



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE SISTEMAS DE RIEGO EN LA  
PRODUCCION AGRICOLA DEL MUNICIPIO DE ESTELÍ.**

Para optar al título de ingeniero agrícola

**Elaborado por**

Br. Amada Concepción Ubeda Hernández

**Tutor**

Ing. Luis Silverio López Duarte

Managua, Enero 2017

## **DEDICATORIA**

*Dedico el presente trabajo monográfico a:*

### **A DIOS:**

*Padre todo poderoso, por haberme permitido llegar hasta este momento, darme salud para lograr mis objetivos, además de su perpetua bondad y amor.*

### **A mis padres:**

*Sr. Tobías Noé Úbeda Herrera, por su amor infinito, por ser mi principal sustento, por la motivación constante, consejos y valores para alcanzar mis metas.*

*Sra. Martha Lorena Hernández Melgara (t), por haberme regalado la Vida, por su ejemplo de perseverancia en la salud y en la enfermedad, por su amor y porque sé que en este día será mi principal guía en espíritu.*

### **A mis familiares:**

*A mi abuelita Sra. Bertha Herrera (t) quien fue mi segunda madre, a mis hermanos y primos por la fe y esperanza que depositaron en mí, durante el desarrollo de mi trabajo monográfico.*

*A mis tíos por acogerme en sus hogares durante los 5 años de estudio de manera especial a mi tío y padrino Sr. Cipriano Úbeda (t) por su afecto y cariño a lo largo de este camino.*

## **Agradecimiento**

### **A Dios**

*Principal ejemplo de amor y perseverancia en este mundo.*

### **A mis padres**

*Por el don de la vida, amor y cariño que siempre me brindaron, así como su apoyo en el trayecto de la vida, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.*

### **A mis maestros:**

*Por regalarme la enseñanza, porque hoy soy fruto de un arduo trabajo, y muy especialmente a mi tutor, Ing. Luis Silverio López Duarte, por su apoyo incondicional y motivación para la culminación de mis estudios profesionales.*

### **A mis Amigos y compañeros**

*Por su apoyo a lo largo de mis estudios universitarios, por hacer de esta etapa una bonita historia, y en particular a Luis Gerardo Herrera por colaborar en el desarrollo de este trabajo investigativo.*

### **A Instituciones**

*A Instituciones y empresas como INTA, DISAGRO, TECNORIEGOS, CRS entre otros, por brindarme asistencia con la información necesaria para iniciar esta investigación.*

## Resumen

El presente trabajo de investigación se desarrolló en 8 comunidades del Municipio de Estelí, departamento de Estelí, con el propósito de evaluar el funcionamiento físico e hidráulico de los sistemas de riego utilizados en el municipio para la producción agrícola.

Para la determinación del estado de los sistemas de riego se efectuó un análisis estadístico aplicando la técnica de muestreo no probabilístico conocido como muestreo razonado, para precisar una representación parcial del total de sistemas utilizados en el municipio, donde se tomó una muestra de 16 explotaciones que cuentan con algún sistema de riego cumpliendo con el criterio que se tomó (productores que tecnifican más de 1 Ha) distribuidos aleatoriamente entre las comunidades, posteriormente se aplicó encuestas para conocer aspectos generales de los sistemas de riego identificados, también se aplicó encuestas a 16 productores que no utilizan ningún sistema de riego para determinar las causas por las que aún se utilizan métodos tradicionales. A los productores también se les tomó una entrevista para corroborar los datos obtenidos en campo, se entrevistó a algunas instituciones para conocer de qué manera se está apoyando a la población agrícola del municipio.

Para la evaluación del funcionamiento hidráulico de los sistemas de riego en estudio tanto para goteo como para aspersión se realizó un levantamiento de datos hidráulicos como la presión y el caudal, siendo medida por manómetro de glicerina de 0-160 PSI, el caudal que sale del sistema de bombeo hacia el sistema de riego medido a través de aforos realizados basándose en la fórmula hidráulica  $Q = \frac{V}{T}$  usando un recipiente de volumen conocido y realizando la medición del tiempo que tarda en llenarse dicho recipiente; esta prueba fue realizada en 3 repeticiones para obtener un resultado más preciso, esta prueba se realizó también para calcular el caudal en el sistema de riego, donde se realizaron pruebas en los emisores, tomando los ml de agua que caen en un recipiente en un tiempo parcial de 1 hora, posteriormente se midió en una

probeta graduada la cantidad de ml que se obtuvieron, esta prueba se realizó en diferentes puntos del sistema (primer emisor, emisor a 1/3, emisor a 2/3 y en el último emisor).

Según los resultados obtenidos de los valores hidráulicos se comprobó el buen funcionamiento de los sistemas de riego estudiados, ya que se obtuvieron valores de coeficiente de uniformidad dentro de los rangos de trabajo en cuanto a presión y caudal obteniendo un coeficiente de uniformidad de presión que oscila entre 0.88 a 0.96, teniendo como coeficiente de uniformidad de caudales 0.84 a 0.92 para riego por goteo y para sistemas de riego por aspersión los coeficientes de uniformidad de presión oscilan entre 0.71 y 0.95, y de coeficientes de uniformidad de caudales valores entre 0.84 y 0.91 lo que nos permite identificar que los sistemas de riego utilizados en la producción agrícola del municipio de Estelí están siendo manejados de forma óptima, así como también se conoció los caudales y presiones de salida de la bomba que van desde 7 m<sup>3</sup>/h hasta 12 m<sup>3</sup>/h en tuberías de 2" a 3" de diámetro, en cuanto a la presión de la bomba se encontró una variación de 26 mca a 51 mca que se encuentran dentro de los rangos de presión recomendada, cabe señalar que las bombas que se encontraron son bombas de flujo axial ya que los productores afirman que son las más económicas en el mercado.

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron, se puede concluir que al menos el 50% de los sistemas de riego utilizados para la producción agrícola no presentan problemas operativos ni físicos en tanto el 50% de los sistemas de riego presentan problemas en cuanto a la vida útil y algunas averías que se encontraron como taponamiento en los emisores y tubos que no soportan la presión que están conduciendo, en este estudio también se conocieron las comunidades con dificultad para hacer uso de sistemas de riego entre las que sobresalen EL Cebollal, La Naranja y La Sirena.

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES .....	2
III.	JUSTIFICACION.....	3
IV.	OBJETIVOS.....	4
4.1.	Objetivo General .....	4
4.2.	Objetivos específicos.....	4
V.	MARCO TEÓRICO.....	5
5.1.	Producción Agrícola en el municipio de Estelí .....	5
5.1.1.	Actividad económica .....	5
5.1.2.	Recursos hídricos del municipio de Estelí .....	6
5.2.	El Riego .....	7
5.2.1.	El riego en Nicaragua .....	10
5.2.2.	Tipos de Sistema de riego.....	11
5.2.3.	Principales componentes de un sistema de riego.....	16
5.2.4.	Eficiencia de sistemas de riego .....	18
5.3.	Evaluación de sistemas de Riego .....	19
5.4.	Análisis estadístico .....	21
5.4.1.	Tipos de muestreo .....	24
5.4.2.	Variables de investigación.....	24
5.4.3.	Análisis estadístico del estudio .....	25
VI.	HIPOTESIS .....	36
6.1.	Hipótesis de investigación.....	36
6.2.	Hipótesis alternativa .....	36
6.3.	Hipótesis nula.....	36
VII.	DISEÑO METODOLOGICO .....	37
7.1.	Localización.....	37
7.2.	Métodos.....	38
7.2.1.	Limitantes del estudio .....	38
7.2.2.	Metodología para lograr el primer objetivo específico .....	39
7.2.3.	Metodología para lograr el segundo objetivo específico .....	40

7.2.4.	Metodología para lograr el tercer objetivo específico .....	41
7.2.5.	Metodología para lograr el cuarto objetivo específico .....	42
VIII.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	44
8.1.	Análisis estadístico (Muestreo razonado).....	44
8.2.	Características físicas encontradas en los sistemas de riego muestreados.....	44
8.3.	Co-relación entre datos obtenidos y tipos de sistemas de riego.....	50
8.4.	Principales causas que provocan que los productores no tecnifiquen su producción.....	52
8.5.	Resultados de la Entrevista #1: Productores que utilizan sistemas de riego tecnificados en sus cosechas.....	56
8.6.	Resultados de la Entrevista #2: Productores que no utilizan sistemas de riego en sus cosechas.....	57
8.7.	Resultados de la Entrevista #3: Instituciones encargadas de dar asistencia técnica a los productores del municipio de Estelí .....	58
8.8.	Resultados obtenidos de las pruebas Hidráulicas .....	59
8.9.	Comprobación de Hipótesis.....	61
8.9.1.	Cálculo de la media aritmética.....	61
8.9.2.	Cálculo de la moda .....	62
8.9.3.	Calculo de la mediana .....	63
8.9.4.	Análisis de ANOVA de un factor.....	65
IX.	CONCLUSIONES.....	67
X.	RECOMENDACIONES.....	68
XI.	BIBLIOGRAFIA.....	69

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Factores que favorecen la elección del método de riego.....	8
Tabla N°2: Valores indicativos de las eficiencias de transporte y distribución para sistemas de riego bien proyectados y bien mantenidos. ....	9
Tabla N°3: La evolución de las áreas de riego .....	10
Tabla N°4: Vida útil de un Sistema de Riego localizado (para 1 Ha).....	16
Tabla N°5: Valores recomendados de Coeficiente de Uniformidad.....	20
Tabla N°6: Tipos de ANOVA .....	30
Tabla N°7: Diseño balanceado .....	33
Tabla N°8: Diseño no balanceado .....	33
Tabla N°10: Pruebas de Uniformidad para Riego por Goteo.....	59
Tabla N°11: Pruebas de Uniformidad para Riego por Aspersión.....	60
Tabla N°11: Valores de caudales medios obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas .....	62
Tabla N°12: Valores de caudales 25% más bajos obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas.....	62
Tabla N°13: Valores de presiones medios obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas .....	63
Tabla N°14: Valores de presiones 25% más bajos obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas.....	63
Tabla N°15: Análisis de la varianza para la variación de Caudales.....	65
Tabla N°16: Análisis de la varianza para la variación de presiones .....	66

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración N°1: Municipio de Estelí .....	37
Ilustración N°2: Ubicación de los municipios en estudio.....	38

## **INDICE DE GRAFICOS**

Gráfico N°1: Método de Riego utilizado.....	44
Gráfico N° 2: Tipo de sistemas de riego utilizados .....	45
Gráfico N°3: Procedencia del agua de riego .....	45
Gráfico N°4: Tiempo de riego (Hr) .....	46
Gráfico N°5: Maquinaria Asociada al regadío.....	47
Gráfico N°6: Distribución del agua en el sistema de riego.....	47
Gráfico N°7: Años de vida útil del sistema.....	48
Gráfico N° 8: Averías que ha presentado el sistema de riego .....	48
Gráfico N°9: Eficiencia del Sistema de Riego.....	49
Gráfico N°10: Tipo de sistema de Riego Vs Horas de Riego .....	50
Gráfico N°11: Tipo de Sistema de Riego Vs Años de vida .....	51
Gráfico N°12: Tipo de Sistema de Riego Vs Eficiencia de distribución .....	51
Gráfico N°13: Principales causas por las que los productores deciden no tecnificar .....	52
Gráfico N°14: Porcentaje de daños en producción que obtiene utilizando laboreo tradicional .....	53
Gráfico N°15: Beneficios que obtiene al usar métodos tradicionales de producción.....	53

Gráfico N°16: En cuanto a operación, que tipo de información conoce sobre los sistemas de riego .....	54
Gráfico N°17: En cuanto a instalación, conoce como se instalan los sistemas de riego .....	54
Gráfico N°18: En cuanto a mantenimiento, conoce como dar mantenimiento a sistemas de riego .....	55

## I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país que basa el 29.3% de PIB en la actividad agropecuaria y 15.1% en la actividad agrícola (Banco Mundial, 2015; Banco Central de Nicaragua, 2015), por lo que se considera que la agricultura continuará por mucho tiempo siendo su base económica.

El municipio de Estelí cuenta con 47,775.26 manzanas de uso agrícola, de uso pecuario 49,396.08 manzanas y 1,059.64 manzanas cuentan con instalaciones diversas o infraestructura. De las 97,230.98 manzanas reportadas en el municipio, solamente se riegan 2,465.38 manzanas, de las cuales 1,001.72 por gravedad, 326.16 por goteo, 592.87 por aspersión, 499 de forma manual (regadera, manguera), 45.63 con otros sistemas. En este municipio solamente 583 explotaciones agropecuarias aplican uno o más sistemas de riego, de los cuales 260 son por sistema de gravedad, 160 por goteo, 146 por aspersión, 56 manualmente y 11 usan otro sistema.

De acuerdo a las referencias citadas, este estudio monográfico presenta un diagnóstico del estado actual tanto físico como hidráulico de los sistemas de riego utilizados para la producción agrícola en el municipio de Estelí, basándose en diferentes pruebas para garantizar excelentes resultados con el cual instituciones del estado y organismos de cooperación puedan tener insumos técnicos para decidir acciones orientadas al apoyo de la agricultura en el municipio.

## II. ANTECEDENTES

En el 2009 la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA), lleva a cabo un proyecto titulado “Propuesta de intervención de FUNICA para la zona norte” en el cual se plasma la problemática de la actividad agrícola en la zona norte, figurando entre las más importantes el bajo acceso al riego (FUNICA, 2009).

En Mayo del 2013 se levantó los datos del "IV Censo Nacional Agropecuario (IV CENAGRO), en este estudio el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAG-FOR) en conjunto con el Instituto Nicaragüense de Información y Desarrollo (INIDE), buscan determinar quiénes son las y los productores, dónde se desarrolla la producción según rubros, cuál es el tamaño de las explotaciones en el territorio, cómo es el uso y aprovechamiento de la tierra, total de área cultivada, área de cultivo bajo riego, el tipo de prácticas agrícolas desarrolladas, entre otros. Encontrándose que en el municipio de Estelí existe un área de regadío de 2465 mz distribuidas en 583 unidades agrícolas, pero no se expresan datos del estado en que se encuentran las instalaciones (MAGFOR-INIDE, 2013).

A pesar de las investigaciones que se realizaron tanto con las autoridades como en los documentos del Ministerio Agropecuario y Forestal (MAG-FOR) y en el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), no se documentan otros proyectos relacionados con el estado actual de la actividad agrícola y Sistemas de riego en el municipio de Estelí.

### **III. JUSTIFICACION**

La zona norte de Nicaragua cuenta con suelos fértiles, con buenas condiciones para la producción agrícola intensiva con el uso apropiado de tecnologías productivas, el cual no es aprovechado debido a la falta de tecnología de acceso al recurso hídrico (MAG-FOR, 2008).

El mayor auge del riego en Nicaragua se dio en los años 80s, por cuanto, pese al incremento de la irrigación por iniciativa privada de los últimos años se traduce como sistemas de riegos con una vida útil caduca, que generan muchas pérdidas de agua e ineficiencia en su manejo (MAGFOR, 2008).

Lo cual sumado a la variabilidad climática expresada como fenómenos meteorológicos extremos, así como períodos de sequía prolongados e irregularidad de las lluvias son una realidad en Nicaragua, que exige a los usuarios mayor capacidad de gestión del recurso agua, y acciones orientadas al ahorro, captación y almacenamiento del mismo, así como la adopción de medidas agroecológicas que conlleven a una mayor eficiencia en la utilización del agua para garantizar la sostenibilidad de las explotaciones agrícolas sin agotar las reservas de agua subterránea con que cuenta el país.

El agua constituye un factor fundamental en la obtención de altos rendimientos, por cuanto, la presente investigación aporta datos como el tipo de riego empleado y el estado actual de la infraestructura de riego aplicado a la producción agropecuaria en el municipio de Estelí.

Los datos obtenidos de esta investigación podrán ser empleados en la planificación de programas de asistencia técnica a los productores por parte de instituciones del sector agropecuario como el INTA, MAGFOR, IPSA, entre otros, dado que es un indicador de la tecnología empleada y de la eficiencia con que se está administrando el agua de riego en el municipio. A las empresas distribuidoras y comercializadoras de tecnologías agrícolas les sirve como guía de potenciales clientes y de conocimiento del uso que se le está dando a las diversas tecnologías.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

- ◆ Diagnosticar el estado actual de los sistemas de riego empleados en la producción agrícola del municipio de Estelí por medio de un estudio de campo.

### **4.2. Objetivos específicos**

- ◆ Caracterizar los sistemas de riego que se utilizan en la producción agrícola del municipio de Estelí, por medio de muestreo estadístico.
- ◆ Determinar el estado físico en el que se encuentran los sistemas de riego en el municipio de Estelí mediante observación en campo.
- ◆ Evaluar el funcionamiento de los sistemas de riego a través de pruebas de uniformidad de caudales y presiones.
- ◆ Identificar las áreas que tienen más dificultades de acceso a la tecnología de irrigación en el municipio de Estelí a través de un muestreo estadístico.

## **V. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Producción Agrícola en el municipio de Estelí**

Los suelos de Nicaragua se han clasificado en órdenes principales dependiendo del origen identificado. También existe otra clasificación, que es la combinación de suelos y climas, lo que sirve para definir el uso potencial del mismo en la planificación agropecuaria, en la que se puede estudiar los suelos de Nicaragua (Navarro, 2012).

En la región central del país, se localizan los suelos más fértiles entre montaña y montaña, como los valles de Nueva Segovia, Matagalpa, Estelí y Jinotega que cuentan con disponibilidad de aguas subterráneas donde se puede desarrollar agricultura intensiva. Así también, en estos lugares se encuentran pendientes pronunciadas, en este sector es posible realizar cultivos de hortalizas y algunas frutas para evitar la erosión, como sucede en los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Estelí y Nueva Segovia (Ídem).

Según datos del CENAGRO en el 2013 en el municipio de Estelí se registran un total de 583 explotaciones agropecuarias que utilizan en su producción diferentes sistemas de riego; entre los que se clasifican con riego por gravedad 260 unidades de producción, riego por goteo 160 y riego por aspersión 146 (MAGFOR-INIDE, 2013).

#### **5.1.1. Actividad económica**

El municipio de Estelí es uno de los lugares con mayor productividad agrícola de la Región Central, siendo su mayor actividad económica el cultivo del Tabaco, también sobre salen la producción de granos básicos y hortalizas entre otros. El desarrollo productivo y su ubicación hacen de la ciudad de Estelí el principal centro de comercialización, abastecimiento y suministro para la producción de la Región y es sede de importantes organizaciones de productores e instituciones productivas (Cardoza, Rodríguez , & Lanuza, 2010)

Al igual que diferentes regiones del país, la principal actividad descansa sobre todo en pequeños y medianos productores de granos básicos y cultivos de exportación como el tabaco, y en los últimos años se ha dado un aumento de la siembra de hortalizas como tomate y papa (CALDERON, 2000).

Según los resultados IV CENAGRO (MAGFOR-INIDE, 2013), el municipio de Estelí tiene potencial para una diversidad de cultivos entre los que sobresalen:

El cultivo de ajonjolí con 3,628 (ha), algodón 742 (ha), arroz de riego de 3,069 (ha), cebolla 3,212 (ha), maíz de 11,029 (ha), para la papa 1,603 (ha), para el sorgo de 3,866 (ha), para la yuca 742 (ha), para banano de riego 742 (ha), para banano de seco 287 (ha), para caña de azúcar 1,645 (ha), para pitahaya 319 (ha), para el café 5,965 (ha), para la piña 742 (ha), para ganado caprino 5,084 (ha), para ganado de carne 3,053 (ha), para ganado de leche 2,399 (ha), y para ganado ovino 20,210 (ha) (p. 25).

Sin embargo, los reportes de producción del municipio son de 8210.84 explotaciones agropecuarias con 8210.84 manzanas, de las cuales 8018 son dedicadas a los cultivos de maíz y frijol, destinando el resto a cultivos como arroz (de seco y riego), sorgo (rojo, blanco y millón) (MAGFOR-INIDE, 2013).

Entre las prácticas agrícolas realizadas se encuentran labores con maquinaria agrícola (10% de los productores) y animales de tiro (63 % de los productores), el resto cultiva al espeeque. Además se emplean prácticas como curvas a nivel cultivos de cobertura, barreras de contención, cero labranzas y rotación de cultivos, entre otras prácticas agrícolas (Ídem).

### **5.1.2. Recursos hídricos del municipio de Estelí**

El relieve del municipio de Estelí se caracteriza por ser “montañoso, muy variable en forma de mesetas inclinadas y en cuesta” (Corrales & Delgado, 2009, p.128), con planicies de formación mixta con hidrogeología en condiciones “generalmente freáticas, o localmente semiconfinadas o artesianas” (Corrales &

Delgado, 2009, p.129), aspecto que favorece el aprovechamiento de aguas tanto superficiales como subterráneas, y que coincide con los datos de (MAGFOR-INIDE, 2013), al encontrarse que:

En el municipio existen 2,381 explotaciones agropecuarias que cuentan con algún tipo de fuente de agua, las cuales son las siguientes: 1,031 con ríos o quebradas, 71 con lagunas o lagos, 740 con manantiales u ojos de agua, 181 recolectan agua de lluvia, 202 cuentan con represas, 811 con pozos de perforación manual, 137 poseen pozos artesianos, 3 tienen esteros, 577 poseen red pública y 200 no tienen fuentes de agua (p. 28).

