



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

Trabajo de Graduación

Efecto de la aplicación de tres láminas de riego en dos técnicas de riego sobre el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en la microcuenca El Espinal, Pueblo Nuevo, 2013.

AUTORES

Br. Juan Carlos López López

Br. Marcos Mericí Morales Hernandez

ASESORES

Ing. Henry Alberto Duarte Canales

MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales

MSc. César Aguirre Jiménez

**Managua, Nicaragua
Agosto, 2014**



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

Trabajo de Graduación

Efecto de la aplicación de tres láminas de riego en dos técnicas de riego sobre el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en la microcuenca El Espinal, Pueblo Nuevo, 2013.

AUTORES

Br. Juan Carlos López López

Br. Marcos Mericí Morales Hernandez

ASESORES

Ing. Henry Alberto Duarte Canales

MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales

MSc. César Aguirre Jiménez

Trabajo presentado a la consideración
del honorable tribunal examinador,
Para optar al título de
Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible

**Managua, Nicaragua
Agosto, 2014**

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>iii</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>v</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>vi</i>
ÍNDICE DE ANEXOS	<i>vii</i>
RESUMEN	<i>viii</i>
ABSTRACT	<i>ix</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Descripción del área en estudio	4
3.2 Descripción de la comunidad Matapalo	6
3.3 Procesamiento metodológico del estudio	7
3.3.1 Fase I Diagnostico y diseño del ensayo	7
3.3.2 Fase II Diagnostico sobre el estado del riego	10
3.3.3 Fase III Manejo del ensayo y recolección de datos	12
3.3.4 Fase IV Procesamiento y análisis de la información	15
IV RESULTADOS Y DISCUSION	16
4.1 Diagnóstico del uso del Riego en la comunidad Matapalo, Pueblo Nuevo, Estelí.	16
4.2 Descripción de la finca Los Capulines	18
4.3 Comportamiento de las características hidrofísicas del suelo	20
4.4 Efecto de las técnicas de riego sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento	22
4.5 Efecto sobre el crecimiento y desarrollo	22
4.6 Efecto de las técnicas de riego sobre el rendimiento	25
4.7 Coeficiente de rendimiento (ky)	28
V CONCLUSION	30
VI BIBLIOGRAFIAS	31
VII. ANEXOS	32

DEDICATORIA

A Dios por haberme iluminado durante mi vida estudiantil y darme fuerzas para alcanzar la meta propuesta.

A mi madre, **Blanca Esperanza Hernández**, que con mucho amor, esfuerzo y dedicación me brindó su apoyo incondicional para ayudarme a alcanzar esta etapa importante de mi vida.

A la memoria de mi padre, **Marcos Morales Cerrato** (q.e.p.d), por haberme enseñado a enfrentar la vida mostrándome el camino correcto para seguir adelante.

A mi abuelita, **Petronila Hernández**, por su inmenso cariño y valiosos consejos que me llenaron siempre de fe y confianza para poder culminar mis estudios.

A mi tía, **Lillian Montenegro Hernández**, por el apoyo brindado siendo un pilar importante en mi desarrollo integral.

A mis hermanos: **Darwin Morales y Lenin Morales**, por ser parte de la familia que es lo más importante, por ser partícipes directos en mi caminar como buenos amigos dándome su apoyo incondicional y motivación a alcanzar nuevos logros.

Br. Marcos Morales Hernández

DEDICATORIA

A Dios por regalarles un tiempo más de vida a mis apreciados padres por iluminar mi vida, me ha guardado, ha derramado infinitas bendiciones en mí y en mi familia y por permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres *Julia López Sánchez* y *Francisco López Gómez* que con amor, dedicación y humildad me han enseñado buenos valores y aptitudes que me han abierto camino al éxito, han compartido mis preocupaciones, problemas, necesidades y triunfos, por su incondicional apoyo moral y siempre ponerme en todos los momentos de mi vida en las gratas manos y sagrado amor de Jehová Dios.

A mis *hermanos* por su disposición y voluntad en los favores que me han hecho, por estar siempre a mi lado dándome ánimos, consejos, confianza y siempre inyectándome esos deseos de superación para alcanzar el sueño de graduarme

A *Adolfo Javier Pasquier Luna* que con mucho amor y cariño me acogió en su hogar como si fuese un miembro más de su familia, su apoyo incondicional económicamente, ha sido un instrumento y ejemplo de superación, ha estado todo el tiempo de la carrera a mi lado, ha sido un padre más en mi vida, le estaré gratamente agradecido el resto de mi vida por depositar su confianza y voluntad en mis capacidades y destrezas.

Br. Juan Carlos López L.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo incondicional en cada momento difícil de la vida y sobre todo en mi formación profesional

De manera especial a nuestros asesores, *Ing. Henry Duarte, MSc. Bismark Mendoza Corrales* y *MSc. Cesar Aguirre Jiménez* por su amistad, disponibilidad y confianza, brindándonos la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de diploma mediante el cual logramos coronar con éxito nuestra carrera.

Al *Ing. MSc. Álvaro Benavides* por su colaboración en el análisis y procesamiento de datos.

Cariñosamente a la familia *Morales Jiménez* por acogernos en su hogar durante el establecimiento de este ensayo.

Al personal que labora en el CENIDA por permitirnos el acceso a toda la información pertinente y relacionada con nuestro trabajo

A la Agencia Católica Irlandesa para el Desarrollo (Trocaire) por haber co-financiado la implementación del estudio.

Br. Marcos Morales Hernández.

AGRADECIMIENTOS

Al *Ing. Henry Alberto Duarte Canales* por su amistad y disposición en los momentos que necesitábamos de su ayuda incondicional y por asesorar nuestro trabajo de graduación, por transmitirnos sus valiosos conocimientos para culminarlo con éxito.

Al *Ing. MSc. Reynaldo Bismarck Mendoza Corrales* y al *Ing. MSc. César Aguirre Jiménez* por su asesoramiento en nuestro trabajo de graduación.

A *Ing. MSc. Álvaro Benavides* por su ayuda en el procesamiento y análisis de los datos.

A la Familia *Morales Jiménez* de la comunidad de Matapalo, Pueblo Nuevo, por acogernos y atendernos en su hogar, por facilitar el establecimiento y manejar el ensayo, así como el aporte de sus conocimientos y el apoyo con el levantamiento de datos.

A mis tíos, sobrinos y primos por sus consejos y estar siempre pendiente de mi vida, a quienes estimo y respeto mucho.

A mis amigos *Dennis Alejandro Vallecillo López* y a su esposa *Fátima del Socorro Flores Flores*, que han estado junto a mi familia y mi persona desde que inicie a estudiar la escuela primaria, quienes también han sido ejemplo de superación, por su cariño y amor incondicional que siempre me han mostrado.

A todas mis amistades que de una u otra forma me han apoyado siempre, durante todos estos años de estudio, han sido siempre parte de mi desarrollo, triunfos y por estar a mi lado cuando los necesité, en mis problemas y necesidades que a diario atravesé.

A la Universidad Nacional Agraria, en especial a los docentes que con su sabiduría y paciencia contribuyen a la formación de los profesionales que hoy culminan su carrera.

Al personal que labora en el CENIDA por su paciencia y atención durante la realización del presente trabajo.

Agradezco de corazón a las organizaciones: Fondo de Desarrollo Noruego (FDN), Un Día de Trabajo Noruego (OD), Centro Para la Promoción la Investigación y el Desarrollo Rural y Social (CIPRES) y a la Federación de cooperativas (FECODESA).

Br. Juan Carlos López L.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
1	Niveles evaluados en la comunidad Matapalo, municipio de Pueblo Nuevo, Esteli.2013.	10
2	Características del suelo en el ensayo	19
3	Porcentajes de humedades encontrados por el método gravimétrico.	21
4	Comparación de los valores medios para las variables de la primera toma 30ddgy 60 ddg para las variables de crecimiento, desarrollo del maíz, variedad NUTRINTA, Pueblo Nuevo, Estelí, 2013	25
5	Comparación de los valores medios para las variables de rendimiento del maíz, Variedad NUTRINTA, Pueblo Nuevo, Estelí, 2013.	26
6	Coefficiente de rendimiento (Ky) obtenidos en las parcelas experimentales	28

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Mapa de ubicación de la micro cuenca El Espinal. Proyecto UNA- APRODESA-TROCAIRE, 2011.	4
2	Comportamiento de la precipitación, temperatura y evapotranspiración media	5
3	Esquema del ensayo de campo	9
4	Edad de los agricultores (as) entrevistados de la Comunidad de Matapalo que aplican riego, 2013.	16
5	Tipos de riegos utilizados por los productores en la comunidad de Matapalo, Pueblo Nuevo, Estelí	17
6	Frecuencia del uso del riego por los productores en los diferentes cultivos encontrados, 2013.	18
7	Curva de infiltración del agua a través del suelo en las tres parcelas con respecto al tiempo.	20
8	Curvas de áreas humedecías en riego por goteo y surco	22
9	Rendimiento promedio en el ensayo	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS		PÁGINA
1	Cuadrícula de toma de muestras de suelo	33
2	Análisis de uso de riego y tenencia de la tierra en la comunidad de Matapalo, Pueblo Nuevo, Esteli, (2013).	34

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Comunidad Matapalo, Municipio de Pueblo Nuevo, Estelí, en el periodo de febrero a mayo del 2013, con el propósito de evaluar dos lámina de riego por goteo 4.5 l/ml/día, riego por surco 13.75 l/ml/día y la combinación de ambos sistemas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), var. NUTRINTA amarillo. Se utilizó un diseño de Bloques Completo al Azar (BCA), con un arreglo en franjas. Las variables fueron sujetas a un Análisis de Varianza (ANDEVA) y agrupaciones de medias mediante LSD ($\alpha=0.05$). Las variables diámetro de planta, altura de la planta y número de hojas por planta fueron afectadas significativamente en el sistema de riego por goteo a los 30 y 60 días después de la germinación (ddg) y 90 ddg, se encontró diferencias estadísticas con mayores promedios el riego por surco. Las variables rendimiento también fueron afectadas significativamente, destacando el riego por goteo con el mayor promedio. El mayor rendimiento total fue de 3010 kg ha⁻¹ en el tratamiento riego por goteo, con rendimientos inferiores en riego por surco y combinado (2775 kg ha⁻¹ y 2710 kg ha⁻¹); Basados en la información proporcionada sobre las propiedades hidrofísicas de suelo, se constató que Matapalo cuenta con un ambiente propicio para el desarrollo del cultivo de maíz.

