



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**Departamento de Producción Vegetal**

**Trabajo de Graduación**

**Comportamiento del crecimiento, desarrollo  
y rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica*  
L.) en asocio con seis cultivos prehispánicos,  
Jardín Botánico, Apompuá, Carazo, 2013**

**AUTORES**

**Br. Carelia Dianira Moreno Centeno**  
**Br. Claudia Lorena Castillo Sequeira**

**ASESORES**

**Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro**  
**Ing. Agr. Norman Cruz Vela**  
**Ing. Agr. Marisol Baylón Duarte**

**Managua, Nicaragua**  
**Octubre, 2015**



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**Departamento de Producción Vegetal**

**Trabajo de Graduación**

**Comportamiento del crecimiento, desarrollo  
y rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica*  
L.) en asocio con seis cultivos prehispánicos,  
Jardín Botánico, Apompuá, Carazo, 2013**

**AUTORES**

**Br. Carelia Dianira Moreno Centeno**

**Br. Claudia Lorena Castillo Sequeira**

**ASESORES**

**Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro**

**Ing. Agr. Norman Cruz Vela**

**Ing. Agr. Marisol Baylón Duarte**

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

**Managua, Nicaragua**

**Octubre, 2015**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN   | PÁGINA |
|---|--------|
| <b>DEDICATORIA</b>  | i      |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b>  | iii    |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b>  | v      |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>   | vi     |
| <b>RESUMEN</b>  | vii    |
| <b>ABSTRACT</b>   | viii   |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>  | 1      |
| <b>II. OBJETIVOS</b>  | 4      |
| 2.1    Objetivo general   | 4      |
| 2.2    Objetivos específicos  | 4      |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>  | 5      |
| 3.1    Ubicación y fecha del estudio  | 5      |
| 3.2    Diseño Metodológico  | 5      |
| 3.3    Manejo agronómico del ensayo   | 6      |
| 3.3.1    Preparación antes de la siembra  | 6      |
| 3.3.2    Materiales utilizados y siembra de los cultivos                                | 6      |
| 3.3.3    Fertilización  | 7      |
| 3.3.4    Control de malezas   | 7      |
| 3.3.5    Control de plagas y enfermedades   | 7      |
| 3.3.6    Cosecha  | 7      |
| 3.4    Variables evaluadas  | 7      |
| 3.4.1    Sobrevivencia del nopal  | 7      |
| 3.4.2    Número de brotes de nopal  | 7      |
| 3.4.3    Ancho de brotes de nopal   | 8      |
| 3.4.4    Longitud de brotes de nopal  | 8      |
| 3.4.5    Rendimiento de cladodios de nopal  | 8      |
| 3.4.6    Altura de plantas y longitud de guías de cultivos prehispánicos                | 8      |
| 3.4.7    Rendimiento de cultivos prehispánicos  | 8      |
| 3.5    Análisis estadístico   | 8      |
| 3.6    Uso equivalente de la tierra (UET)   | 9      |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>   | 10     |
| 4.1    Comportamiento del nopal   | 10     |
| 4.1.1    Sobrevivencia del nopal en asocio con seis cultivos prehispánicos              | 10     |
| 4.1.2    Número de brotes del nopal en asocio con seis cultivos prehispánicos           | 11     |
| 4.1.3    Ancho de brotes (cm) del nopal en asocio con seis cultivos<br>prehispánicos    | 12     |
| 4.1.4    Longitud de brotes (cm) del nopal en asocio con seis cultivos<br>prehispánicos | 13     |
| 4.1.5    Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) del nopal en asocio con seis cultivos       | 14     |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
|              | prehispánicos  |    |
| 4.2          | Respuesta de los seis cultivos prehispánicos al asocio con nopal             | 15 |
| 4.2.1        | Pipián cuarenteño ( <i>Cucurbita angyrosperma</i> Huber) en asocio con nopal | 15 |
| 4.2.2        | Amaranto ( <i>Amaranthus caudatus</i> L.) en asocio con nopal                | 15 |
| 4.2.3        | Frijol Blanco ( <i>Phaseolus acutifolius</i> Gray) en asocio con nopal       | 16 |
| 4.2.4        | Chan ( <i>Hyptis suaveolens</i> L. Poit) en asocio con nopal                 | 17 |
| 4.2.5        | Batata ( <i>Ipomoea batatas</i> L.) en asocio con nopal                      | 18 |
| 4.2.6        | Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) en asocio con nopal                  | 18 |
| 4.3          | Uso equivalente de la tierra (U.E.T.)  | 20 |
| <b>V.</b>    | <b>CONCLUSIONES</b>  | 21 |
| <b>VI.</b>   | <b>RECOMENDACIONES</b>   | 22 |
| <b>VII.</b>  | <b>LITERATURA CITADA</b>   | 23 |
| <b>VIII.</b> | <b>ANEXOS</b>  | 28 |

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación se lo dedico con todo el corazón a Dios, por darme la vida y permitirme llegar a cumplir una de mis grandes metas, coronar mi carrera universitaria y obtener el grado de Ingeniero Agrónomo.

A mi padre Serapio Moreno Hernández y mi madre Sonia Centeno Granado, el más grande tesoro que Dios me regaló en esta vida, por apoyarme siempre en todo lo necesario, por sacrificarse para que lograra coronar mi carrera, por esa confianza que siempre tuvieron en mí y por sus consejos brindados que hoy en día me permiten ser la persona que soy.

A mis hermanos Jeral Antonio, Erwin Elian y Eneyda Deyanira Moreno Centeno por siempre estar conmigo y ser mi motivo de superación.

Carelia Dianira Moreno Centeno

## **DEDICATORIA**

A Dios sobre todas las cosas por regalarme el don de la vida y permitirme llegar al cumplimiento de una de mis grandes metas, coronar una carrera universitaria.

A mi madre, María Elena Sequeira por confiar en mí, apoyarme en todo lo largo de mi vida, y por estar ahí siempre motivandome.

A mis hermanos Dr. Ignacio Antonio y Lic. María Luisa Castillo Sequeira por su apoyo incondicional.

A mi novio Ing. Agr. Oniss Osmar Lagos Gutiérrez por su motivación y apoyo.

Claudia Lorena Castillo Sequeira

## **AGRADECIMIENTOS**

Desde lo más profundo de mi ser quiero agradecer infinitamente a Dios por permitirme cumplir este objetivo de mi vida, ya que él es quien nos da la vida, sabiduría, salud, fuerzas y guiarme por el camino del bien.

A mis padres, hermanos, abuela y tías por su apoyo incondicional en cada momento.

A mis asesores el Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro por su apoyo al guiarnos en nuestro trabajo y poder culminarlo de manera exitosa, por su paciencia y comprensión. A los Ing. Agr. Norman Cruz y Marisol Baylón por el apoyo brindado.

A la Universidad Nacional Agraria, quien brindó los docentes necesarios para darme el pan de la enseñanza en mi formación profesional.

A la Dirección de vida estudiantil por darme la oportunidad de gozar de beca interna todos los cinco años de mi carrera, ya que sin esta no hubiese sido posible estudiar.

A mi compañera de tesis Claudia Lorena Castillo Sequeira por su apoyo, comprensión y amistad durante toda mi carrera.

A todas mis amigas y amigos por estar en los momentos más difíciles, en especial a Mirna Indiana Ortiz Zelaya quien siempre ha estado conmigo y me ha brindado todo su apoyo y comprensión.

Carelia Dianira Moreno Centeno

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todopoderoso que por su voluntad me ha permitido cumplir con todas mis metas propuestas, por regalarme el don maravilloso de la vida, salud, sabiduría.

A mi familia, por su apoyo incondicional y confianza.

A mis asesores el Ing. MSc. Moisés Blanco Navarro por su apoyo, su tiempo, paciencia comprensión y motivación con la elección del tema en estudio la reconquista de estos cultivos prehispánicos. Al Ing. Agr. Norman Cruz e Ing. Agr. Marisol Baylón por el apoyo brindado.

A la Universidad Nacional Agraria, a todos los docentes que fueron pilares importantes en mi formación profesional.

A mi compañera de tesis Carelia Dianira Moreno Centeno por su apoyo y amistad.

A mis amigas y compañeros de clases que compartieron conmigo durante mi formación profesional.

Claudia Lorena Castillo Sequeira

## ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO   | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Descripción del diseño del experimento de nopal asociado con seis cultivos precolombinos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013  | 5      |
| 2. Análisis de la sobrevivencia del cultivo de nopal (%) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013.  | 10     |
| 3. Análisis del número de brotes del cultivo de nopal a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013.   | 11     |
| 4. Análisis del ancho de brotes del cultivo de nopal (cm) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013.   | 12     |
| 5. Análisis de la longitud de brotes del cultivo de nopal (cm) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013.   | 13     |
| 6. Análisis de los rendimientos de cladodios del cultivo de nopal (kg ha <sup>-1</sup> ), a los 105 dds asociado con seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013.                   | 14     |
| 7. Análisis del crecimiento de la longitud de guías y altura de plantas de los seis cultivos prehispánicos (cm) a los 75, 90, 210 y 225 dds, en asocio con nopal, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013.   | 19     |
| 8. Cálculo del uso equivalente de la tierra sobre los rendimiento de cladodios de nopal en asocio con frijol blanco y chan y en monocultivo (kg ha <sup>-1</sup> ), Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013. | 20     |

## ÍNDICE DE ANEXOS

### ANEXOS

|  | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Análisis químico de suelo, Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2010  | 28     |
| 2. Datos climáticos Jardín Botánico Apompúa, Diriamba, 2013  | 28     |
| 3. Cálculo del uso equivalente de la tierra  | 28     |
| 4. Supervivencia del cultivo de nopal (%) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013  | 29     |
| 5. Número de brotes del cultivo de nopal a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013   | 29     |
| 6. Ancho de brotes del cultivo de nopal (cm) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013   | 30     |
| 7. Longitud de brotes del cultivo de nopal (cm) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013  | 30     |
| 8. Rendimientos de cladodios del cultivo de nopal a los 105 dds asociado con seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013   | 31     |
| 9. Longitud de guías de pipián Cuarenteño (cm), en asocio con nopal y como monocultivo a los 90 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013  | 31     |
| 10. Altura de plantas de amaranto (cm), en asocio con nopal y como monocultivo a los 90 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013  | 32     |
| 11. Altura de plantas (cm) y rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), de granos de frijol blanco en asocio con nopal y como monocultivo a los 90 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013 | 32     |
| 12. Altura de plantas (cm) y rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), de semillas de chan en asocio con nopal y como monocultivo a los 210 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013       | 33     |
| 13. Longitud de guías de batata (cm), en asocio con nopal y como monocultivo a los 225 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013   | 33     |
| 14. Altura de plantas de yuca (cm), en asocio con nopal y como monocultivo a los 225 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013   | 34     |
| 15. Plano de campo Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2013   | 35     |

## RESUMEN

El nopal (*Opuntia ficus-indica* L), pertenece a la familia de las cactáceas, sobrevive en zonas áridas o semiáridas. En Nicaragua la producción como planta de cultivo es incipiente, pero puede representar una alternativa para la dieta alimenticia tanto para humanos como animales, es importante por ser fuente de alimento a bajo costo, las bondades radican en la diversidad de utilidades que posee tanto por su valor nutritivo como por la adaptabilidad en las zonas del trópico seco de nuestro país. Este ensayo se estableció en el Jardín Botánico de la Asociación del Desarrollo Comunitario del Departamento de Carazo (ADECA), ubicado en la comunidad de Apompuá del municipio de Diriamba-Carazo kilómetro 40 carretera La Boquita-Casares, durante el período de Julio 2013 a Febrero 2014. Se utilizó un Bloque Completo al Azar (BCA), con cuatro repeticiones y seis tratamientos: pipián Cuarenteño (*Cucurbita angyrosperma* Huber), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), frijol blanco (*Phaseolus acutifolius* Gray), chan (*Hyptis suaveolens* L. Poit), batata o camote (*Ipomea batatas* L.) & yuca (*Manihot esculenta* Crantz), para evaluar con cuál de estos cultivos asociados tiene mejor rendimiento el nopal. El análisis de los datos obtenidos del estudio de nopal reflejan que obtuvo una sobrevivencia del 100 %, el mejor rendimiento 8 285 kg ha<sup>-1</sup> en el asocio con frijol blanco (T3), con respecto al comportamiento de los cultivos prehispánicos pipián Cuarenteño, amaranto, batata & yuca (T1, T2, T5 y T6) no llegaron a cosecha por no tolerar las condiciones climáticas de la zona, a excepción del frijol blanco y chan (T3 y T4), que completaron su ciclo biológico y obtuvieron una productividad en el asocio de 250 y 54 % respectivamente.

**Palabras claves:** zonas secas, alternativas de producción, cultivos precolombinos.

## ABSTRACT

The cactus (*Opuntia ficus-indica* L.) belongs to the family of cacti, survives in arid or semi-arid areas. In Nicaragua production and crop plant is incipient, but may represent an alternative to the diet for both humans and animals is important as a source of food at low cost, the benefits lie in the diversity of utilities it has both its nutritional value as adaptability in dry tropical areas of our country. This trial was conducted in Botanic Gardens Community Development Association of the Department of Carazo (ADECA) Apompua community located in the municipality of Diriamba Carazo, at kilometer 40 road towards La Boquita-Casares, during the year July 2013 to February 2014. A complete block was used to Azar (BCA), with four replications and six treatments: pipian Cuarenteño (*Cucurbita angyrosperma* Huber), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.), white bean (*Phaseolus acutifolius* Gray), chan (*Hyptis suaveolens* L. Poit), sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.) & cassava (*Manihot esculenta* Crantz), to evaluate which of these crops has better performance associated cactus. The analysis of data obtained from the study of nopal reflect that obtained a survival of 100%, the best performance 8285 kg ha<sup>-1</sup> in the association with white beans (T3), with respect to the behavior of pre-hispanic cultures pipian Cuarenteño, amaranth, sweet potato & cassava (T1, T2, T5 and T6) failed to harvest not tolerate the climatic conditions of the area, with the exception of white beans and chan (T3 and T4), who completed their life cycle and obtaining productivity in the partnership of 250 and 54 % respectively.