Lo cual evidencia que la mayoría de las explotaciones agropecuaria tienen algún acceso al agua, y que el uso de riego como forma de tecnificación de la producción es viable, y por consiguiente, el buen manejo pasa a ser la condicionante para los productores.

## **5.2. El Riego**

El riego se define como la aplicación artificial de agua a la tierra, con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo. Los principales objetivos de aplicar riego a un cultivo son compensar las deficiencias de humedad y aplicar nutrientes que contribuyan al proceso de vegetación de los suelos y cultivos (Matheus, 2011).

Dentro de este contexto el agua juega un papel importante para las plantas por sus efectos sobre fenómenos físicos diversos, como el transporte de nutrientes, la transpiración y la reducción de la temperatura de las hojas, el transporte de metabolitos, la fotosíntesis y la respiración. En efecto, es un hecho conocido que cuando los estomas se cierran por un déficit hídrico, los intercambios gaseosos entre la hoja y el aire disminuyen. Se observa así mismo una estrecha relación entre la absorción de agua por la planta y el desarrollo de su biomasa (FAO, 2002).

Por lo tanto, como conclusión práctica, se puede afirmar que la forma más sencilla de mejorar la productividad es proporcionar un aporte de agua en compensaciones correctas. Es precisamente en los cultivos protegidos donde se puede percibir mejor la importancia del aporte de agua por medio del riego, ya que la pluviometría es nula.

Tabla N°1: Factores que favorecen la elección del método de riego.

<b>Factores</b>	<b>Riego de Superficie</b>	<b>de Aspersión</b>	<b>Riego localizado</b>
Costo de la Infraestructura	Bajo	Medio	Alto
Suministro del agua	Irregular	Regular	Continuo
Disponibilidad del agua	Abundante	Media	Limitada
Pureza del agua	No limitante	Sin solidos	Elevada
Capacidad de infiltración del suelo	Baja a media	Media a alta	Cualquiera
Capacidad de almacenamiento	Alta	Media a alta	Cualquiera
Topografía	Plana y uniforme	Relieve suave	Irregular
Sensibilidad al déficit hídrico	Baja	Moderada	Alta
Valor de la producción	Bajo	Medio	Alto
Coste de la mano de obra	Bajo	Medio	Alto
Coste de la energía	Alto	Bajo	Moderado
Disponibilidad del capital	Baja	Media a alta	Alta
Exigencia en tecnología	Limitada	Media a alta	Elevada

Fuente: El Riego y sus Tecnologías, Dr. Pereira, Luis Santos, España, 2010.

La adopción de sistemas de apoyo para la toma de decisión de sistemas expertos y de otros sistemas inteligentes constituye una herramienta útil para la elección de los métodos y sistemas de riego.

Un factor importante en la adopción de sistemas de riego es tomar en cuenta la eficiencia de cada sistema para garantizar un desarrollo óptimo del cultivo que será tratado con riego. La eficiencia del riego es la relación o porcentaje entre el volumen de agua efectivamente utilizado por las plantas y el volumen de agua retirado en la bocatoma. Del volumen de agua retirado en la bocatoma de un sistema de riego, una parte importante no es utilizada por las plantas. A continuación se presentan diferentes eficiencias correspondientes a cada sistema (Pereira & Valero, 2010).

Tabla N°2: Valores indicativos de las eficiencias de transporte y distribución para sistemas de riego bien proyectados y bien mantenidos.

Sistemas de riego	Eficiencias %
Sistemas de transporte (redes primarias de riego)	
◆ Tuberías (tubos)	95-100 (Excelente)
◆ Canales revestidos	60-90 (Muy buena)
◆ Canales en tierra no revestidos	55-85 (Aceptable)
Sistemas de distribución (redes secundarias y terciarias)	
◆ Tuberías a alta presión	95-100 (Excelente)
◆ Tuberías de baja presión	90-100 (Muy buena)
◆ Canales con capacidad < 50 l/s (grandes distribuidores)	80-95 (Muy buena)
◆ Canales con capacidad ≤ 50 l/s (pequeños distribuidores)	60-90 (Aceptable)

Fuente: El Riego y sus Tecnologías. Pereira, Luis Santos, España, 2010.

### 5.2.1. El riego en Nicaragua

La agricultura bajo riego en Nicaragua, se inició en la década de los años 50's y representó el 6.4% de la actividad agrícola. Los cultivos bajo riego en esa época fueron principalmente banano y caña de azúcar. Para el desarrollo de la agricultura de riego, se utilizaron los mejores suelos de la planicie del Pacífico, sirviéndose en su mayoría de aguas subterráneas y en menor cuantía de aguas superficiales. Los cultivos bajo riego complementario más importantes fueron: algodón, caña de azúcar, arroz, tabaco, banano y cultivos hortícolas en menor superficie aunque no en menor importancia (MAGFOR, 2008).

En la tabla N°3 se observa la fluctuación en el avance de la implementación del riego en la producción del agro nicaragüense.

Tabla N°3: La evolución de las áreas de riego

Años	Áreas (ha)
1970	63
1985	86
1991	93
1993	30
Estimado 1998	61
Estimado 2002	94

Fuente: Sub programa desarrollo y reactivación del riego para contribuir a la seguridad alimentaria en Nicaragua, MAG-FOR 2008.

Al inicio de la década de los 70's se estimaba que el área con infraestructura de riego superaba las 40.000 ha conservándose los métodos y técnicas de riego ya existentes, como aspersión convencional y gravedad. Hasta 1978 el área de riego se extendió hasta casi las 70.000 ha. A inicios de la década de los 80's el Gobierno promueve e implementa el "Plan Contingente" (granos básicos) y se introducen los sistemas de riego por aspersión con pivote central automatizado, con capacidad de riego para aproximadamente 70 ha cada uno, distribuidos entre proyectos existentes y nuevos. Estos equipos (unos 200 pivotes) fueron

subsidiados, pero debido a la falta de mantenimiento, muchos sistemas se deterioraron y actualmente se encuentran en abandono o simplemente no existen (MAGFOR, 2008).

De las 93.000 ha que se regaban en 1991, unas 49.000 corresponden al sector privado, la mayor parte concentrada en la región del Pacífico y el resto correspondiendo a la Región Central. Los cultivos tradicionales principales eran caña de azúcar (34% del total nacional) y el arroz (30% del total nacional) de los cuales se explotaban la mayor parte del primero en la Región del Pacífico y el segundo, en la Región Central (idem).

Los proyectos de riego estaban localizados principalmente en la región del Pacífico Norte en León y Chinandega, Pacífico Centro en el perímetro de los lagos de Nicaragua y Managua, Pacífico Sur Nandaime-Rivas, Central-Norte Valle de Sébaco y municipios de Estelí y Jalapa. La disminución del área de riego en los años 90's se debió principalmente al deterioro de estos equipos por falta de mantenimiento, altos costos de importación de repuestos y falta de asistencia técnica en el manejo de los equipos. También los incrementos de la tarifa de energía para el sector riego y las frecuentes interrupciones en el suministro de energía contribuyeron a la disminución del área regada (MAGFOR, 2008).

### **5.2.2. Tipos de Sistema de riego**

Entre los numerosos sistemas practicados, los más corrientes son el riego por surcos, la aspersión y el riego localizado. La elección de un sistema no se basa únicamente en criterios técnicos o sociales, sino también en criterios económicos y en las condiciones exteriores a la explotación, como el suministro de electricidad, la disponibilidad de materiales, etc.

### ➤ **Riego por aspersión**

El riego por aspersión, que se realiza generalmente por medio de mini pulverizadores o micro aspersores, se limita a:

- ◆ Cultivos que no están alineados, en cuyo caso el número de plantas por unidad de superficie es alto.
- ◆ Cultivos sensibles a la sequedad del aire.

Los aspersores pueden colocarse suspendidos sobre las plantas o sobre el suelo. El primer sistema proporciona mejor humidificación, pero debe utilizarse agua muy pura para evitar manchas de sal en las hojas. Por lo general este sistema se utiliza como complemento del instalado sobre el suelo.

En la práctica este método demanda una presión de agua de aproximadamente  $1 \text{ kg/cm}^2$ . Las instalaciones de riego por aspersión para cultivo de hortalizas al aire libre dan mejor resultado cuando son movibles. Los aspersores giratorios de media presión se montan sobre soportes movibles de pequeño tamaño. Sin embargo en los cultivos protegidos las instalaciones son fijas y por lo tanto más caras por unidad de superficie (FAO, 2002).

Es peligroso utilizar aspersión en invernadero en invierno y en primavera, ya que la pulverización de agua a temperatura relativamente baja produce daños fisiológicos, como es el caso de la caída de las flores en plantas exigentes en calor, por ejemplo el pimiento.

Entre los diferentes tipos de boquillas utilizadas en invernadero, las más frecuentes son las de plástico. Cada boquilla tiene su curva característica que indica la relación entre el caudal y la presión.

### ➤ **Riego por surcos**

Este sistema tradicional, que se utiliza ampliamente en muchas regiones y sobre todo en pequeñas explotaciones familiares, tiene grandes defectos que invalidan la ventaja de su bajo coste (FAO, 2002).

- ◆ No proporciona un suministro de agua uniforme y constante.
- ◆ Tiene un rendimiento bajo (la relación entre el agua suministrada y el agua realmente aprovechada por las plantas es pequeña).
- ◆ En algunos casos eleva el nivel de humedad del aire en el invernadero por encima de los niveles adecuados.
- ◆ No permite la automatización ni la fertirrigación.

Existen diversas formas para mejorar esta técnica que deben tomarse en consideración (FAO, 2002).

- ◆ Cuando se dispone de una toma de riego en un extremo del campo, la conducción del agua hasta la parcela que se va a regar se puede hacer con la ayuda de una manguera de polietileno negro de 0,40 mm de espesor de pared y de 15 a 20 cm de anchura aplastada, ya que sólo es necesario un nivel bajo de presión. Las mangueras tienen la ventaja de que pueden enrollarse y trasladarse fácilmente, además de evitar importantes pérdidas de agua en la red de surcos.
- ◆ Las acequias principales pueden revestirse totalmente con lámina negra de PE de 0,20 mm de espesor, con el fin de evitar las pérdidas de agua y el desarrollo de malas hierbas. Se utiliza esto sobre todo para las zonas de conexión de las acequias de distribución con los surcos a pie de plantas mediante sifones.
- ◆ Los surcos que hay entre las líneas de plantas de una parcela se pueden conectar directamente a la acequia principal situada a un nivel ligeramente superior, mediante sifones de 2,5 a 3 cm de diámetro. El número de ellos es proporcional a la longitud del surco para que el volumen de agua se reparta de forma homogénea, cada sifón debe estar

lleno durante el mismo lapso de tiempo, lo que se consigue regulando el flujo de cada surco, el número correcto de sifones, así como con la longitud y la pendiente óptima de los surcos que debe ser del 0,5 al 1%.

### ➤ **Riego localizado**

Es el sistema más extendido en cultivos protegidos por sus muchas y bien conocidas ventajas, tales como la posibilidad de automatización y fertirrigación, las pocas pérdidas por evaporación, etc. Dos de estas ventajas son especialmente importantes en las condiciones típicas del área mediterránea, aunque sólo en el caso de suelos bien drenados pueden materializarse (FAO, 2002).

- ♦ Gran rendimiento, dado que en muchos casos es un problema fundamental la falta de agua y la automatización permite el suministro de pequeñas cantidades de forma ininterrumpida 24 horas al día, con menores pérdidas de agua.
- ♦ El riego continuo es el único que permite el uso de agua salina si el terreno tiene buen drenaje, dado que con un ligero exceso de agua se mantiene la presión osmótica del suelo baja y uniforme. De este modo pueden lavarse por arrastre las sales acumuladas.

Sin embargo hay algunas consideraciones que pueden ayudar a utilizar estos sistemas de forma más eficaz, uno de los problemas más corrientes del riego por goteo es la obstrucción de los goteros a causa del pequeño diámetro de los microporos por los que pasa el agua.

La frecuencia con que se obstruyen los goteros depende del propio sistema de riego, pero en cualquier caso es imprescindible la colocación de filtros apropiados. Para agua subterránea puede ser suficiente con un filtro de 120 a 150 cada mes, pero si el agua proviene de un estanque abierto hay que utilizar además un filtro de arena para las algas. El empleo de filtros autolimpiables o de goteros de bajo costo que pueden cambiarse con frecuencia cuando se

obstruyen, es un buen modo de evitar averías del sistema debidas a taponamientos (FAO, 2002).

Cuando se utiliza agua rica en sales solubles, por ejemplo bicarbonatos, la obstrucción puede producirse por la precipitación de sal en diversos puntos de la instalación y sobre todo en las salidas de los goteros. En este caso, se recomienda lavar el sistema de riego de vez en cuando con una solución ácida (pH=2) que disuelva los residuos sólidos.

La distancia entre los goteros depende en gran medida de la textura del suelo. Cuanto más ligero sea el suelo, más juntos deben estar los goteros a lo largo del tubo. Lo más corriente cuando se trata de cultivos hortícolas bajo cubierta es una separación entre 40 y 50 cm; con ello conseguimos tener una banda de humedad continua a lo largo de la línea a menos que el suelo sea demasiado suelto. En el caso de suelos arenosos, muy sueltos, el agua no se desplaza lo bastante hacia los lados y por ello debemos disminuir la distancia entre goteros.

Un buen sistema por goteo debe permitir una distribución uniforme del agua a lo largo de la línea, lo que significa que las primeras plantas no tienen por qué recibir más agua que las últimas. Así mismo el sistema debe ser de fácil montaje y desmontaje con el fin de poder trabajar el suelo al final del ciclo. Con algunas instalaciones es muy difícil enrollar los tubos y los goteros se estropean con facilidad cuando se procede a su traslado (FAO, 2002).

Los sistemas de riego por goteo han llegado a ser relativamente baratos y por ello constituyen una de las inversiones más rentables en cultivo protegido, lo que ha favorecido la expansión de su uso. Sin embargo en algunos países o regiones puede ser difícil obtener materiales importados o tener otras limitaciones por razones socio-económicas (FAO, 2002).

Tabla N°4: Vida útil de un Sistema de Riego localizado (para 1 Ha)

Accesorios	Vida útil (años)
Bomba de riego	7
Tuberías de 2"	10
Filtros de 2"	5
Mangueras (10,000 mt)	3
Conectores	3
Empates	
Válvulas de paso	5
Válvulas de no retorno	5
Accesorios de tuberías	10
Fertilizador Venturi	7
Pozo profundo y forzado	10
Combustible y lubricantes	

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agropecuario, (2001)

### 5.2.3. Principales componentes de un sistema de riego

Un equipo de riego presurizado básicamente consiste en:

#### ➤ Fuentes de abastecimiento de agua

El abastecimiento para el equipo puede provenir del turnado de la red de riego en aquellas zonas con derecho o de extracción de agua subterránea a través de perforaciones. En las zonas con derecho de riego, el turno se almacena en reservorios, cuyas dimensiones dependen de la superficie a regar. Su función es la de abastecer de agua en forma permanente el sistema. Por lo general se construyen en lugares más altos cerca de la toma de riego o perforación o en punto medio de la distribución de riego (Liotta, Mario, 2000).

### ➤ **Cabezal de riego**

Es el conjunto de elementos que dominan toda la instalación y sirve para proveer presión y caudal al sistema, filtrar el agua, inyectar fertilizantes, medir volúmenes, etc. Los componentes principales son (Liotta, Mario, 2000):

- ◆ El equipo de bombeo: que provee el caudal y la presión suficiente para el funcionamiento de equipo; está constituido por una o más bombas cuyo tamaño y potencia dependen de la superficie a regar.
- ◆ Sistema de filtrado, compuesto por uno o varios filtros de acuerdo al caudal e impurezas y válvulas de retrolavado; es una parte clave del sistema y uno de los problemas más graves que suele presentarse en las instalaciones de riego, en particular si es por goteo, por el menor diámetro de los orificios de salida, las obstrucciones se pueden producir por materia orgánica, precipitaciones, etc.
- ◆ Unidad de fertilización: Se emplea para inyectar al sistema fertilizantes, ácido clorhídrico, fosfórico, etc. Consiste en dos partes el depósito de almacenamiento y la inyección o fertilización.
- ◆ Aparatos de control y medición, tales como: manómetros: componente importante del sistema ya que permite determinar la presión en los puntos que desee, tanto en el cabezal como en el campo. Contadores o caudalímetros: cumplen la función de medir el caudal instantáneo y totalizado, se instala en el cabezal a la salida de los filtros; y los controladores de riego.
- ◆ Válvulas de aire, reguladoras de presión, de alivio etc.:

### ➤ **Tuberías de conducción**

Las tuberías más empleadas son de cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno. El PVC se usa en diámetros superiores a 50 mm para las líneas de distribución primaria, secundaria y terciaria. Los diámetros más comunes son de 40, 50, 63, 75, 90, 110 y 190 mm (Garcés Restrepo, 2013).

➤ **Laterales de riego**

Son las tuberías que se ubican dentro del cultivo a lo largo de la hilera de plantas y a una cierta distancia en el caso de doble línea. Normalmente son de 16 y 20 mm en función del caudal a distribuir y la longitud de riego. El material es polietileno, soportan hasta una presión de 2-3 m (2-3 kg/cm<sup>2</sup>). También se denominan tuberías porta emisores (Liotta, 2000).

➤ **Cabezales de campo**

Son las válvulas que se instalan en el campo para suministrar el agua a las diferentes unidades de riego. Pueden ser simples (tipo esféricas) para operación manual o hidráulica. En estas últimas la presión hidráulica acciona un diafragma que corta la presión y el flujo del caudal. Se pueden accionar manualmente, en el lugar de instalación o a distancia con mandos hidráulicos o eléctricos.

#### **5.2.4. Eficiencia de sistemas de riego**

Los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLAF) ofrecen ventajas comparativas frente a otros, especialmente en lo relacionado con la optimización y uso eficiente del agua para la producción agrícola. La utilización de tecnologías que minimicen las pérdidas de agua exige mejorar la calidad física y bioquímica del mismo tipo de agua. Originalmente los sistemas de riego por goteo se emplearon para desarrollar la agricultura en áreas de recursos hídricos escasos. Más tarde las ventajas del RLAF traducidas en aumentos de la producción, distribuciones menos perjudiciales de la salinidad en las raíces de las plantas, ahorro de agua y menor costo energético permitieron que estos sistemas de riego alcanzaran una mayor cobertura. El uso del RLAF en especies perennes está ampliamente difundido en el mundo (Loba, Ramirez , & Diaz, 2011).

La uniformidad de riego es un parámetro que caracteriza a todo sistema de riego, desde el diseño hidráulico hasta su mantenimiento en el tiempo. En la disminución de la uniformidad intervienen varios factores, en los que destacan (Liotta, 2002):

**De tipo constructivo:** Los procesos de fabricación y los materiales utilizados hacen que emisores de un mismo material, no sean exactamente iguales entre si y proporcionen caudales diferentes para una misma presión de trabajo. Además, existen en el mercado diferentes tipos y calidades de emisores cuyo funcionamiento en el tiempo es muy variable (Liotta, 2002).

**Falencias en el diseño:** Un inadecuado diseño del sistema, en particular en el filtrado, incide directamente en la obstrucción de emisores. Así mismo fallas en el diseño hidráulico tuberías y laterales pueden someter el sistema a diferentes pérdidas de carga y variación de presiones no acordes al emisor seleccionado.

**Obstrucciones:** Es uno de los principales problemas que se presentan en las instalaciones de riego. Estas obstrucciones se pueden producir por causas físicas químicas y biológicas. Entre las físicas se destacan de la naturaleza inorgánica como los sólidos en suspensión (arenas, limos y arcillas), que suelen atravesar el sistema de filtración y los precipitados que se forman debido a la composición química del agua y los abonos que se utilizan. El más común es el carbonato de calcio. Entre las biológicas se destacan las algas, microorganismos y bacterias que se forman en el interior de las tuberías y los reservorios o depósitos de almacenamiento (Liotta, 2002).

### **5.3. Evaluación de sistemas de Riego**

Estudiar las instalaciones de riego tiene como objetivo fundamental, evaluar la operación y el uso del agua en el sistema de riego, a fin de estimar la eficiencia con que el usuario aplica el agua a las plantas. A partir de la evaluación se pueden hacer recomendaciones para mejorar el sistema y así lograr un uso racional del recurso. En un sistema de riego es fundamental obtener elevados niveles de eficiencia de aplicación, lo cual depende principalmente de la calidad del diseño y del manejo del sistema (Coronado, 2010).

La uniformidad en la aplicación del agua a la planta es uno de los factores más importantes que determinan si un sistema de riego es o no eficiente, este factor depende principalmente de las características del emisor elegido, de la pérdida

de carga en la unidad de riego y del coeficiente de variación de fabricación de los emisores y goteros (ídem).

Tabla N°5: Valores recomendados de Coeficiente de Uniformidad

Emisores	Pendientes	CU Clima árido	CU Clima húmedo
Asociados a más de 4 m en cultivos permanentes	Uniforme ( $i < 2\%$ )	0.90-0.95	0.80-0.85
	Uniforme ondulada ( $i > 2\%$ ) <sup>u</sup>	0.85-0.90	0.75-0.80
Espaciados a menos de 2.5 m en cultivos permanentes o semipermanentes	Uniforme ( $i < 2\%$ )	0.85-0.90	0.75-0.80
	Uniforme ondulada ( $i > 2\%$ ) <sup>u</sup>	0.80-0.90	0.70-0.80
Mangueras o cintas de exudación en cultivos anuales	Uniforme ( $i < 2\%$ )	0.80-0.90	0.70-0.80
	Uniforme ondulada ( $i > 2\%$ ) <sup>u</sup>	0.70-0.85	0.65-0.75

Fuente: Pizarro Fernando, Riegos Localizados de alta frecuencia, España 1996.