Palabras claves: *Zea mays* L. Var. NUTRINTA amarillo. Diseño en franjas, láminas de riego y características hidrofísicas de suelo.

ABSTRACT

This study was conducted at the Matapalo Community, municipality of Pueblo Nuevo, Estelí, in the period from February to May 2013, in order to evaluate two foil drip 4.5 l / ml / day, 1 13.75 furrow irrigation / ml / day, and the combination of both in maize (*Zea mays* L.), var. NUTRINTA yellow. Complete design of randomized blocks (BCA), and arranged in stripes was used. The variables were subjected to an Analysis of Variance (ANOVA) and groups of means using LSD ($\alpha = 0.05$). Variables plant diameter, plant height and number of leaves per plant were significantly affected in the system of drip irrigation at 30 and 60 days after germination (ddg) and 90 ddg, differences were found statistics with higher mean furrow irrigation. The performance variables were also significantly affected, highlighting drip irrigation with the highest average. The highest total yield was 3010 kg ha⁻¹ in the drip irrigation treatment, with lower yields and combined furrow irrigation (2775 kg ha⁻¹ and 2710 kg ha⁻¹); Based on the information provided on hydrophysical soil properties, it was found that Matapalo offers an environment conducive to the development of the maize crop environment.

Keywords: *Zea mays* L. Var. NUTRINTA Amarillo. Stripes design, irrigation and hydro rules soil characteristics.

I. INTRODUCCIÓN

El uso del riego en comunidades rurales de Pueblo Nuevo, se implementa como una estrategia de seguridad alimentaria. En este municipio existe un área aproximada de 461.19 manzanas cultivadas con diferentes sistemas de riego, tales como riego por surco (303.67 mz), aspersión (26.61 mz) y últimamente por goteo (130.91 mz) (MAGFOR, 2013).

Los principales cultivos bajo riego son el tabaco, el tomate y en menor escala el maíz, Sin embargo, APRODESA y la Alcaldía Municipal de Pueblo Nuevo Estelí (2010), realizaron un estudio para elaborar el plan de ordenamiento territorial de la micro cuenca El Espinal, en el cual se reflejan preocupaciones por el uso deficiente del recurso agua en la zona, donde la precipitación promedio anual son inferiores a los 1000 mm, que ha provocado disminución de caudales y hasta pérdidas de ríos.

El deficiente uso del agua para riego está asociado al poco uso de las normas técnicas de riego (APRODESA y Alcaldía Municipal de Pueblo Nuevo Estelí, 2010), al pobre manejo técnico por parte de los agricultores, así como, a la ausencia de estrategias que mejoren los procesos de captación de la poca agua de lluvia en los suelos y la protección a las zonas de recarga hídrica en las micro cuencas.

El desarrollo de la agricultura de riego es una prioridad en el mundo, primordialmente en la producción de alimentos lo cual va acorde con el ritmo del incremento rápido de la población. Los sistemas de riego bien planeados y utilizados eficientemente, contribuyen a elevar el nivel de vida de los agricultores; esto no sólo se aplica a los agricultores de los países desarrollados, sino también a aquellos cuyas naciones están haciendo esfuerzos por elevar su grado de desarrollo, cuya condición es con frecuencia, mucho más seria en donde es más aguda la necesidad de riego (Martínez, 2004).

Según Martínez (2004), hay territorios que hacen uso de riego donde han surgido problemas debido al uso inadecuado de la aplicación del agua a los cultivos, la falta de conocimientos de normas de riego ocasiona resultados negativos y el agotamiento del recurso agua, esto incide en los bajos rendimientos y altos costos de producción.

El maíz es un cultivo exigente en agua, para obtener una producción máxima, en periodo de madurez exige entre 500 y 800 mm de agua, dependiendo del clima. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a crecer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante (Martínez, 1997).

Las encuestas realizadas a productores en el municipio de Pueblo Nuevo indican que los productores piensan que el riego por goteo no es una buena alternativa para obtener buenas cosechas de maíz, por el tipo de suelo que poseen, arcillosos y franco arcillosos, estas texturas limitan la infiltración de agua en el suelo, con una pendiente menor de 5 %, por esta razón los productores de la zona hacen la combinación del riego por goteo y riego por surco. Para tratar de abordar esta problemática y generar alternativas productivas, la UNA en alianza con la Agencia Irlandesa para el Desarrollo (Trocaire) y la Asociación de Profesionales por el Desarrollo Agrario (APRODESA) promueve la validación de alternativas productivas por productores experimentadores de la micro cuenca El Espinal, Los Horcones, municipio de Pueblo Nuevo.

El presente trabajo de investigación se enmarca en esta estrategia y tiene por objetivo evaluar la aplicación de dos laminas de riego en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) de un agricultor del municipio de Pueblo Nuevo, con el proposito de contribuir a generar estrategias de manejo del riego y aumentar la productividad del cultivo.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar tres láminas de riego en dos técnicas de riego (goteo y surco) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en la finca de un agricultor del municipio de Pueblo Nuevo, Estelí, con el propósito de contribuir en la generación de estrategias de manejo del riego y aumentar la productividad de este cultivo.

2.2 Objetivos específicos.

- ✓ Evaluar el efecto de las lámina de riego por goteo y surco aplicados en las variables del desarrollo y crecimiento del cultivo durante su ciclo vegetativo.

- ✓ Analizar las láminas aplicadas sobre el rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) var. NUTRINTA, a partir de un estudio de caso.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área del estudio

Ubicación

El estudio se realizó en la comunidad de Matapalo, ubicada en la microcuenca El Espinal del municipio de Pueblo Nuevo, en el departamento de Estelí, esta comunidad se localiza en una zona relativamente seca, con precipitación media anual de 800 mm, temperatura superior a los 25 °C, elevación promedio de 600 msnm.

La micro cuenca El Espinal se localiza entre las coordenadas geográficas 13°17'51" y los 13° 23' 48" latitud Norte, y entre los 86° 32' 14" y 86° 36' 12" longitud Oeste, su extensión territorial es de 91.63 km², equivalente al 45 % del territorio municipal (APRODESA–UNA–INAFOR-Alcaldía Municipal, 2011).

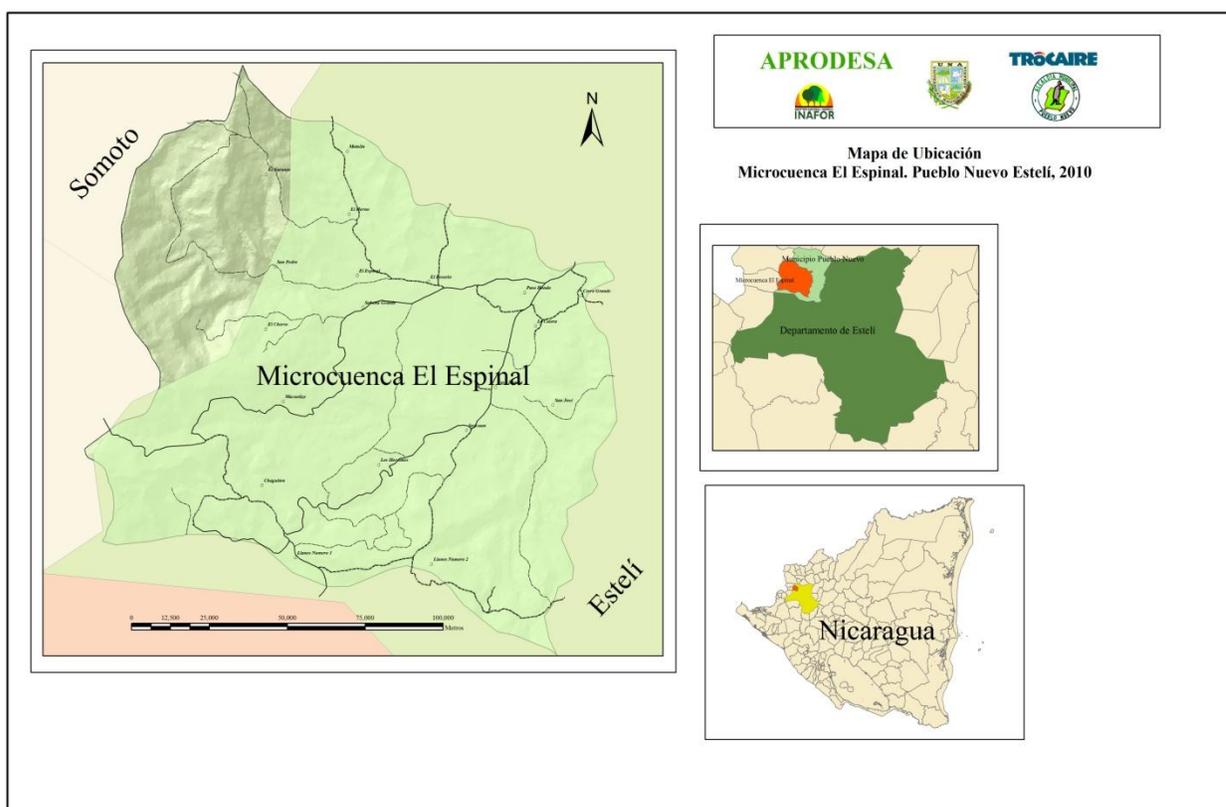


Figura 1. Mapa de ubicación de la micro cuenca El Espinal. Proyecto (UNA-APRODESA-TROCAIRE, 2011).