**Keywords:** dry areas, alternatives of production, pre-columbian cultures.

## I. INTRODUCCIÓN

La base alimentaria de nuestros indígenas era muy amplia, sustentada sobre un gran número de cultivos, los cuales a la llegada de los españoles, fueron en muchos casos dejados de un lado, ya que la nueva cultura impuesta desconocía sus bondades. Cultivaban muchos tipos de plantas de usos múltiples y otras muy específicas. Con la conquista llegaron también cultivos extraños a estas tierras, se adaptaron y muchas veces desplazaron a los propios (Blanco, 1994).

Una de las plantas encontradas en el nuevo mundo en nuestra región es el nopal, la planta que menciona Oviedo (1994), cuando dice en el año de 1524 que: “De estos mismos árboles hay muchos en la provincia de Nicaragua, en tierra firme y hechan un fruto colorado, muy fino y de espinas como vello”, refiriéndose a los nopales.

En un estudio realizado por Landero y Cruz (2005), expresan que Nicaragua es un país con gran potencial en este cultivo para la producción de verdura fresca (consumo humano), presentando gran adaptabilidad en zonas de trópico seco del país, como en la región del Pacífico (Diriamba). Como planta de cultivo no existe en el país, pero 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 la zona seca de nuestro país, ya que debido a su constitución morfológica posee resistencia a la sequía y a cambios climáticos, como forraje se puede producir donde muy pocos cultivos no prosperan, sus cladodios presentan altos niveles de palatabilidad y digestibilidad, asociados con un gran contenido de agua que reduce la necesidad de suministrar agua a los animales (Barbera, 1999).

Existen cultivos que han sido parte integral de la alimentación de nuestros pueblos precolombinos, los cuales por diversas razones, a pesar de sus buenas características agronómicas y organolépticas, han sido relegados de nuestra dieta diaria. Por lo que pretendemos impulsar la reconquista y adopción de estos cultivos en la dieta alimenticia de la población nicaragüense.

Dentro de los cultivos prehispánicos interesantes a evaluar, encontramos el pipián Cuarenteño (*Cucurbita angyrosperma* Huber) que de acuerdo con la edad de los restos arqueológicos hasta ahora encontrados, se ha sugerido que su domesticación, debió llevarse a cabo en el Sur de México hace más de 7 000 años. Siendo de gran importancia por sus flores, tallos jóvenes y frutos tiernos que se consumen como verdura, y para la elaboración de dulces; los frutos maduros se utilizan como forraje para ganado y aves de corral. En México sus semillas se consumen enteras, asadas, tostadas o molidas, y constituyen el principal ingrediente de salsas usadas para la elaboración de diferentes guisos. Son el producto más importante, principalmente por su alto contenido de aceite (39 %) y proteína (44 %) (León, 1992).

Otro de los cultivos a estudiarse en este sistema es el amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), originario de México y Centroamérica. Otro posible lugar de origen se considera los Andes (Blanco, 1996). Fue conocido por los Incas, llamado “Kiwicha” en Quechua. Durante la conquista, el cultivo casi se extinguió, porque se le consideró símbolo de paganismo y fue

reprimido en 1 500 hasta casi desaparecer (Simmonds, 1979), ya que con este alimentaban durante un año, en forma exclusiva a los destinados a sacrificios humanos (Blanco, 2012). Este grano tiene múltiples bondades alimenticias y medicinales, siendo rico en hierro, proteínas, vitaminas y minerales; a tener en cuenta también en la osteoporosis, ya que contiene calcio y magnesio (Chagaray, 2005). Además, es eficiente en la fijación de CO<sup>2</sup>, presenta baja foto-respiración y requiere menor cantidad de agua para producir la misma cantidad de biomasa (Hauptli, 1997, citado por Mujica, 1997). Para nuestros pueblos indígenas en las diferentes culturas jugó un papel importante por ejemplo en la nutrición de la sociedad andina de Incas y Aymaras del Sur de Perú y Bolivia (NRC, 1989). Los mayas lo adaptaron como cultivo de alto rendimiento. Para los Aztecas tuvo aún más importancia, pues formaba parte de sus tradiciones y ceremonias religiosas (Lees, 1983).

Igualmente importante es la leguminosa frijol blanco (*Phaseolus acutifolius* Gray), una especie domesticada hace aproximadamente 5 000 años en México, utilizado en ese entonces como forraje, actualmente por su alto contenido proteico, es cultivado para la dieta humana al sureste de los Estados Unidos, México y Centro América (IBPGR, 1985). También ha sido considerada en este sistema por sus propiedades y características fisiológicas que presenta gran adaptabilidad a las condiciones secas presentes en la zona. En publicaciones realizadas por Poy (2010), dice que es una leguminosa resistente a climas áridos y a enfermedades provocadas por bacterias y virus, con semillas de menor tamaño que las del frijol común. Esto también lo ratifica FAO (1995), al mencionar que es la leguminosa más tolerante a la sequía en comparación con el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y se cultiva en condiciones desérticas y semi-desérticas.

Un cultivo considerado también como maleza y que está siendo retomado, es el chan (*Hyptis suaveolens* L. Poit), especie vegetal aromática con propiedades alimenticias y curativas (Gómez, 2010). Contiene proteínas, aminoácidos esenciales, fibra dietética y otros elementos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Su semilla es utilizada desde épocas prehispánicas y fueron inhibidas en la conquista por ser relacionadas con ídolos y ritos religiosos, así que quedaron en el olvido y pocos pueblos en el país la conservan (Acevedo, 2007).

De la misma manera tenemos a las raíces tuberosas como: La batata o camote (*Ipomea batatas* L.), originaria de los trópicos de América Central y Sudamérica de la familia Convolvulaceae, cultivada por su raíz tuberosa comestible, alimento reconocido como eficaz en la lucha contra la desnutrición debido a su facilidad de cultivo, alta productividad, bajos costos de producción y a sus características nutritivas (Achata *et al.*, 1990). Según Folquer, (1978), la batata ocupa el segundo lugar entre las hortalizas luego de la papa (*Solanum tuberosum* L.), por el volumen de su producción mundial.

El último tratamiento dentro del arreglo, la segunda raíz tuberosa: La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), domesticada por los indígenas que habitaron Mesoamérica, y el Noroeste de Sur América, probablemente, en el inicio de la agricultura en el continente (Blanco, 1990), fue mencionada en las antiguas crónicas Mayas y Aztecas; descubiertas dentro de la alfarería peruana desde hace 4 000 años y que contenían residuos del producto (ICAITI, 1976). Es utilizada en medicina precolombina por tener propiedades antidiarreicas, siendo su mayor uso

el alimenticio, los caribes (tribus indígenas) descubrieron que por cocción, perdía su sabor amargo al sufrir desnaturalización del ácido cianhídrico (NET, 1973).

En Nicaragua existe poca información disponible sobre estos cultivos prehispánicos y los trabajos de investigación que existen se encuentran como monocultivos. Con este trabajo se pretende brindar información agronómica a la población sobre estos siete cultivos prehispánicos y ofrecer una alternativa de producción en asocio con el cultivo del nopal, una planta olvidada, que se convierte en una solución ante el problema del cambio climático y de alimentación, para tener una agricultura de subsistencia, para pequeños productores de las zonas secas del país, que cuentan con poca tierra y escasa disponibilidad de agua. Permitiendo con el asocio la diversificación de áreas agrícolas la conservación de las semillas criollas, una mejor viabilidad económica, mejoramiento del microclima, conservación cultural y realce de la comunidad Blanco *et al.*, (2013).

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- 2.1.1 Evaluar el comportamiento del crecimiento, desarrollo y rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en asocio con seis cultivos prehispánicos.

### 2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Valorar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del nopal en asocio con cultivos prehispánicos pipián cuarenteño, amaranto, frijol blanco, chan, batata y yuca.
- 2.2.2 Identificar que cultivo prehispánico en asocio con el nopal presenta tolerancia a la zona seca de Diriamba.
- 2.2.3 Determinar la eficiencia del uso equivalente de la tierra.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y fecha del estudio

El ensayo se estableció en el Jardín Botánico, Apompúa, ubicado en el municipio de Diriamba, en el departamento de Carazo, kilómetro 51 ½ carretera La Boquita-Casares. El sitio está localizado en las coordenadas geográficas: Latitud N 11° 45' 07'' Longitud O 86°18'48'' y una altitud de 149 metros sobre el nivel del mar, según INETER (2010), la zona donde se encuentra localizada el centro experimental presenta temperaturas de 30 a 38 °C, precipitación pluvial anual de 700 mm, una humedad relativa de 60 % y un tipo de suelo franco arcilloso, con un pH de 6.02. Pertenece a la Asociación del Desarrollo Comunitario del departamento de Carazo (ADECA). El estudio se inició el 14 de Julio del 2013 y finalizó el 10 de Febrero del 2014.

#### 3.2 Diseño Metodológico

El ensayo se estableció en un diseño unifactorial de bloques completamente al azar (BCA) con cuatro repeticiones y seis tratamientos. Los tratamientos pipián cuarenteño amaranto, frijol blanco, chan, batata, y yuca se establecieron en cada una de las repeticiones luego de ser azarizados para evaluar el comportamiento del cultivo de nopal, intercalado con estos cultivos prehispánicos. Así mismo se estableció una repetición de cada uno de los cultivos sembrados de manera individual, usándose como parcelas de observación del comportamiento, pero no para el análisis de varianza (Pitty, 2015) y para calcular el uso equivalente de la tierra (U.E.T).

El área experimental fue de 117 m<sup>2</sup>, correspondiente a 13 m de longitud y 9 m de ancho con una densidad poblacional de 220 plantas de nopal de las cuales solamente 72 fueron evaluadas, correspondientes al total de las plantas consideradas como parcela útil.

Cada bloque presentó dimensiones de 2 m de ancho por 13 m de longitud para un área de 26 m<sup>2</sup> por bloque compuesto de 55 plantas de nopal y 18 de estas conformaban la parcela útil; cabe mencionar que entre cada bloque existió un borde con una distancia de 0.25 m. La distancia entre surco fue de 1 m y 0.50 m entre planta, la parcela experimental representó una área de 2 m<sup>2</sup>, tomando como parcela útil 3 plantas (ver Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Descripción del diseño del experimento de nopal asociado con seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013

| Tratamientos  | Cantidad de semillas/esquejes | Parcela útil (plantas) | Distancia entre surco (m) | Distancia entre plantas (m) |
|---------------|-------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Nopal         | 220                           | 72                     | 1.00                      | 0.50                        |
| Pipián        | 72                            | 8                      | 1.00                      | 0.30                        |
| Amaranto      | 1 000                         | 40                     | 0.30                      | A chorrillo                 |
| Frijol blanco | 576                           | 40                     | 0.10                      | 0.20                        |
| Chan          | 1 000                         | 40                     | 0.30                      | A chorrillo                 |
| Batata        | 36                            | 8                      | 1.00                      | 0.30                        |
| Yuca          | 36                            | 8                      | 1.00                      | 0.30                        |

Para el establecimiento de la parcela de observación de cada uno de los cultivos sembrados de forma individual y para el cálculo del uso equivalente de la tierra se utilizó un área de 40 m<sup>2</sup> (20 m de longitud por 2 m de ancho), cada cultivo tenía dimensiones de 2 m de longitud por 2 m de ancho, con un distanciamiento entre surco y plantas igual que las mencionadas en el Cuadro 1, para cada uno respectivamente y una distancia entre cada cultivo de 1 m.

Después de establecer el ensayo se realizaron tomas de datos con una frecuencia de 15 días cada una durante un período de 7 meses, correspondientes a los 225 días que duró el experimento, esto debido a los períodos biológicos largos de los cultivos de yuca, batata y chan para obtener su comportamiento asociado con nopal.

### **3.3 Manejo agronómico del ensayo**

#### **3.3.1 Preparación antes de la siembra**

Se realizó un manejo de sombra manual utilizando machetes, podando los árboles que se encontraban en el área cercana al ensayo, considerando la intensidad y cantidad de luz, temperatura y humedad para el crecimiento de los cultivos, permitiendo que toda el área del ensayo tuviera condiciones homogéneas. También se realizó manejo de arvenses de forma manual y remoción del suelo, utilizando machetes, rastrillos y azadones creando condiciones favorables para los cultivos nopal, pipián cuarenteño, amaranto, frijol blanco, chan, batata y yuca.

#### **3.3.2 Materiales utilizados y siembra de los cultivos**

El nopal se estableció de forma manual con piochas, haciendo un hoyo de 20 cm de profundidad por 30 cm de ancho. Se plantó un 1/3 de la semilla de nopal, con la finalidad de que si existiera pudrición del material, se dispusiera de 2/3 partes para replantar el resto de semilla, de ésta forma queda buena superficie de la planta para su reproducción y el área que se va a sembrar corresponde a una fracción suficiente para su crecimiento (Vásquez *et al.*, 2007). Esta semilla se recolectó en la Universidad Nacional Agraria (UNA), en el área de prácticas de cultivos de la Facultad de Desarrollo Rural (FDR).