### Coeficiente de uniformidad de caudales

La uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en su diseño tanto en el agronómico pues afecta al cálculo de las necesidades totales del agua, como en el hidráulico, pues en función de ella se definen los límites entre los que se permiten que varíen los caudales de emisores. La más popular medida de la uniformidad de riego es el coeficiente de uniformidad de Cristianasen (Pizarro, 1996).

El coeficiente de uniformidad (CU) se define según la expresión:

$$\text{Ecuación N}^\circ 1: CU = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100$$

Donde,  $q_m$  es el caudal medio de una instalación de riego y  $q_{25}$  es el caudal medio de los emisores que constituyen el 25% que erogán el más bajo caudal. Este coeficiente es de utilidad tanto para el diseño de riego como para la evaluación del sistema (Liotta, 2002).

### **Uniformidad de presiones**

Este coeficiente determina la homogeneidad en la subunidad de riego de alta frecuencia en cuanto a las presiones en los emisores. Para calcular este coeficiente es necesario medir las presiones en cada emisor siempre que sus características o forma en inserción en el lateral lo permitan, se calcula de la misma manera que el coeficiente de uniformidad de caudales es decir seleccionando un número determinado de emisores representativos de la subunidad de riego (Salas & Urrestarazu, 2008).

### **5.4. Análisis estadístico**

La teoría del muestreo permite determinar de manera efectiva la muestra que refleje con exactitud las características de la población sometida al estudio, ya que no siempre es posible tomar a todos los elementos que conforman la población. Cuando se refiere a población en diferentes contextos de la investigación se mencionan los términos población objetivo, población investigada, población diana, población blanco, población accesible o targetgroup. Estos términos no significan lo mismo, aunque algunos se utilizan como sinónimos, son distintas maneras de definir a la población de acuerdo al ámbito en el que se quiere estudiar (en ciencias sociales, ciencias biomédicas, ciencias económicas, marketing) (Ruíz Bueno, 2008).

Antes de pasar a exponer las técnicas de muestreo, es conveniente precisar una serie de términos que utilizaremos a partir de ahora. Estos términos, nos

proporcionarán un punto de partida para poder profundizar sobre este tema, independientemente de esta ficha.

- ◆ Población: conjunto de todas las personas u objetos de los que se desea conocer un determinado fenómeno o aspecto de una realidad.
- ◆ Muestra: parte de la población con la que se realiza la investigación o el estudio.
- ◆ Individuo: cada uno de los elementos que componen la muestra y de los que se obtiene la información. Estos elementos pueden ser objetos, acontecimientos o personas.
- ◆ Generalización: la posibilidad de aplicar los resultados o conclusiones de los elementos de la muestra a toda la población de donde se ha obtenido.
- ◆ Error aleatorio o de muestreo: es la diferencia que existe entre los resultados obtenidos en la muestra y los resultados que deberían haber sido obtenidos si toda la población hubiese sido estudiada.
- ◆ Intervalo de confianza: cuando se obtiene la información de una muestra, para poder conocer la de una población, hay implícita una pérdida de precisión. Por este motivo cualquier característica de una población, a partir de una muestra, lleva asociada una determinada precisión definida por el intervalo de confianza.

El hecho de trabajar con muestras no es el ideal, sino más bien un condicionante. Por lo general, no se trabaja con las poblaciones por el coste de tiempo, de dinero y por la dificultad de acceso a cada uno de los individuos. Pero el ideal, sigue siendo trabajar con la población, la muestra es un mal menor. Se debe tomar en cuenta que una población viene definida arbitrariamente por el investigador (Ruíz Bueno, 2008).

Cuando se trabaja con muestras hemos de garantizar la representatividad con la población de la cual ha sido extraída. De esta manera, la porción de población que nos informa representará con mayor precisión a dicha población. En otras palabras, la muestra siempre lleva asociados una serie de errores de los que podemos destacar los siguientes:

- ♦ El error de sesgo: cuando la técnica de muestreo no ha sido utilizada de forma adecuada y por tanto, no es posible la generalización. Una muestra no tiene sesgo cuando las características de ésta coinciden con las características de la población.
- ♦ El error aleatorio o de muestreo: estos errores son debidos al muestreo y deben calcularse siempre con las fórmulas apropiadas a cada diseño. Es un error que puede producirse aun garantizando la precisión en las técnicas de muestreo. Es aleatorio y debido al azar. Si este error se produce el muestreo puede resultar no representativo.
- ♦ Errores de 2º grado: son todos aquellos errores del proceso de extracción de muestras, como son, el recuento equivocado de los individuos, identificación errónea de los individuos, etc.

Para obtener muestras representativas de una población el investigador ha de seguir y completar los siguientes pasos:

- ♦ Definir operacionalmente la población a utilizar: Hay autores que hablan de poblaciones objeto y poblaciones origen. Se habla de población Origen cuando hay una serie de factores que me impiden conocer la población Objeto. Esto sucede muy a menudo en las ciencias sociales (Ruíz Bueno, 2008).
- ♦ Listado de la población: Es un listado completo y exacto de las unidades de muestreo (es la unidad básica mediante la cual se accede a la unidad de análisis).
- ♦ Técnica de muestreo a utilizar: Se trata de elegir entre las diferentes técnicas aquella que nos permita la máxima representatividad de la muestra con un coste mínimo, siempre que sea posible.
- ♦ Obtención de la muestra adecuada: Globalmente, podemos decir que existen tres factores que posibilitan la obtención de un tamaño adecuado de la muestra. La naturaleza o tipo de población, el tipo de diseño de la muestra y el grado de precisión que se desea obtener.

### 5.4.1. Tipos de muestreo

Tal como hemos comentado, los tipos de muestreo son un conjunto de técnicas para seleccionar los individuos de una población que formarán parte de la muestra. Estas técnicas se dividen en dos grandes grupos:

**Muestreo probabilístico:** Es el proceso de selección de una muestra en la que todos los individuos o elementos de una población, tienen la misma probabilidad de ser seleccionados. Son técnicas basadas en el principio de selección al azar. El muestreo probabilístico se divide en muestreo aleatorio simple, muestreo estratificado, muestreo sistemático, muestreo probabilístico por conglomerados.

**Muestreo no probabilístico:** Selección de una muestra en la que todos los elementos de la población no tienen la misma probabilidad de formar parte de ella. También llamado muestreo empírico, no están basados en la selección al azar. El muestreo no probabilístico se divide en muestreo accidental, muestreo no probabilístico intencional, muestreo no probabilístico de cuotas y muestreo no probabilístico bola de nieve.

#### ♦ **Muestreo no aleatorio subjetivo por decisión razonada**

En este caso las unidades de la muestra se eligen en función de algunas de sus características de manera racional y no casual. Una variante de esta técnica es el muestreo compensado o equilibrado, en el que se seleccionan las unidades de tal forma que la medida de la muestra para determinadas variables se acerque a la medida de la población (Prezi, 2013).

### 5.4.2. Variables de investigación

Según Di Rienzo et al. (2008):

“Una variable es una característica, propiedad o atributo, con respecto a las cuales los elementos de una población difieren de alguna forma. Se denota por letras mayúsculas, y con la misma letra en minúscula se hace

referencia a un valor en particular observable en un elemento de la población, y al que se suele llamar dato” (p.4).

Así, por ejemplo, si  $X$  denota el número total de productores bajo dicha característica,  $x$  denotará el número de productores meta de estudio, siendo utilizado un subíndice para hacer referencia a un valor en particular. Así,  $x_{20}$  representa el número de productor ubicado en la comunidad #20 (Di Rienzo, et al, 2008).

#### **5.4.3. Análisis estadístico del estudio**

Antes de realizar un estudio estadístico debemos de tomar en cuenta la población de estudio y la precisión requerida en el análisis, considerando un nivel de riesgo que se está dispuesto a asumir, debido a que las respuestas que obtendrá en su encuesta tendrán un pequeño margen de error ya que no se encuesta a toda la población (SurveyMonkey, 1999).

El margen de error seleccionado indica la seguridad que se tiene respecto a las respuestas a obtener. Si, por ejemplo, al 90% de los encuestados les tiene un valor “X” y el margen de error es del 5%, usted debería sumarle y restarle el 5% a dicho número. Es decir que, en realidad, el porcentaje de encuestados que tienen un valor “X” es del 85 % al 95 %. Este margen de error es el más usado, pero usted puede elegir un margen de error del 1 % al 10 % según la encuesta, pudiéndose utilizar valores superiores, aunque no es recomendable.

En contraposición al margen de error, la confiabilidad de la muestra representa, la seguridad que los datos obtenidos sean una representación de los datos de la población. Por ejemplo, si se selecciona el 5% de margen de error, significa que existe un 95% de probabilidad que el dato que se seleccione corresponda al dato de la población estudiada (ídem).

Para estimar el margen de error y el nivel de confianza que se pretende utilizar se debe tomar en cuenta la población objetivo aproximado. Para determinar la

distribución normal de la muestra se puede utilizar la tabla de Gauss. (Distribución normal de Gauss, Ver anexo N°4, Tabla N°2).

### ➤ La media

Es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. Su principal desventaja radica en su sensibilidad al cambio de uno de sus valores o a los valores extremos demasiado grandes o pequeños. La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones (Martinez, 2005)

$$\text{Ecuación N°2: Media Aritmética} = \frac{\text{Suma de todos los valores observados}}{\text{Número total de observaciones}}$$

Cuando los valores representan una población la ecuación se define como:

$$\text{Ecuación N°3: } \bar{\mu} = \frac{X_1+X_2+X_3\dots+X_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

Donde (m) representa la media, (N) representa el tamaño de la población y (Xi) representa cada uno de los valores de la población. Ya que en la mayoría de los casos se trabajan con muestras de la población todas las ecuaciones que se presenten a continuación serán representativas para las muestras (Martinez, 2005).

La media aritmética para una muestra está determinada como

$$\text{Ecuación N°4: } \bar{X} = \frac{X_1+X_2+X_3\dots+X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde (X) representa la Media para la muestra, (n) el tamaño de la muestra y (Xi) representa cada uno de los valores observados. Esta fórmula únicamente es aplicable si los datos se encuentran desagrupados; en caso contrario debemos calcularla media mediante la multiplicación de los diferentes valores por la frecuencia con que se encuentren dentro de la información; es decir,

$$\text{Ecuación 5: } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i n_i}{n}$$

Donde  $(Y_i)$  representa el punto medio de cada observación,  $(n_i)$  es la frecuencia o número de observaciones en cada clase y  $(n)$  es el tamaño de la muestra siendo igual a la suma de las frecuencias de cada clase.

Es importante resaltar que existe una gran variedad de medias como la Media geométrica, la Media ponderada, la Media cuadrática, etc. Por el momento sólo hacemos énfasis en la media aritmética ya que es la más utilizada, aunque se recomienda a los lectores profundizar en estos temas (Martinez, 2005).

### ➤ **La moda**

La moda es el valor que tiene mayor frecuencia absoluta. Se representa por  $Mo$ . Se puede hallar la moda para variables cualitativas y cuantitativas. Si en un grupo hay dos o varias puntuaciones con la misma frecuencia y esa frecuencia es la máxima, la distribución es bimodal o multimodal, es decir, tiene varias modas (ídem).

La medida modal nos indica el valor que más veces se repite dentro de los datos; es decir, si tenemos la serie ordenada (2, 2, 5 y 7), el valor que más veces se repite es el número 2 quien sería la moda de los datos. Es posible que en algunas ocasiones se presente dos valores con la mayor frecuencia, lo cual se denomina Bimodal, o en otros casos más de dos valores, lo que se conoce como multimodal (Martinez, 2005).

En conclusión las Medidas de tendencia central, nos permiten identificar los valores más representativos de los datos, de acuerdo a la manera como se tienden a concentrar. La Media nos indica el promedio de los datos; es decir, nos informa el valor que obtendría cada uno de los individuos si se distribuyeran los valores en partes iguales. La Mediana por el contrario nos informa el valor que separa los datos en dos partes iguales, cada una de las cuales cuenta con el cincuenta por ciento de los datos. Por último la Moda nos indica el valor que más se repite dentro de los datos (ídem).

## ➤ La mediana

Con esta medida podemos identificar el valor que se encuentra en el centro de los datos, es decir, nos permite conocer el valor que se encuentra exactamente en la mitad del conjunto de datos después que las observaciones se han ubicado en serie ordenada. Esta medida nos indica que la mitad de los datos se encuentran por debajo de este valor y la otra mitad por encima del mismo. Para determinar la posición de la mediana se utiliza la fórmula

$$\text{Ecuación N}^\circ 6: \textit{Posición de la mediana} = \frac{n+1}{2}$$

Para comprender este concepto vamos a suponer que tenemos la serie ordenada de valores (2, 5, 8, 10 y 13), la posición de la mediana sería:

$$\text{Ecuación N}^\circ 7: \textit{Posición de la mediana} = \frac{n+1}{2} = \frac{5+1}{2}$$

Lo que nos indica que el valor de la mediana corresponde a la tercera posición de la serie, que equivale al número (8). Si por el contrario contamos con un conjunto de datos que contiene un número par de observaciones, es necesario promediar los dos valores medios de la serie. Si en el ejemplo anterior le anexamos el valor 15, tendríamos la serie ordenada (2, 5, 8, 10, 13 y 15) y la posición de la mediana sería,

$$\text{Ecuación N}^\circ 8: \textit{Posición de la mediana} = \frac{n+1}{2} = \frac{6+1}{2}$$

Es decir, la posición tres y medio. Dado que es imposible destacar la posición tres y medio, es necesario promediar los dos valores de las posiciones tercera y cuarta para producir una mediana equivalente, que para el caso corresponden a  $(8 + 10)/2 = 9$ . Lo que nos indicaría que la mitad de los valores se encuentra por debajo del valor 9 y la otra mitad se encuentra por encima de este valor (ídem).

$$\text{Ecuación N}^\circ 9: \textit{Posición de la mediana} = \frac{n+1}{2} = \frac{6+1}{2} = 3.5$$

En conclusión la mediana nos indica el valor que separa los datos en dos fracciones iguales con el cincuenta por ciento de los datos cada una. Para las muestras que cuentan con un número impar de observaciones o datos, la

mediana dará como resultado una de las posiciones de la serie ordenada; mientras que para las muestras con un número par de observaciones se debe promediar los valores de las dos posiciones centrales (Martinez, 2005).

### ➤ **Análisis de Varianza (ANOVA)**

Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente (Minitab, 1972).

Para ejecutar un ANOVA, debe tener una variable de respuesta continua y al menos un factor categórico con dos o más niveles. Los análisis ANOVA requieren datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores. Sin embargo, los procedimientos de ANOVA funcionan bastante bien incluso cuando se viola el supuesto de normalidad, a menos que una o más de las distribuciones sean muy asimétricas o si las varianzas son bastante diferentes. Las transformaciones del conjunto de datos original pueden corregir estas violaciones (Minitab, 1972).

Por ejemplo, usted diseña un experimento para evaluar la durabilidad de cuatro productos de alfombra experimentales. Usted coloca una muestra de cada tipo de alfombra en diez hogares y mide la durabilidad después de 60 días. Debido a que está examinando un factor (tipo de alfombra), usted utiliza un ANOVA de un solo factor.

Si el valor  $p$  es menor que el nivel de significancia, entonces usted concluye que al menos una media de durabilidad es diferente. Para información más detallada sobre las diferencias entre medias específicas, utilice un método de comparaciones múltiples como el de Tukey (idem).

El nombre "análisis de varianza" se basa en el enfoque en el cual el procedimiento utiliza las varianzas para determinar si las medias son diferentes. El procedimiento funciona comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una manera de determinar si los grupos son todos parte de una población más grande o poblaciones separadas con características diferentes.

Tabla N°6: Tipos de ANOVA

Tipo de ANOVA	Modelo y propiedades del diseño
De un solo factor	Un factor fijo (niveles establecidos por el investigador) que puede tener un número desigual (no balanceado) o igual (balanceado) de observaciones por tratamiento.
Balanceado	El modelo puede contener cualquier número de factores aleatorios y fijos (los niveles se seleccionan de manera aleatoria) y factores anidados y cruzados, pero requiere un diseño balanceado.
Modelo lineal general	Expande los ANOVA balanceados al permitir diseños no balanceados y covariables (variables continuas).

Fuente: Minitab, Pensilvania, 1972

#### ♦ **Análisis de la varianza con un factor**

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ( $K > 2$ ) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés.

Ecuación N°10:  $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K = \mu$

Ecuación N°11:  $H_1 = \mu_j \neq \mu_k \quad j = 1, 2, \dots, K$

El Anova requiere el cumplimiento los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homoscedasticidad).

El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT), que bajo el supuesto de que H0 es cierta es una estimación de  $\sigma^2$  obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes:

- Variación dentro de las muestras (SCD) o Intra-grupos, cuantifica la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a sus correspondientes medias.
- Variación entre muestras (SCE) o Inter-grupos, cuantifica la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global.

Las expresiones para el cálculo de los elementos que intervienen en el Anova son las siguientes:

- Media Global

$$\text{Ecuación N}^\circ 12: \bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n}$$

- Variación Total

$$\text{Ecuación N}^\circ 13: SCT = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X})^2$$

- Variación Intra-grupos

$$\text{Ecuación N}^\circ 14: SCD = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

- ♦ Variación Inter-grupos

Ecuación N°15:  $SCE = \sum_{j=1}^K (\bar{X}_j - \bar{X})^2 n_j$

Siendo  $x_{ij}$  el i-ésimo valor de la muestra j-ésima;  $n_j$  el tamaño de dicha muestra y su media.

Cuando la hipótesis nula es cierta  $SCE/K-1$  y  $SCD/n-K$  son dos estimadores insesgados de la varianza poblacional y el cociente entre ambos se distribuye según una F de Snedecor con  $K-1$  grados de libertad en el numerador y  $N-K$  grados de libertad en el denominador. Por lo tanto, si  $H_0$  es cierta es de esperar que el cociente entre ambas estimaciones será aproximadamente igual a 1, de forma que se rechazará  $H_0$  si dicho cociente difiere significativamente de 1 (Minitab, 1972).

- ♦ **Diseños balanceado y no balanceado en los modelos ANOVA**

En ANOVA y DOE, un diseño balanceado tiene un número de observaciones que es igual para todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. Un diseño no balanceado tiene un número desigual de observaciones.

- **Diseño balanceado**

Usted tiene exactamente una observación para todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores para los factores A, B y C: (0, 0, 0); (0, 0, 1); (0, 1, 0); (0, 1, 1); (1, 0, 0); (1, 0, 1); (1, 1, 0); y (1, 1, 1).

Tabla N°7: Diseño balanceado

C1	C2	C3
A	B	C
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Fuente: Minitab, Pensilvania,1972

o **Diseño no balanceado**

En este caso, faltaría la combinación de niveles de factor (1, 0, 0) y usted tiene dos observaciones de la combinación (0, 1, 0). Cualquiera de estas condiciones, por sí solas, hace que el diseño sea no balanceado.

Tabla N°8: Diseño no balanceado

C1	C2	C3
A	B	C
0	0	0
0	1	0
0	1	0
0	0	1
0	1	1
1	1	0
1	0	1
1	1	1

Fuente: Minitab, Pensilvania,1972

Por lo general, el análisis de un diseño balanceado es sencillo, porque se pueden ver las diferencias entre las medias de los niveles de factores sin procesar para sus estimaciones de los efectos principales y de interacción. Si el diseño es no balanceado, bien sea porque así estaba previsto o debido a una

pérdida accidental de datos, las diferencias en las medias de los niveles de factores sin procesar podrían mostrar las observaciones no balanceadas en lugar de cambios en los niveles de los factores. Para los diseños no balanceados, puede usar medias ajustadas para predecir los resultados que habría producido un diseño balanceado (Minitab, 1972).

- **Determinar si los datos son balanceados**

Para usar el ANOVA balanceado, el diseño debe ser balanceado. Para un conjunto de datos pequeño, puede buscar en la hoja de trabajo y ver fácilmente si los datos son balanceados, (Minitab, 1972).

Para determinar si los datos son balanceados cuando se trata de conjuntos de datos grandes, cree una tabla de tabulación cruzada. Para crear esta tabla, elija Estadísticas > Tablas > Tabulación cruzada y Chi-cuadrada. Examine las celdas en la salida resultante. Una celda es la intersección de una fila y una columna. Si el conteo de una celda no es igual a los conteos de todas las demás celdas, usted tiene datos no balanceados (idem).

- **Modelo lineal general**

Se utilice un modelo lineal general para determinar si las medias de dos o más grupos son diferentes. Puede incluir factores aleatorios, covariables o una combinación de factores cruzados y anidados. También puede usar la regresión escalonada como ayuda para determinar el modelo. Usted puede usar el modelo para predecir los valores de nuevas observaciones, identificar la combinación de valores predictores que en conjunto optimicen uno o más valores ajustados y crear gráficas de superficie, gráficas de contorno y gráficas factoriales (Minitab, 1972).