Clima

Según la clasificación de Kôppen, el clima predominante en la micro cuenca es de Sabana Tropical, caracterizado por ser cálido y seco. La dirección predominante de los vientos es de Este a Oeste y la sub predominante de Norte a Sur.

Debido a las diferencias altitudinales se distinguen tres zonas naturales de la microcuenca, ensayo en la zona seca:

- **Zona Húmeda:** con una precipitación promedio anual entre 900 y 1,250 mm, altitud promedio de 1500 msnm, temperaturas mínimas de 17.5 °C y pendientes promedio de 30 a 45 %.
- **Zona Semi – Húmeda:** con precipitación anual de 900 mm, temperaturas mínimas de 21 °C, altitud de 800 msnm, con pendientes entre 8 y 15 %.
- **Zona Seca:** con precipitación anual de 800 mm, temperatura superior a los 25 °C, altitud promedio de 600 msnm, con pendientes entre 0 y 8 %.

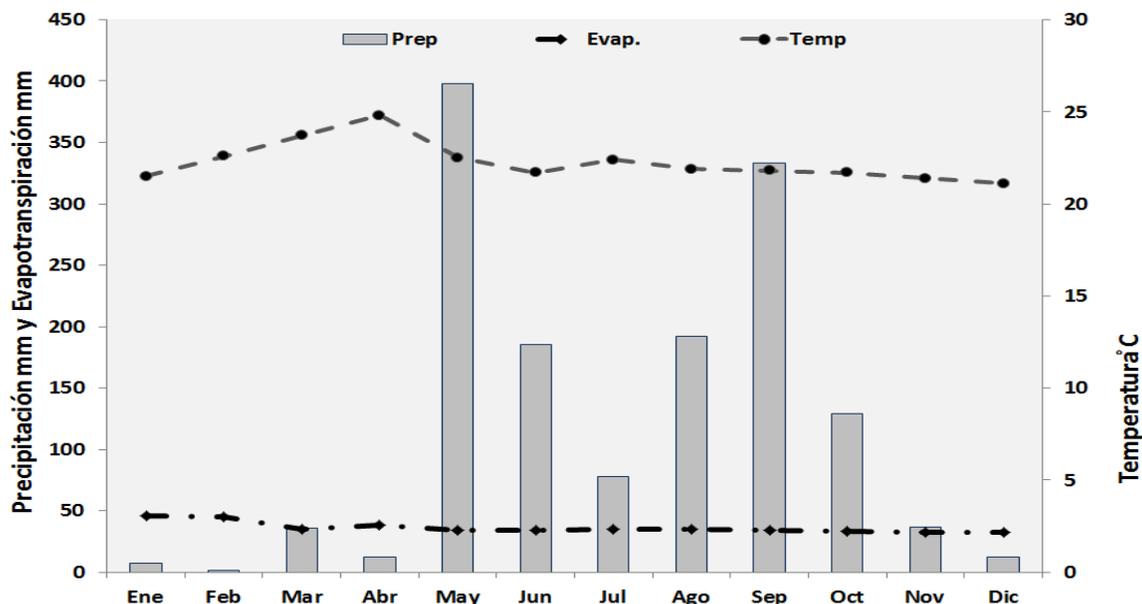


Figura 2. Comportamiento de la precipitación, temperatura y evaporación media mensual en los departamentos de Estelí (INETER, 2013).

Las mayores precipitaciones corresponden a los meses de Mayo, Junio, Agosto, Septiembre y Octubre. Las temperaturas oscilan entre los 21 y 24 °C, siendo los meses más caluroso Enero y Febrero; en el caso de la evaporación calculada se encontró que el mayor promedio oscila de 2.5 a 4.6 mm por día (INETER, 2013).

Suelos

Los suelos del Municipio de Pueblo Nuevo son de origen volcánico, predominando los suelos vertisoles profundos y muy profundos en las áreas planas, de color negro, de textura arcillosa, muy plásticos; le siguen los suelos esqueléticos pardo grisáceos y rojos en el resto del municipio, encontrándose suelos de los órdenes alfisoles, molisoles y entisoles, predominando los suelos alfisoles con un 41.95 % del área total del municipio (CIERA 1990).

En la zona donde se realizó el ensayo, los suelos son predominantemente franco arcillosos y son utilizados con fines agrícolas, principalmente maíz y frijol para autoconsumo, bajo sistemas agroforestales.

Según García (2001), el contenido de nitrógeno varía según el contenido de materia orgánica, el cual oscila en términos medios de 0.02 y 0.4. En relación a los contenidos de MO en los suelos de Nicaragua, estos varían entre 1 y 9 %, con un valor promedio de 4 %.

Uso de los Suelos

Según APRODESA (2011), la mayor parte del territorio es de uso agrícola en su mayoría para autoconsumo; en una menor presencia se encuentran pequeñas porciones de bosques. Existen 12 categorías de usos de los suelos, sobresaliendo el uso agropecuario, con el 65.18% del área total; el resto del territorio corresponde a diferentes categorías de bosque (34.82% del territorio).

3.2. Descripción de la comunidad Matapalo

Topografía

La comunidad Matapalo tiene una pendiente promedio del 1 a 8 %, presenta suelos mediamente erosionados por el cambio de uso de suelo de forestal a agropecuario. El uso de la tierra predominante es el cultivo de granos básicos bajo sistemas agroforestales con fines de autoconsumo; presenta una altitud promedio de 600 msnm (APRODESA, 2011).

Calidad del recurso agua

La falta de mediciones de la calidad del agua en todas las fuentes superficiales de la comunidad, impide cuantificar la magnitud de los problemas actuales y potenciales, así como la cantidad de agua utilizada para el riego de los cultivos. Los monitoreo de la calidad del agua se reducen a parámetros bacteriológicos, por tanto, se desconoce si existen otras fuentes de contaminación, tales como metales pesados y agroquímicos.

Actividad económica

El análisis de diversas actividades que aportan ingreso en la comunidad, indican que el mayor fuerte en la dinámica económica radica en el sector primario centrada básicamente en cultivos de subsistencia, maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L).

3.3. Proceso metodológico del estudio

3.3.1. Fase I: Diagnóstico y diseño del ensayo

Diagnóstico de la finca

Consistió en la revisión de investigaciones, informes, estudios de caso y diagnósticos facilitados por UNA, APRODESA y Trocaire; además, se levantó información sobre el uso y manejo del recurso agua, así como los sistemas de riego que están empleando en sus fincas, mediante encuestas realizadas a 10 productores.

Posteriormente se realizó un diagnóstico de la finca del productor Freddy Morales, que incluyó los recursos existentes, disponibilidad de agua, uso de riego, tipos de riego, tipos de cultivos establecidos, experiencias en el manejo de los tipos de riego que ha puesto en práctica en su unidad productiva.

Diseño del ensayo

Una vez realizado el diagnóstico de la finca de don Freddy Morales, se realizó un recorrido por el área agrícola para observar y delimitar las parcelas utilizadas en el ensayo, la cual estuvo siendo manejada con riego por surco; durante este recorrido se puntualizó la fuente de agua, pendiente del terreno, manejo del suelo y materiales disponibles para implementar riego por goteo y comparar el efecto sobre el crecimiento y desarrollo del maíz, con el riego por surco.

Se delimitaron tres parcelas las que fueron utilizadas para el ensayo, las cuales tuvieron dimensiones de 125 m de largo y 4 m de ancho. Estas se ubicaron sobre un Diseño de Parcelas en Franjas, con el objeto de obtener un mejor manejo del riego, facilitar comodidad al productor y el levantamiento de la información. En la franja I se destinó a riego por goteo, la franja II a riego por goteo más riego por surco, y la franja III a riego por surco. En el diseño se tomó en consideración la pendiente del terreno (ver anexo 1 plano de campo).

En cuanto al manejo del agua, se manejó una lámina de riego de 4.5 l/m/día en riego por goteo durante el ciclo vegetativo del cultivo; cabe mencionar que esta lámina se utilizó en un ensayo de Aguinaga (2013) en época de seca en el departamento de Managua, mostrando el cultivo de maíz un buen desarrollo fisiológico. En el riego por surco fue manejado bajo condiciones del productor; en este caso se calculó el gasto de entrada en el surco, para determinar la cantidad de agua utilizada en el riego.

Aforación de la entrega de agua en los sistemas de riego

Para determinar las láminas de riego se tomó en cuenta las condiciones del suelo, infiltración y cantidad de agua disponible y la evapotranspiración diaria, de esta manera se establecieron las dos láminas de riego, luego se procedió al aforo de los emisores en los laterales críticos del sistema, se ubicó un recipiente de un litro al inicio, intermedio y final de las cintas de riego por goteo y con un cronometro se determinó el tiempo y el gasto generado por el emisor, posteriormente procedimos a dividir el volumen entre el tiempo dado y de esta manera se determinó el caudal.

En el riego por surco el caudal se cálculo de acuerdo con la velocidad, se prepararon los surcos en forma de U que de esta manera es la que los productores han trabajado, otro aspecto importante es la pendiente para no provocar erosiones en los surcos; una vez tomado en cuenta todos los aspectos antes mencionados procedimos aforar la cantidad de agua aplicada a los surco, la cual se realizó con un balde de 20 litros y con cronómetro se midió el tiempo de llenado.

La fuente de agua que se utilizó para el riego, era una fuente subterránea, el agua se extraiga con una bomba y se llenaba una pila con una capacidad de 4164 litros de agua, posteriormente el agua fluía por gravedad a cada una de la parcelas en estudio por medio de tubería.

Para determinar el gasto que generaba la tubería al surco, primeramente se tomó el tiempo que el agua llegaba en un metro lineal el cual fue de 13.71 litros en 0.13 minutos era el gasto que generaba la tubería al inicio del surco.

