Realizar análisis de compost y del suelo antes de establecer un ensayo experimental para determinar la influencia que ejercen estos sobre el cultivo.

Darle continuidad a estudios experimentales que permitan conocer el comportamiento del nopal con otras dosis de compost y en otras zonas secas del país.

Utilizar material de siembra uniforme en tamaño y peso para disminuir la variación entre los tratamientos aplicados.

Desde el punto de vista económico el agricultor no debe sembrar nopal utilizando las dosis de 0,5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 kg/compost/planta en la zona de las esquinas Carazo, porque la inversión que se hace para producir no supera los costos ni utilidad de lo invertido.

VII. LITERATURA CITADA

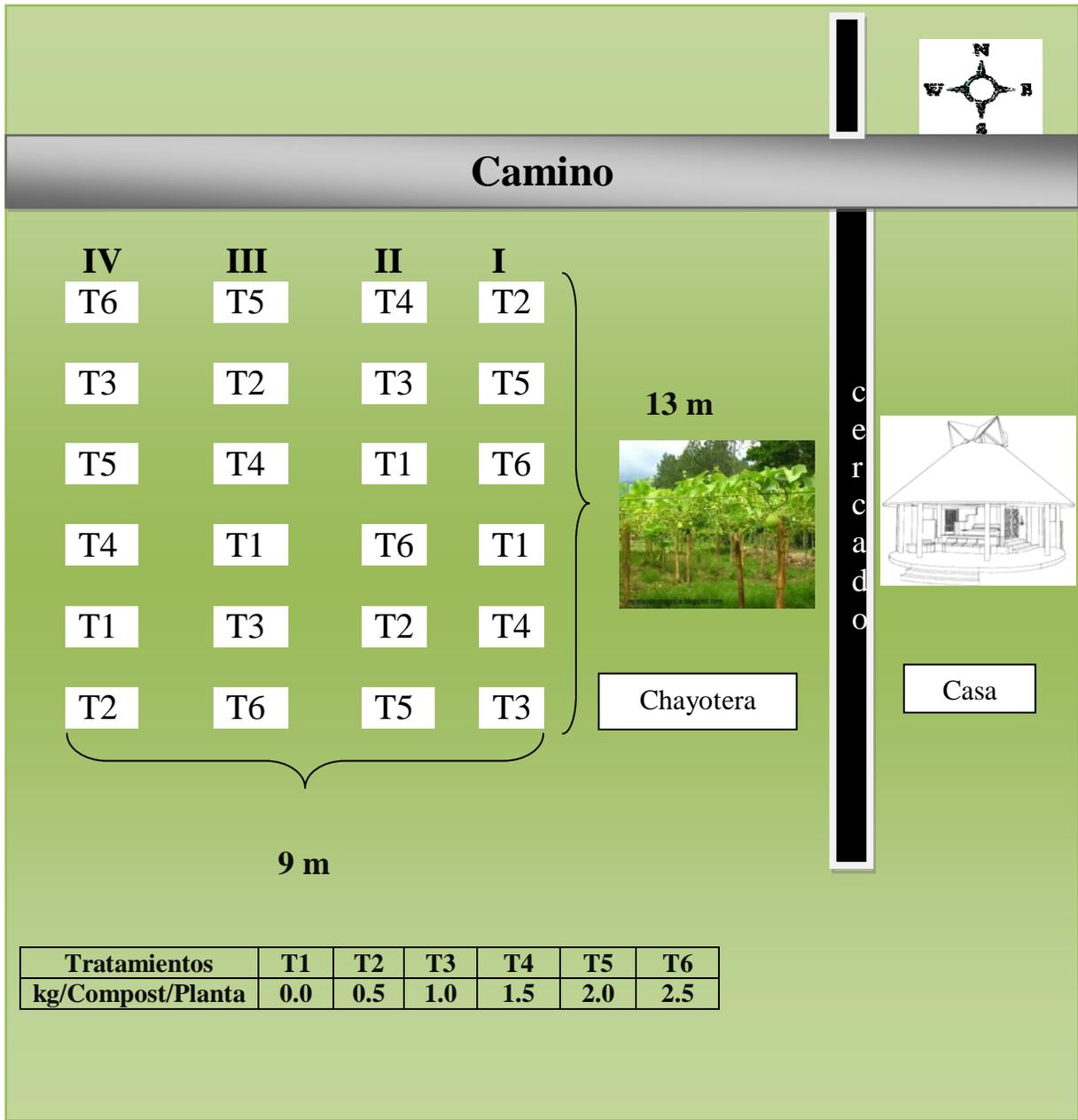
- Alonso, B;** Cruz, O. 2006. Evaluación de diferentes densidades de siembra de nopal (*Opuntia ficus- indica* L.) en la comunidad de Buena Vista Sur. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 15 p.
- Barbera, G.** 1999. Historia e importancia económica y agroecológica. Agroecología y usos del nopal. FAO, Roma. p. 1-10.
- Blanco, M;** Landero, F; Cruz, E. 2005. Adaptación del nopal(*Opuntia ficus- indica* L Miller) en la zona seca de Diriamba, Carazo, Para la reproducción de cladodios verdura. LII Reunión anual PCCMCA. Ciudad de Panamá, PN. 30 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 Miller) en Diriamba. LIII Reunión Anual del PCCMCA. Antigua, GT. p. 129-130.
- ; Orue, R, Rojas, E. Neira, A. Cortez, N. 2008. Efectos de enmiendas nutricionales en el nopal (*Opuntia ficus indica* L.), recurso natural no explotado en Nicaragua. LIV Reunión Anual del PCCMCA. San José, CR. 284 p.
- Boujghagh, A** y Chajia, H. 2001. Fodderpotential of *Opuntia ficus- indica* L Miller). Acta Hort. Jalisco, MX. p. 343-345.
- Brown, S.y** Chaney, L.2000.La combinación de productos derivados destinados a objetivos específicos de enmienda del suelo. Es: Bartels. SSSA Book Series N° 6, Madison, WI. EE.UU. 360 p.
- Cantwell, M.** 1999. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. Barbera, G; Inglese, P y Pimienta, E. Agroecología del cultivo y usos del nopal. Estudio FAO. Producción y protección vegetal. Roma, IT. p. 15-31.
- CIMMYT** (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. D. F. MX. 79 p.
- Felker, P.** 1999. Producción y utilización de forraje y pastura. Kingville, Texas MX. p. 151-152.
- Fernández, J;** Saiz, M. 1990. La Chumbera como cultivo de zonas áridas. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Santiago Estévez, MD. 23 p.
- García, V.** Teresa V. y Espinosa, M. 2000. Efecto de bioabono sobre el área fotosintéticamente activa, producción de cladodios y eficiencia de recuperación de Nen el cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica* L.) en el primer año post-plantación. Universidad de Chile, 2000, Casilla 1004, Santiago, CL. 96 p.
- Garay, R.** Granera, F. 2009. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus- indica* L), en la UNA, Managua. Tesis UNA, Ing. Agr. Managua, NI. 27 p.
- Gibson, A.** y Nobel, P. 1986. The cactus pears. Harvard University Press, Cambridge. 48 p.