El GLM es un procedimiento ANOVA en el cual los cálculos se realizan utilizando un enfoque de regresión de mínimos cuadrados para describir la relación estadística entre uno o más predictores y una variable de respuesta continua. Los predictores pueden ser factores y covariables. El GLM codifica los

niveles de los factores como variables indicadoras usando un esquema de codificación 1, 0, - 1, aunque usted puede cambiarlo por un esquema de codificación binario (0, 1). Los factores pueden ser cruzados o anidados, fijos o aleatorios. Las covariables pueden estar cruzadas entre sí o cruzadas con factores, o pueden estar anidadas dentro de factores. El diseño puede ser balanceado o no balanceado. El GLM puede realizar comparaciones múltiples entre las medias de los niveles de los factores para hallar diferencias significativas (idem).

## **VI. HIPOTESIS**

### **6.1. Hipótesis de investigación**

Más del 85% de los sistemas de riego para la producción agrícola del municipio de Estelí no presentan problemas operativos y físicos.

### **6.2. Hipótesis alternativa**

Al menos el 50% de los sistemas de riego para la producción agrícola del municipio de Estelí presentan problemas operativos y físicos.

### **6.3. Hipótesis nula**

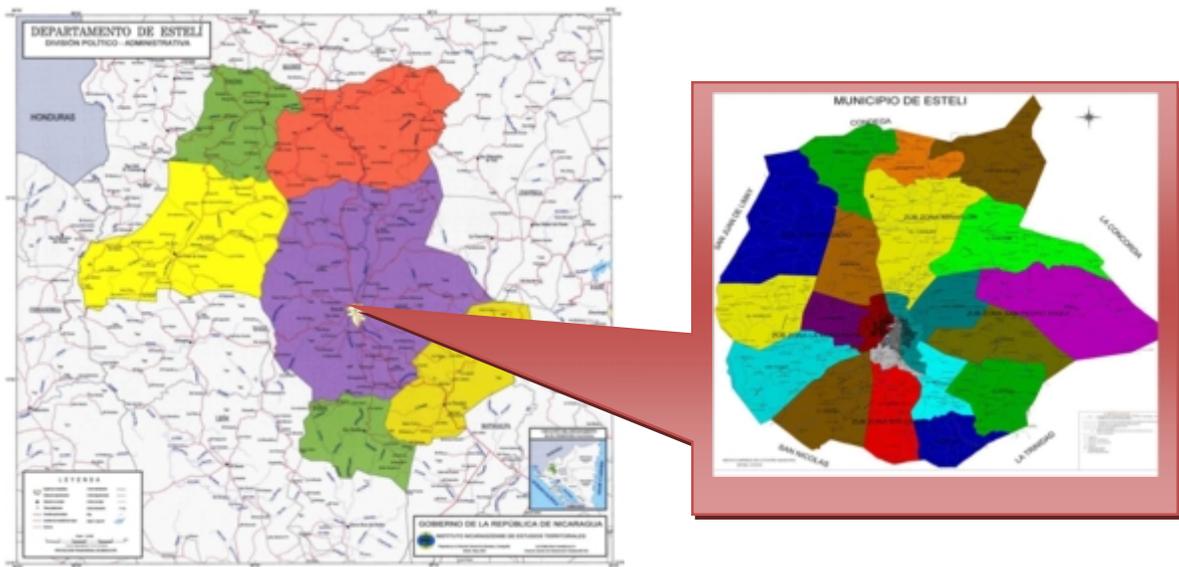
Todos los sistemas de riego para la producción agrícola en el municipio de Estelí presentan problemas operativos y físicos.

## VII. DISEÑO METODOLOGICO

### 7.1. Localización

El municipio de Estelí se encuentra ubicado entre las coordenadas 12° 58' y 13° 88' de latitud norte, 86° 10' y 86° 29' de longitud oeste, limita al norte con el municipio de Condega, al sur con los municipios de La Trinidad, San Nicolás y el Sauce, al este los municipios de San Sebastián de Yalí y La Concordia y al Oeste con los municipios de Achuapa y San Juan de Limay, tiene una extensión territorial de 795.7 km<sup>2</sup>, ubicado a 148 km de Managua, a 843.97 msnm.

Ilustración 1: Municipio de Estelí



Fuente: Propia

Los muestreos se realizaron en las comunidades de La Quinta, La Reserva Natural Mirafior, Isiquí, El Robledal, La Virgen, Santa Adelaida, San Pedro y Estelí, que se encuentran distribuidas por espacio territorial en el municipio.

Ilustración 2: Ubicación de las comunidades en estudio.



Fuente: Propia.

El ensayo se realizó en el período comprendido entre 09 de Enero - 28 de Abril del año 2016.

## 7.2. Métodos

### 7.2.1. Limitantes del estudio

En la elaboración del estudio se encontró con diferentes limitantes entre las más importantes están:

- ◆ No se encontró en los estudios realizados por Instituciones y Empresas, datos sobre los productores que utilicen sistemas de riego y se encuentren categorizadas por número de Ha, el IV CENAGRO únicamente plantea que a nivel municipal se cuenta con 583 explotaciones agropecuarias que utilizan sistemas de riego. Al tratarse de una población grande y no contarse con los recursos necesarios para lograr un muestreo estadístico se optó por un muestreo razonado. No obstante, para mantener la máxima repetitividad del estudio en el muestreo se hizo con una distribución espacial por todo el municipio y selección al azar.

Según estudios afirman que muestras no probabilísticas si pueden ser representativas debido a que la cantidad de individuos, elegidos al azar tienen probabilidades tanto positivas como negativas de cooperar en el estudio (Argibay, 2009).

- ♦ Los sistemas de riego instalados no cuentan con un plano de diseño donde se especifique la marca de cada uno de sus componentes; lo que genera que no se pueda realizar una comparación específica del gasto y presión de los sistemas.
- ♦ No se contó con el apoyo de todos los productores identificados.

### **7.2.2. Metodología para lograr el primer objetivo específico**

- ♦ Caracterizar los sistemas de riego que se utilizan en la producción agrícola del municipio de Estelí, por medio de muestreo estadístico.

En esta fase se realizó el estudio estadístico del municipio de Estelí, registrando con un GPS la ubicación de las fincas o sitios muestreados por comunidad, para trabajarlos en el software Google Earth, para generar planos de ubicación y distribución espacial de las muestras.

Para el muestreo en campo se utilizó el método de muestreo razonado, que consistió en la división previa de la población de estudio por comunidad, esta selección se realizó también en función del tamaño de las explotaciones agropecuarias (EAs) del municipio, enfocando el análisis en el segmento de EAs con superficies de cultivo mayor a 1 Ha.

Se tomó como referencia de la población un total de 583 explotaciones agropecuarias, según el IV CENAGRO (MAG-FOR, INIDE). Cabe señalar que de las 583 explotaciones existen explotaciones con superficie menor a 1 Ha, sin embargo este dato no está establecido. Por ello se utilizó una población de 18 productores que cuentan algún sistema de riego.

Para caracterizar los sistemas de riego localizados se realizó una encuesta titulada "Productores que utilizan sistemas de riego" (Ver Anexos N°1: 1. Encuesta N°1) donde se buscó aspectos generales de las explotaciones agropecuarias, tales como: el tipo de sistema de riego instalado, la procedencia del agua, las horas de riego, instalaciones asociadas al sistema, sistemas de conducción del agua entre el cultivo y el tiempo de operación del sistema instalado.

Los datos resultantes fueron procesados con el software SPSS para generar la base de datos del estudio (Ver Anexos III, Fig. N°18), que luego fueron importados al Software Microsoft Excel 2010 (Ver Anexos III, Fig. N°20), que permitió el cálculo de valores medios de los datos numéricos, tales como: horas de riego y tiempo de operación del sistema de riego. Mientras que datos como procedencia del agua, instalaciones asociadas al sistema y sistemas de conducción de agua utilizada se procesaron mediante el software SPSS 2016 y Excel 2010 para obtener los valores de mayor representatividad en el municipio de Estelí.

### **7.2.3. Metodología para lograr el segundo objetivo específico**

- ◆ Determinar el estado físico en el que se encuentran los sistemas de riego en el municipio de Estelí mediante observación en campo.

Para conocer el estado físico de los sistemas de riego se realizó 3 visitas a cada comunidad identificada, visitando primero la comunidad de San Pedro donde se localizó 1 finca con Riego por Goteo aplicado a cultivo de Tomate y otra finca con Riego por Surcos aplicado a cultivo de Tabaco, posteriormente se visitó la comunidad de La Quinta donde se logró realizar el estudio, encontrando instalado un sistema de riego por goteo siendo empleado en cultivo de tomate, en la ciudad de Estelí se contó con el apoyo de 2 tabacaleras ambas cuentan con sistema de riego por aspersión que irriga cultivo de tabaco, y una tercera finca localizada en la ciudad de Estelí donde en épocas de invierno se utiliza riego por surcos en cultivo de papa.

En la comunidad de La Virgen se encontró 3 fincas, 2 de ellas cuentan con sistema de riego por goteo que irrigan cultivos de tabaco y hortalizas y la otra finca cuenta con riego por aspersión aplicada a cultivo de tabaco, se localizaron también otras 3 fincas ubicadas en la comunidad de Isiquí al Este del municipio que cuentan con sistemas de riego por goteo instalado en cultivos de tomate, al Norte del municipio en la comunidad de Mirafior, se localizó otra finca donde se realizó el muestreo en un sistema de riego por goteo aplicado a cultivo de papa, encontrando también 2 sistemas de riego en la comunidad de Santa Adelaida, una con riego por surcos en cultivo de maíz, y otra finca que irriga cultivo de pasto con riego por goteo finalmente se visitó una octava comunidad conocida como El Robledal donde se observó un sistema de riego por goteo instalado en cultivo de papa, en estas visitas se aplicó las encuestas y entrevistas que corroboraron la observación en campo, (Ver Imágenes en Anexos N°2).

#### **7.2.4. Metodología para lograr el tercer objetivo específico**

- ♦ Evaluar el funcionamiento de los sistemas de riego a través de pruebas de uniformidad de caudales y presiones.

Para realizar este trabajo se efectuó la instalación de un manómetro de glicerina de 0-160 PSI, a la salida de la tubería de la bomba para medir la presión de la bomba; se colocó un segundo manómetro de glicerina de 0-90 PSI en los laterales del sistema ubicados a 1/3 del sistema 2/3 y finalmente en el último emisor para medir las presiones del sistema para poder calcular la presión promedio y el 25% de la presión más baja. Una vez obtenidos estos datos se procedió a calcular los valores promedios haciendo uso del Método Estadístico de la Media Aritmética utilizando la Ecuación N°4 (Marco Teórico, 5.4.3 Análisis Estadístico de Estudio, La Media pág. 27) introduciéndola en la base de datos creada en Microsoft Excel 2010, para realizar el cálculo del coeficiente de uniformidad de presiones.

Para las pruebas de caudales se realizaron los aforos para medir el tiempo que tarda la bomba en llenar un recipiente de volumen conocido en 3 repeticiones,

para determinar el caudal de salida de la bomba; se empleó también el método volumétrico para conocer los caudales de los emisores (primer emisor, 1/3, 2/3 y último emisor), colocando una probeta graduada de 100 ml en un término de 1 hora para medir la cantidad de agua que colectó el recipiente en este tiempo. Posteriormente se procedió a calcular los caudales primero obteniendo los caudales a través de la fórmula hidráulica  $Q = \frac{V}{t}$  expresados en m<sup>3</sup>/h y l/h, finalmente se calculó mediante el Software Microsoft Excel 2010 los caudales medios así como 25% de los caudales más bajo. (Ver imagen en Anexos II, imagen N°6, imagen N°7 e imagen N°8).

Una vez obtenidos los caudales de los 13 sistemas muestreados se procedió al cálculo del coeficiente de uniformidad en caudales y presiones mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Ecu. N°1: } CU = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100$$

Insertando los valores obtenidos el Q 25% sobre el Q medio, con el objetivo de conocer la uniformidad en distribución del agua aplicada en el suelo. Si la uniformidad es baja existirá mayor riesgo de déficit de agua en algunas zonas y de filtración profunda en otras.

#### **7.2.5. Metodología para lograr el cuarto objetivo específico**

- ♦ Identificar las áreas que tienen más dificultades de acceso a la tecnología de irrigación en el municipio de Estelí a través de un muestreo estadístico

Este resultado fue obtenido basándose en las encuestas realizadas a los productores del municipio de Estelí que no usan sistemas de riego. (Ver Anexo I, 2. Encuesta N°2)

Para ello se hizo uso de las herramientas de trabajo como la Encuesta "Productores que no utilizan sistemas de riego", Entrevista "Productores que no utilizan Sistemas de Riego" y Entrevista a "Instituciones encargadas de dar asistencia técnica a los productores del municipio de Estelí"; donde se

conocieron las causas que provocan que lo productores utilicen métodos tradicionales, además de ello se corroboró con las instituciones las comunidades con áreas que no han sido alcanzadas todavía para dar asesoramiento y brindar apoyo de parte de las mismas para mejorar la producción de la zona. Para procesar esta encuesta se usó el Software SPSS que permite el ordenamiento de datos y posteriormente fueron importados al Software Microsoft Excel 2007, que permitió realizar el análisis y la presentación grafica de los datos.

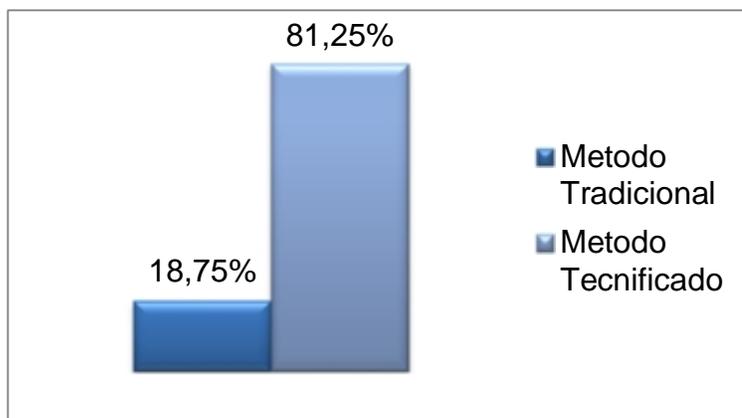
## VIII. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 8.1. Análisis estadístico (Muestreo razonado)

Para realizar este muestreo se tomó el criterio "Productores con explotaciones mayor a 1 Ha", dato que no se encuentra establecido en los Censos nacionales que realiza el MAGFOR, es por ello que se utilizó el muestreo razonado que se basa en la elección de la muestra en función de algunas de sus características, en este caso tomamos el criterio antes mencionado (Productores con explotaciones mayor a 1 Ha), el cual permitió localizar 18 explotaciones agropecuarias, todas cumplían con la condición de estudio y solamente 16 permitieron realizar las pruebas de hidráulicas, por ello el tamaño de la muestra es de 16 productores.

### 8.2. Características físicas encontradas en los sistemas de riego muestreados.

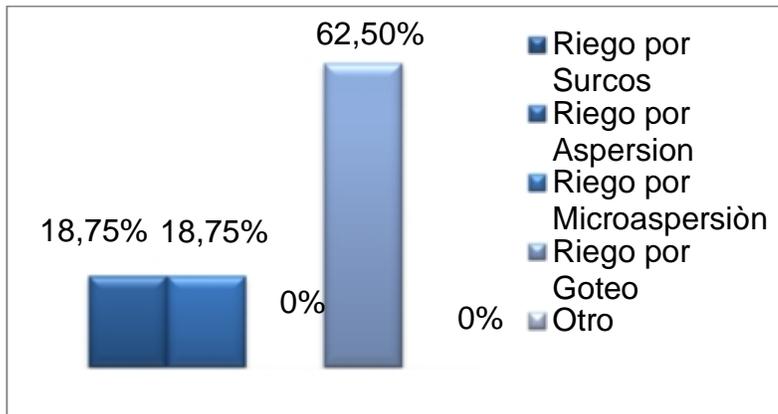
Gráfico N°1: Método de Riego utilizado



Fuente: Propia

El gráfico N°1 presenta los resultados obtenidos mediante esta encuesta; se observó que los productores están haciendo buen uso de la tecnología, ya que un 81.25% de los productores encuestados utilizan métodos tecnificados que corresponde al uso de sistemas de riego y otro tipo de tecnología que se refiere al laboreo, y un 18.75% usa métodos tradicionales a los que incorpora algún tipo de sistema de riego artesanal.

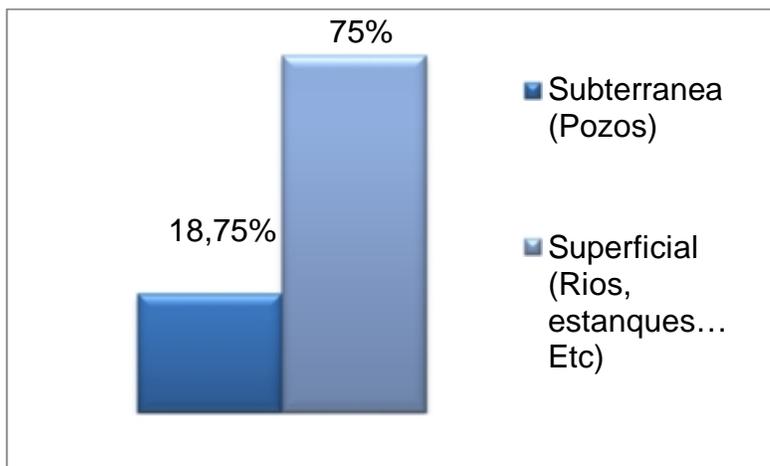
Gráfico N° 2: Tipo de sistemas de riego utilizados



Fuente: Propia

En el gráfico N°2 se presentan los tipos de sistemas de riego que se están aplicando en la producción del municipio, en los que sobresale el sistema de riego por goteo con un 62.50% utilizado en cultivos de hortalizas, papa y pastos, y riego por aspersión con un uso del 18.75% siendo utilizado para cultivo de tabaco y un 18.75% utiliza riego por surcos aplicando a cultivo de tabaco y cultivo de maíz, sin embargo estas pruebas de campo no fueron tomadas ya que este estudio se realizó en época de verano y no se estaba utilizando, pero se conoce que se utilizan en los meses entre agosto-diciembre.

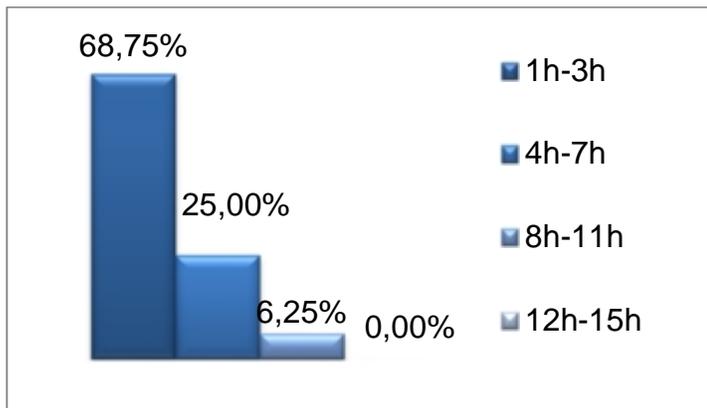
Gráfico N°3: Procedencia del agua de riego



Fuente: Propia

La procedencia del agua utilizada para abastecer los sistemas de riego se están obteniendo de forma superficial en los que destacan ríos, lagunas y estanques que se encuentran en lugares aledaños a las áreas de regadíos con un porcentaje de uso de 75% de los productores encuestados, y el otro 25% de los productores tienen pozos artesianos como se presentan en el gráfico N°3.

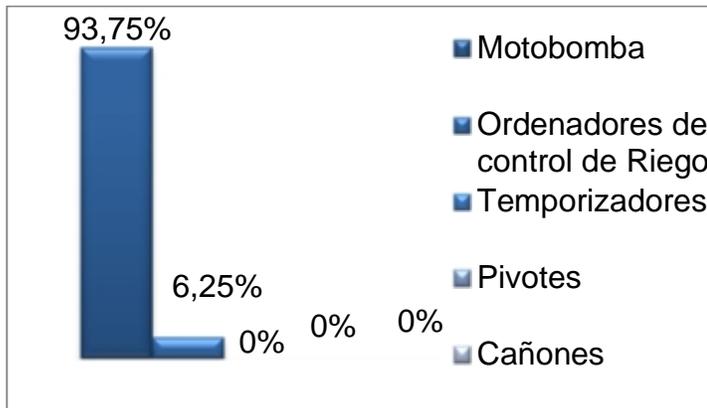
Gráfico N°4: Tiempo de riego (Hr)



Fuente: Propia

Para el gráfico N°4 se presentan las horas en las que se aplica riego de los cuales un 68.75% de los productores riegan entre 3 y 8 horas al día, el 25% riega entre 8 y 11 horas y un 6.25% de los productores riegan de 12 a 15 horas, cabe señalar que las horas de riego promedio utilizadas entre los productores encuestados es de 6 horas, con 4 horas de mayor frecuencia de riego, estos resultados se obtuvieron también de las entrevistas que se aplicó a los productores.