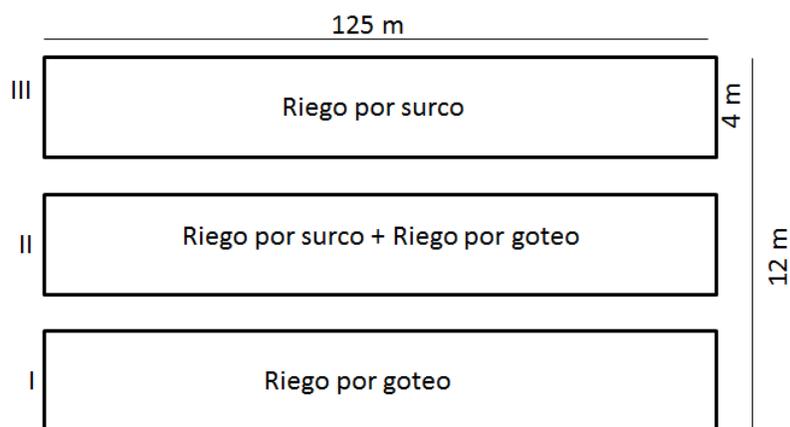


Figura 3. Esquema del ensayo de campo

Material genético y descripción de los tratamientos

Se utilizó la variedad NUTRINTA amarillo, utilizada para la elaboración de concentrados y cereales ricos en proteínas. Las características agronómicas que presenta la variedad son: de polinización libre, días a flor femenina 54 a 56 días; altura de planta 220 a 230 cm, altura promedio de inserción de la mazorca 110 a 120 cm, color del grano amarillo, tipo de grano semi – cristalino, textura de grano semi cristalino, días a cosecha 110 a 115 días, madures relativa intermedia, rendimiento comercial 45 a 60 qq/mz (3 010 kg ha⁻¹), cobertura de mazorca buena y tiene la ventaja de tener alta calidad en proteína.

El experimento se estableció sobre un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con arreglo en franjas con tres replicas. En el estudio se evaluó el efecto de tres normas de riego en un período comprendido entre febrero y mayo del 2013.

Tabla 1. Niveles evaluados. En la Comunidad matapalo, Municipio de Pueblo Nuevo, Esteli.2013.

	Factores	Gasto Total por parcela	Q /m³ por parcela
	Frecuencias de riego	Para parcela con área de 500 m²	
Niveles	a1. Riego por goteo 4.5 l/ml/día	2,250 l	2.25
	a2. Riego por goteo y surco 18.25l/ml/día +	9,125 l	9.13
	a3. Riego por surco 13.75 l/ml día	6,875 l	6.88

3.3.2. Fase II. Diagnóstico sobre el estado del riego

Esta fase consistió en entrevistas con los actores locales que aplican riego, para identificar las principales barreras, para hacer uso eficiente del recurso agua y mejorar la productividad de los cultivos. Con esto también se trató de identificar las estrategias desarrolladas que contribuyen a mejorar el manejo del agua para riego. No todos los productores en la zona tienen un sistema de riego por goteo debido al costo que este tiene, la mayoría usan el riego por surco, en ninguno de estos sistemas hacen uso de normas de riego que les ayude hacer uso eficiente del recurso agua que se está agotando día a día.

Propiedades hidrofísicas del suelo

Las propiedades hidrofísicas de un suelo son aquellas características intrínsecas que definen sus capacidades de retención y circulación del agua dentro de su sistema poroso (Marrero, 2006).

Infiltración

La infiltración se determinó con la prueba del doble cilindro, luego se determinó la Curva de infiltración de agua a través del suelo. Esta actividad se realizó el 06 de febrero del 2013 en una parcela experimental, antes de establecer el ensayo; se seleccionó un lugar limpio y característico del área en estudio, donde se ubicó el doble cilindro de forma vertical. El cilindro utilizado tenía un diámetro exterior de 30 cm y el interior 15 cm con una altura de 10 cm, quedando en la superficie 7 cm, estas pruebas se realizaron en las tres parcelas en franjas. Se utilizó una regla para medir el nivel del agua.

Luego se llenó de agua suavemente y se registró el tiempo y el nivel del agua dependiendo de la tasa de descenso. Para que los datos fueran más precisos, se tomó como diferencia entre niveles sucesivos 2 mm, y se describió mediante la ecuación de lámina infiltrada establecida por USDA (1976).

Capacidad de campo (CC)

Es el estado o nivel de humedad que alcanza un suelo saturado cuando ha cesado el drenaje interno del mismo. Estas variables se determinaron mediante el método gravimétrico, en el Laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

El procedimiento consiste en someter un suelo saturado a la acción de distintos niveles de presión, gradualmente incrementados, con el objetivo que los valores de la humedad descendan de una forma determinada, la que dependerá de sus propiedades naturales.

Densidad aparente (Da).

Se extrajo una muestra de suelo sin alterar, con un cilindro de 100 cc, en dirección de la pendiente si hubiere heterogeneidad del suelo, para determinar su densidad aparente por medio de un análisis en el laboratorio de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

Porosidad total (Poros)

Estas propiedades se determinaron a partir de los datos de densidad aparente (Da) y la densidad real (Dr), mediante la fórmula.

$$P = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) \cdot 100$$

Área humedecida

Se realizaron muestras a diferentes profundidades de suelo (10, 20 y 30 cm), a una distancia de 20 cm entre muestra, formando una cuadrícula de 60 por 60 cm, posteriormente determinar el comportamiento de la humedad presente en el suelo (ver anexo 2).

El área humedecida depende de la jornada del riego y la textura del suelo. Esta variable se determinó mediante el procedimiento gravimétrico, realizando muestreos en todos los puntos de la cuadrícula, para posteriormente elaborar la curva de la distribución de la humedad presente.

Se tomaron muestras de suelo con el barreno, luego se tomó el peso del suelo húmedo con el tarrito y se llevaron al laboratorio para el secado de las muestras y se tomó el peso del suelo seco para obtener el porcentaje de humedad.

Coefficiente de rendimiento (Ky)

El coeficiente de rendimiento de un cultivo está determinado principalmente por sus características genéticas, factores climáticos como la temperatura, radiación solar, etapa vegetativa total del cultivo de maíz. Esta variable se determinó con datos climáticos de la zona, mediante el cálculo de la evapotranspiración, producción potencial, rendimiento real de la cosecha y la suma de las precipitaciones durante el período vegetativo del cultivo, haciendo uso del sistema computarizado Cropwat:

$$ky = \frac{\left(1 - \frac{yr}{ym}\right)}{\left(1 - \frac{EVTPr}{EVTPrm}\right)}$$

Yr: rendimiento real de la cosecha

Ym: rendimiento máximo

Evtprmax= Evo transpiración máxima

Evtpr =Evapotranspiración real

3.3.3. Fase III. Manejo del ensayo y recolección de datos

Manejo agronómico del ensayo

Las labores agronómicas se realizaron de igual manera en las tres parcelas en franja, de tal forma que la única diferencia entre parcelas fue la aplicación de diferentes normas de riego. Entre las labores realizadas se encuentran la chapoda en el mes de enero del 2013, un pase de arado de vertedera y luego el surcado del terreno con bueyes. Se dejaron cuatro surcos de 125 metros de largo, por parcela.

Se aplicó riego de pre siembra cuyo objetivo es, 1) humedecer lo suficiente el perfil del suelo, para que facilite una buena germinación, 2) asegurar la humedad necesaria para la germinación y desarrollo inicial. Este riego se realizó 4 días antes de la siembra, con una cantidad adecuada para humedecer el suelo. En el caso de riego por surco, el caudal se controló para evitar la erosión y la aparición de enfermedades asociadas al exceso de humedad.

Posteriormente, se hizo la siembra a distancias de 0.30 m entre plantas y 0.80 m entre surcos. Se hizo siembra manual después del pase de arado, depositando sobre el surco de 2 a 3 semillas por golpe cada 30 cm.

Se realizaron dos aplicaciones de urea a los 15 dds, y a los 45 dds con el fin de favorecer el desarrollo y crecimiento del maíz.

Según la técnica de riego, a las parcelas se le aplicó: 4.5 l/m/día en la de riego por goteo (I), 18.25 l/ml/día en la de riego por surco más goteo (II), y 13.75 /m/día en la de riego por surco (III).

La cosecha se realizó de forma manual una vez terminada la madures fisiológica, el rendimiento se obtuvo de la cosecha de los dos surcos centrales de las parcelas, seleccionando 4 puntos al azar con un longitud de 5 metros.

Variables evaluadas

Las variables de crecimiento se evaluaron en el desarrollo vegetativo y las variables de rendimiento al momento que terminó la madures fisiológica. En cuanto a las variables de riego, se evaluaron de acuerdo al requerimiento de cada una de las franjas.

Desde la etapa inicial del cultivo se evaluaron las **variables de crecimiento** (número de hojas, altura y diámetro de la planta), **variables de rendimiento** (diámetro, longitud y peso de mazorca), y **variables hidrofísicas** (área humedecida, curva de infiltración de agua a través del suelo, capacidad de campo (CC), densidad aparente (Da), porosidad (Poros).

Variables de crecimiento

Diámetro del tallo: Se midió (mm) en la parte media del primer entrenudo usando el vernier o pie de rey.

Número de hojas: Se realizó un conteo de todas las hojas en cada una de las 10 plantas de los cuatro surcos seleccionados en cada parcela (40 plantas); el conteo se realizó visualmente durante su período vegetativo.

Altura de planta: Se midió (cm) desde la superficie del suelo hasta la base de la panoja.

VARIABLES DE RENDIMIENTO

Longitud de la mazorca (LMZ), se midió (cm) desde la base del pedúnculo hasta su ápice.

Diámetro de la mazorca (DMZ), se cortó la mazorca transversalmente y se midió (mm) en los extremos de la corona de los granos.

Peso de mazorca (PMZ), se tomaron 12 mazorcas por franjas y se pesaron (g) con una balanza.