Para la siembra de la yuca y batata se utilizaron esquejes con una longitud de 15 cm y un diámetro de 2 cm; realizando la siembra manualmente de forma inclinada con el objetivo de obtener una mayor cantidad de raíces y asegurar la producción, depositando un esqueje por golpe. La semilla fue proporcionada por la Cooperativa de Proyectos Agropecuarios de Diriamba (COOPAD).

Igualmente la semilla de frijol blanco y pipián se sembraron de forma manual, depositando tres semillas por golpe; las semillas fueron suministradas por productores de los departamentos de Carazo y Estelí respectivamente. El chan y amaranto se sembraron a chorrillo. La semilla de chan fue facilitada por productores de la zona de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) Rosita y la de amaranto se compró semilla orgánica certificada de la marca Handy Pantry Organic Amaranth Seeds.

### **3.3.3 Fertilización**

Durante el período del estudio no se aplicó ningún tipo de fertilizante a los cultivos en estudio, ya que se trató de ver el grado de rusticidad, que es la capacidad o habilidad de una planta de sobrevivir a condiciones adversas de crecimiento (Sánchez, 2004).

### **3.3.4 Control de malezas**

El manejo consistió en un único control de forma mecánica, utilizando azadón, machete y rastrillo. Se realizaron 8 limpiezas, esta se hizo en toda el área del experimento, manejando las malezas que se encontraban dentro del mismo, la primera al momento de la siembra y las siguientes una por mes.

### **3.3.5 Control de plagas y enfermedades**

Se hizo de forma biológica utilizando productos naturales a base de neem (*Azadirachta indica* A. Juss) y madero negro (*Gliricidia sepium*) en el momento que se observó presencia de *Diabrotica sp* en el cultivo de frijol blanco y *Pseudoplusia includens* Walker en amaranto. Se utilizaron 2 litros del bioplaguicida disueltos en diez l de agua y luego se rociaron las plantas.

### **3.3.6 Cosecha**

Se realizó de forma manual al completar el ciclo de cada cultivo en estudio. En el caso del nopal se cosechó a los 105 dds, el frijol blanco se cosechó a los 90 dds y el chan a los 225 dds.

## **3.4 Variables evaluadas**

### **3.4.1 Sobrevivencia del nopal**

Se observó la adaptabilidad del cultivo del nopal a los factores climáticos en la zona, calculando el número total de individuos vivos expresados en porcentaje con respecto a la población final de 72 plantas dentro de la parcela útil. Esta valoración se realizó durante los 105 días que duró el período del cultivo y los datos obtenidos se expresaron en porcentajes (ver Cuadro 2).

### **3.4.2 Número de brotes de nopal**

Los brotes son los nuevos cladodios: estos se contabilizaron por tratamiento en cada una de las 3 plantas de nopal que conformaban la parcela útil en cada tratamiento, realizándose la toma de datos desde los 15 dds hasta los 105 dds. Esta variable indica la velocidad, frecuencia de brotación, estructura vegetativa y grado de desarrollo de la planta y permite realizar estimados y tiempos de cosecha; siempre y cuando el destino de la plantación sea la producción de nopalitos como verduras frescas esto según Jarquín y Lagos, (2010).

### **3.4.3 Ancho de brotes de nopal**

Determina el área fotosintética activa, 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). Se midió cada brote en la parte media, haciendo uso de regla graduada, desde los 15 dds hasta los 105 dds, con intervalos de 15 días para cada toma de datos. Esta medición se hizo en las plantas de nopal que conformaban la parcela útil y el resultado se expresó en centímetros.

### **3.4.4 Longitud de brotes de nopal**

A cada uno de los brotes nuevos en las plantas de la parcela útil se le midió la longitud en la parte central desde la base hasta el ápice del cladodio (Chavarría, 2011), esta medición se hizo desde los 15 hasta los 105 dds con una frecuencia de 15 días, haciendo uso de regla graduada. El resultado se expresó en centímetros.

### **3.4.5 Rendimiento de cladodios del nopal**

Se cosecharon y pesaron aquellos cladodios con una longitud entre 10 a 20 cm y entre 5 a 15 cm de ancho, que según Gibson y Nobel (1986), son los óptimos para la cosecha, esta se realizó a los 105 dds. Los resultados se expresan en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

### **3.4.6 Altura de plantas y longitud de guías de cultivos prehispánicos**

Para medir la altura de tallo o guías según fue el caso, se seleccionaron como parcela útil en cada repetición 10 plantas para los cultivos de amaranto, chan y frijol; en los cultivos de yuca, batata y pipián, se seleccionaron 2 plantas. La longitud del tallo, se midió desde la superficie del suelo hasta la lígula superior mediante el uso de una cinta métrica y la longitud de la guía principal de batata y pipián cuarenteño en centímetros.

### **3.4.7 Rendimiento de cultivos prehispánicos**

De los cultivos evaluados solo se obtuvo rendimiento del frijol blanco y el chan. Ambos se cosecharon de forma manual, a los 90 dds las vainas de frijol blanco y los granos de chan a los 225 dds. Posteriormente fueron pesados en una balanza digital, los granos de estos cultivos que se obtuvieron en las parcelas útiles de cada repetición.

Para el cálculo del uso equivalente de la tierra se evaluaron estas mismas variables mencionadas tanto en el cultivo de nopal como en los cultivos prehispánicos, teniendo como parcela útil igual cantidad de plantas respectivamente de las utilizadas en cada repetición del ensayo.

## **3.5 Análisis estadístico**

Las variables evaluadas fueron sometidas a un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias que se realizó por el método Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, 95 % de confianza. En las variables número de brotes, ancho de brotes, longitud de brotes y rendimiento, así como longitud de guías y altura de los cultivos prehispánicos, se analizaron de forma unifactorial, mediante el software Infostat.

### 3.6 Uso equivalente de la tierra (UET)

Se usó el coeficiente denominado uso equivalente de la tierra (UET), para comparar los rendimientos de monocultivos y asociados en los cultivos que cumplieron su ciclo biológico obteniendo su cosecha. Este sirve para comparar la aprovechabilidad de la tierra (Aleman, 1996) y se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$UET = \frac{\text{Rend de A Asociado}}{\text{Rend de A Monocultivo}} + \frac{\text{Rend de B Asociado}}{\text{Rend de B Monocultivo}} + \frac{\text{Rend de C Asociado}}{\text{Rend de C Monocultivo}}$$

Donde:

Rend.: rendimiento del cultivo en particular

A: cultivo de nopal.

B: cultivo de frijol blanco.

C: cultivo de chan.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Comportamiento del nopal

#### 4.1.1 Supervivencia del nopal en asociado con seis cultivos prehispánicos

Esta variable refleja el número de plantas vivas de la parcela útil del ensayo que se adaptaron a los factores climáticos del municipio de Diriamba. Según Vásquez *et al.*, (2008), el nopal es una planta que posee alto grado de resistencia a la sequía, puede sobrevivir sin agua por largos períodos, por poseer abundante parénquima en sus cladodios y el papel de los mucílagos-hidrocoloides presentes en este tejido, los cuales tienen la capacidad de retener y almacenar el agua (Nobel *et al.*, 1992).

Los resultados obtenidos según el ANDEVA realizado con un 95 % de confianza indican que no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, los agrupa en una sola categoría estadística a los 105 dds que duró el periodo de observación. Todas las plantas de nopal establecidas en el ensayo sobrevivieron (ver Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Análisis de la supervivencia del cultivo de nopal (%) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013.

| Tratamientos  | 30 dds  | 45 dds | 60 dds | 75 dds | 90 dds | 105 dds |
|---------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Pipián        | 100 a   | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a   |
| Cuarenteño    |         |        |        |        |        |         |
| Amaranto      | 100 a   | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a   |
| Frijol blanco | 100 a   | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a   |
| Chan          | 100 a   | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a   |
| Batata        | 100 a   | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a   |
| Yuca          | 100 a   | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a  | 100 a   |
| ANDEVA        | NS      | NS     | NS     | NS     | NS     | NS      |
| C.V (%)       | 16.45   |        |        |        |        |         |
| P=            | <0.0001 |        |        |        |        |         |

Separación de medias por el método de Diferencias Mínimas Estadísticas (DMS) de Fisher al 5%. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, dds= días después de la siembra

La supervivencia obtenida en un 100 %, confirma lo expresado por Briton y Rose (1963), quienes manifiestan que el nopal es una planta que por sus características fisiológicas y pertenecer a la familia de las Cactáceas sobrevive en cualquier tipo de clima extremo desde climas fríos de altura hasta zonas desérticas hasta suelos donde otros cultivos no podrían sobrevivir.

Así mismo es demostrado en un estudio realizado en la zona seca de Diriamba por Orúe y Rojas (2008), donde los resultados obtenidos de supervivencia en todos los tratamientos fueron de 100 %. Lo que evidencia la adaptabilidad del material en la localidad de estudio.

#### 4.1.2 Número de brotes del nopal en asocio con seis cultivos prehispánicos

Esta variable nos permite conocer la producción que obtendremos, ya sea como material alimenticio y vegetativo disponible, puesto que cada brote representa un futuro cladodio a cosecha. Por lo tanto, cuando la plantación genera más brotes por planta, se obtendrá una mejor cosecha. También refleja la capacidad de brotación y formación de nuevos órganos vegetativos de la planta (Fernández y Saiz, 1990).

El ANDEVA realizado con el 95 % de confianza, refleja que existen diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a la diferente toma de datos a los 30, 45 y 60 dds respectivamente a diferencia de las otras tomas en las cuales no existió diferencias significativas a los 75, 90 y 105 dds. Según Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, los agrupa en una sola categoría estadística a los 105 dds.

El Cuadro 3. Muestra que el número de brotes en todos los tratamientos presentó una tendencia de crecimiento ascendente después de la siembra manteniendo esta estabilidad hasta los 105 días.

**Cuadro 3.** Análisis del número de brotes del cultivo de nopal a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013.

| Tratamientos  | 30 dds | 45 dds  | 60 dds  | 75 dds | 90 dds | 105 dds |
|---------------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|
| Pipián        | 0.20 b | 1.27 b  | 1.33 a  | 1.67 a | 1.80 a | 1.87 a  |
| Cuarenteño    |        |         |         |        |        |         |
| Amaranto      | 0.67 b | 1.40 ab | 1.93 ab | 2.53 a | 2.67 a | 2.80 a  |
| Frijol blanco | 0.53 b | 2.33 ab | 2.94 ab | 4.13 a | 4.47 a | 4.43 a  |
| Chan          | 0.20 b | 0.73 b  | 1.47 ab | 1.66 a | 1.80 a | 1.87 a  |
| Batata        | 0.20 b | 1.53 ab | 1.80 a  | 3.33 a | 3.47 a | 3.53 a  |
| Yuca          | 1.07 a | 2.80 a  | 3.73 a  | 3.93 a | 4.00 a | 4.47 a  |
| ANDEVA        | *      | *       | *       | NS     | NS     | NS      |
| C.V (%)       | 66.74  |         |         |        |        |         |
| P=            | 0.2403 |         |         |        |        |         |

Separación de medias por el método de Diferencias Mínimas Estadísticas (DMS) de Fisher al 5%. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, dds= días después de la siembra

Sin embargo aunque no existan diferencias significativas y la separación de medias por el método de Diferencias Mínimas Estadísticas (DMS) de Fisher al 5% agrupa los tratamientos en una sola categoría, se observa en el Cuadro 3 que con el tratamiento 6 (yuca), se obtuvo el mayor número de brotes debido a su ciclo biológico teniendo un crecimiento lento en comparación con los demás tratamientos de ciclo corto, permitiendo un buen desarrollo de los brotes. La yuca durante el período de cosecha del nopal está engrosando las raíces pero de forma lenta, pues es hasta después de los 120 dds que acelera este proceso y demoran de tres a cuatro meses en cubrir el suelo (Villagómez, 1993), teniendo poca competencia con el nopal. El segundo mayor número producido en el asocio con el tratamiento 3 (frijol blanco), se basó en el aporte de nitrógeno de este cultivo al suelo, por ser una leguminosa fijadora de nitrógeno atmosférico por la asociación bacterias del género *Rhizobium* en los nódulos de sus raíces (Cubero y Moreno, 1983). Siendo este uno de los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas beneficiando al nopal.

En el trabajo de tesis realizado por Chavarría (2011), en el Jardín Botánico de ADECA en Apompuá, encontró que el número de brotes presentó una tendencia casi uniforme en todos los tratamientos a los 120 dds, lo que indica que habrá gran cantidad de brotes al momento de la cosecha. Si comparamos con nuestros resultados obtenidos, se mantiene esta tendencia.

#### 4.1.3 Ancho de brotes (cm) del nopal en asocio con seis cultivos prehispánicos

El ancho de brotes determina el área foliar, siendo importante en la relación entre el tamaño y el rendimiento al incrementar niveles fotosintéticos aumentando la biomasa producida (García, *et al.*, 2000).

El Análisis de varianza realizado con el 95 % de confianza, refleja que no existe diferencias significativas en los tratamientos en cuanto a la variable ancho de brotes. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, los agrupa en una sola categoría estadística a los 105 dds. El ancho de brotes es una característica propia de cada variedad conllevando a que individuos de la misma variedad no tengan diferencias significativas (Pimienta, 1987).