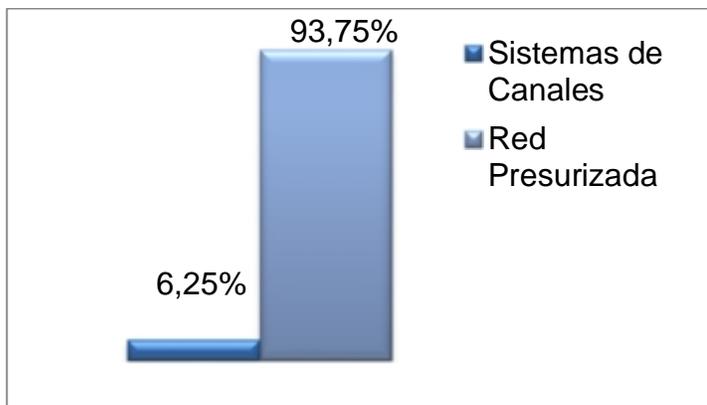
Gráfico N°5: Maquinaria Asociada al regadío



Fuente: Propia

Se identificó también que los productores tienen en el sistema de riego maquinaria asociada como se presenta en el gráfico N°5, entre las que sobresalen motobombas con un 93.75% de uso y un 6.25% usa ordenadores de control de riego para programar las horas de riego por día, sin embargo se identificó una explotación agrícola ubicada en la comunidad de piedra larga que posee un pivote bajo la asistencia de la empresa DISAGRO pero no fue permitido aplicar el estudio en esta zona.

Gráfico N°6: Distribución del agua en el sistema de riego

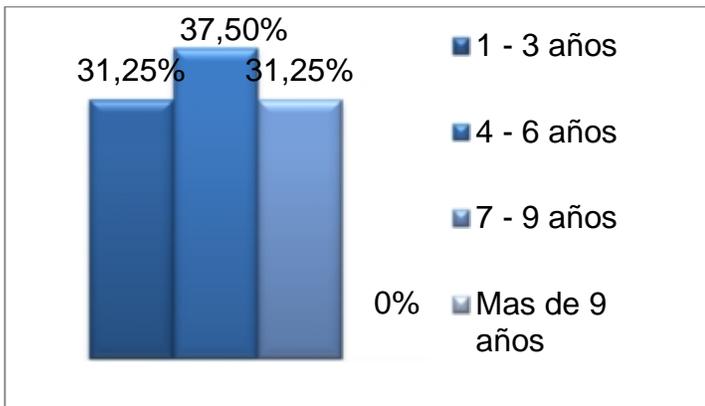


Fuente: Propia

En el gráfico N°6 se presenta la forma de distribución del agua entre los cultivos, el 93.75% de los productores utilizan red presurizada mientras que un 6.25% distribuye el agua por canales y acequias, sin embargo se observó en campo

también que todos los productores utilizan algunos canales por donde se instala la red de distribución, los productores que afirmaron no usar red se refieren al uso de canales más pronunciados por donde se conduce la tubería principal de sistemas de riego por aspersión que están instalados para cultivos de tabaco.

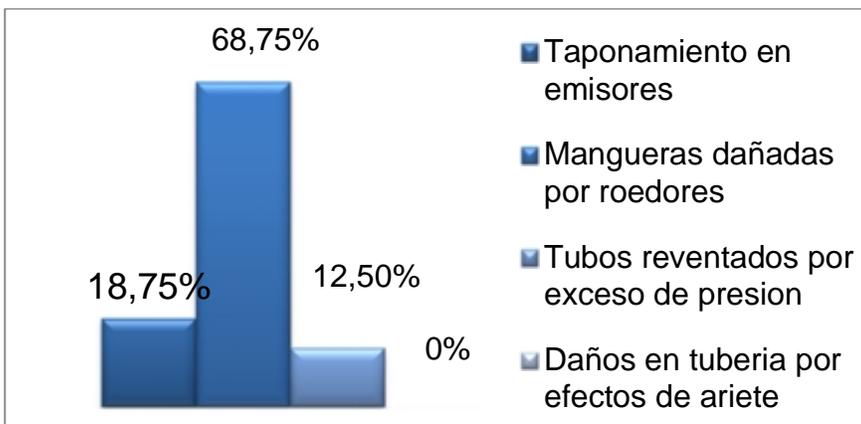
Gráfico N°7: Años de vida útil del sistema



Fuente: Propia

En este gráfico se presentan los años de vida útil de los sistemas de riego donde se corroboró que los sistemas están dentro de su rango de vida entre 1-3 años que corresponden al 31.25% de la población, de 3-5 años corresponden al 37.5% y de 5-8 años un 31.25% del total de productores, obteniendo un promedio y una frecuencia de 4 años de vida útil.

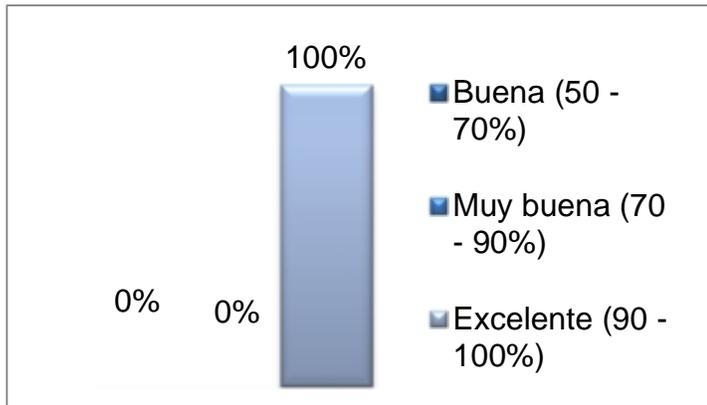
Gráfico N° 8: Averías que ha presentado el sistema de riego



Fuente: Propia

Para el gráfico N°8 se muestran algunas de las averías que han presentado los sistemas, como mangueras dañadas por roedores o raíces de los árboles en un 68.75%, taponamiento de emisores un 18.75% que se debe a partículas de arena que presenta el agua de riego debido a que se obtiene de forma superficial y un 12.50% de los productores ha presentado tubos reventados por exceso de presión, todos los productores que han tenido este tipo de inconvenientes afirmaron que ya fueron resueltos y en los últimos meses de uso no han presentado ningún daño mecánico ni físico. De acuerdo a la evidencia encontrada en campo se comprueba el dato expresado por los productores (Ver anexos, II Anexos: Imágenes).

Gráfico N°9: Eficiencia del Sistema de Riego

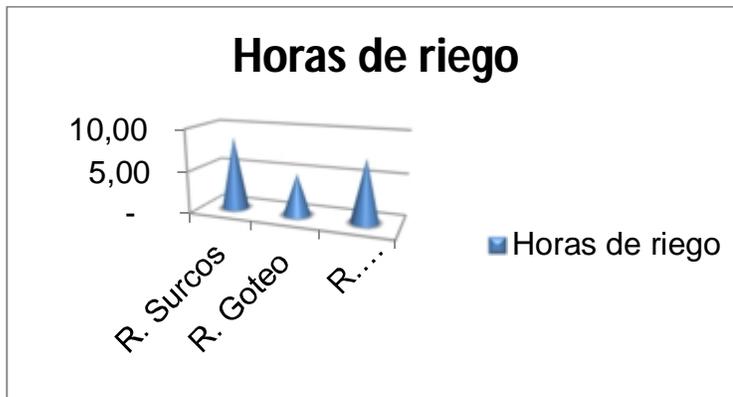


Fuente: Propia

En el gráfico N°10 se presenta la eficiencia con la que operan los sistemas de riego según el criterio de los productores encuestados, donde afirman que sus sistemas trabajan con una eficiencia del 100%. Cabe señalar que este dato será comparado con pruebas de uniformidad para evaluar la eficiencia de distribución.

### 8.3. Co-relación entre datos obtenidos y tipos de sistemas de riego.

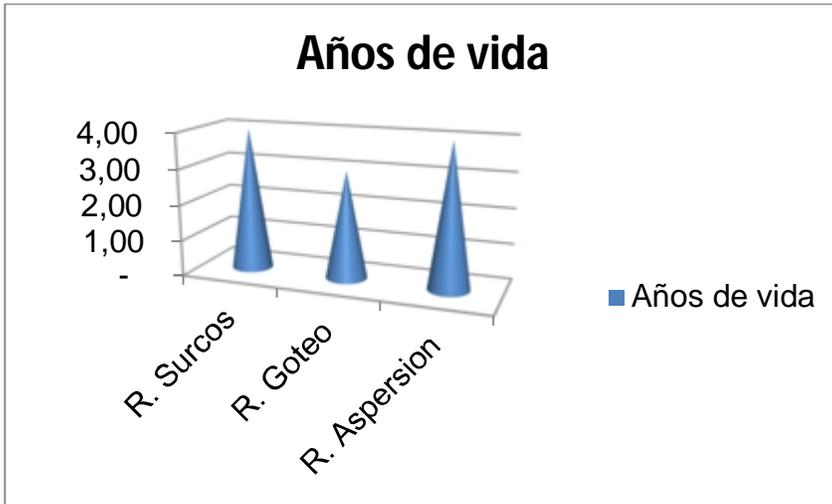
Grafico N°10: Tipo de sistema de Riego Vs Horas de Riego



Fuente: Propia

En el gráfico N°10 se presenta la relación de las horas de riego que se utilizan de acuerdo al tipo de sistema de Riego, donde se observa que el Riego por surcos tiene como promedio 8 horas de riego, el Sistema de Riego por Aspersión con un promedio de 6 horas de riego y el Sistema de Riego por Goteo con un promedio de 4 horas de riego, esto indica que el riego por goteo aplica solamente el agua necesaria para las necesidades de diseño del cultivo, en cambio los riegos por surcos y aspersión mantienen húmedas las plantas y el suelo lo que muchas veces provoca estrés hídrico. En el riego por aspersión y riego por goteo se realiza en turnos de riego los cuales según los productores son considerados de acuerdo al cambio climático.

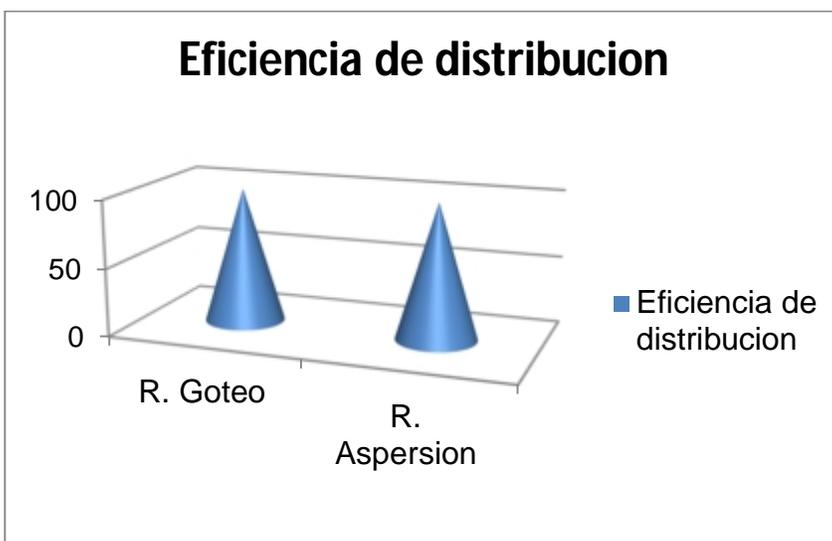
Grafico N°11: Tipo de Sistema de Riego Vs Años de vida



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°11 se observan los años de vida según el tipo de riego, donde el Riego por goteo tiene un promedio de 3 años de vida útil lo que significa que está dentro de su rango de trabajo, seguido por el riego por aspersión con un promedio de 4 años de instalación y el riego por surcos que se renueva año con año pero en las zonas donde se utilizan afirman que hace aproximadamente 4 años que se utiliza esta tipo de sistema.

Grafico N°12: Tipo de Sistema de Riego Vs Eficiencia de distribución

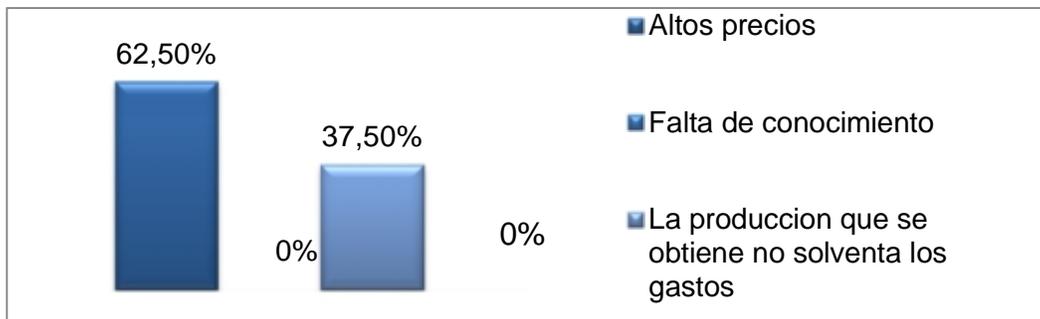


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°12 se presentan los tipos sistemas de riego en relación a la eficiencia de distribución según el criterio de los productores encuestados, donde todos respondieron que los sistemas de riego que utilizan funcionan con una eficiencia del 100%, cabe mencionar que no se realizó las pruebas para riego por surcos porque no se había establecido el sistema. Este dato fue comprobado en campo realizando pruebas hidráulicas a los sistemas de riego por aspersión y riego por goteo.

#### 8.4. Principales causas que provocan que los productores no tecnifiquen su producción

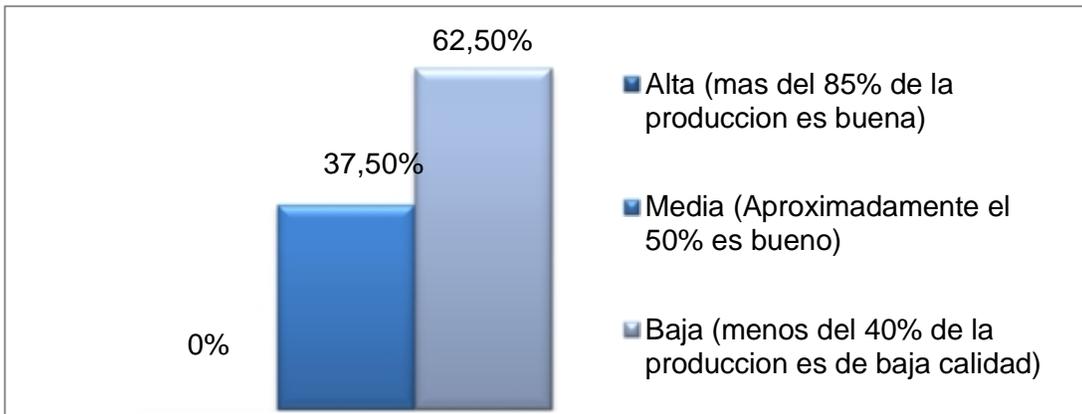
Gráfico N°13: Principales causas por las que los productores deciden no tecnificar



Fuente: Propia

Por medio de una encuesta que se realizó con el objeto de identificar las principales razones por las que los productores del municipio de Estelí deciden utilizar métodos tradicionales; una de las causas encontradas y que se presenta en el gráfico N°13 son los altos precios en el mercado de los componentes de un sistema para un total de 62.50% de los productores, mientras que el 37.50% de los productores restantes manifiestan que no cuentan con los volúmenes de producción necesaria para solventar estos gastos.

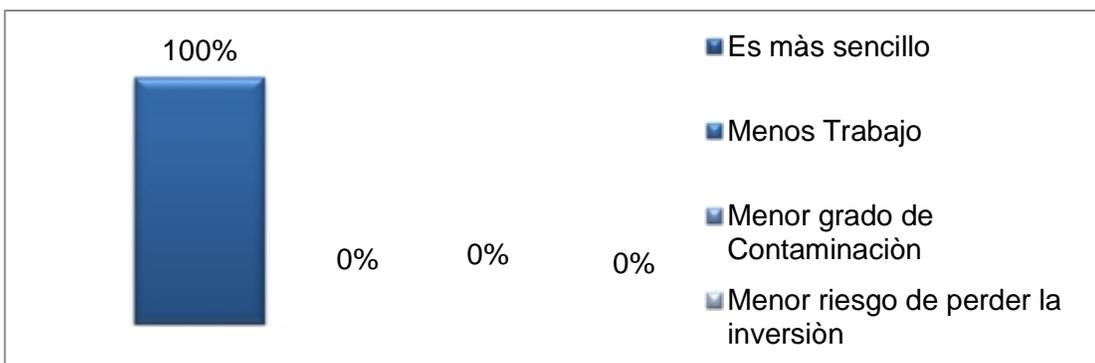
Gràfico N°14: Porcentaje de daños en producción que obtiene utilizando laboreo tradicional



Fuente: Propia

Se identificó también según el gráfico N°14 que el 62.5% de la población obtiene bajos daños usando laboreo tradicional (menos del 40% de la producción obtenida es de baja calidad) y un 37.5% obtiene un 50% de la producción de calidad media, lo que significa que a pesar de usar métodos tradicionales los productores también hacen buen uso de estos ellos pues no se generan grandes pérdidas de producción.

Gràfico N°15: Beneficios que obtiene al usar métodos tradicionales de producción

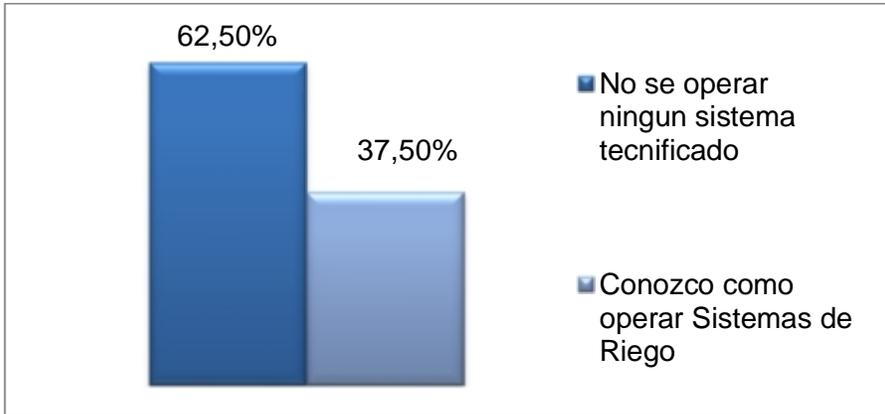


Fuente: Propia

En este gráfico se enuncian los beneficios que los productores obtienen de hacer uso de métodos tradicionales, a lo que el 100% de los productores

encuestados respondieron que es mucho más sencillo usar riego por surcos o regar con mangueras que usar un sistema de riego que no conocen y además de ello ya están al tanto de las ganancias que van a obtener al usar los mismos métodos año con año.

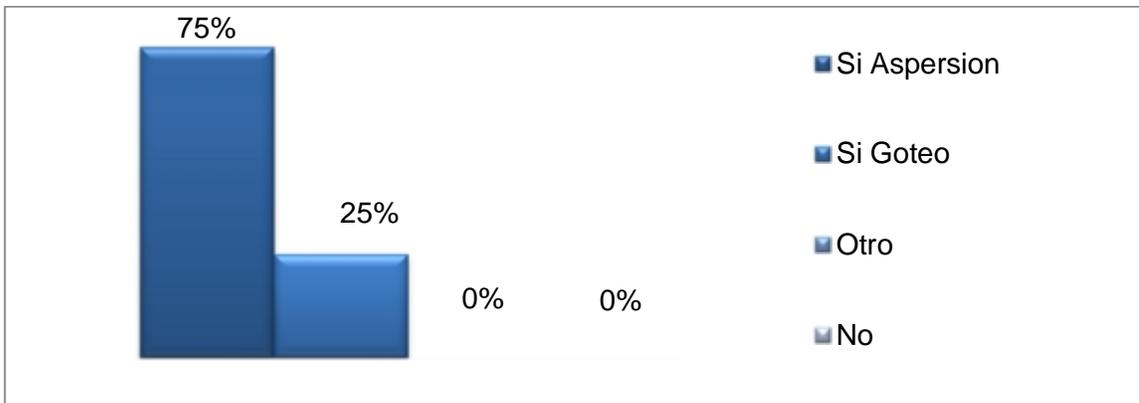
Gráfico N°16: En cuanto a operación, que tipo de información conoce sobre los sistemas de riego



Fuente: Propia

El gráfico N°:16 presenta los resultados sobre la operación de sistemas de riego donde se obtuvo que el 62.5% de los productores no tienen noción sobre como operar un sistema mientras que el 37.5% de ellos ha visto como operar sistema de riego por goteo y aspersión.

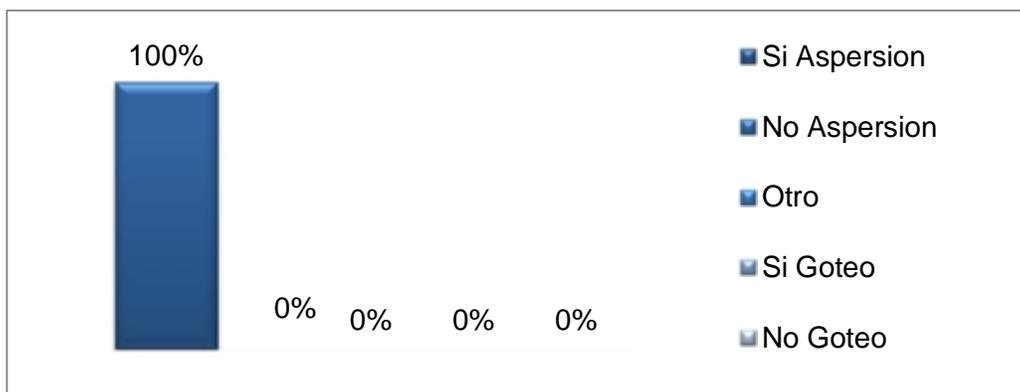
Gráfico N°17: En cuanto a instalación, conoce como se instalan los sistemas de riego



Fuente: Propia

En este gráfico se muestran los resultados de los conocimientos de los productores en cuanto a dar mantenimiento a los sistemas de riego de donde se obtuvo que un 75% de los productores conocen como dar mantenimiento a sistemas de riego por aspersión y un 25% a riego por goteo

Gráfico N°18: En cuanto a mantenimiento, conoce como dar mantenimiento a sistemas de riego



Fuente: Propia

El 100% de los productores están al tanto de la instalación de un sistema de riego por aspersión a como se muestra en el gráfico N°18, donde afirman que se debe al rubro de tabaco que prevalece en el municipio; donde se han visto involucrados en el laboreo de este cultivo al estar trabajando en diferentes tabacaleras del municipio.