Número de hileras por mazorca (NHL), se contabilizó en la parte media, debido a que es la franja donde se mantiene la orientación embrionaria.

Número de granos por hilera (NGR), se contabilizó el número de granos en las hileras de cada mazorca.

Peso de mil granos (PMG), se realizó según normas del ISTA (1985); se pesaron 8 muestras de 100 semillas (g) y se calculó el promedio, luego se multiplicó por 10 para obtener el peso de 1000 semillas.

Rendimiento (REN), se determinó a través del peso total (kg) en cada parcela útil, posteriormente se ajustó según el porcentaje de humedad de secado al 12 % para almacenamiento y se convirtió a kg ha^{-1} . La fórmula utilizada es la propuesta por (Morales, 1993).

$$\text{Rendimiento} = \text{pc} (\%MS) \% D (\text{KC}) K$$

Dónde:

Pc = peso de mazorcas obtenidas del campo en la parcela útil con su respectivo porcentaje de humedad expresada en kg.

$$\%MS = \text{Porcentaje de materia seca}$$

$$\%MS = \frac{100 - \text{Humedad del grano}}{100}$$

$$\%D = \text{porcentaje de desgrane}$$

$$\%D = \frac{\text{Peso promedio de granos/mazorcas}}{\text{peso promedio /mazorcas}} \times 100$$

$$KC = \text{Factor para llevar el grano al 12\% de humedad}$$

$$KC = \frac{100 \text{ m}^2}{\text{AREA UTILIZADA m}^2}$$

K= Constante de área para expresar en kg ha^{-1} , que resulta de dividir una hectárea entre el área de la parcela útil.

3.3.4. Fase IV. Procesamiento y análisis de la información

Los datos recopilados de las variables estudiadas, se manejaron en hojas electrónicas Excel, para su posterior análisis con SAS (v 9.1). Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) y agrupaciones de media por LSD ($\alpha= 0.05$), sobre variables agronómicas y de rendimiento, estableciéndose en el siguiente modelo aditivo lineal.

$$Y_{ik} = \mu + \beta_i + \tau_j + \alpha_k + (\beta\tau)_{ij} + \beta(\tau\alpha)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

I = Riego

J = Plantas

K = Franjas

Donde

Y_{ijk}	Es el valor medio de las observaciones medias en los distintos tratamientos
μ	Es el efecto de la media maestra sobre el modelo
β_i	Es el efecto del <i>i-ésimo</i> riego
τ_j	Es el efecto del <i>j-ésima</i> planta
α_k	Es el efecto del <i>k-ésima</i> franja
$(\beta\tau)_{ij}$	Es la variación aleatoria para evaluar el tipo de riego y las plantas
$\beta(\tau\alpha)_{ijk}$	Es el efecto de la <i>i-ésimo</i> riego, Es el efecto de la <i>j-ésima</i> planta, Es el efecto del <i>k-ésima</i> franja.
ε_{ijk}	Es la variación del error para evaluar el tipo de riego, planta, franjas establecidas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico del uso de riego en la comunidad Matapalo, Pueblo Nuevo, Estelí

El uso del riego por agricultores de la comunidad está relacionado con la edad, y por ende con la experiencia. Según las encuestas realizadas los agricultores mayores de 30 años son los que más hacen uso de riego (90%), sólo el 10% menores de 30 años hacen uso de esta tecnología (Figura 4). Esto está relacionado al derecho sobre los bienes y el derecho a la tierra que predominantemente está en manos de los adultos. Por otro lado, son los adultos propietarios que tienen acceso a créditos y otros recursos.

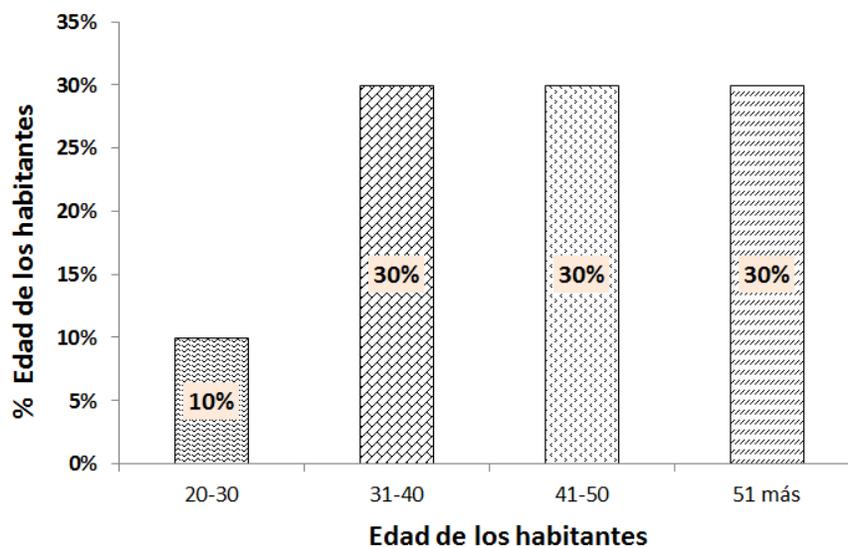


Figura 4. Edad de los agricultores (as) entrevistados de la Comunidad de Matapalo que aplican riego, 2013.

Tipos de riegos utilizados por los agricultores de la comunidad de Matapalo, Pueblo Nuevo, Estelí

Los tipos de riegos utilizados en la comunidad Matapalo son: surco, combinación de goteo y surco y goteo en menor escala. En la figura 5 se muestra que el riego por surco es el más utilizado por un 50 % de los productores, en un 30 % el riego combinado y en último lugar el riego por goteo en un 20 %.

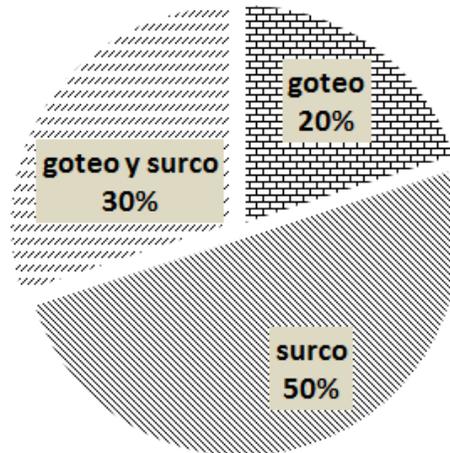


Figura 5. Tipos de riegos utilizados por los productores en la comunidad de Matapalo, Pueblo Nuevo, Estelí.

Uso del riego por los productores de la comunidad de Matapalo, Pueblo Nuevo, Estelí

En cuanto a la frecuencia del uso del riego, se puede apreciar que los productores de la comunidad de Matapalo no utilizan una norma para el uso del agua para riego. Ellos tienen las condiciones edafoclimáticas para la adaptación de diversos cultivos. Pero se hace necesario manejar el uso de agua para riego; por desconocimiento un 50 % de los productores realiza riego diariamente, un 30 % riega con un intervalo de 4 a 5 días, el 20 % riega de una a dos veces por semana. La falta de conocimiento sobre el uso de láminas y normas de riego repercute en el uso inadecuado del recurso agua, así como en el incremento de los costos de producción.

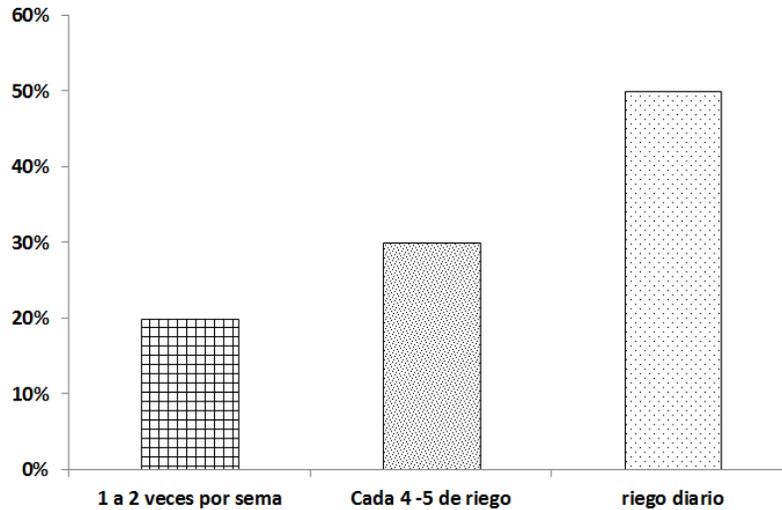


Figura 6. Frecuencia del uso del riego por los productores en los diferentes cultivos encontrados, 2013.

4.2. Descripción de la finca Los Capulines

Historia productiva

La finca Los Capulines ubicada en el municipio de Pueblo Nuevo, tiene una extensión de 30 manzanas; durante varios años perteneció y fue trabajada por don Reino Morales y desde hace 4 años la heredó la familia Morales Jiménez. Su hijo Freddy Morales Jiménez es quien maneja las tierras, lo cual ha sido una situación muy difícil puesto que tenía que empezar a trabajar sin tener mucha experiencia. En la finca actualmente hay sembradas 2 manzanas de tabaco, obteniendo de 25 a 30 qq/mz, cabe mencionar que la mayor parte del área está destinada a crianza de ganado, destinándose a pasto unas 25 manzanas de tierra. La finca se encuentra rodeada de cercas vivas, entre las especies de árboles presentes tenemos: aguacate, roble, encino, guachipilín y quebracho también árboles frutales como jocote, naranja, limón y mandarina. El cultivo de maíz es otra actividad a la que se dedica don Freddy, obteniendo la producción para lograr el bienestar de la familia.

Aspectos sociales

La familia está conformada por tres integrantes: Freddy Morales, Otilia Jiménez y Dina Morales Jiménez todos son mayores de edad de creencias católica, la principal fuente de ingreso es la cosecha de tabaco y en menor escala la venta de leche y cuajada; el cultivo del

maíz y frijol es utilizado para autoconsumo. La ocupación de doña Otilia Jiménez es ama de casa y crianza de aves de patio.