**Cuadro 4.** Análisis del ancho de brotes del cultivo de nopal (cm) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013.

| Tratamientos  | 30 dds | 45 dds | 60 dds | 75 dds | 90 dds | 105 dds |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Pipián        | 0.50 a | 2.49 a | 3.70 a | 4.77 a | 4.90 a | 5.50 a  |
| Cuarenteño    |        |        |        |        |        |         |
| Amaranto      | 0.82 a | 2.02 a | 3.27 a | 3.52 a | 3.86 a | 4.57 a  |
| Frijol blanco | 0.24 a | 1.82 a | 3.48 a | 3.88 a | 4.97 a | 5.00 a  |
| Chan          | 0.33 a | 2.12 a | 3.00 a | 3.21 a | 3.48 a | 3.98 a  |
| Batata        | 0.24 a | 1.51 a | 3.68 a | 5.05 a | 5.75 a | 6.35 a  |
| Yuca          | 0.66 a | 2.91 a | 4.82 a | 5.10 a | 6.09 a | 6.36 a  |
| ANDEVA        | NS     | NS     | NS     | NS     | NS     | NS      |
| C.V (%)       | 36.15  |        |        |        |        |         |
| P=            | 0.3941 |        |        |        |        |         |

Separación de medias por el método de Diferencias Mínimas Estadísticas (DMS) de Fisher al 5%. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, dds= días después de la siembra

Se obtuvo una tendencia a crecer uniforme en el ancho de los brotes, por las características fisiológicas de las cactáceas, que utilizaron eficientemente sus reservas de energía para la producción de biomasa (ver Cuadro 4).

Alonso y Cruz (2009), encontraron en la zona seca de Diriamba en su estudio que el mayor ancho de brotes se obtuvo en densidades de 0.5 metros por plantas con 4.45 cm de ancho, a los 105 días después de la siembra, también Blanco *et al.*, (2008b), expresa que el ancho de brotes debe ser de 4-10 cm. Esto nos demuestra que los resultados obtenidos en este estudio son satisfactorios con un rango de 3.98 cm en el tratamiento 4 (chan) a 6.36 cm en el tratamiento 6 (yuca). Estos resultados variaron en los tratamientos 4 y 6 por la diferencia en la densidad poblacional, tipo de siembra y ciclo vegetativo de los cultivos chan y yuca

#### 4.1.4 Longitud de brotes (cm) del nopal en asocio con seis cultivos prehispánicos

El incremento de la longitud de los brotes se realizó en las yemas vegetativas existentes en las areolas y es uno de los elementos del índice de cosecha, ya que entre más longitud, mayor número de yemas y mayor crecimiento vegetativo. Los brotes aptos para la cosecha deben medir entre 10 y 20 cm de longitud (Blanco *et al.*, 2008b).

Según el ANDEVA realizado con el 95 % de confianza demuestra que no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, los agrupa en una sola categoría estadística a los 105 dds.

**Cuadro 5.** Análisis de la longitud de brotes del cultivo de nopal (cm) a los 105 dds, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013.

| Tratamientos  | 30 dds | 45 dds | 60 dds | 75 dds | 90 dds  | 105 dds |
|---------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Pipián        | 1.50 a | 5.40 a | 7.66 a | 9.93 a | 10.86 a | 11.07 a |
| Cuarenteño    |        |        |        |        |         |         |
| Amaranto      | 2.17 a | 3.99 a | 6.78 a | 7.43 a | 7.73 a  | 8.32 a  |
| Frijol blanco | 0.64 a | 3.59 a | 7.44 a | 8.11 a | 10.3 a  | 10.8 a  |
| Chan          | 1.35 a | 4.19 a | 6.59 a | 6.99 a | 8.04 a  | 8.19 a  |
| Batata        | 1.40 a | 2.86 a | 6.78 a | 10.2 a | 11.8 a  | 11.96 a |
| Yuca          | 1.24 a | 5.51 a | 9.54 a | 10.7 a | 12.04 a | 13.26 a |
| ANDEVA        | NS     | NS     | NS     | NS     | NS      | NS      |
| C.V (%)       | 37.39  |        |        |        |         |         |
| P=            | 0.4655 |        |        |        |         |         |

Separación de medias por el método de Diferencias Mínimas Estadísticas (DMS) de Fisher al 5%. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, dds= días después de la siembra

El cuadro 5. Se observa que al momento de la cosecha (105 dds), los brotes presentaron una longitud óptima de acuerdo a las normas de calidad CODEX STAN 185-1993, que considera que el tamaño comercial de los brotes debe ser entre 9 y 30 cm (FAO-OMS, 1993; Sáenz, *et al.*, 2006). Este comportamiento fue similar en las variables número y ancho de brotes, con el tratamiento 6 (yuca), ya que el rendimiento de biomasa y área foliar fue debido a una mayor elongación de los brotes.

En un estudio realizado por Chavarría (2011) en Apompuá, reflejó que la aplicación de compost no generó diferencia significativa sobre la longitud de los brotes, obteniendo mayor longitud con el testigo absoluto con 16.78 cm y una menor longitud 14.45 cm con la aplicación de 1.5 kg planta; a diferencia de los resultados obtenidos en este estudio donde la longitud se encontró en un rango que fue de 8.19 cm hasta 13.26 cm sin la aplicación de ningún tipo de fertilizante.

#### 4.1.5 Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) del nopal en asocio con seis cultivos prehispánicos

El rendimiento es el peso de los cladodios cosechados que son el interés desde el punto de vista alimenticio. Esta variable indica la capacidad de producción del cultivo alcanzada a los 105 dds. La cosecha se realizó manualmente cortando la base del nopalito, utilizando tijeras de podar (Cantwell, 1999), o con simples navajas.

El ANDEVA realizado con un 95 % de confianza, demuestra que existen diferencias significativas. La diferencia mínima estadística (DMS) de Fisher, agrupa a los tratamientos en tres categorías estadísticamente diferentes: en primer lugar el tratamiento 3 (frijol blanco) con  $8\ 285\ \text{kg ha}^{-1}$ ; segundo lugar los tratamientos 6, 2 y 5 (yuca, amaranto y batata) con  $6\ 814$ ,  $5\ 764$  y  $5\ 222\ \text{kg ha}^{-1}$  y en tercer lugar los tratamientos 1 y 4 (pipián Cuarenteño y chan) con  $3\ 632$  y  $3\ 482\ \text{kg ha}^{-1}$ .

En el Cuadro 6, podemos observar que en la cosecha, se obtuvieron rendimientos diferentes en cuanto al peso de los cladodios en relación a cada uno de los tratamientos, debido a que durante este período hubo sequía en la zona, deteniendo el aumento del peso en los brotes, por las características propias de las plantas CAM (crasulacean acidic metabolism), lo que le permitió al nopal maximizar la eficiencia en el uso de agua, otra característica importante es la epidermis de los cladodios, ya que se encuentra revestida de una cutícula gruesa que los protege de la evaporación (Barbera, 1999).

**Cuadro 6.** Análisis de los rendimientos de cladodios del cultivo de nopal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), a los 105 dds asociado con seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013

| DDS | Pipián<br>Cuarenteño | Amaranto | Frijol<br>blanco | Chan    | Batata   | Yuca     | ANDEVA | CV<br>% | P=     |
|-----|----------------------|----------|------------------|---------|----------|----------|--------|---------|--------|
| 105 | 3 362 b              | 5 764 ab | 8 285 a          | 3 482 b | 5 222 ab | 6 814 ab | *      | 57.89   | 0.0935 |

Separación de medias por el método de Diferencias Mínimas Estadísticas (DMS) de Fisher al 5%. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente

El tratamiento de frijol blanco condujo a un mayor rendimiento, ya que al fijar Nitrógeno aportó también este al nopal, logrando que los cladodios tuvieran un mayor peso. En investigaciones anteriores de Garay y Granera (2011) y Chavarría (2011), se ha demostrado que se obtienen mayores rendimientos con aplicaciones de Nitrógeno. Además, al ser el frijol blanco una planta rastrera y con área foliar de cobertura ayuda a mantener la humedad del suelo, considerando que el sistema radicular del nopal carece de pelos absorbentes mientras el suelo está seco, cuando existe agua disponible se estimula el desarrollo y la velocidad de absorción de agua y nutrientes es alta (Fernández, 1990).

Los resultados de Rendimiento del ensayo en todos los tratamientos, van desde  $3\ 482\ \text{kg ha}^{-1}$  en el tratamiento 4 (chan) hasta  $8\ 285\ \text{kg ha}^{-1}$  del tratamiento 3 (frijol blanco), comparando estos datos con los resultados obtenidos por Chavarría en el 2011, donde obtuvo Rendimientos que van desde  $900\ \text{kg ha}^{-1}$  hasta  $2\ 383\ \text{kg ha}^{-1}$ , los resultados obtenidos en la investigación son satisfactorios porque son altos sin la aplicación de ningún tipo de fertilizante. Garay y Granera (2011), obtuvieron rendimientos de  $6\ 825\ \text{kg ha}^{-1}$  aplicando  $0.50\ \text{kg/planta}$  de vermicompost, aportando a la planta de nopal  $1.31\ \%$  de Nitrógeno.

## **4.2 Respuesta de los seis cultivos prehispánicos al asocio con nopal**

### **4.2.1 Pipián cuarenteño (*Cucurbita angyrosperma* Huber) en asocio con nopal**

La longitud de las guías del pipián es importante, de esta depende el incremento de los rendimientos, al tener mayor longitud va presentando mayor cantidad de flores (Cisneros, 2000).

Según ANDEVA realizado con un 95 % de confianza, demuestra que existen diferencias significativas. La diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, agrupa la longitud de las guías del pipián después de la siembra en dos categorías estadísticamente diferentes: en primer lugar a los 90 dds, con 18.27 cm y en segundo lugar los 75, 60, 45 y 30 (dds) con 16, 15.2, 14.55 y 9.60 cm de longitud.

En el Cuadro 7. Observamos como la longitud de las guías incrementó después de la siembra. Sin embargo este cultivo no llegó a su floración y cosecha por la poca disponibilidad de agua y a los 90 dds presentó requemo causado por la sequía presente en la zona (ver Anexo 2).

Laguna y Cruz, (2006), afirman que el pipián depende del sistema de cultivo que se haga: por asocio o monocultivo, ya que al estar asociado compite más por agua.

### **4.2.2 Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) en asocio con nopal**

El amaranto es una planta que compite con ventajas, lo que le hace ser exitosa en donde otras no pueden vegetar, según Sánchez *et al.* (1997), esto lo logra por ser una planta C4, más eficiente en el uso del agua, presentar baja fotorespiración, tener mayor eficiencia en la fijación de CO<sub>2</sub> y producir una misma cantidad de biomasa con menor cantidad de agua, así como presentar un rápido crecimiento y mayor capacidad de foto-asimilación que las plantas C3 en condiciones de escasa precipitación.

El Análisis de Varianza realizado con un 95 % de confianza, demuestra que existen diferencias significativas. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, agrupa la altura de las plantas de amaranto después de la siembra en dos categorías estadísticamente diferentes: en primer lugar a los 30 dds con 4.02 cm y en segundo lugar a los 45, 60 y 75 (dds) con 4.00, 3.65 y 3.52, cm respectivamente.

El Cuadro 7, muestra que la tendencia de crecimiento de las plantas de amaranto hasta los 45 días después de la siembra es descendente, ya que la sequia incidió en el crecimiento de este cultivo, afectando la germinación y emergencia de plántulas por el déficit de humedad edáfica siendo afectada la densidad de la población, por lo que las semillas no lograron completar su crecimiento y desarrollo, debido a la pérdidas de su reservas de energía (Barrales, 1999).

También este cultivo a los 50 dds, fue atacado por un insecto plaga en su estado de larva conocido como falsa oruga medidora (*Pseudoplusia includens* Walker), de color verde se alimentó de las hojas tiernas del amaranto (Mújica y Berti, 1997), lo cual no le permitió llegar a cosecha, y los datos recolectados en cuanto a crecimiento fueron pocos. Tomando en cuenta

los recursos presentes en el lugar se hicieron aplicaciones de hoja de madero negro (*Gliricidia sepium*) y ajo (*Allium sativa*), que según Conabio (1982) tiene actividad insecticida. Sin embargo no ejerció control alguno.

#### **4.2.3 Frijol blanco (*Phaseolus acutifolius* Gray) en asocio con nopal**

Las posibilidades de que el frijol blanco en asocio con nopal sea exitosas son muchas, ya que en el trópico latinoamericano el 70 a 80 % de frijol, se produce en asocio con otras especies (García *et al.*, 1985).

El Análisis de Varianza realizado con un 95 % de confianza, demuestra que existen diferencias significativas en el crecimiento de las plantas de frijol en relación a la diferente toma de datos. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher agrupa el crecimiento del frijol en una sola categoría: Los 75, 60, 45 y 30 dds con 27.74, 23.36, 22.18 y 18.17 cm respectivamente de altura de las plantas; los rendimientos obtenidos fueron de 2.6 kg ha<sup>-1</sup> (ver Cuadro 8).

El Cuadro 7, muestra la tendencia de crecimiento de las plantas de frijol hasta los 90 dds que se realizó su cosecha.

Este cultivo se logró cosechar, porque tiene un amplio grado de adaptación a las condiciones del trópico seco; esto ha sido mencionado por CIAT (1987) citado por Váldivia (1993), al afirmar que el frijol blanco puede ser cultivado en zonas donde el frijol común no se adapta, debido a problemas de enfermedades, sequías y altas temperaturas, por su parte Váldivia (1993), indica que bajo ligero estrés de sequía en algunos casos el frijol blanco alcanza promedios de rendimientos del doble que el frijol común.

En un estudio sobre la distribución de 25 especies silvestres el género *Phaseolus* en México, López *et al* (2005) señalaron que por su distribución *P. acutifolius* se encuentra entre las de menor requerimiento de humedad, con alta adaptación a ambientes cálidos, es decir, es tolerante al calor.