### **8.5. Resultados de la Entrevista #1: Productores que utilizan sistemas de riego tecnificados en sus cosechas**

En los resultados de las entrevistas (Ver Anexos N°1, 3. Entrevista N°1) que se realizó a los productores que utilizan sistemas de riego se encontró que en promedio los productores han cultivado en los últimos 3 años un total de 10 Ha, donde han empleado 3 tipos de Sistemas de Riego entre los que mencionaron están Riego por surcos, aspersión y goteo que han aplicado a diferentes tipos de cultivos como Hortalizas, tabaco y una vez cosechado el tabaco siembran maíz donde hacen uso del riego instalado.

Los productores del municipio manejan el tipo de suelo donde cultivan debido a estudios que se han realizado en años anteriores por empresas y universidades que les han recomendado el tipo de sistema de Riego que deben emplear de acuerdo a las características del suelo, se ha hecho énfasis en el uso de riego por goteo porque ahorran grandes cantidades de agua, ya que en los últimos días las lluvias han sido escasas. El mayor beneficio que destacan del uso de sistemas de riego es que no dependen de las lluvias para obtener sus cosechas y no se generan pérdidas económicas de la inversión.

Entre las desventajas del uso de tecnología se mencionó que el motivo que impide usar un sistema de riego es esperar la cosecha para poder realizar la inversión cuando el costo de un sistema de riego es alto y no cuentan con apoyo por parte de alguna cooperativa, sin embargo diferentes instituciones como INTA, CRS y DISAGRO, entre otros, han apoyado al municipio con diferentes capacitaciones y proyectos donde los productores se han visto beneficiados ya sea con financiamiento por parte de las empresas como DISAGRO que brinda este tipo de sustento a los productores (crédito en la cancelación del sistema que se instaló), y a su vez conocen como maniobrar los sistemas de riego. Se mencionó también que todavía hacen uso de algunos métodos y herramientas tradicionales como el arado con bueyes, uso de machetes y azadones para limpiar la zona de riego.

## **8.6. Resultados de la Entrevista #2: Productores que no utilizan sistemas de riego en sus cosechas.**

Con esta entrevista (Ver Anexos N°1, 4. Entrevista N°2) se conoció algunas de las razones por las que los productores no cuentan con algún tipo de sistema de riego, entre las que se mencionan, que los cultivos que usan no necesitan tanto cuidado respecto al agua, por lo general siembran granos básicos solo para el consumo, por cuanto la calidad no es fundamental, cubren las necesidades hídricas de los cultivos con lo que llueve y muchas veces en esas épocas no se siembra hasta que llega el invierno.

Aseguran que tiene sus beneficios no usar riego tecnificado como menos pérdidas y mayor facilidad para realizar las labores en la tierra, los resultados que obtienen a partir del uso de métodos tradicionales en su mayoría son adecuados porque se limitan a cosechar en dependencia de las precipitaciones anuales.

De forma que la disposición de no emplear riegos tecnificados obedece a un orden económico, dado que todos los productores han recibido capacitación sobre el manejo de sistemas de riego. Sin embargo, pese a su conocimiento que tecnificar les traería mayores beneficios para sus productos (cosechas), manifiestan que el riego para la inversión es muy alto, y consideran el costo del equipo y el mantenimiento como una desventaja que les traería el uso de tecnología, y la decisión de realizar la inversión depende del apoyo, ya que el financiamiento para esta inversión es escaso.

### **8.7. Resultados de la Entrevista #3: Instituciones encargadas de dar asistencia técnica a los productores del municipio de Estelí**

De acuerdo a la entrevista realizada (Ver Anexo N°1, 5. Entrevista N°3), se encontró que las Empresas como Tecnorriegos, CRS, DISAGRO y Agrológico así como Instituciones del estado que apoyan al municipio con programas de seguimiento dirigido al sector agropecuario como el INTA y MAG-FOR, tienen sus oficinas ubicadas en la ciudad de Estelí, las comunidades que cubren estas instituciones son la Reserva de Mirafior, La Virgen, Isiqui, La Quinta, San Pedro y Estelí, donde suman unas 150 Ha cultivadas y tecnificadas, el apoyo a estas comunidades se inició en el año 2010 -2012, donde por 3 años consecutivos se manejó la comunidad de Isiqui como el mayor productor de Hortalizas y Estelí con sus cosechas en cultivo de Tabaco, hoy en día las producciones varían de acuerdo a rubro por comunidad.

Se conoció también que siempre han contado con la actitud positiva de los productores de estas zonas, donde se implementó el uso de sistemas de riego y ahora cuentan con un amplio desarrollo en el área de cosechas bajo riego, los inconvenientes que los productores presentan para usar sistemas de riego se inclina hacia el factor económico debido al costo de un sistema de riego.

La asistencia técnica que brindan los proveedores de equipos de riego se realizan únicamente cuando el productor adquiere un sistema de riego, estas empresas realizan el diseño que se va a ejecutar y una vez en campo realizan pruebas con los productores para mostrarles el funcionamiento del sistema, como operar y dar mantenimiento, luego el productor queda operando por cuenta propia los sistemas.

Por lo cual, una visión más completa de campo como la que actualmente se encuentra desarrollando CRS a través del Programa PROGRESA (Programa Gestión Empresarial Sanidad y Ambiente) que dio inicio en el año 2013 atendiendo unos 4700 productores de los departamentos de Estelí, Nueva Segovia, Jinotega y Madriz, el objetivo del proyecto es brindar asistencia técnica

a pequeños y medianos productores nicaragüenses para cumplir con los requisitos del mercado de bienes agrícolas de exportación, el cual demanda volúmenes consistentes y abundantes, calidad estandarizada, y el cumplimiento de normas de calidad.

De igual manera el INTA y MAG-FOR han desarrollado programas y proyectos en conjunto con la FAO y FUNICA, donde su objetivo es brindar apoyo a los productores para el buen manejo de los suelos y evitar la pérdida de los recursos que todavía conservamos.

### 8.8. Resultados obtenidos de las pruebas Hidráulicas

Tabla N°9: Pruebas de Uniformidad para Riego por Goteo

Ubicación de la Finca	Caudal Qm(l/h)	Caudal Q25%(l/h)	Cu Caudales	Presión Pm (mca)	Presión P25%(mca)	CU Presiones
Miraflor	8,73	7,38	84,54	11,16	10,25	91,85
Isiqui	10,99	10,13	92,17	21,84	20,88	95,60
Isiqui	10,81	9,75	90,19	21,66	20,88	96,40
La Virgen	8,31	7,5	90,25	17,56	17	96,81
Santa Adelaida	8,34	7,45	89,33	18	17	94,44
La Quinta	7,99	7,2	90,11	14,59	13,88	95,13
El Robledal	10,03	8,63	86,04	27,21	26,38	96,95
La Virgen	10,89	9,98	91,64	27,94	26,25	93,95
San Pedro	12,06	11,2	92,87	28,09	26,25	93,45
Isiqui	8,21	7,43	90,50	11,97	10,63	88,81

Fuente: Propia

De acuerdo a los datos reflejados en la tabla N°10 se tiene que los valores de coeficiente de uniformidad en presiones y caudales cumplen con los valores recomendados de coeficiente de uniformidad para climas áridos que establece Pizarro; para pendientes menores al 2% en cultivos anuales los coeficientes

varían entre 0.70 y 0.90 obteniendo valores dentro de los rangos estimados, teniendo como coeficiente de uniformidad de caudal más bajo 84.54 en la finca ubicada en la comunidad de Miraflores y 92.87 la uniformidad de caudales para la finca ubicada en la comunidad de San Pedro. Se obtuvieron también los coeficientes de uniformidad de presiones que varía entre 88.81 y 96.81 para presiones. De manera general, los emisores se encuentran trabajando dentro de los parámetros de gasto y presión recomendados por el fabricante que garantizan el buen manejo de los sistemas.

Tabla N°10: Pruebas de Uniformidad para Riego por Aspersión

Ubicación de la finca	Caudal Qm(l/h)	Caudal Q25%(l/h)	CU	Presión Pm (mca)	Presión P25%(mca)	CU
La Virgen	8,27	7,53	91,05	27,06	25,75	95,16
Estelí	13,3	11,5	86,47	35,16	31	88,17
Estelí	8,71	7,38	84,73	27,84	20	71,84

Fuente: Propia

En la tabla N°11 se presentan los valores de coeficiente de uniformidad obtenidos en las pruebas de riego aplicados a sistemas de riego por aspersión; obteniendo valores de presión de 95.16 en la finca ubicada en la comunidad de La Virgen que corrobora la uniformidad en caudal con un coeficiente de 95.16 y 71.84 en la Tabacalera Tambor de Estelí el coeficiente más bajo de presión, esto se debe a la edad de uso del sistema y obstrucciones en las cintas de riego (taponamiento), que no permite el paso del agua que debería entregar el sistema en todos los emisores, así mismo se observó que es el sistema que presenta un déficit de uniformidad de caudal con un coeficiente de 84.73, encontrándose también otro sistema ubicado en la comunidad de Estelí con rangos normales de uniformidad en presión de 88.17 y 86.47 de uniformidad en caudales, este estudio permite observar que los sistemas de riego por aspersión trabajan dentro de sus rangos de gastos y presión.

## 8.9. Comprobación de Hipótesis

Los datos obtenidos en este experimento fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significación de 0.05, es decir que presenta un nivel de confianza del 95%, este contraste se utilizó para aceptar o rechazar las hipótesis del estudio.

Para realizar la comprobación de hipótesis se deben de calcular algunos otros parámetros como la media, la mediana y la moda para utilizar la tabla F de Fisher y encontrar el F teórico.

### 8.9.1. Cálculo de la media aritmética

Para ello se tomaron todos los valores de caudal medio y los caudales al 25% más bajo y se utilizó la Ecuación N°5 (V. Marco teórico, 5.4 Análisis Estadístico, 5.4.3 Análisis Estadístico del Estudio, La Media, pág. 28).

- ◆ Cálculo de la media aritmética para el caudal medio

$$\bar{\mu} = \frac{8.73 + 10.99 + 10.81 + 8.31 + 8.34 + 7.99 + 10.03 + 10.89 + 12.06 + 8.21 + 8.27 + 13.3 + 8.71}{13}$$
$$\overline{\mu_{qm}} = 9.74$$

Obteniéndose un valor promedio para caudales medios de 9.74

- ◆ Calculo de la media aritmética para los caudales 25% más bajos

$$\bar{\mu} = \frac{7.38 + 10.13 + 9.75 + 7.5 + 7.45 + 7.2 + 8.63 + 9.98 + 11.2 + 7.43 + 7.53 + 11.5 + 7.38}{13}$$
$$\overline{\mu_{q25\%}} = 8.70$$

Se utilizó el valor medio para los caudales más bajos de 8.70

- ◆ Calculo de la media aritmética para las presiones medias

$$\bar{\mu} = \frac{11.16 + 21.84 + 21.66 + 17.56 + 18 + 14.59 + 27.21 + 27.94 + 28.09 + 11.97 + 27.06 + 35.16 + 27.84}{13}$$
$$\overline{\mu_{pm}} = 22.31$$

Donde se obtuvo el valor promedio para las presiones medias de 22.31.

- ♦ Cálculo de la media aritmética para las presiones al 25% más bajas

$$\bar{\mu} = \frac{10.25 + 20.88 + 20.88 + 17 + 17 + 14.59 + 13.88 + 26.38 + 26.25 + 10.63 + 25.75 + 31 + 20}{13}$$

$$\overline{\mu_{p25\%}} = 20.47$$

Se utilizó para la comprobación de hipótesis el valor promedio calculado de 20.47 para las presiones 25% más bajas.

### 8.9.2. Cálculo de la moda

Para calcular la moda se toma el valor que más se repite en la serie de números para cada grupo a como se expresa en el capítulo V. Marco teórico, 5.4 Análisis estadístico, 5.4.3 Análisis Estadístico del Estudio, La Moda, pág. 29).

- ♦ Cálculo de la moda para el caudal medio

Tabla N°11: Valores de caudales medios obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

8,73	10,99	10,81	8,31	8,34	7,99	10,03	10,89	12,06	8,21	8,27	13,3	8,71
------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Fuente: Propia

Dando como resultado un valor de 8, este valor indica que es el de mayor frecuencia para la serie de caudales medios.

- ♦ Cálculo de la moda para los caudales 25% más bajos

Tabla N°12: Valores de caudales 25% más bajos obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

7,38	10,13	9,75	7,5	7,45	7,2	8,63	9,98	11,2	7,43	7,53	11,5	7,38
------	-------	------	-----	------	-----	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: Propia

Obteniendo un resultado de mayor frecuencia para caudales 25% más bajos de 7.38.

- ♦ Cálculo de la moda para los valores de presión media

Tabla N°13: Valores de presiones medios obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

11,2	21,84	21,7	18	18	14,6	27,2	27,9	28,1	12	27,1	35,16	27,8
------	-------	------	----	----	------	------	------	------	----	------	-------	------

Fuente: Propia

Se obtuvo el valor de mayor frecuencia de uso para presiones medias de 2.7

Cálculo de la moda para los valores de presiones 25% más bajas

Tabla N°14: Valores de presiones 25% más bajas obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

10,3	20,88	20,9	17	17	13,9	26,4	26,3	26,3	10,6	25,8	31	20
------	-------	------	----	----	------	------	------	------	------	------	----	----

Fuente: Propia

Donde se encontró el valor de mayor frecuencia de 20.8 para las presiones 25% más bajas.

### 8.9.3. Cálculo de la mediana

Para el cálculo de la Mediana se toma el valor que se encuentra ubicado en el centro de la serie de números para cada grupo a como se explica en el capítulo V. Marco teórico, 5.4 Análisis estadístico, 5.4.3 Análisis Estadístico del Estudio, La Moda, pág. 29).

- ♦ Cálculo de la mediana para el caudal medio

Tabla N°11: Valores de caudales medios obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

8,73	10,99	10,81	8,31	8,34	7,99	10,03	10,89	12,06	8,21	8,27	13,3	8,71
------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	------	------	------	------

Fuente: Propia

Se obtuvo el valor de 8.73, este valor indica la posición central del conjunto de datos ordenados.

- ♦ Cálculo de la mediana para los caudales 25% más bajos

Tabla N°12: Valores de caudales 25% más bajos obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

7,38	10,13	9,75	7,5	7,45	7,2	8,63	9,98	11,2	7,43	7,53	11,5	7,38
------	-------	------	-----	------	-----	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: Propia

Dentro de esta serie de números se observó que el valor de posición central es 7.53.

- ♦ Cálculo de la mediana para las presiones medias

Tabla N°3: Valores de presiones 25% más bajos obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

10,3	20,88	20,9	17	17	13,9	26,4	26,3	26,3	10,6	25,8	31	20
------	-------	------	----	----	------	------	------	------	------	------	----	----

Fuente: Propia

Para las presiones medias el valor de la mediana es 21.84 dado que este valor se encuentra en el medio de los valores ordenados ya sea en orden ascendente o descendente.

- ♦ Cálculo de la mediana para las presiones 25% más bajas

Tabla N°14: Valores de presiones 25% más bajos obtenidos en la elaboración de las pruebas hidráulicas

10,3	20,88	20,9	17	17	13,9	26,4	26,3	26,3	10,6	25,8	31	20
------	-------	------	----	----	------	------	------	------	------	------	----	----

Fuente: Propia

Se obtuvo el valor de la mediana para caudales 25% más bajos, de 20.88, dado que es el valor ubicado en el centro de la serie de datos presentados en la Tabla N°14.

### 8.9.4. Análisis de ANOVA de un factor

Una vez obtenido los valores estadísticos de media, moda y mediana se procedió a realizar el análisis de varianza de ANOVA tomando en cuenta las variables de caudal medio y el caudal 25% más bajos, la presión media y la presión 25% más baja. Para realizar este análisis tomando en cuenta la importancia de obtener valores confiables y evitar errores en el cálculo, se utilizó el Software Microsoft Excel 2010, ubicando todos los datos en una hoja del software e insertando las fórmulas a utilizar (Ecuación N°15: Variación Total, Ecuación N°16: Variación Intra-Grupos, y Ecuación N°17 Variación Inter-grupos, presentes en V. Marco Teórico, 5.4 Análisis Estadístico, 5.4.3 Análisis Estadístico del Estudio, Análisis de Varianza de un factor, pág. 33), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°15: Análisis de la varianza para la variación de Caudales

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
VARIABLES	Cuenta	Suma	Media	Varianza	Mediana	Moda
Caudal Medio	13,00	126,64	9,74	2,99	8,73	8
Caudal 25%	13,00	113,06	8,70	2,55	7,53	7,38
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado	F teórico	Valor crítico para F
Entre grupos	7,09	1,00	7,09	2,56	2,46	4,26
Dentro de los grupos	66,42	24,00	2,77			
Total	73,51	25				

Fuente: Propia

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) realizado a la variable de caudal medio de los emisores y caudal al 25% más bajo, se observó que no hubo diferencia significativa entre las pruebas ya que el factor calculado ( $F_c = 2.56$ ) en

este estudio es mayor que el factor teórico ( $F=2.47$ ); por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) y se rechaza) y la hipótesis nula ( $H_0$ ).

Tabla N°16: Análisis de la varianza para la variación de presiones

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Variables	Cuenta	Suma	Media	Varianza	Mediana	Moda
Presión Medio	13,00	290,08	22,31	53,33	21,84	27
Presión 25%	13,00	266,15	20,47	42,49	20,88	20,88
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F Calculado	F teórico	Valor crítico para F
Entre grupos	22,02	1,00	22,02	3,46	2,46	4,26
Dentro de los grupos	1.149,84	24,00	47,91			
Total	1.171,87	25,00				

Fuente: Propia

Con el análisis de varianza (ANOVA) se obtuvo un valor conocido como factor calculado "Fc" que se basó en una distribución muestral conocida como distribución F que comparó las variaciones entre grupos y dentro del grupo. El factor calculado "Fc" se comparó con un valor F de tabla (ver Anexo 4, Tabla N°1) obteniendo una F calculado de 3.46 siendo mayor que el F teórico de 2.46 por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

## IX. CONCLUSIONES

- ◆ El municipio de Estelí ha tenido importantes avances en la tecnificación de los sistemas de regadíos pasando el riego por gravedad de un 44.5% en los registros del IV CENAGRO a 18.75% en 2016, dominando el riego por goteo con 62.5%, lo que muestra gran interés del municipio de Estelí en hacer un uso eficiente del agua.
- ◆ Se encontró que el 50% de los sistemas identificados no presentan problemas operativos ni físicos de acuerdo a los resultados de varianza obtenidos, y el 50% de los sistemas de riego presentan problemas operativos en cuanto a una diferencia de variación de caudales, principalmente en sistemas de riego por goteo, lo cual puede deberse al escaso tratamiento de las aguas de riego.
- ◆ Los resultados de la evaluación hidráulica de los sistemas de riego arrojaron que los sistemas operan con rangos de uniformidad de presión que oscila entre 0.88 a 0.96 teniendo uniformidad de caudales 0.84 a 0.92 para riego por goteo, mientras que el riego por aspersión opera con uniformidad de presión oscilan entre 0.71 a 0.95, y uniformidad de caudales valores entre 0.84 y 0.91 de coeficiente de uniformidad; lo cual implica que el riego del municipio de Estelí opera en rangos calificados como muy bueno, de acuerdo a la Tabla N°2: Valores indicativos de las eficiencias de transporte y distribución para sistemas de riego bien drenados y bien proyectados (V. Marco Teórico, 5.2 El riego, Pereira & Valero, 2010).
- ◆ Se encontró que las áreas con mayor dificultad de acceso a la tecnología de riego se encuentran ubicadas al Norte del municipio, tales como El Cebollal, La Naranja, La Sirena, entre otros, lo cual coincide con las áreas que no hay asistencia técnica dirigida a los pequeños productores, por lo cual se concluye que la capacitación tecnológica y la asistencia técnica son fundamentales para enfrentar los efectos de la sequía.

## **X. RECOMENDACIONES**

- ◆ En cuanto a los sistemas de riego identificados se recomienda llevar un control sobre cada uno de los componentes del sistema donde se refleje el tipo de bomba, diámetros de tubería, tipo de emisores, entre otros con el objetivo de que cuando existan averías en el sistema puedan reemplazar satisfactoriamente este componente.
- ◆ Brindar capacitaciones un tanto científicas a los productores sobre la instalación, manejo y mantenimiento de los sistemas de riego y los beneficios que esto trae.
- ◆ Gestionar en bancos, financieras y otras entidades apoyo a los productores mediante préstamos que vengan a brindar una alternativa de superación y se obtenga una mayor producción.