Cultivo del tabaco

Para la siembra del cultivo de tabaco hay destinada una área de dos manzanas, obteniéndose una producción de 25 a 30 qq por manzana que se destina a la venta. El valor de este producto puede variar cada año; sin embargo, buena parte del dinero obtenido es utilizado en la compra de insumos como fertilizantes, insecticidas y fungicidas para manejar el cultivo.

Cultivo de maíz

En la finca Los Capulines comunidad Matapalo se siembran 0.75 manzana de maíz en época de secano y con riego, obteniendo una producción de 15 a 20 qq/mz, la cual es destinada al autoconsumo. Los promedios de producción no varían tanto en ambas épocas.

Suelos

El uso predominante del suelo en la finca es el pasto (25 mz), seguido por el cultivo de maíz y tabaco (4 mz), y en menor proporción de bosque.

Según el análisis de suelo realizado por el Laboratorio de Suelos y Agua de la UNA, el suelo de cultivo presenta las siguientes características: pH es ligeramente ácido (6.19), el contenido de materia orgánica es medio (2.3%) el de nitrógeno es medio (0.15%), de fósforo (19.8 ppm) y potasio (0.61 Meq/ 100 g) es alto, y la textura es franco arcillosa (31% arcilla, 26% limo, 43% arena).

Tabla 2. Características del suelo en el ensayo

pH	MO	Pendiente	Profundidad	P	K	N	Espesor orgánico	Velocidad de infiltración
(H ₂ O)	%	%	Cm	Ppm	Meq /100 g	%	Cm	mm/h
6.19	2.3	5	>40	19.8	0.61	0.15	5	25

Uso del recurso agua

La finca cuenta con 2 fuentes de agua subterránea, con una profundidad de 12 m, que abastece para el uso de riego de los cultivos en época seca, dedicados al auto consumo y cultivo de tabaco que es utilizado para la comercialización.

4.3. Comportamiento de las características hidrofísicas del suelo

Curva de infiltración del agua a través del suelo

Según Vélez (2002), la infiltración es un proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores, muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración.

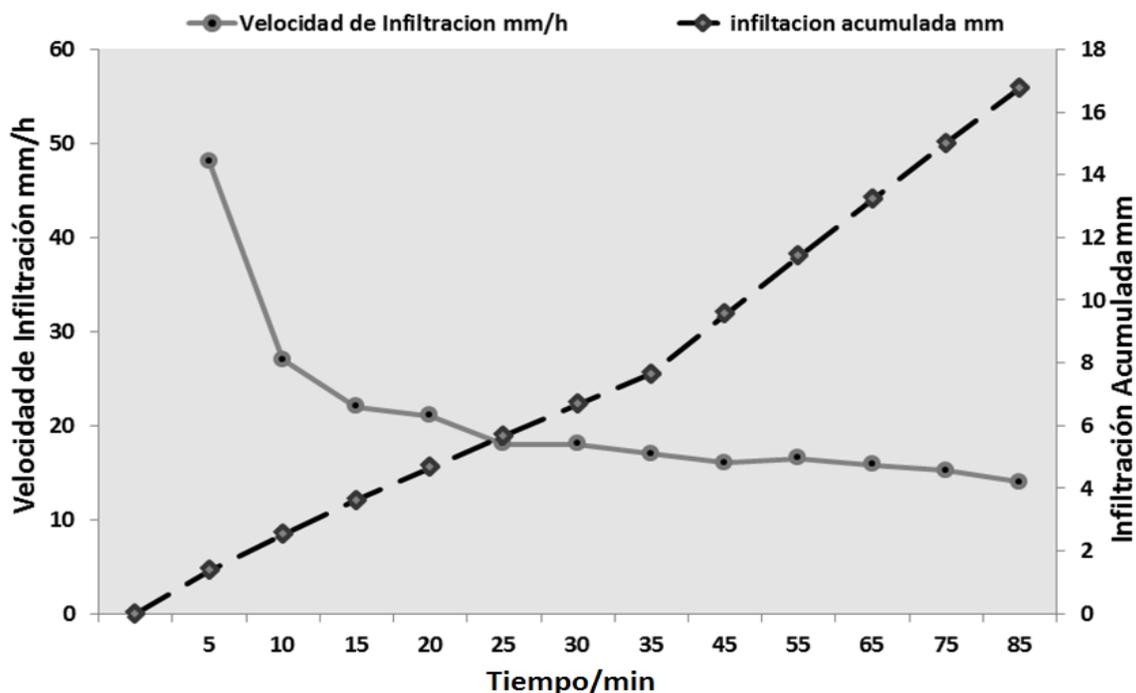


Figura 7. Curva de infiltración del agua a través del suelo en las tres parcelas con respecto al tiempo.

En la figura 7 se muestra el comportamiento de la infiltración en el suelo del ensayo, el cual nos indica que al inicio la infiltración es rápida y ésta disminuye con el tiempo (Vélez, 2002). Se determinó que la velocidad de infiltración fue de 20 mm/h, con una infiltración acumulada de 6 mm, una vez que el suelo alcanzó su punto de saturación.

Densidad aparente (Da)

La densidad aparente del suelo es de 1.3 g cm^3 . La "densidad aparente" del suelo (peso seco del suelo / volumen) depende de varios factores, que incluyen los siguientes: La densidad de las partículas de suelo mineral, la cantidad de materia orgánica, la compactación del suelo, las actividades de animales que excavan en la tierra, tales como las lombrices, y la abundancia de raíces de plantas (Carpo y Fundora, 1994).

Porosidad

El porcentaje de poros en el suelo de la parcela experimental fue del 41%. Los poros en el suelo se distinguen en macroscópicos y microscópicos. Los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire; el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. En cambio, los poros microscópicos están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares (Carpo y Fundora, 1994).

Área húmeda

El área humedecida se determinó durante el funcionamiento el sistema de riego; cuando este cumplió con el tiempo establecido, se cortó la alimentación del agua y se midieron las áreas humedecidas generadas por los goteros. Las mediciones se realizaron en las dos parcelas de riego por goteo y riego por surco establecidas, obteniendo datos promedios (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentajes de humedades encontrados por el método gravimétrico.

profundidad en cm	RG		Porcentaje de humedades %				RS	
0-10	44.6	44.8	45	45.5	51.1	52.8	52	52.1
10-20	56.9	58	57.8	58.9	66	65	65.2	65.1
20-30	66	66.8	66.5	65.4	72	72.3	71.7	73

En la figura 8 se muestran las curvas de áreas humedecidas en riego por goteo y surco, que representan la variabilidad de la humedad en el suelo para los dos sistemas de riego, se observa que el área humedecida en riego por goteo es más uniforme y adquiere una mayor profundidad de humedecimiento (37 cm), logrando distribuir el agua directamente en la zona radicular del maíz el cual tenía una profundidad, de 35 cm de esta forma se hace un

uso más eficiente del agua. En cambio, en el riego por surco el humedecimiento es más superficial, encontrándose la mayor área humedecida en la profundidad de 20 a 30 cm.

Cabe mencionar que el maíz obtuvo una profundidad radicular promedio de 25 cm; como se muestra en la figura 8 el riego por goteo muestra un mejor comportamiento en cuanto al área humedecida, por ende para el sistema radicular del cultivo es de fácil aprovechamiento tanto el suministro de nutrientes como de agua. Para el caso de riego por surco las humedades suelen ser menos uniforme y menos aprovechables por el cultivo; este efecto es notable en las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo, y también se reflejan en el rendimiento ya que el cultivo asimila mejor el riego por goteo que por surco.

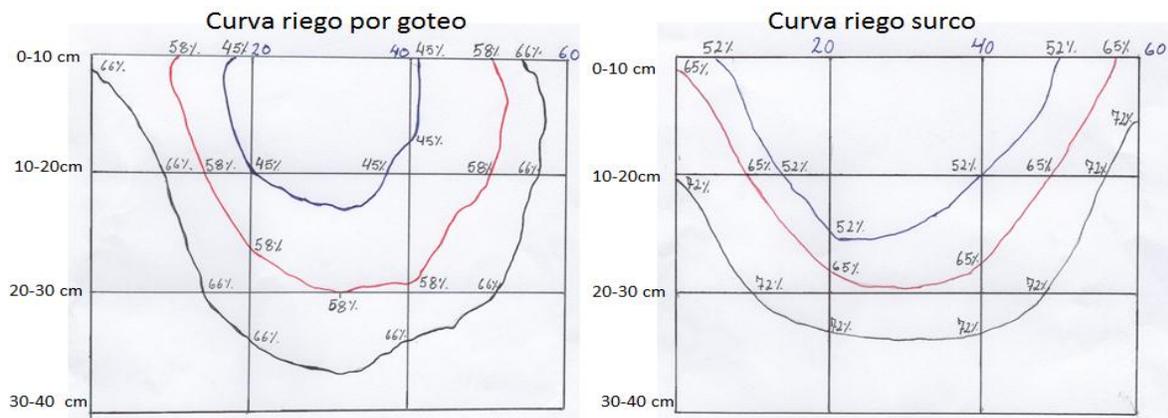


Figura 8. Curvas de áreas humedecidas en riego por goteo y surco

4.4. Efecto de las técnicas de riego sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento

4.5. Efecto sobre el crecimiento y desarrollo

En el análisis de los datos de crecimiento y desarrollo, según la separación de medias (LSD = 0.05), se encontró diferencias estadísticas en los tres sistemas de riego, obteniendo los mayores promedios el riego por goteo a los 30 ddg (días después de germinación) en las variables diámetro de planta, altura de planta y número de hojas por plantas. En el caso de los 60 ddg se encontraron diferencias estadísticas muy variables; en riego por surco se obtuvo el mayor diámetro para la variable altura de la planta, mientras que en riego por goteo se obtuvo la mayor altura de planta y en la variable número de hojas por planta sobresalió el riego combinado. A los 90 ddg se encontraron diferencias significativas

obteniendo el mayor promedio el riego por surco; para la variable altura de las planta no se encontró diferencias; mientras que en el caso de las variables número de hojas y altura de planta, se obtuvo el mayor promedio en el riego por surco (Cuadro 3).