- González, V.** 1998. La agricultura orgánica: Los abonos orgánicos. ICOAMA-CIEETS. 22 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, Tesis UNA, Ing. Agr. Managua, NI. 27 p.
- Gutiérrez, C.;** Hernández, H. 2007. Estudio de 4 distancia entre surco y su influencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo del nopal (*Opuntia ficus- indica* L.) en Diriamba. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 18 p.
- INETER.** (Instituto Nicaragüense de estudios territoriales, NI).2009. Departamento de agro meteorología. Comportamiento de las Principales Variable Climatológicas. Managua, NI. s. p
- Kass, D.** 1996. Fertilidad de suelos. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, costa Rica. CR. 233 p.
- Landero, F. y** Cruz, E. 2005. Adaptación del nopal (*Opuntia ficus- indica* L) en la zona de Diriamba, Carazo, para la producción de nopal verdura. Diriamba Nicaragua. Tesis UNA, Ing. Agr. Managua, NI. 17 p.
- Melgarejo, P.** 2000. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. 1ra ed. Mundi-prensa. Madrid, ES. p. 297-360.
- Miranda, O.** 2002. Presupuestos parciales para la administración de fincas. Estación experimental Agropecuaria: Hoja informativa para el sector agropecuario. Serie Economía y Administración, San Juan, Argentina. N 2. 2 p.
- Nobel, P. S** 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge Univ. Press. UK, CUP.
- Nobel, P. S.** 1991. Environmental productivity indices and productivity for *Opuntia ficus-indica* under current and devated atmosphere CO2 levels. Plant and cell environmental. p. 637-646.
- Orúe, R** y Rojas, E. 2008. Efecto de enmiendas nutricionales sobre el rendimiento del nopal (*Opuntia ficus- indica* L), en Diriamba, Carazo. 2008. Tesis Ing. Agr. UNA. Managua, NI. 29 p.
- Pimienta, B. E.** 1994. Prickly pear (*Opuntia* spp): a valuable fruit crop for the semiarid lands of México. J. Arid Environments. In press. p. 1-11.
- Pimienta, B. E.** 1997. El nopal en México y el mundo. In cactácea, suculentos mexicanos. CVS publicaciones, MX. p. 22.