Los dos períodos críticos del frijol son la floración y la fase de llenado de granos, Guimarae (1988). El ciclo vegetativo total y el período de llenado de granos no genera efecto determinante en la competencia y relaciones de rendimiento al sembrar frijol con nopal (García, 1985), confirmando los resultados obtenidos en el rendimiento de nopal asociado con este cultivo.

El ciclo del cultivo se vio fuertemente afectado por la sequia lo que se reflejó en los rendimientos. Rao (1997), explica que la poca disponibilidad de agua en el suelo disminuye la absorción, índice de distribución y la eficiencia del uso de nutrientes, provocando aceleración de la floración, disminución de flores, aborto de vainas y poco o nulo desarrollo de granos.

Los rendimientos obtenidos en frijol no son los ideales asociados con nopal, en cambio sí para el nopal; en contraposición a lo que afirma Duarte (1982), de que el rendimiento del frijol se reduce asociado sólo con leguminosas.

#### 4.2.4 Chan (*Hyptis suaveolens* L. Poit) en asocio con nopal

En una investigación realizada en Nicaragua por Gómez (2010), hace referencia a que chan es el nombre común de una especie vegetal altamente aromática nativa del Sur de México y América Central (*Hyptis suaveolens* L. familia Lamiaceae). En Nicaragua se le conoce como una maleza y comúnmente se le puede encontrar en caminos, potreros y asociada a cultivos, ha cobrado mayor importancia debido a una gran variedad de usos, tanto en el área alimenticia como en la medicinal. Del chan se puede hacer un refresco con igual preparación que la chía o la linaza y con un mejor sabor.

Según ANDEVA realizado con un 95 % de confianza, demuestra que existen diferencias significativas en el crecimiento de las plantas de chan en relación a la diferente toma de datos. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, agrupa la altura de las plantas en cinco categorías estadísticamente diferentes: en primer lugar desde los 90 hasta los 210 dds en un rango de crecimiento de 39.24 a 107.62 cm; segundo lugar los 75 dds con 24.22 cm; tercer lugar los 60 dds con 8.78; cuarto lugar los 45 dds con 4.45 cm y quinto lugar los 30 dds con 4.15 cm.

En el Cuadro 7. Se observa una tendencia creciente del crecimiento de las plantas de chan hasta los 210 dds que fue su cosecha. Esto nos muestra que el chan toleró las condiciones de clima presente en el lugar donde se encontraba el ensayo, logrando obtener rendimientos de 3.63 kg ha<sup>-1</sup> (ver Cuadro 8).

Según Miranda (2012), la altura promedio de las plantas de chan a los 210 dds que se realizó la cosecha es aceptable, ya que la altura promedio de este es de 1.20 hasta 1.60 m.

Por otro lado de acuerdo a estudios realizados en León, Nicaragua los rendimientos promedios del chan son de 13 qq ha<sup>-1</sup>, donde el mayor rendimiento de semilla por parcela fue de 30.81 qq/ha (1400 kg/ha) en el Gurú y el menor rendimiento fue de 0.58 qq/ha (26.36 Kg/ha) en el Ojochal para los tratamientos LOCF8 (labranza cero con fertilizante y 8 plantas /m lineal) y LOSF8 (labranza cero sin fertilizante y 8 plantas/m lineal) respectivamente. Los datos obtenidos en nuestra investigación estuvieron influenciados por la distancia de siembra a chorrillo, dado el tamaño de las parcelas, por lo que las plantas se encontraban a 15 cm entre planta y según este mismo autor los distanciamientos variaron de 12.5 cm a 50 cm lineales por planta además, la densidad si afectó significativamente el rendimiento de semilla ya que las parcelas más densas incrementaron su rendimiento por unidad de superficie; también el estudio dice que quizás las plantas que crecen con menos densidad logren obtener una mejor calidad de la semilla (por ejemplo, semillas más grandes). En este caso, habrá que tomar en cuenta la finalidad del uso de la semilla (Gómez, 2010).

El rendimiento es el resultado de un sin número de factores biológicos, ambientales y de manejo que se le da al cultivo, lo cual al relacionarse positivamente entre si da como resultado una mayor producción por hectárea (Alvarado, 2000).

#### **4.2.5 Batata (*Ipomea batatas* L.) en asocio con nopal.**

La batata o camote (*Ipomoea batatas* L.) es el quinto alimento más importante en los países en desarrollo debido a sus sobresalientes características nutricionales y culinarias. El aumento de la producción mundial y su utilización como alimento sano, es a menudo considerado como un medio para mejorar los ingresos y la seguridad alimentaria en los segmentos más pobres de la población rural.

La batata es por lo general de hábito rastrero, con tallos que se extienden horizontalmente sobre el suelo desarrollando un follaje relativamente bajo (Achata *et al.*, 1990).

El ANDEVA realizado con un 95 % de confianza, demuestra que existen diferencias significativas en el crecimiento de las plantas de batata en relación a la diferente toma de datos. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, agrupa la longitud de las guías en cuatro categorías estadísticamente diferentes, teniendo en primer lugar desde los 90 hasta los 225 dds con un rango de crecimiento de 33.47 a 77.94 cm; segundo lugar los 75 dds con 21.77 cm; tercer lugar a los 60 dds con 9.26 cm y en cuarto lugar los 30 y 45 dds con 6.66 y 8.22 cm.

El Cuadro 7. Nos muestra que el crecimiento de las guías de batatas hasta los 150 días después de la siembra tuvo una tendencia de crecimiento continuo, disminuyendo el crecimiento desde los 165 hasta los 225 dds.

Este cultivo no fue cosechado, ya que a partir de los 150 dds, hubo un período crítico de sequía en el Jardín Botánico, provocando que se detuviera el crecimiento de las guías, perdiendo su área foliar, hasta quedar totalmente defoliadas y secas las guías. Según Montaldo (1966), la batata es una planta típica de regiones tropical de altura media a baja, pues su óptimo de temperatura está alrededor de 22 °C, y requiere una humedad permanente que se ha señalado como 25 mm de agua por semana, hasta dos semanas antes de la cosecha.

Los períodos de intensa sequía provocan la lignificación de los tejidos que dificultan la posterior actividad de los meristemas, restringiendo el crecimiento de las batatas. La longitud de las guías en los cultivares comunes alcanza de 4 a 6 m (Folquer, 1978).

#### **4.2.6 Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en asocio con nopal**

El sistema asociado de yuca con maíz y frijol es conocido entre los agricultores con buenos resultados, quizás la asociación más antigua es la de yuca con maíz practicada según Leihner (1987), quien también hace mención de que hasta hoy en día se encuentra maíz prehistórico cultivado con yuca en partes remotas de Guatemala, donde la agricultura ha permanecido tradicional por los Mayas.

Según ANDEVA realizado con 95 % de confianza, demuestra que existen diferencias significativas en el crecimiento de las plantas de yuca en relación a la diferente toma de datos. La Diferencia Mínima Estadística (DMS) de Fisher, agrupa la altura de las plantas en dos categorías estadísticamente diferentes, teniendo en primer lugar de los 90 a los 225 dds con un crecimiento de 17.84 a 29.17 cm y en segundo lugar los 30 a los 75 dds con 7.74 a 12.43 cm.

**Cuadro 7.** Análisis del crecimiento de la longitud de guías y altura de plantas de los seis cultivos prehispánicos (cm) a los 75, 90, 210 y 225 dds, en asocio con nopal, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013

| Tratamientos  | 30 dds  | 45 dds | 60 dds | 75 dds | 90 dds | 105 dds | 120 dds | 135 dds | 150 dds | 165 dds | 180 dds | 195 dds | 210 dds | 225 dds |
|---------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Pipián        | 9.60    | 14.5   | 15.2   | 16.0   | 18.2   | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
| Cuarentaño    | b       | 5 b    | 0 b    | 0 b    | 7 a    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Amaranto      | 4.02    | 4.00   | 3.65   | 3.52   | -      | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
|               | a       | b      | b      | b      |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Frijol blanco | 18.17   | 22.1   | 23.3   | 27.7   | -      | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       |
|               | a       | 8 a    | 6 a    | 4 a    |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Chan          | 4.15    | 4.45   | 8.78   | 24.2   | 39.2   | 59.2    | 61.2    | 87.9    | 98.0    | 100.    | 104.    | 104.    | 107.    | -       |
|               | d       | cd     | c      | 2 ab   | 4 a    | 4 a     | 9 a     | 8 a     | 4 a     | 36 a    | 00 a    | 44 a    | 62 a    |         |
| Batata        | 6.66    | 8.22   | 9.26   | 21.7   | 33.4   | 44.7    | 49.9    | 85.1    | 108.    | 98.5    | 92.0    | 85.7    | 81.2    | 77.9    |
|               | c       | c      | bc     | 7 ab   | 7 a    | 0 a     | 0 a     | 0 a     | 40 a    | 0 a     | 0 a     | 0 a     | 0 a     | 4 a     |
| Yuca          | 7.74    | 9.63   | 10.0   | 12.4   | 17.8   | 21.9    | 28.9    | 29.4    | 41.7    | 42.6    | 38.7    | 37.4    | 34.3    | 29.1    |
|               | b       | b      | 6 b    | 3 a    | 4 a    | 0 a     | 7 a     | 7 a     | 0 a     | 0 a     | 0 a     | 4 a     | 0 a     | 7 a     |
| ANDEV         | *       | *      | *      | *      | *      | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       |
| A             |         |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| C.V (%)       | 16.11   |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| P=            | <0.0001 |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |

Separación de medias por el método de Diferencias Mínimas Estadísticas (DMS) de Fisher al 5%. Medias con letras iguales no difieren estadísticamente, dds= días después de la siembra

El Cuadro 7, nos muestra que el crecimiento de las plantas de yuca partir de los 30 dds fue ascendente, sin embargo a los 165 dds descendió al no tolerar las situaciones climáticas de sequías presentes en la zona donde se estableció el ensayo.

Los resultados obtenidos de este cultivo en el estudio, fueron afectados por el período crítico de sequía presentado a partir de los 165 días después de la siembra, incidiendo en que los brotes tuvieran un crecimiento lento y débil, estando expuestos a la incidencia de factores bióticos y abióticos. Esto conllevó que a los 225 días después de la siembra las plantas todavía no hubieran desarrollado sus raíces, que como sabemos es el interés económico, considerando necesario no continuar con las tomas de datos, tomando en consideración el ciclo vegetativo del cultivo y por ende las distintas etapas de crecimiento.

De acuerdo a lo sugerido por Villagómez, 1993; CIAT, 1984, la calidad de las estacas está determinada por la madurez del tallo (7-17 meses), número de nudos por estaca (3-7), grosor de las estacas (3-6 cm de diámetro). No se deben utilizar estacones muy verdes (menores de 6 meses) para seleccionar las estacas. Las estacas se deben cortar en el campo al momento de la siembra. Aunque se debe considerar que esto varía con materiales criollos.

Diversos estudios demuestran que los rendimientos máximos se obtienen entre los 25 a 27 °C siempre que haya suficiente humedad en el período de crecimiento. En época seca el área foliar se reduce, disminuyendo la transpiración al cerrarse los estomas durante períodos de estrés por 5-6 meses de sequías reduce la tasa de crecimiento del cultivo (Villagómez, 1993).

### 4.3 Uso equivalente de la tierra (U.E.T.)

El U.E.T. es un parámetro muy importante para valorar el beneficio de los policultivos. El término se define como la razón del área necesaria de dos cultivos a la necesaria con el policultivo, para obtener iguales rendimientos (Aleman, 1999).

Este cálculo nos indica como las especies usan los recursos (espacio), en relación a la otra. Valores mayores que 1 indican simbiosis de las especies y menores antagonismo entre ellas.

Los resultados mostrados en el Cuadro 13, indican que los asociados registran mayor eficiencia en el uso de la tierra en relación a los monocultivos, donde los arreglos nopal-frijol y nopal-chan presentan una productividad de la tierra de 250 y 54 por ciento respectivamente.

**Cuadro 8.** Cálculo del uso equivalente de la tierra sobre los rendimientos de cladodios de nopal en asocio con frijol blanco y chan y en monocultivo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013.

| Arreglo     | Rendimiento nopal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Rendimiento frijol ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | UET  | Rendimiento nopal ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Rendimiento chan ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | UET  |
|-------------|---|--|------|---|--|------|
| Asocio      | 8 285                                     | 2.6  | 3.50 | 3 482                                     | 3.63                                     | 1.54 |
| Monocultivo | 2 724                                     | 5.7  |      | 2 724                                     | 13.82                                    |      |
| RR          | 3.04                                      | 0.45                                       |      | 1.279                                     | 0.26                                     |      |

RR= Rendimiento relativo; U.E.T.= Uso Equivalente de la Tierra.

Lo anterior comprueba la simbiosis en dichos arreglos, donde la competencia entre las especies no afectó los rendimientos. Esto indica que el agricultor puede sembrar frijol blanco o chan en un lote de nopal sin afectar el rendimiento de este y que el área sembrada en monocultivo necesitará el 250% y 54% respectivamente, mayor que el área sembrada para superar la productividad del agrosistema asociado ya sea nopal-frijol blanco o nopal-chan, para producir la misma cosecha combinada.

## V. CONCLUSIONES

El nopal tolero las condiciones climáticas existentes en la localidad de estudio, obteniendo rendimientos desde 2 724 kg ha<sup>-1</sup> en el monocultivo hasta 8 285 kg ha<sup>-1</sup> del asocio con frijol blanco, demostrando el beneficio al fijar nitrógeno y que la competencia entre las especies no afectó los rendimientos.