Martínez (1997), menciona que el agua es un factor decisivo para el desarrollo de la planta. Para determinar el manejo óptimo del agua de riego y maximizar el beneficio económico se requiere conocer la respuesta productiva de un cultivo a la aplicación del agua.

El déficit de agua durante el periodo de establecimiento en el cultivo de maíz retrasa el desarrollo y produce una planta menos vigorosa. Cuando tienen lugar un déficit de agua durante el periodo vegetativo inicial, se produce menos superficie foliar, lo que ocasiona una reducción de rendimiento.

Diámetro del tallo (DP)

El maíz es un cultivo que se ve afectado frecuentemente por fuertes vientos que provocan el doblamiento de los tallos (acame), por lo que el aumento del grosor del tallo es una característica deseable para disminuir el acame (Alvarado y Centeno 1994).

De acuerdo al análisis estadístico $LSD = 0.05$, realizado a esta variable en diferentes momentos del crecimiento y desarrollo, se encontró diferencias significativa a los 30 días después de germinado en riego por goteo, con un promedio de 1.012 cm; este dato supera lo reportado por Castro & Maltez (2013) de 0.70 cm bajo riego por goteo usando la misma norma de riego. Luego, a los 60 ddg y a los 90 ddg el riego por surco supera a los demás sistemas, con valores de 1.63 y 2.28 cm, superando a los obtenidos por Castro & Maltez (2013). Estos datos superan a los encontrados por Castellón (2002) en la localidad de Pueblo Nuevo, con un promedio de 1.5 cm. En el cuadro 4 se presentan los promedios obtenidos en el ensayo.

Número de hojas por planta (NHP)

Las hojas varían conforme a su tamaño color y pilosidad; esta variación se encuentra relacionada con la variedad, la posición de la hoja en el tallo, la edad y las condiciones ambientales como luz y humedad (Somarriba, 1998).

De acuerdo al análisis estadístico $LSD = 0.05$, los resultados obtenidos por el efecto de las diferentes aplicaciones de riego sobre la variable número de hojas, reflejados en la Tabla 4, se aprecia diferencia estadística a los 30 ddg, obteniendo el mejor promedio el riego por goteo con 6.67 hojas por planta; a los 60 ddg se observan diferencias estadística en riego por goteo más surco, con un promedio de 6.67 hojas por planta; a los 90 ddg el riego por surco presenta diferencias significativas en comparación a los demás riegos, con un promedio de 12.41 hojas por planta. Estos promedios son similares a los encontrados por Peña (2011), con un promedio de 12.37 hojas por plantas.

Tabla 4. Comparación de los valores medios para las variables de la primera toma 30 ddg y 60 ddg para las variables de crecimiento, desarrollo del maíz, variedad NUTRINTA, Pueblo Nuevo, Estelí, 2013.

Factores	30 ddg			60 ddg			90 ddg			
	Dp I (cm)	Alp I (cm)	Nhp I	Dpt II (cm)	Alp II	Nhp II	Dpt III	Alp III	Nhp III	Alt ins
RG	1.01a	50.57a	6.67 a	1.49 b	58.43 a	7.00b	1.71c	206.23a	9.32c	77.28b
RG + RS	0.99ab	48.83 b	6.29 ab	1.39b	54.27 b	7.67a	1.94b	212.69a	11.41b	86.97a
RS	9.92b	47.08 b	6.05 b	1.63a	54.13 b	7.33ab	2.28a	214.38a	12.41a	91.16a

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente ($LSD \infty=0.05$)

Dp= diámetro de planta (cm), Apl= altura de la planta (cm), Nhp= número de hojas por planta, Alt.

Ins= altura de la inserción (cm).

Altura de planta (ALP)

La altura de planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta, es indicativo de la velocidad de crecimiento. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, lo que a su vez es dirigida al fruto; la altura puede verse afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, humedad, nutrientes y la densidad de plantas por área (Peña, T & Quiroz, L, 2011).

De acuerdo al análisis estadístico $LSD = 0.05$, se encontró diferencias significativa a los 30 y 60 ddg, el riego por goteo presenta los mayores promedios 50.57 y 58.43, respectivamente; no obstante, a los 90 ddg el cultivo no mostró diferencias significativas con respecto a los tratamientos. Estos promedios (206.23 cm) superan a los encontrados por Castro & Maltez (2013) de 118.22 cm. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos.

Altura de la inserción (ALT.INS)

La altura de inserción de la mazorca está en dependencia directa de las características fenológica de la planta y es un factor asociado con el rendimiento, ya que los cultivares con mazorcas ubicadas a la altura ideal, tendrán los mejores rendimientos (Celiz y Duarte, 1996). Sin embargo, Reyes (1990), considera que las hojas superiores y las centrales son las principales contribuyentes de carbohidratos de la mazorca y llenado de granos.

Según el análisis estadístico $LSD = 0.05$ se encontraron diferencias significativas separando a los sistemas de riego por surco y combinado, obteniendo los mayores promedios 91.16 y 86.97 cm de altura, en último lugar está el riego por goteo con una media de 77.28 cm (ver Tabla 4). Estos promedios superan a los reportados por Castro & Maltez (2013) de 38.70 y 47.93 cm.

4.6. Efecto de las técnicas de riego sobre el rendimiento

Diámetro de la mazorca (DMZ)

El diámetro de mazorca forma parte de la fase reproductiva, en la que se requiere de actividad fotosintética y gran absorción de agua y nutrientes. Si los eventos mencionados son adversos, se afecta el tamaño de la espiga en formación, y por consiguiente se obtiene menor diámetro de mazorca que al final repercute en bajos rendimientos.

En la variable diámetro de la mazorca se encontró diferencias estadísticas, mediante el análisis de $LSD = 0.05$, en el sistema de riego por goteo con un promedio de 3.89 cm. Estos promedios son similares a los reportados en la norma de calidad del (INTA, 2009).

Longitud de la mazorca (LMZ)

En la variable longitud de la mazorca se detectaron diferencias estadísticas en el sistema de riego por goteo. Según la separación de medias LSD ($\alpha=0.05$), el mayor desarrollo en cuanto a la longitud de la mazorca se dio en el riego por goteo (16.91 cm), en segundo lugar riego por surco (15.71 cm), y en último lugar riego por goteo más surco (15.29 cm), reflejando los promedios en el (Tabla 5)

Tabla 5. Comparación de los valores medios para las variables de rendimiento del maíz, Variedad NUTRINTA, Pueblo Nuevo, Estelí, 2013.

Factores	Niveles		Dmz (cm)	Lmz (cm)	Ngh	Nhm	Ngm	Pmz (gr)
Riego goteo	2,250 parcela	1.	3.89 a	16.91 a	35.82 a	14.33 a	546.40 a	119.45 a
Riego goteo + surco	9,125 parcela	1.	3.04 b	15.29 b	32.58 b	13.75 a	463.22 b	93.21 b
Riego surco	6875 l. parcela		3.15 b	15.71 b	33.33 b	13.83 a	480.20 b	97.68 b

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (LSD $\alpha=0.05$)

Dmz= Diámetro de mazorca, Lmz= Longitud de la mazorca, Ngh= Numero de granos por hilera, Nhm= Numero de hileras por mazorca, Ngm= Numero de granos por mazorca, Pmz= Peso de la mazorca

Número de hileras por mazorca (NHM)

El número de hileras por mazorca estará en dependencia de la longitud, diámetro de la mazorca, la variedad y sobre todo un buen suministro de fertilizantes con lo que aumentara la masa relativa de la mazorca, aumentando el número de hileras (Centeno y Castro, 1993).

Los resultados de número de hileras por mazorcas indican que el mayor promedio se encontró en riego por goteo (14.33), mientras que riego por surco y riego por goteo más surco mostraron un número de hileras 13.75 y 13.83, respectivamente.

Número de granos por hilera (NGH)

El tamaño de los granos contribuye en el rendimiento del cultivo. El número de granos está determinado por la longitud de la mazorca y el número de hileras por mazorca Jugenheimer, (1981). En el maíz el número de granos por hilera está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno (Lemcoff y Loomis, 1985), además lo necesita la planta durante la época del crecimiento.

De acuerdo al análisis estadístico $LSD = 0.05$, en la comparación de los valores medios para la variable número de granos por hilera, se encontró diferencias estadística obteniendo los mayores promedios en riego por goteo (546.40); en el caso de riego por surco y riego combinado los resultados fueron similares (ver cuadro 6).

Peso de mazorca (PMZ)

Los resultados demostraron efecto significativo en esta variable, el mayor peso de la mazorca se dio en riego por goteo con un promedio de 119.45 gr, en segundo lugar en riego por surco con 97.68 g, y tercer lugar en riego por goteo más surco con un peso de 93.21 g.

Rendimiento = pc (%MS) % D (KC) K

El rendimiento del maíz está relacionado con el empleo de fertilizantes, aporte de humedad, densidad poblacional y el potencial del rendimiento de la variedad (Ponce, 1991).

Mediante el análisis $LSD=0.05$ se encontró diferencia significativas en riego por goteo, con respecto a los demás sistemas. En la figura 9 se muestran los mayores promedios de rendimiento; se observa que el mayor promedio se obtuvo con el sistema de riego por goteo, alcanzando un promedio de 3010 kg ha^{-1} . En segundo lugar, el riego por surco con $2,775 \text{ kg ha}^{-1}$, y el menor promedio correspondió al sistema de riego combinado con $2,710 \text{ kg ha}^{-1}$.