## XI. BIBLIOGRAFIA

- Prezi. (14 de 11 de 2013). Recuperado el 12 de 11 de 2016, de <https://prezi.com/https://prezi.com/c-gltxqqjsen/muestreo-subjetivo-por-decision-razonada/>
- Argibay, J. C. (2009). Muestra en investigacion Cuantitativa. *Scielo* , Vol. 13.
- Banco Central de Nicaragua. (11 de Mayo de 2015). *Banco Central de Nicaragua*. Obtenido de [http://www.bcn.gob.ni/http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/sector\\_real/produccion/1-2.htm](http://www.bcn.gob.ni/http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/sector_real/produccion/1-2.htm)
- Banco Mundial. (Miércoles de Mayo de 2015). *Banco Mundial*. Obtenido de Agricultura, valor agregado (% del PIB) | Datos | Tabla: <http://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS>
- Briones, Guillermo. (2002). *Metodologia de la investigacion cuantitativa en las Ciencias Sociales* . Bogota, Colombia: ARFO Editores e Impresores Ltda.
- CALDERON, V. I. (2000). *Diagnostico de la exposicion y efectos del uso de plaguicidas: Esteli* . Managua, Nicaragua.
- Cardoza, U., Rodriguez , O., & Lanuza, D. (Marzo de 2010). *SlideShare*. Recuperado el Martes de Abril de 2016
- Coronado, Damarys del Valle. (2010). *Evaluacion del Sistema de Riego por goteo instalado en la finca agricola "Carmen Aurelia Mendoza" de la union de productores Zaragoza, Parroquia Abana de Mendoza, Municipio Sucre, Estado de Trujillo*. Trujillo, Trujillo, Venezuela.
- Corrales Perez, D., & Delgado Quezada, V. (2009). Estudio del Acuífero Aluvial del Valle de Esteli, Nicaragua. *Estudios de Hidrología Isotópica en América Latina 2006*, 127-151.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Gonzalez, L. A., Tablada, E. M., Diaz, M. d., Robledo, C. W., y otros. (2008). *Estadística para las Ciencias Agropecuarias* . Cordoba, Argentina: Edicion Electronica.

- FAO. (2002). *CAPITULO 5 : Medios y técnicas de producción*. Recuperado el 13 de Mayo de 2015, de <http://www.fao.org/http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s07.htm>
- FAO. (2002). *El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo. CAPITULO 5: Medios y técnicas de producción*. Recuperado el 13 de Mayo de 2015, de <http://www.fao.org/http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s01.htm#TopOfPage>
- FUNICA. (2009). *Propuesta de intervención de FUNICA para la zona norte*. Managua.
- Garcés Restrepo, C. (2013). *Componentes de Riego, Informe Final de Consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo*. Cali, Colombia.
- INIDE-MAGFOR. (2013). *IV Censo nacional Agropecuario*. Managua: INIDE-MAGFOR.
- Liotta, M. (2002). *Evaluacion del Coeficiente de Uniformidad en equipos de riego presurizado*. San Juan, Argentina.
- Liotta, Mario. (2000). *Superficie con riego presurizado en la Provincia de San Juan*. San Juan, Argentina.
- Loba, J., Ramirez , S., & Diaz, J. E. (2011). Evaluacion del Coeficiente de Uniformidad en cuatro emisores de riego usando filtracion gruesa de flujo ascendente en capaz. *Escuela de Ingenieria de Antioquia. EIA, Colombia*, 25-30.
- MAGFOR. (2008). *Sub programa de desarrollo y reactivacion del riego para contribuir a la seguridad alimentaria de Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
- MAG-FOR. (2008). *Sub Programa Nacional de frutas y hortalizas*. Managua, Nicaragua.

- MAGFOR-INIDE. (2013). *IV Censo nacional Agropecuario - Departamento de Estelí y sus Municipios. Uso de la tierra y el agua en el sector agropecuario*. Managua: MAGFOR-INIDE.
- Martinez, A. G. (2005). *SPSS FREE*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de [www.spssfree.com](http://www.spssfree.com): <http://www.spssfree.com/curso-de-spss/analisis-descriptivo/index.html>
- Matheus, Freddy. (2011). *Diseño de un sistema de riego por aspersion para el cultivo de papa (Solanum tuberosum) en un sector de la finca Estapape, sector Estapape, Parroquia La Quebrada, Municipio Urdaneta, Estado de Trujillo*. Trujillo.
- Meir, I. S. (2005). *Manual Agrotecnico para el cultivo horticola intensivo en Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2001). <http://www.panamatramita.gob.pa/>. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de Consultar Costo de Sistema de Riego para Cultivos de Ñame y Otoe: [http://www.panamatramita.gob.pa/sites/default/files/form-files/2006\\_6\\_16\\_2006\\_15\\_27\\_54.pdf](http://www.panamatramita.gob.pa/sites/default/files/form-files/2006_6_16_2006_15_27_54.pdf)
- Minitab. (1972). <http://support.minitab.com/>. Recuperado el 21 de Junio de 2016, de <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/anova/basics/what-is-anova/>
- Navarro, H. (2012). *Tipos de suelo en Nicargua, química y formación de los suelos*. Estelí, Nicargua.
- Pereira, L. S., & Valero, J. A. (2010). *El Riego y sus Tecnologías*. España.
- Pizarro, F. (1996). *Riegos Localizados de Alta frecuencia*. España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Robledo, M. J. (2005). Diseños de muestreo II. *NURE. INVESTIGACION*, N. 12, 5-10.

Ruíz Bueno, A. (2008). *La muestra: algunos elementos para su confección*. Barcelona, España.

Salas, A., & Urrestarazu, L. (5 de Agosto de 2008). <http://ocwus.us.es>. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial\\_25.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_25.htm)

SurveyMonkey. (1999). *SurveyMonkey*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com): <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size/>

# ANEXOS

# **I. Anexos: Encuestas y Entrevistas**

## 1. Encuesta N°1: Productores que utilizan sistemas de riego

P1. Método de riego utilizado

- 1). Tradicional (manguera o regador)
- 2). Tecnificado (sistemas de riego)

P2. Tipo de Sistema de Riego Utilizado

- 1). Surcos
- 2). Aspersión
- 3). Micro aspersión
- 4). Goteo
- 5). Otro

P3. Procedencia del agua de riego

- 1). Subterránea (pozos)
- 2). Superficial (ríos, lagos, lagunas, manantiales)

P4. Horas de riego

- 1). 1-3 horas
- 2). 4-7 horas
- 3). 8-11 horas
- 4). 12 a 15 horas
- 5). 16- 24 horas

P5. Maquinaria asociada al regadío

- 1). Motobomba
- 2). Ordenadores de control de riego
- 3). Temporizadores
- 4). Pivotes
- 5). Cañones

P6. Distribución del agua al sistema de riego

- 1). Sistemas de canales y acequias
- 2). Red presurizada

P7. Años de vida del sistema instalado

- 1). 1- 3 años
- 2). 4-6 años
- 3). 7-9 años
- 4). Más de 9 años

P8. Averías que presenta el sistema de riego

- 1). Taponamiento en goteros y emisores
- 2). Mangueras dañadas por roedores y/o raíces
- 3). Tubos reventados por exceso de presión
- 4). Daños en tubería por efecto de ariete

P9. Eficiencia de aplicación del sistema instalado distribución

- 1). Buena 50-70%      2). Muy buena 70-90%      3). Excelente 90-100%

## **2. Encuesta N°2: Productores que no utilizan sistemas de riego.**

### **P1. Principales causas por las que decide no tecnificar su producción**

- 1). Altos precios en el mercado de los componentes de un sistema
- 2). Falta de conocimiento acerca de qué tipo de sistema de riego utilizar para mejorar su producción
- 3). La producción obtenida no aporta el suficiente capital para satisfacer la demanda que abarca la inversión de un sistema de riego
- 4). Dificultad de acceso al agua para abastecer un sistema de riego

### **P2: Porcentaje de daños en producción que obtiene utilizando laboreo tradicional**

- 1). Alta (más del 85% de la producción obtenida es de buena calidad)
- 2). Media (aproximadamente el 50% de la producción obtenida es de buena calidad)
- 3). Baja (menos del 40% de la producción obtenida es de baja calidad)

### **P3: Beneficios que obtiene al usar métodos tradicionales de producción**

- 1). Es más sencillo
- 2). Menos trabajo
- 3). Menor grado de contaminación
- 4). Menor riesgo de perder la inversión al usar un método de riego equivocado

### **P4. Qué tipo de información maneja sobre los sistemas de riego**

- 1). No se operar ningún sistema de riego
- 2). Conozco como operar sistema de Riego (aspersión micro aspersión y goteo)

**P5. Sabe dar mantenimiento a sistemas de riego**

- 1). Si Aspersión
- 2). Si Goteo
- 3). Otro
- 3). No

**P6. Conoce como se instalan los sistemas de riego**

- 1). Si Aspersión
- 2). No Aspersión
- 3) Otro
- 4). Si Goteo
- 5). No Goteo

### **3. Entrevista N°1: Productores que utilizan tecnología en sus cosechas.**

1. ¿Qué área cultiva Ud. bajo riego? ¿Cuánto es lo máximo que ha trabajado?
2. ¿Qué métodos de riego ha empleado en su producción?
3. ¿Qué cultivos ha trabajado con riego?
4. ¿Cree usted que el sistema de riego utilizado es el más conveniente para sus cultivos y tipo de suelos? ¿Por qué?
5. ¿Cuál es el mayor beneficio de tecnificar en sus cosechas?
6. ¿Cuáles son las desventajas que usted recibe por el uso de tecnología?
7. ¿Posee usted conocimiento teórico sobre el uso adecuado de dicha tecnología?
8. ¿Todavía se utilizan métodos y herramientas tradicionales? ¿Cuáles? ¿Cómo han cambiado los métodos de trabajo?

#### **4. Entrevista N°2: Productores que no utilizan sistemas de riego en sus cosechas.**

1. ¿Por qué no utiliza métodos de riego para sus cultivos?
2. ¿De qué manera cubre las necesidades hídricas de sus cultivos en época de verano?
3. ¿Qué beneficios obtiene con las labores tradicionales de sus cultivos?
4. ¿Cree usted que los resultados de producción obtenidos a partir del sistema de cultivo de temporal (ocurrencia de lluvias) son los adecuados tomando en cuenta la inversión en sus insumos?
5. ¿Ha recibido talleres o capacitación sobre tecnificación de producción?
6. ¿Por qué cree usted que innovar no le brindara mayores beneficios de producción?
7. ¿Cuál cree usted que es la mayor desventaja de tecnificar sus cosechas?
8. ¿De qué depende su decisión de tomar como alternativa de producción el manejo tradicional de laboreo?

**5. Entrevista N°3: Instituciones encargadas de dar asistencia técnica a los productores del municipio de Estelí.**

1. ¿Dónde se encuentran ubicadas sus instalaciones de asesoría a los productores?
2. ¿Qué área cultivada y tecnificada en el municipio de Estelí cubre la institución?
3. ¿Cuánto tiempo lleva la institución asistiendo dicha área de trabajo?
4. De las áreas asistidas ¿Cuál es la que aporta mayor potencial y por ende mayor producción?
5. ¿Cuál es la evolución que presenta el área de trabajo con respecto a uso e innovación de tecnología?
6. ¿Qué actitud presentan los productores en cuanto al uso de tecnología?
7. ¿Cuáles son los inconvenientes que presentan los productores para tecnificar sus cosechas?
8. ¿Qué programas de asistencia técnica se están desarrollando con el campesinado y de qué forma trabajan?