Hubo mayor eficiencia en el uso de la tierra con los cultivos en asocio: nopal-frijol y nopal-chan con una productividad de la tierra de 250 y 54 por ciento respectivamente, logrando obtener una mejor cosecha combinada en una menor área a diferencia de los monocultivos.

Los cultivos Prehispánicos que toleraron la sequía en la zona de Apompúa y completaron su ciclo biológico fueron frijol blanco y chan. A diferencia de los cultivos amaranto, pipián cuarenteño, batata y yuca que no lo lograron.

## **VI. RECOMENDACIONES**

A los pequeños agricultores de la zona de Apompuá sugerimos asociar nopal con frijol blanco y chan, por los beneficios obtenidos, permitiendo así un mejor aprovechamiento del espacio, diversidad de cultivos y mayor variabilidad de alimentos.

## VII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, A.** 2007. Evaluarán valor proteínico de la semilla Chan. (en línea). El Sol del Bajío. Consultado 19 oct. 2013, disponible en: <http://www.oem.com.mx/esto/notas/n1152324.html>
- Achata, A;** Fano, H; Goyas, H; Chiang, O; Andrade, M. 1990. El Camote (Batata) en el Sistema Alimentario del Perú: El caso del Valle de Cañete. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, PR. 51 p.
- Alonso E. B.** y Cruz R. O. 2007. Evaluación de 4 densidades de siembra de nopal (*Opuntia ficus indica* L. Miller), en la comunidad de Buena Vista del Sur, Diriamba, Nicaragua. Tesis UNA, Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 27 pp.
- Alemán, F.** 1996 Metodología de la investigación en malezas. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. Pp 25-30.
- Alvarado, N.** 2000. La fertilización orgánica en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.), y mejoramiento de tres componentes de su sistema tradicional de producción. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, NI. 25 p.
- Arguello, H.** 1992. Caracterización y Evaluación preliminar de 20 accesiones del frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 51 p.
- Barrales, J.** 1999. Evaluación preliminar de la asociación *Amaranthus hypochondriacus* L. *Phaseolus vulgaris* L. Revista Chapingo Serie Ingeniería Agropecuaria. Chapingo, MX. 2(1): 13-17
- Barbeau, G.** 1990. Frutas Tropicales en Nicaragua. Dirección General de Técnicas Agropecuarias, ECS, MIDINRA. Managua, NI. 147 p.
- Barbera, G.** 1999. Historia e importancia económica y agroecológica: Agroecología y usos del nopal. FAO, Roma, IT. p. 1 – 10.
- Blanco, M.** 1990. Raíces y tubérculos. Universidad Nacional Agraria-Facultad de Agronomía. EPV. 2do. Managua, NI. 200 p.
- 1992. RAICES Y TUBERCULOS. Universidad Nacional Agraria, UNA. Managua, NI. 211 p.
- 1994. Cultivos Precolombinos. No publicado. UNA. Managua, Nicaragua. 61 p.
- 1996. Cultivos Precolombinos de Nicaragua, Recurso Olvidado. Trabajo Presentado en la XLII Reunión anual del PCCMCA, El Salvador. Managua. NI. 19 p.
- ; Zeledón, A; Cortez, N. 2008b. Ficha técnica del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) PCCMCA. San José, CR. 2 p.
- ; 2012. Cultivos Precolombinos de Nicaragua, Recurso Olvidado. Conferencia Antropología Ecológica. Etnoecología. Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 62 pp.
- ; Baylón, M; Cruz, N. 2013. Comportamiento del sistema intercalado de nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller), con cultivos prehispánicos: en las localidades de Las Esquinas, San Marcos y Apompuá, Diriamba, Nicaragua 2013. Trabajo Presentado en la Reunión anual del PCCMCA, Managua. NI.
- Briton, N;** Rose, J. 1963. The cactácea. V1 Camegie institute. Washington, US. 56 p.
- Cantwell, M.** 1999. Manejo y postcosecha de tunas y nopalitos. Barbera, G; Inglese, P; Pimienta, E. Agroecología del cultivo y usos del nopal. Estudio FAO. Producción y protección vegetal. Roma, IT. p. 15-31.
- CIAT** (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Boletín informativo “material de siembra de yuca”. 8 (1):17. Cali, CO.

- 1987. Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. Cali, CO. 56 p.
- Cisneros, S.** 2000. Efecto del abono orgánico en el cultivo de hortalizas. León, NI. 5 p.
- Chagaray, A.** 2005. Estudio de factibilidad del cultivo del amaranto. Dirección provincial de programación del desarrollo. Ministerio de producción y desarrollo. Gobierno de la Provincia de Catamarca, Argentina.
- Chavarría, E.** 2011. Evaluación del crecimiento, rendimiento, mortalidad y rentabilidad utilizando seis dosis de compost en nopal (*Opuntias ficus-indica* L.) Diriamba, Carazo, 2009. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 25 p.
- Conabio** *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. 1982. Repertorium Botanices Systematicae. 1(4): 679. MX
- Cubero, J.I;** Moreno, M.T. 1983. Leguminosas de grano. Ed. Mundi prensa. Madrid, ES. p. 20-21
- Delmar, F.**1982. Compitecao de cultivares de feijao em consorciacato com milho. La. RENAFAE Embrapa, Goiana, Goias, BR. 62 p.
- Duarte, C.**1982. Avaliacato regional de cultivares de feijao *Phaseolus vulgaris* L. em consorcio commilho *Zea mays* L. do municipio de Richao das neves. La. RENAFAE Embrapa, Goiania, Goías, BR. p. 6-7.
- FAO/OMS.**1993. Worldwide Codex standard for Nopal. Codex Stan 185-1993. Codex Alimentarius. Volumefive B. Tropical freshfruits and vegetables. Food and Agriculture organization of the United Nations Word Health Organization. Roma, IT. s.p.
- (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1999a. Agroecología, cultivo y uso del nopal, Facultad de Ciencias Biológicas en la Universidad de Guadalajara. Jalisco, MX. 22 p.
- 1995. Frijol Tepario resistente a las enfermedades. EDN, Hecho Notas de Desarrollo. North-USA. Ejemplar 48. Marzo 2005.
- Fernández, J;** Saiz, M. 1990. La chumbera como cultivo de zonas áridas. Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. Santiago Estévez, MD. 23 p.
- Ferreira, A;** Grandi, M. 1982. Productividad de de genotipos de feijao em monocultivo e no cultivo asociado com milho más épocas das aguas e da secos em Goiania, Goias, la. RENAFAE. Embrapa, Goiania, Goias, BR. p. 83-84.
- Folquer, F.** 1978. La batata (camote) estudio de la planta y su producción comercial. Ed. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). San José, CR. 122 p.
- Gage, T.** 1952. Viajes a la Nueva España. (1625-1630). Ediciones XOCHILT, México. 496 p.
- Gallegos, V;** Cervantes, J; Barrientos, A. 2005. Manual gráfico para la descripción varietal del nopal tunero y xoconostle (*Opuntia spp*). Servicio nacional de inspección y certificación de semillas. Secretaria de agricultura y ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación (SNICS-SAGARPA) y la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Chapingo, MX. 116 p.
- García, V;** Teresa, V; Espinoza, M. 2000. Efecto de bioabonos sobre el área fotosintéticamente activa, producción de cladodios y eficiencia de recuperación de Nem en el cultivo de tuna (*Opuntias ficus-indica* L.) en el primer año post-plantación. Universidad de Chile. Casilla 1004, Santiago, CL. 96 p.
- , S. Davis, J. 1985. Principios básicos de la asociación de cultivos. In López, M., Fernandez, A., Eds. Frijol: investigación y producción. CIAT. Cali, CO. p 363-370.
- Gibson, A. y Nobel, P.** 1986. The cactus pears, Harvard University Press, Cambridge. 48 p.
- Gómez, M.** 2010. Artículo Chan: Evaluación agronómica del Chan (*Hyptis suaveolens* L. Poit) como un cultivo alternativo para la producción de alimentos y fármacos en cuatro municipios del departamento de León, Nicaragua. UNAG-León. (en línea). Consultado 19 oct. 2013.

- Disponible en:  
[http://www.infoagro.net/archivos\\_Infoagro/Infotec/biblioteca/central/ArticuloChan.pdf](http://www.infoagro.net/archivos_Infoagro/Infotec/biblioteca/central/ArticuloChan.pdf)
- Garay, R y Granera, F.** 2011. Efecto de la aplicación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller), en la UNA, Managua, 2009. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 25 p.
- Guimarae, C.** 1988. Cultura do feijo eiro. Factores que Afeatan productividadae. Efeitos Fisiológicos do Estresse Hídrico. ABPPF. Piracicaba, BR. p. 157-171.
- Hauptli, H.** 1977. Agronomic potencial and breeding amaranth. Proc. First Amaranth Semin. Emmaus, Pa.
- IBPGR.** 1985. *Phaseolus acutifolius* descriptors. Roma, IT. 18 p.
- ICAITI.** 1976. Guía para la exportación de productos agrícolas no tradicionales. Piña. Guatemala, GT. 57 p.
- INETER** (Instituto de estudios territoriales de Nicaragua). 2010. Departamento de agro meteorología. Managua, NI.
- Jarquín, Y. y Lagos, O.** 2010. Dosis de compost y su efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo del nopal (*Opuntias Ficus-Indica* L.), Las Esquinas, Carazo. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. Managua, NI. 21 p.
- Laguna, G. y Cruz, J.** 2006. Producción de semilla de pipián bajo estructuras protegidas. INTA, San Isidro, NI. 8 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. Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 17 p.
- Lees, P.** 1983. Amaranto ¿El Supercultivo del Futuro? .En Agricultura de las Américas. Kansa USA. p. 16-33.
- Leihner D.** 1987. Yuca en cultivos asociados. Maneo y evaluación. CIAT Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- León J.** 1992. La Agricultura en Mesoamérica Plantas domesticadas y Cultivos Marginados en Mesoamérica. (en línea). Disponible en:  
[http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap2\\_1.html](http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro09/Cap2_1.html)
- Lira, R.** 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las cucurbitáceas latinoamericanas de importancia económica. Ed. International Plant Resources Institute, IPGRI. Instituto de biología, UNAM, ME. p. 2-3.
- López, S. J. L.; Ruiz, C. J. A.; Sánchez, G. J. J. y Lépiz, I. R.** 2005. Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp.) en la república mexicana. Rev. Fitotec. Mex. 28(3):221-229
- Martínez, J.** 1997. Efecto de la labranza y métodos de control de malezas sobre la dinámica de malezas y el crecimiento y rendimiento de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. postrera 1995. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 48 p.
- Miranda, F.** 2012. Guía técnica para el manejo del cultivo de chia (*Salvia hispánica*) en Nicaragua. (en línea). Consultado 10 mar. 2015. Disponible en  
[http://cecoopsemein.com/Manual\\_de\\_poduccion\\_de\\_CHIA\\_SALVIA\\_HISPANICA.pdf](http://cecoopsemein.com/Manual_de_poduccion_de_CHIA_SALVIA_HISPANICA.pdf)
- Montaldo, A.** 1966. Manual del cultivo de la batata (*Ipomoe batatas*). Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, VE. 16 p.
- Monzón, R.G.** 1991. Producción artesanal de en la zona de Esteli. INTA. Esteli, NI. 39 p.
- Morales, R.C.** 1980. La influencia de algunos factores climáticos sobre el frijol. Managua, NI. 8 p.

- Mujica S, A** y Berti, M. 1997. El cultivo del Amaranto (*Amaranthus spp.*): producción, mejoramiento genético y utilización. Ed. Red de cooperación técnica de productos alimenticios. FAO. Roma, IT. 73 p.
- NET.** 1973. Nueva enciclopedia temática. Tomo 12. Ed. Richard. S.A. México. 583 p.
- Nobel, P;** Cavalier, J; Andrade, J. 1992. Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relation. *J. Experim. Botany* 43 (250): 641-648.
- 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge University. Press, New York, US. p. 10-17.
- NRC.** National Research Council. 1989. Lost Crops of the Incas. Little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press. Washigton D.C. USA. 415 p.
- Orúe, G. R.** y Rojas, S. E. 2008. Efecto de enmiendas nutricionales sobre el rendimiento del nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en Diriamba, Carazo 2007. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua.
- Oviedo y V, G.** 1994. Historia General y Natural de las Indias tomes. Ed. Guaranía, Asunción, PY.
- Pimienta, E.** 1987. El nopal tunero: Descripción botánica, uso e importancia económica. *In germen, somefi.* N° 7. Texcoco, MX. p. 10-12.
- 1994. Prickly pear (*Opuntia spp.*): a valuable fruit crop for the semiarid lands of México. *J. AridEnvironments.* In press. p. 1-11.
- **1997.** El nopal en México y el mundo. In. Cactáceas suculentos mexicanos. CVS publicaciones, MX. 22 p.
- 1998.** El nopal tunero. Descripción botánica, usos e importancia económica p 10–12.
- Pitty. A.** 2015. Comunicación personal. PCCMCA. 2015. Guatemala.
- Poy, L.** 2010. Frijol tepari mexicano combate el cáncer: estudio (en línea). Instituto Politécnico Nacional y Universidad Autónoma de Querétaro. Periódico La Jornada. México, D.F. MX. Consultado 6 nov. 2012. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx:8810/2010/02/19/ciencias/a02n2cie>
- Rao, M.** 1997. Estudio fisiológica de la tolerancia a la sequía. In. CIAT. Cali, CO. p 385.
- Rodríguez, H.**2014. Evaluación agronómica con enfoque agroecológico en un sistema diversificado de guayaba (*Psidium guajava* L.), nopal (*Opuntia ficus-indica* L.), piña (*Ananas comosus* L.) y papaya (*Carica papaya* L.) utilizando vermicompost, Managua, Nicaragua, 2009-2011. Tesis MSc. Agroec. Des. Sost. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Managua, NI. 48 p.
- Sáenz, C;** Berger, H; Corrales, J; Galleti, L. 2006. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 162: Utilización agroindustrial del nopal. Ed. FAO. Roma, IT. 12 p.
- Sánchez. A. M,** Berti, M. D e Izquierdo, J. 1997. El Cultivo del Amaranto (*Amaranthus spp.*): Producción, Mejoramiento Genético y Utilización. Universidad Nacional Del Altiplano (UNA), Puno, Perú. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe Oficial Regional de Producción Vegetal, FAO.
- , **J. M.** 2004. Las plantas ornamentales y sus zonas de rusticidad en España. (en línea). Consultado 19 Jun. 2015, disponible en: <http://www.arrakis.es/jmanuel/PLANTAS%20Y%20ZONAS%20DE%20RUSTICIDAD.pdf>
- Simmonds, N.W.** 1979. Evolution of Crop Plants. Edinburgh School of Agriculture. Longman Group Limited. London. Great Britain. 339 pp
- Tapia, H.** 1987. Mejoramiento varietal de frijol en Nicaragua. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA). Managua, NI. 20 p.