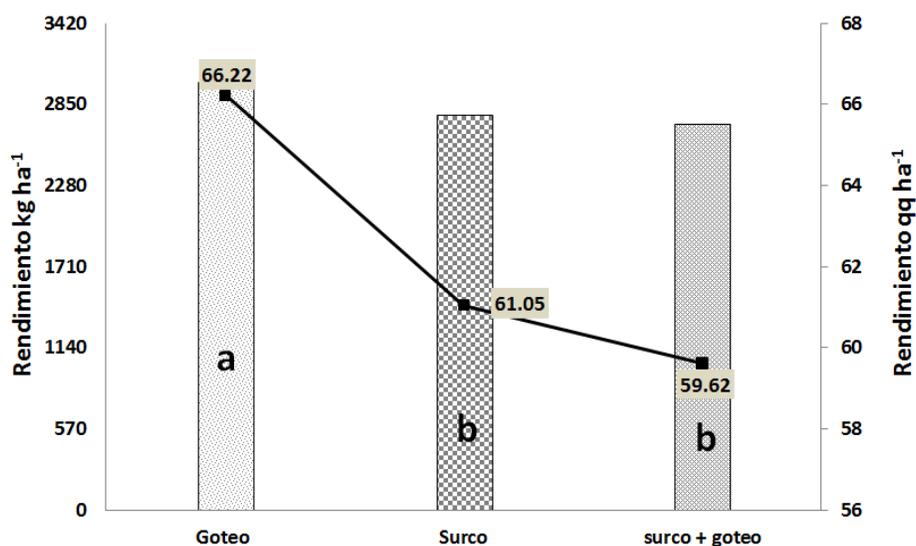


Figura 9. Rendimiento promedio en el ensayo.

RG= Riego por goteo, RGS= Riego por goteo y surco, RS= Riego por surco

4.7. Coeficiente de rendimiento (Ky)

En la tabla 6 se aprecian los valores del coeficiente de rendimiento para cada uno de los sistemas de riego, encontrando para riego combinado las mayores pérdidas de rendimiento con 1.34, y en el riego por goteo se obtuvo las menores pérdidas con 0.046.

Tabla 6. Coeficiente de rendimiento (Ky) obtenidos en las parcelas experimentales

Ky	
Parcelas	
Riego Goteo	0.046
Riego goteo más surco	1.34
Riego Surco	0.35

El rendimiento de los cultivos se ven influenciado por una serie de factores entre ellos: variedades, fertilización, control de plagas, riego y drenaje. De todos ellos, el agua es uno de los más limitantes y su control es fundamental para el éxito en la producción agrícola (Valverde, J, 2000).

La aplicación del factor sobre el rendimiento (Ky) se refleja en la planificación, diseño y operación de los proyectos de riego, permite la cuantificación del agua en términos de rendimiento del cultivo y producción total para la superficie del proyecto. En condiciones de agua limitada, distribuida por igual durante toda la estación vegetativa, incluyendo cultivos con distintos valores de Ky el cultivo con mayor valor de Ky, sufrirá mayor pérdida de rendimiento que el cultivo con menor valor de Ky (Doorenbos y Kassam, 1980).

El tipo de riego con mayor Ky sufre mayores pérdidas, en nuestro caso el mayor rendimiento se obtuvo en riego por goteo con un coeficiente de 0.46 y el de menor rendimiento fue el riego combinado con un coeficiente de 1.34, estos resultados no corresponde a una limitación de agua sino más bien a la distribución de agua que se puede alcanzar en cada sistema, en este caso el agua aplicada en riego por goteo la infiltración es más uniforme logrando llegar directamente a la zona radicular del cultivo.

V. CONCLUSIONES

- El sistemas de riego por goteo mostró mayor efecto sobre el crecimiento del maíz, con un promedio de 50.57 y 58.43 cm en el riego por goteo, a los 30 y 60 ddg respectivamente. No obstante a los 90 ddg hubo diferencia significativa en las variables diámetro de la planta en el sistema de riego por surco con 2.278 cm y en las variables número de hoja con 12.41 y altura de la inserción con 91.16 cm, en relación a los otros sistemas.
- El riego por goteo mostró diferencia significativa en las variables de rendimiento número granos por hilera, número de hileras por mazorca, peso de la mazorca, con un rendimiento de 66.22 qq ha⁻¹ (3 010 kg ha⁻¹), seguido por el riego por surco con 61.05 qq ha⁻¹ (2 775 kg ha⁻¹) y en último lugar el riego combinado 59.62 qq ha⁻¹ (2 710 kg ha⁻¹).

VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

Aguinaga 2013. Efecto de seis tratamientos nitrogenados bajo riego localizado de 3.6 litros de agua /m/día, en la producción de chilote en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) variedad NB – S a una densidad de 125000 plantas / ha.

Alvarado, E. y Centeno, A. 1994. Efectos de sistemas de labranzas, rotación y control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz (*Zea mays* L.). Y sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench). Tesis. Managua, Nicaragua. 100 p.

Castellón 200. Evaluación del rendimiento y análisis económico de seis cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en el municipio de Nuevo Estelí.

Carpo, P, & Fundora, H. 1994. Edafología. Habana, Cuba. 300 P.

Centeno, J. & Castro, J. 1993. Influencia de cultivos antecesores y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y crecimiento, desarrollo y rendimiento de cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.). Trabajo de diploma. UNA. Managua, Nicaragua.

Celiz F, R. Duarte, 1996. Efecto del arreglo topográfico (doble surco) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos del maíz (*Zea mays* L.) como cultivo principal, en asocio con la leguminosa (*Vigna unguiculata* l Walp).

Doorenbos, J; Kassam, A. 1980. Efectos del agua sobre rendimiento de los cultivos. Estudios FAO: Riego y Drenaje. Ed., FAO. Roma, Italia. 213 P.

Jugenheimer, R. 1981. Variedades mejoradas, métodos de control y producción de semilla. 228 pp.

Lemcoff, J.A. & Loomis. 1985. Nitrogen influences of agriculture soils and men; year book of agriculture 1983. Washington D.C. pp 430.

MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2013. uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario. Disponible en.

<http://www.magfor.gob.ni/descargas/publicaciones/IVCensoNacionalAgropecuarioCENAGRO/ESTELL.pdf>

Martínez, E. R., 2004. Diseño agronómico del riego. X Curso Internacional de sistemas riego. Departamento de irrigación, UACH. Texcoco, Estado de México.

Marrero, G. 2006. Material didáctico de Régimen de riego. Unidad I: introducción al riego, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Peña, T.; Quiroz, L 2011. Evolución de la producción de chilote en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando sustrato mejorado y determinación de los coeficiente “Kc” y “Ky”, bajo riego por aspersión, finca las Mercedes 2009. Tesis. Ing. Agrícola. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua 55p.

Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. A.G.T Editorial. Tercera edición. México D.F 460 p.

Somarriba R., C. 1998 . Texto granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 57 p.

TROCAIRE, APRODESA, UNA, INAFOR y Alcaldía de Pueblo Nuevo. 2011. Plan de ordenamiento territorial micro cuenca El Espinal, Pueblo Nuevo-Estelí.

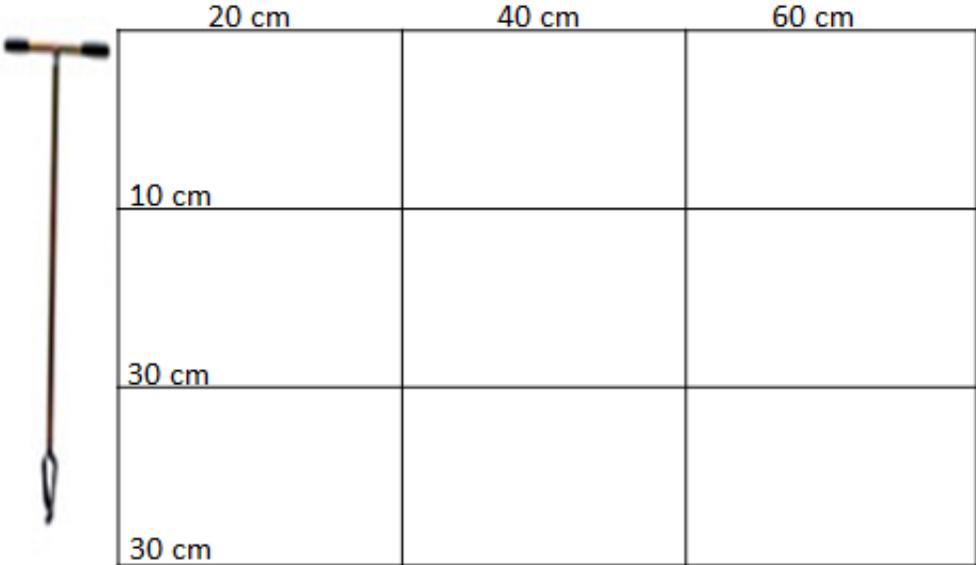
UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural) 2003. Especificaciones técnicas para el diseño de pruebas de infiltración (en línea) Consultado 20 de Agosto. 2010. Disponible en <http://www.UNATSABAR.com>

Valverde, JC. 2000. Riego y Drenaje. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José Costa Rica. 129 p.

Vélez, P. 2002. Riego por goteo. Miraflores-Lima, PE. 800p.

VII. Anexos

Anexo 1. Cuadrícula de toma de muestras de suelo



Anexo 2. Analisis de uso de riego y tenencia de la tierra en la comunidad de Matapalo, Pueblo Nuevo, Esteli, (2013).

Número de encuestados	Edad de los productores	Tenencias de la tierra	Uso y tipo de riego	Normas de riego	Intervalos de riego	Cultivos que riegan
	20-30		30 riego por goteo y surco	50 % no maneja normas de riego	50% riega diario	Maíz, pepino, tomate, chiltoma, tabaco,
10	31-40	80 % propia	50 % surco	20 % 2-3 horas	30 % cada 4-5 semana	
	41-50	20 % alquilada y prestada	20 % goteo	30 % 5-6 horas de riego	20 % cada 1- 2 veces por semana	
	50-más					