- Quintana, J;** Blandón, J; Flores, A; Mayorga, E. 1983. Manual de fertilización para los suelos de Nicaragua. UNA-consultora profesional indígena (INDOCONSUL S.A). Managua, NI. 54 p.
- Ríos, J,** Quintana, V. 2004. Manejo general del cultivo de nopal. Chapingo. MX. p. 19 – 21.
- UNA** (Universidad Nacional Agraria, NI). 2010. Laboratorio de suelo y agua. Análisis de muestras de suelo. Managua, NI. s. p.
- Vázquez, V;** Zúñiga, T; Orona, C; Murillo, A; Salazar, S; Vázquez, A; García, H y Troyo, D. 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 Noroeste, MX. 86 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Plano de campo del cultivo de nopal en Las Esquinas Carazo 2010.



Anexo 2. Glosario de términos del cultivo de nopal.

Arraigamiento: Larga permanencia en un punto.

Cladodio: Es una rama (macroblasto) aplastada, con función de hoja. Tallo modificado, aplanado, que tiene la apariencia de una hoja y que la reemplaza en sus funciones, porque las hojas existentes son muy pequeñas o rudimentarias para poder cumplir con sus tareas.

Aureola Es la característica distintiva de la familia Cactáceae y sirve para identificarla como familia separada de otras plantas suculentas semejantes. Las aureolas son yemas axilares altamente especializadas, por lo que se trata de zonas meristemáticas.

Semilla: Es una estructura de propagación asexual o vegetativa compuesta de tres cladodios en forma de conejita.

Pencas: Botánicamente sinónimo de cladodio.

Rendimiento ajustado: El rendimiento ajustado de cada tratamiento es el rendimiento medio reducido en 10 % con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento.

Beneficio bruto: obtenido a través del producto del rendimiento ajustado por el precio del producto al momento de la cosecha.

Costos variables: Implican los costos particulares de los tratamientos relacionadas con los insumos comprados.

Beneficio neto: El beneficio neto se calcula restando el total de costos que varían del beneficio bruto de campo, para cada tratamiento.

Dominancia: Se ordenan los costos variables de los tratamientos en orden ascendente con su respectivo beneficio neto. Se considera que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

Beneficios netos marginales: Luego del análisis de dominancia, a los tratamientos no dominados se les calcula la diferencia o incremento de los beneficios netos a pasar de una tecnología a otra.

Costos variables marginales: Una vez realizado el análisis de dominancia a los tratamientos no dominados se les calcula la diferencia o incremento de los costos variables al pasar de una tecnología a otra.

Tasa de retorno marginal: Esta indica que el productor puede esperar ganar, en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica o conjunto de prácticas por otra, y es igual a la relación de los beneficios netos marginales sobre los costos variables marginales expresados en porcentaje.

ND: No disponible.