- Váldivia, R.** 1993. Caracterización y Evaluación Preliminar de 19 Accesiones de Frijol Tepari (*Phaseolus acutifolius* Gray). Managua, NI. 88 p.
- Vázquez, V;** Zúñiga, T; Orona, C; Murillo, A; Salazar, S; Vázquez, A; García, H; Troyo, D. 2007. Análisis del crecimiento radical en cuatro variedades de nopal (*Opuntia ficus indica* (L). Mill).Universidad Juárez del estado de Durango, MX. 86 p.
- ; A; Valdez, C; Blanco, M. 2008. Riego y Fertilización del nopal verdura. VII Simposio-Taller: Producción y aprovechamiento del nopal en el Noroeste de México. 24 y 25 de octubre 2008. Mina, N, México. Universidad Autónoma, Nuevo León, MX. 18 p.
- Villagómez, V.**1993. El Cultivo de la Yuca. Ed. Sánchez S.R.L. Lima, PR. 90 p.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis químico de suelo, Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2010

| pH (H <sub>2</sub> O) | MO % | N %  | P Ppm | K (meq/100g de suelo) | Ca (meq/100g de suelo) | Mg (meq/100g de suelo) |
|-----------------------|------|------|-------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| 6.02                  | 3.33 | 0.17 | 3.5   | 0.54                  | 17.31                  | 5.03                   |

Fuente: Chavarría, 2011

### Anexo 2. Datos climáticos Jardín Botánico Apompúa, Diriamba, 2013

| Dato meteorológico | May | Jun   | Jul   | Ago  | Sep  | Oct   | Nov  | Total |
|--------------------|-----|-------|-------|------|------|-------|------|-------|
| Precipitación (mm) | 76  | 127.3 | 114.6 | 63.6 | 83.5 | 122.1 | 21.1 | 608.2 |

Fuente: INETER (2013)

### Anexo 3. Cálculo del Uso Equivalente de la Tierra

Datos de rendimiento:

Nopal monocultivo: 2 724 kg ha<sup>-1</sup>

Frijol blanco monocultivo: 5.7 kg ha<sup>-1</sup>

Chan monocultivo: 13.82 kg ha<sup>-1</sup>

Nopal-frijol blanco: 8285 kg ha<sup>-1</sup>

Nopal-chan: 3482 kg ha<sup>-1</sup>

Frijol blanco-nopal: 2.6 kg ha<sup>-1</sup>

Chan-nopal: 3.63 kg ha<sup>-1</sup>

$$UET_{\text{nopal + frijol}} = \sum \frac{\text{Rend. de A asociado}}{\text{Rend. de A en monocultivo}} + \frac{\text{Rend. de B en asocio}}{\text{Rend. de B en monocultivo}}$$

$$UET_{\text{nopal + frijol}} = \sum \frac{8285}{2724} + \frac{2.6}{5.7}$$

$$UET_{\text{nopal + frijol}} = 3.496$$

$$UET_{\text{nopal + chan}} = \sum \frac{\text{Rend. de A asociado}}{\text{Rend. de A en monocultivo}} + \frac{\text{Rend. de C en asocio}}{\text{Rend. de C en monocultivo}}$$

$$UET_{\text{nopal + chan}} = \sum \frac{3482}{2724} + \frac{3.63}{13.82}$$

$$UET_{\text{nopal + chan}} = 1.54$$

Dónde:

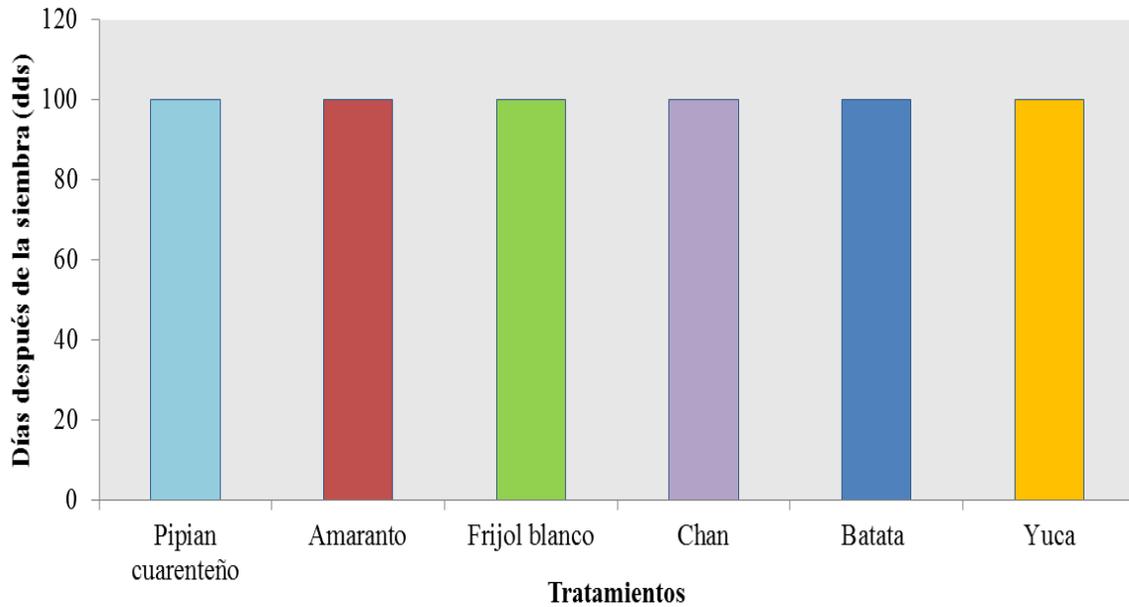
Rend.: rendimiento del cultivo en particular

A: cultivo de nopal.

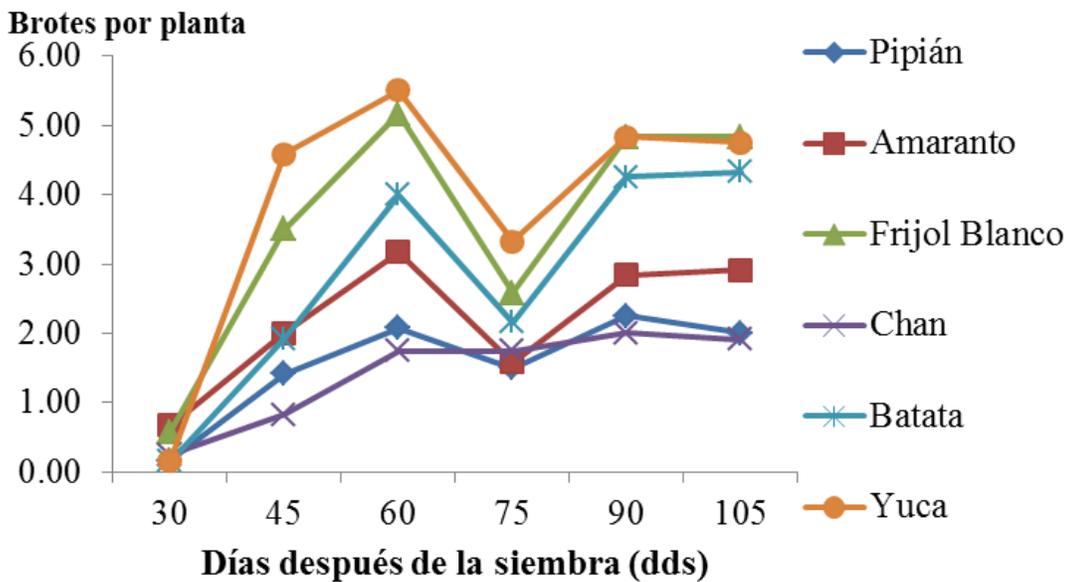
B: cultivo de frijol blanco.

C: cultivo de chan.

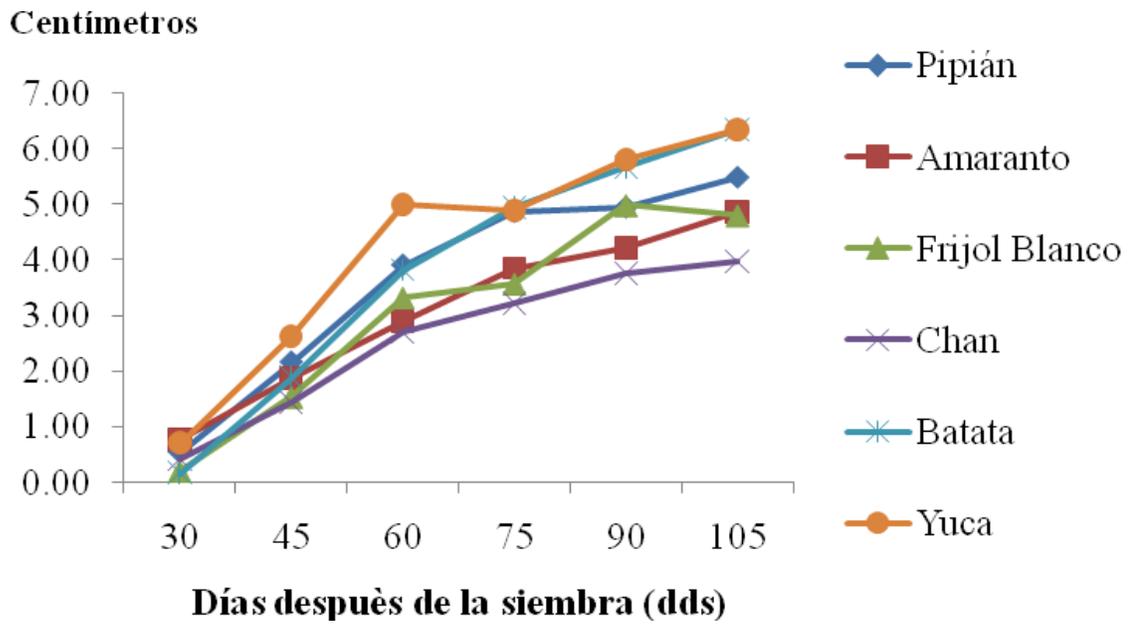
**Anexo 4.** Supervivencia del cultivo de nopal, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013



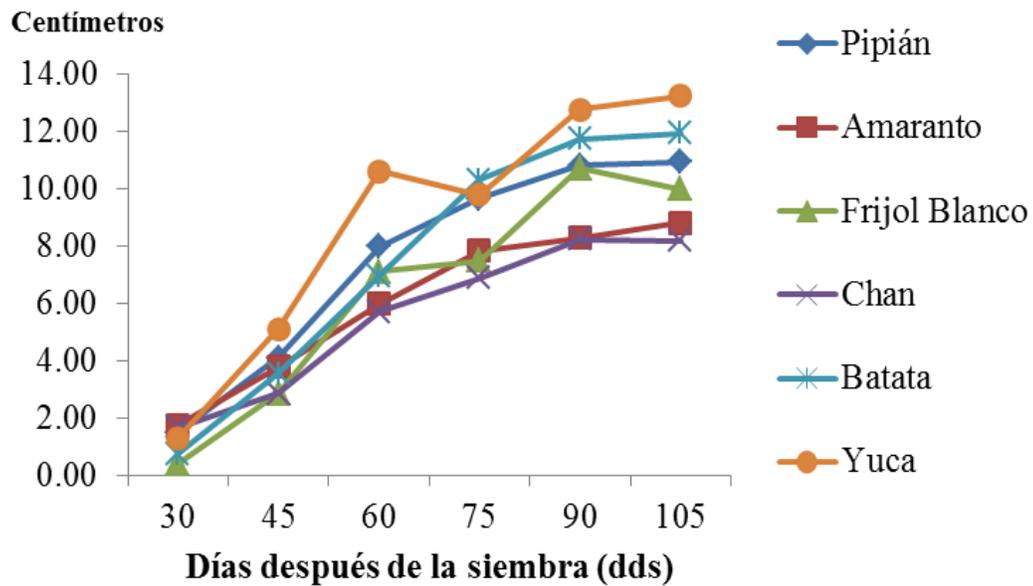
**Anexo 5.** Número de brotes del cultivo de nopal, bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013



**Anexo 6.** Ancho de brotes del cultivo de nopal (cm), bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013

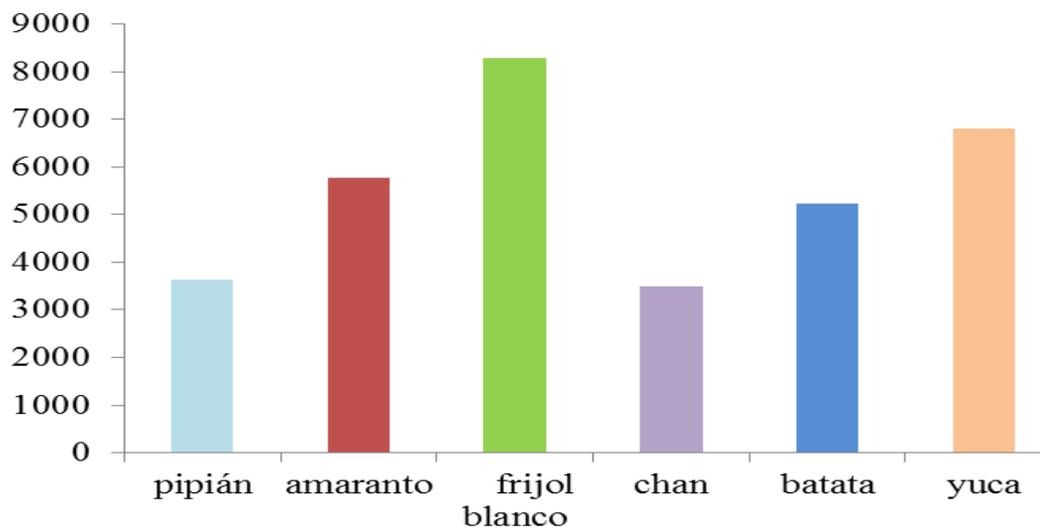


**Anexo 7.** Longitud de brotes del cultivo de nopal (cm), bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013



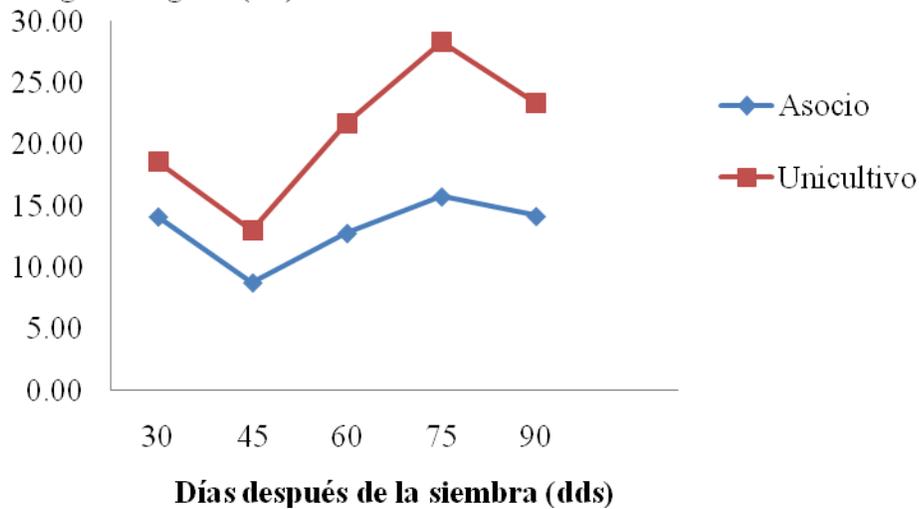
**Anexo 8.** Rendimiento de cladodios del cultivo de nopal (kg ha<sup>-1</sup>) bajo seis cultivos prehispánicos, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba 2013

**Miles kg/há**

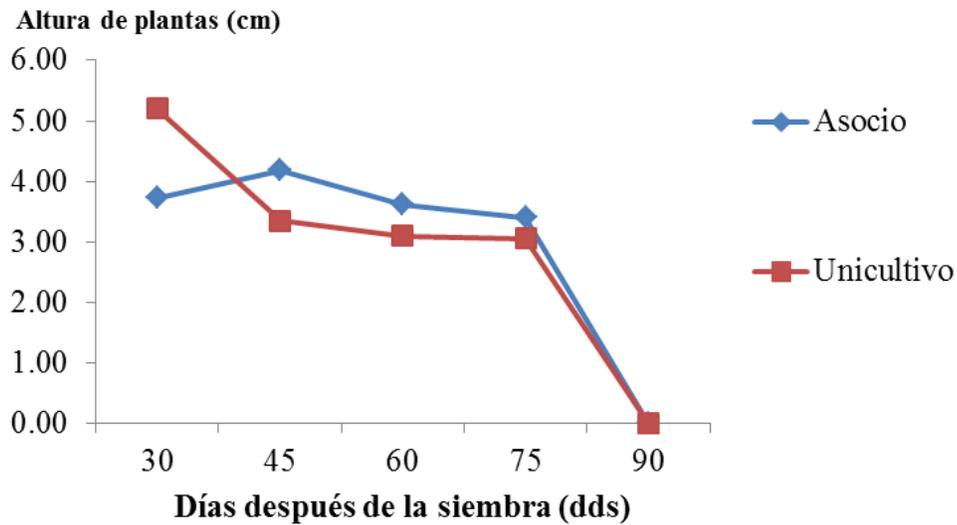


**Anexo 9.** Longitud de guías de pipián Cuarenteño (cm), en asocio con nopal y como unicultivo a los 90 dds, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013

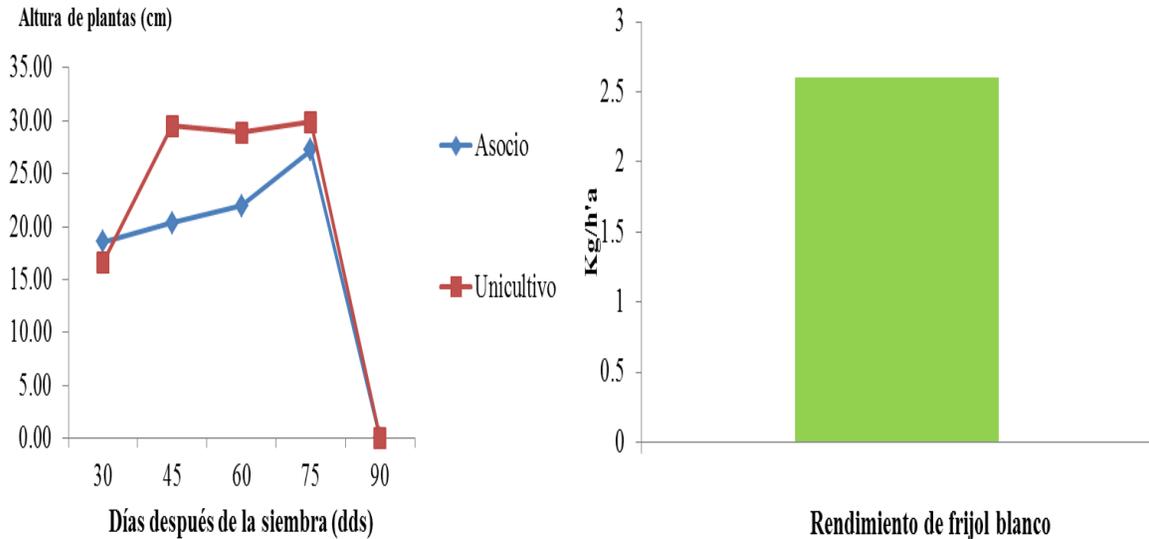
**Longitud de guías (cm)**



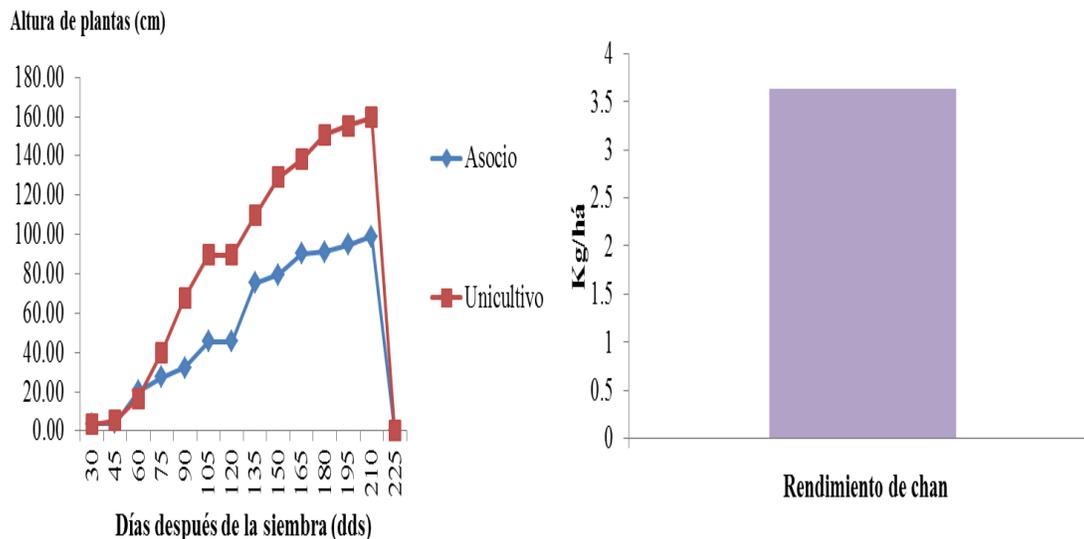
**Anexo 10.** Altura de plantas de amaranto (cm), en asocio con nopal y como unicultivo a los 90 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013



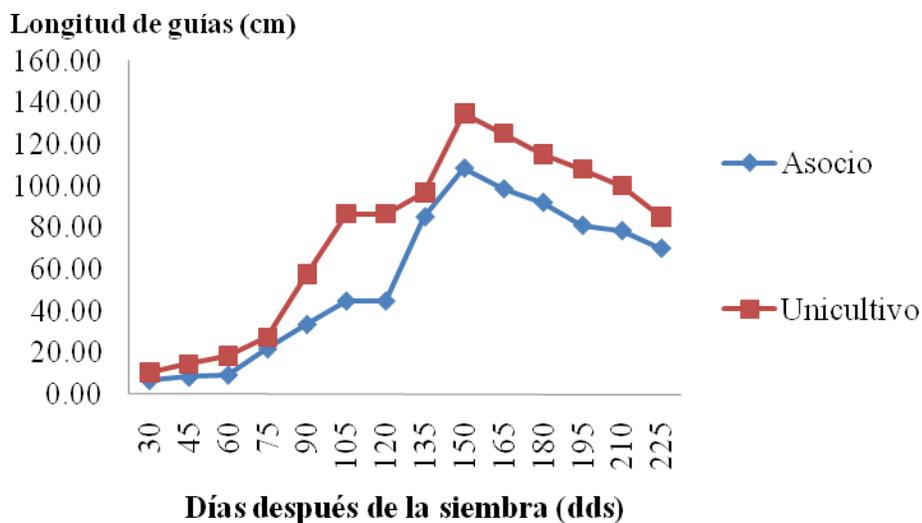
**Anexo 11.** Altura de plantas (cm) y rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>), de granos de frijol blanco en asocio con nopal y como unicultivo a los 90 dds, Jardín Botánico, Apompúa, Diriamba, 2013



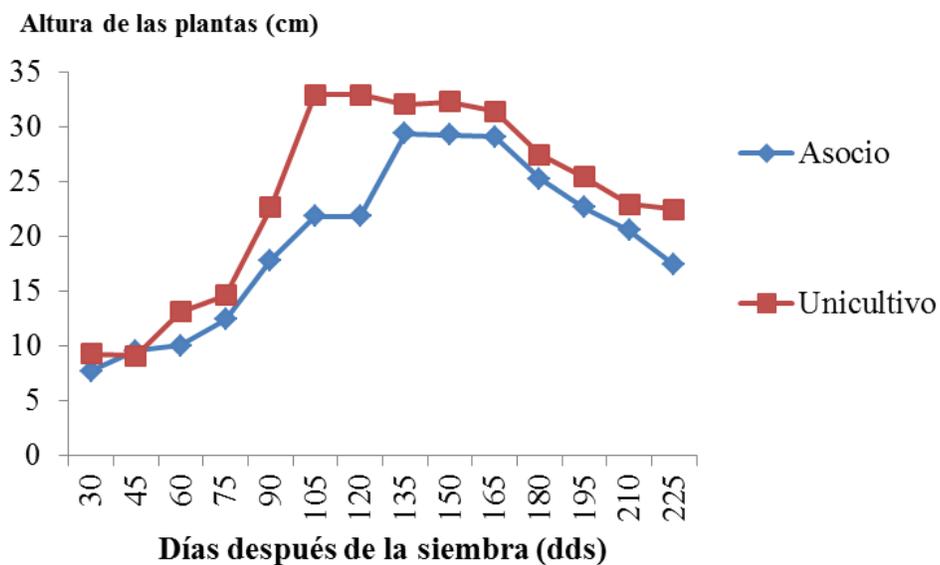
**Anexo 12.** Altura de plantas (cm) y rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>), de semillas de chan en asocio con nopal y como unicultivo a los 210 dds, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013



**Anexo 13.** Longitud de guías de batata (cm), en asocio con nopal y como unicultivo a los 225 dds, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013



**Anexo 14.** Altura de plantas de yuca (cm), en asocio con nopal y como unicultivo a los 225 dds, Jardín Botánico, Apompuá, Diriamba, 2013





Anexo 15. Plano de campo Centro Experimental Jardín Botánico, Diriamba, 2013

N= Nopal, P =Pipián cuarenteño, A= Amaranto, F= Frijol blanco, C= Chan, B= Batata, Y= Yuca