## **II. ANEXOS: Imágenes**

**1. Imagen N°1: Riego por Apersión en Cultivo de Tabaco**



Fuente: Propia

**2. Imagen N°2: Riego por Goteo en Hortalizas (Tomate)**



Fuente: Propia

### 3. Imagen N°3: Riego por goteo en Cultivo de Cebolla



Fuente: Propia

### 4. Imagen N°4: Riego por goteo en Cultivo de Tomate



Fuente: Propia

## 5. Imagen N°5: Riego por goteo en Pastos



Fuente: Propia

## 6. Imagen N°6: Instalación del Manómetro



Fuente: Propia

## 7. Imagen N°7: Aforos



Fuente: Propia

## 8. Imagen N°8: Medición con la probeta



Fuente: Propia

**9. Imagen N°9: Levantamiento de las coordenadas geograficas con GPS en cultivo de Tabaco.**



Fuente: Propia

**10. Imagen N°10: Levantamiento de las coordenadas geograficas con GPS en cultivo de Hortalizas.**



Fuente: Propia

**11. Imagen N°11: Fuente de agua, comunidad de San Pedro.**



Fuente: Propia

**12. Imagen N°12: Distribución del agua en el cultivo através de la tubería de conducción.**



Fuente: Propia

# III. Anexos: Figuras

**1. Figura N°1: Miraflores, Cultivo de papa**



Fuente: Propia

**2. Figura N°2: Isiquí, Cultivo de tomate**



Fuente: Propia

### 3. Figura N°3: Isiquí, Cultivo de tomate



Fuente: Propia

### 4. Figura N°4: La Virgen, Cultivo de Tabaco



Fuente: Propia

**5. Figura N°5: Estelí, Cultivo de tabaco**



Fuente: Propia

**6. Figura N°6: Estelí, Cultivo de tabaco**



Fuente: Propia

**7. Figura N°7: La Virgen, Cultivo de tabaco**



Fuente: Propia

**8. Figura N°8: Santa Adelaida, Cultivo de pasto**



Fuente: Propia

**9. Figura N°9: La Quinta, Cultivo de cebolla**



Fuente: Propia

**10. Figura N°10: El Robledal, Cultivo de papa**



Fuente: Propia

**11. Figura N°11: La Virgen, Cultivo de Hortalizas**



Fuente: Propia

**12. Figura N°12: Sata Adelaida, Cultivo de maíz**



Fuente: Propia

**13. Figura N°13: San Pedro, Cultivo tomate**



Fuente: Propia

**14. Figura N°14: Isiqui, Cultivo tomate**



Fuente: Propia

**15. Figura N°15: San Pedro, Cultivo de tabaco**



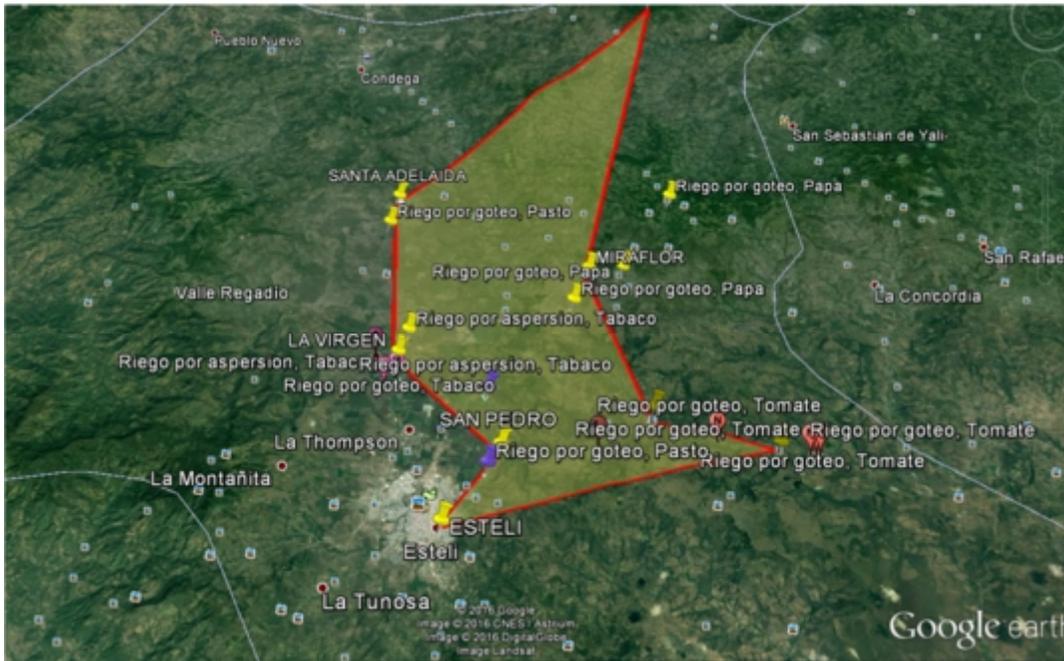
Fuente: Propia

**16. Figura N°16: Estelí, Cultivo de Hortalizas**



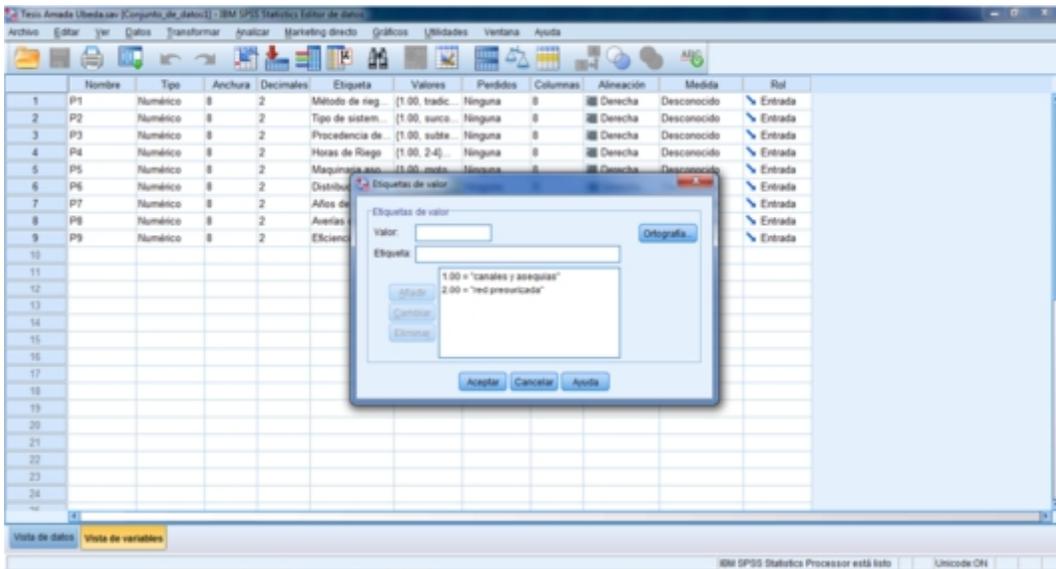
Fuente: Propia

### 17. Figura N°17: Distribución Espacial de los sistemas de Riego identificados



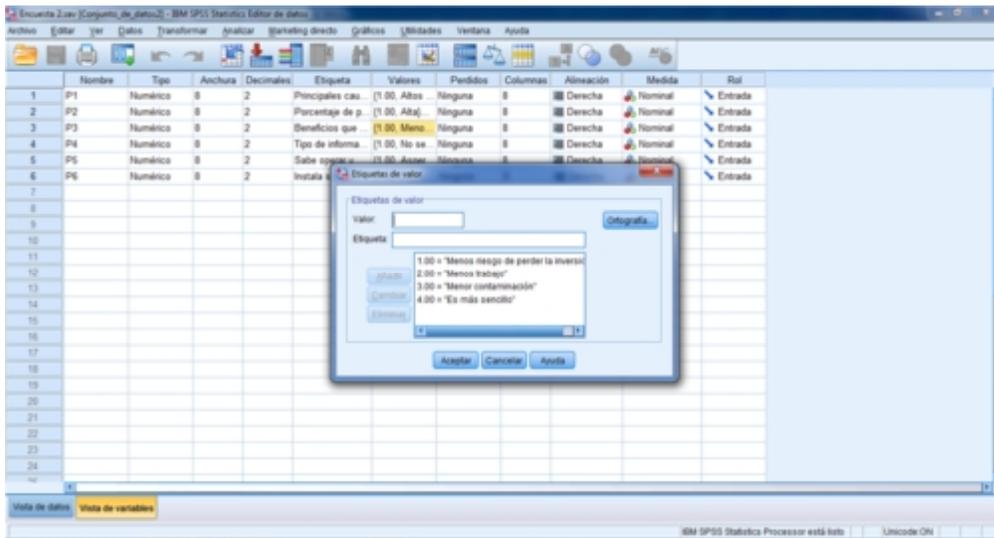
Fuente: Propia

### 18. Figura N°18: Ingreso de Datos al Software SPSS 2016 (encuesta N°1)



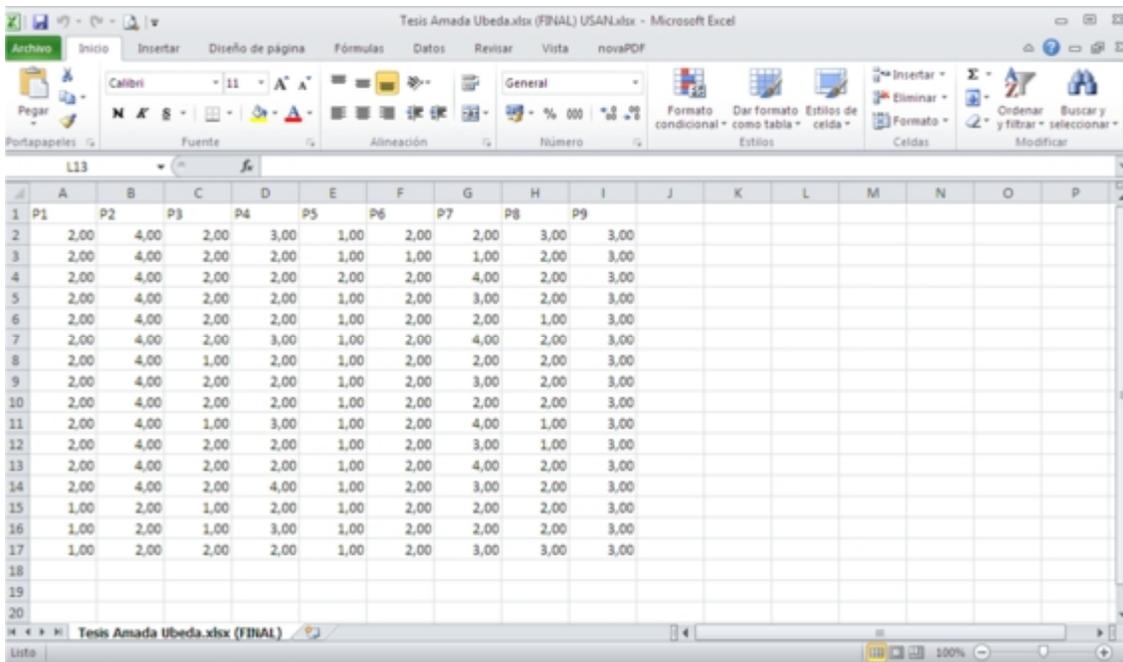
Fuente: Propia

**19. Figura N°19: Ingreso de Datos al Software SPSS 2016 (encuesta N°2)**



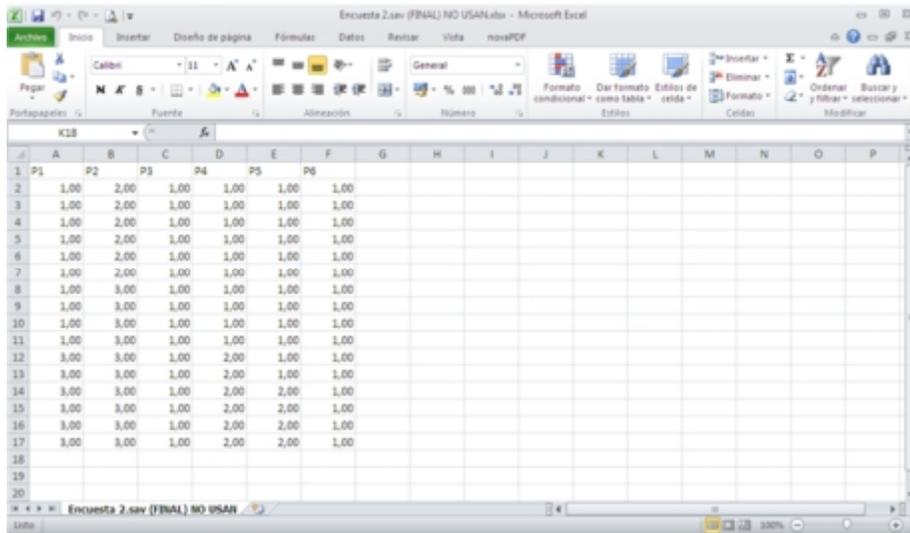
Fuente: Propia

**20. Figura N°20: Importación de Datos al Software SPSS 2016 a Software Microsoft Excel 2010 (encuesta N°1)**



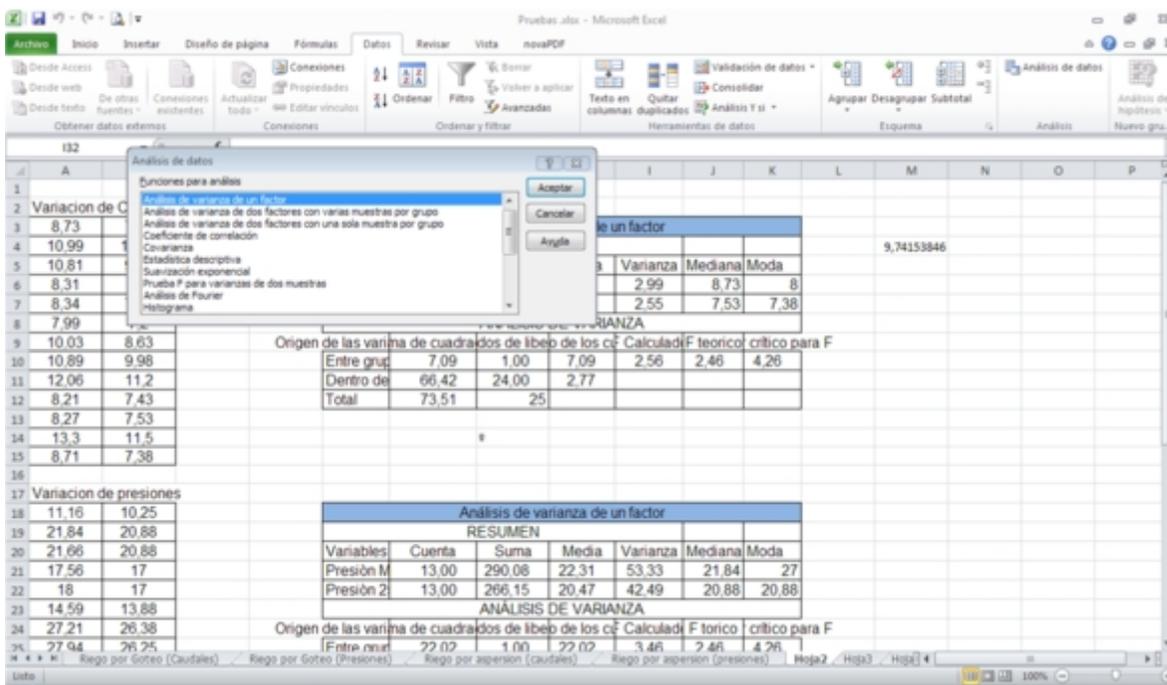
Fuente: Propia

**21.Figura N°21: Importación de Datos al Software SPSS 2016 a Software Microsoft Excel 2010 (encuesta N°2)**



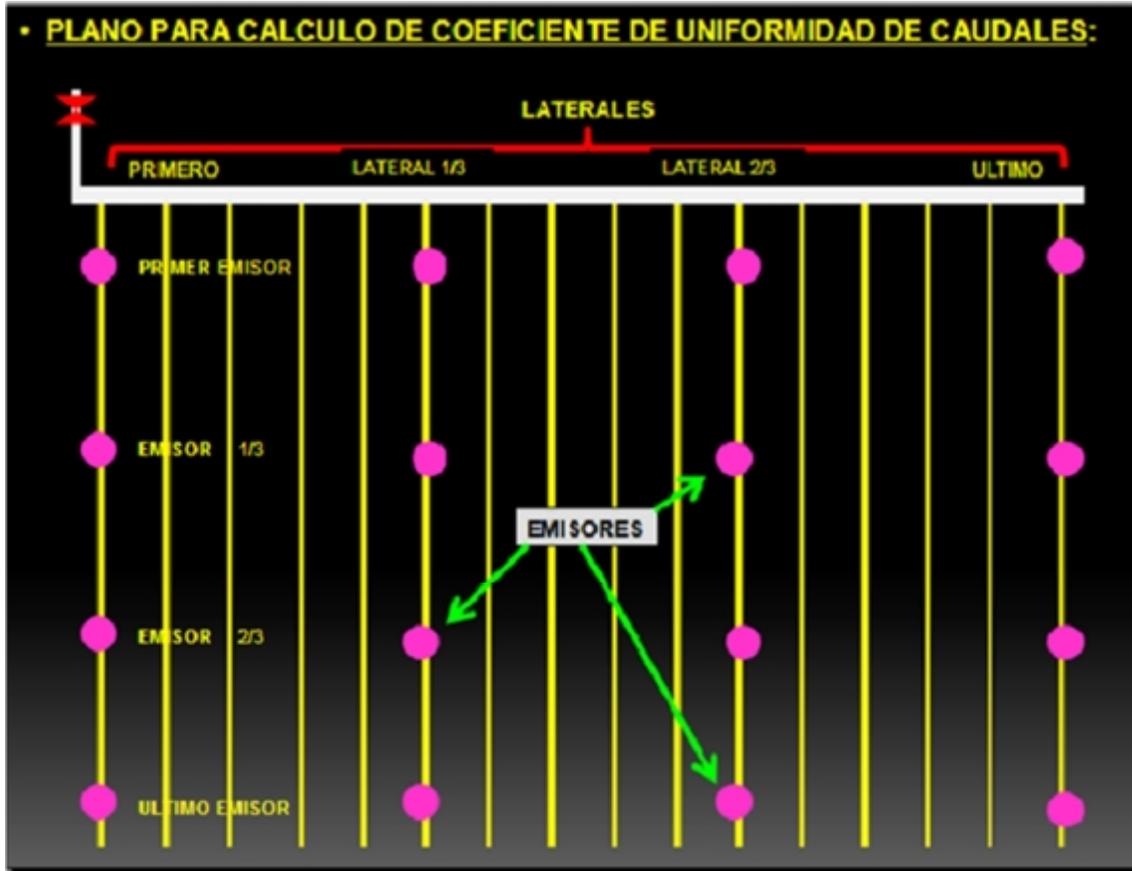
Fuente: Propia

**22.Figura N°22: Análisis de varianza ANOVA (VIII. Análisis de Resultados, 8.9 Comprobación de hipótesis, 8.9.4 Análisis de varianza de un factor)**



Fuente: Propia

23. Figura N°23: Esquema de la toma de muestras en los emisores



Fuente: Propia

# IV. Anexos: Tablas

1. Tabla N°16: Distribución F de Fisher-Snedecor

alfa =	grados de libertad del numerador													
	0,05	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	60	100
1	161,5	199,5	215,7	224,6	230,2	234	236,77	238,9	240,54	241,9	248,02	252,2	253	254,3
2	18,51	19	19,16	19,25	19,3	19,33	19,35	19,37	19,38	19,4	19,45	19,48	19,49	19,5
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,66	8,57	8,55	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6	5,96	5,8	5,69	5,66	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,56	4,43	4,41	4,37
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,1	4,06	3,87	3,74	3,71	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,44	3,3	3,27	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,5	3,44	3,39	3,35	3,15	3,01	2,97	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	2,94	2,79	2,76	2,71
10	4,96	4,1	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,77	2,62	2,59	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,2	3,09	3,01	2,95	2,9	2,85	2,65	2,49	2,46	2,41
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3	2,91	2,85	2,8	2,75	2,54	2,38	2,35	2,3
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,46	2,3	2,26	2,21
14	4,6	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,7	2,65	2,6	2,39	2,22	2,19	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,9	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,33	2,16	2,12	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,28	2,11	2,07	2,01
17	4,45	3,59	3,2	2,96	2,81	2,7	2,61	2,55	2,49	2,45	2,23	2,06	2,02	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,19	2,02	1,98	1,92

<b>19</b>	4,38	3,52	3,13	2,9	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,16	1,98	1,94	1,88
<b>20</b>	4,35	3,49	3,1	2,87	2,71	2,6	2,51	2,45	2,39	2,35	2,12	1,95	1,91	1,84
<b>21</b>	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,1	1,92	1,88	1,81
<b>22</b>	4,3	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,4	2,34	2,3	2,07	1,89	1,85	1,78
<b>23</b>	4,28	3,42	3,03	2,8	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,05	1,86	1,82	1,76
<b>24</b>	4,26	3,4	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,3	2,25	2,03	1,84	1,8	1,73
<b>25</b>	4,24	3,39	2,99	2,76	2,6	2,49	2,4	2,34	2,28	2,24	2,01	1,82	1,78	1,71
<b>26</b>	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	1,99	1,8	1,76	1,69
<b>27</b>	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,2	1,97	1,79	1,74	1,67
<b>28</b>	4,2	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	1,96	1,77	1,73	1,65
<b>29</b>	4,18	3,33	2,93	2,7	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	1,94	1,75	1,71	1,64
<b>30</b>	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	1,93	1,74	1,7	1,62
<b>40</b>	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	1,84	1,64	1,59	1,51
<b>50</b>	4,03	3,18	2,79	2,56	2,4	2,29	2,2	2,13	2,07	2,03	1,78	1,58	1,52	1,44
<b>60</b>	4	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,1	2,04	1,99	1,75	1,53	1,48	1,39
<b>70</b>	3,98	3,13	2,74	2,5	2,35	2,23	2,14	2,07	2,02	1,97	1,72	1,5	1,45	1,35
<b>80</b>	3,96	3,11	2,72	2,49	2,33	2,21	2,13	2,06	2	1,95	1,7	1,48	1,43	1,33
<b>90</b>	3,95	3,1	2,71	2,47	2,32	2,2	2,11	2,04	1,99	1,94	1,69	1,46	1,41	1,3
<b>100</b>	3,94	3,09	2,7	2,46	2,31	2,19	2,1	2,03	1,97	1,93	1,68	1,45	1,39	1,28
<b>200</b>	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	2,06	1,98	1,93	1,88	1,62	1,39	1,32	1,19
<b>300</b>	3,87	3,03	2,63	2,4	2,24	2,13	2,04	1,97	1,91	1,86	1,61	1,36	1,3	1,15
<b>400</b>	3,86	3,02	2,63	2,39	2,24	2,12	2,03	1,96	1,9	1,85	1,6	1,35	1,28	1,13

<b>500</b>	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,12	2,03	1,96	1,9	1,85	1,59	1,35	1,28	1,12
<b>600</b>	3,86	3,01	2,62	2,39	2,23	2,11	2,02	1,95	1,9	1,85	1,59	1,34	1,27	1,11
<b>700</b>	3,85	3,01	2,62	2,38	2,23	2,11	2,02	1,95	1,89	1,84	1,59	1,34	1,27	1,1
<b>800</b>	3,85	3,01	2,62	2,38	2,23	2,11	2,02	1,95	1,89	1,84	1,58	1,34	1,26	1,09
<b>900</b>	3,85	3,01	2,61	2,38	2,22	2,11	2,02	1,95	1,89	1,84	1,58	1,33	1,26	1,09
<b>1000</b>	3,85	3	2,61	2,38	2,22	2,11	2,02	1,95	1,89	1,84	1,58	1,33	1,26	1,08
<b>1500</b>	3,85	3	2,61	2,38	2,22	2,1	2,02	1,94	1,89	1,84	1,58	1,33	1,25	1,07
<b>2000</b>	3,85	3	2,61	2,38	2,22	2,1	2,01	1,94	1,88	1,84	1,58	1,32	1,25	1,06
<b>10000</b>	3,84	3	2,61	2,37	2,21	2,1	2,01	1,94	1,88	1,83	1,57	1,32	1,25	1,03

Fuente: Minitab, 1972

## 2. Tabla N°17: Distribución Normal de Gauss

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5329	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0,5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5733
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0,6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8770	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8962	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9131	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9279	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0- 9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817

2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9999	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Fuente: Distribución Normal de Gauss, Garcia, 2010.

**3. Tabla N°18: Caudales y presiones de salida de la bomba para riego por Goteo**

Ubicación de la Finca	Caudal de la bomba (m <sup>3</sup> /h)	Presión de la bomba en mca
Miraflor	9	27
Isiqui	11,88	37,26
Isiqui	12	37,26
La Virgen	10	33
Santa Adelaida	10	33
La Quinta	8,00	30
El Robledal	11,80	42
La Virgen	11,80	43,6
San Pedro	12,00	45
Isiqui	7,00	26,71

Fuente: Propia

**4. Tabla N°19: Caudales y presiones de salida de la bomba para riego por Aspersión**

Ubicación de la finca	Caudal de la bomba (m <sup>3</sup> /h)	Presión de la bomba en mca
La Virgen	11,88	42
Estelí	14,40	51
Estelí	5,60	23

Fuente: Propia

**5. Tabla N°20: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad de Miraflores**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	10	9,8	9	8,5	Primero	12	12	11,5	11,5
1/3	9,8	9,5	8,8	8	1/2	12	11,5	11	11
2/3	9,5	9	8,5	7	2/3	11,5	11	10,5	10,5
Ultimo	9	8,8	8	6,5	Ultimo	11,5	11	10	10
Caudal medio		8,73			Presión m		11,16		
Caudal 25%		7,38			Presión 25%		10,25		

Fuente: Propia

**6. Tabla N°21: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad de Isiqui**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	12	12	11,5	11	Primero	23	22,5	22	22
1/3	11,5	11,5	11,3	10,5	1/3	23	22	21,5	21,5
2/3	11,3	11	10,8	10	2/3	22,5	22	21	21
Ultimo	11	10,5	10,5	9,5	Ultimo	22,5	21,5	21	20,5
Caudal medio		10,99			Presión m		21,84		
Caudal 25%		10,13			Presión 25%		20,88		

Fuente: Propia

**7. Tabla N°22: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad de Isiqui**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	12	11,8	11	10,5	Primero	23	22,5	21,5	21,5
1/3	11,8	11,5	10,8	10	1/3	22,5	22	21,5	21,5
2/3	11,5	11	10,5	10	2/3	22	21,5	21	21
Ultimo	11	10,5	9,5	9,5	Ultimo	22	21,5	21	20,5
Caudal medio	10,81			Presión m	21,66				
Caudal 25%	9,75			Presión 25%	20,88				

Fuente: Propia

**8. Tabla N°23: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad La Virgen**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	9	9	8,5	8,5	Primero	18	18	18	18
1/3	9	8,8	8,3	7,7	1/3	18	18	17,5	17,5
2/3	8,8	8,5	8	7,5	2/3	17,5	17,5	17	17
Ultimo	8,5	8	7,8	7	Ultimo	17,5	17,5	17	17
Caudal medio		8,31			Presión m		17,56		
Caudal 25%		7,50			Presión 25%		17,00		

Fuente: Propia

**9. Tabla N°24: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad de Santa Adelaida**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	9	8,8	8,8	8,5	Primero	19	18,5	18,5	18,5
1/3	8,8	8,8	8,5	7,7	1/3	19	18	18	17,5
2/3	8,8	8,5	8,3	7,3	2/3	18,5	18	17	17
Ultimo	8,5	8,3	8	6,8	Ultimo	18,5	18	17	17
Caudal medio		8,34			Presión m		18,00		
Caudal 25%		7,45			Presión 25%		17,00		

Fuente: Propia

**10. Tabla N°25: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad La Quinta**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	8,5	8,5	8,3	8	Primero	15	15	15	14,5
1/3	8,5	8,3	8	7,5	1/3	15	15	15	14,5
2/3	8,8	8	7,8	7,3	2/3	15	14,5	14	14
Ultimo	8,5	7,8	7	7	Ultimo	15	14,5	14	13,5
Caudal medio		7,99			Presión m		14,59		
Caudal 25%		7,20			Presión 25%		13,88		

Fuente: Propia

**11. Tabla N°26: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad El Robledal**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	11	11	10,8	10	Primero	28	28	27,5	27
1/3	11	10	10	9	1/3	28	28	27	27
2/3	11,8	9,8	9,5	8,5	2/3	27,5	27,5	26,5	26,5
Ultimo	11,5	9,5	9	8	Ultimo	27,3	27	26,5	26
Caudal medio		10,03			Presión m			27,21	
Caudal 25%		8,63			Presión 25%			26,38	

Fuente: Propia

**12. Tabla N°27: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad La Virgen**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	12	12	11,8	11	Primero	29	29	28	29
1/3	11,5	11,3	11	10,3	1/3	29	28,5	28,5	27
2/3	11	11	10,5	9,8	2/3	29	28,5	27	26
Ultimo	10,8	10,5	10,3	9,5	Ultimo	28,5	28	26	26
Caudal medio		10,89			Presión m		27,94		
Caudal 25%		9,98			Presión 25%		26,25		

Fuente: Propia

**13. Tabla N°28: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad de San Pedro**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	13	12,8	12,5	12	Primero	30	30	29	29
1/3	12,8	12,5	12	11,5	1/3	29	29	28	27
2/3	12,5	12,3	11,8	11	2/3	29	28	27	26
Ultimo	12	12	11,5	10,8	Ultimo	28,5	28	26	26
Caudal medio		12,06			Presión m		28,09		
Caudal 25%		11,20			Presión 25%		26,25		

Fuente: Propia

**14. Tabla N°29: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Goteo en la comunidad de Isiqui**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	9	8,5	8,5	8,5	Primero	13	13	12,5	12,5
1/3	8,8	8,8	8,3	7,7	1/3	12,5	12,5	12,5	12
2/3	8,8	8,3	7,8	7,5	2/3	12,5	12	11	11
Ultimo	8,5	7,8	7,5	7	Ultimo	12	12	10,5	10
Caudal medio		8,21			Presión m			11,97	
Caudal 25%		7,43			Presión 25%			10,63	

**15. Tabla N°30: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Aspersión en la comunidad La Virgen**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	
Primero	9	9	8,8	8,5	Primero	28	28	27,5	27,5	
1/3	8,8	8,5	8,5	7,8	1/3	28	27,5	27	26,5	
2/3	8,5	8,3	8	7,5	2/3	27,5	27,5	26	26	
Ultimo	8,3	8	7,8	7	Ultimo	27,5	27,5	25,5	25,5	
Caudal m		8,27			Presión m			27,06		
Caudal 25%		7,53			Presión 25%			25,75		

Fuente: Propia

**16. Tabla N°31: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Aspersión en la comunidad de Estelí**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor
Primero	13	13	12,8	12,5	Primero	37	37	36,5	36,5
1/3	12,8	12,5	12,5	11,8	1/3	37	36,5	36	36
2/3	12,8	12,3	12	11,5	2/3	37	36	35	30
Ultimo	12,5	12	11,8	11	Ultimo	37	36	30	29
Caudal m		12,30			Presión m			35,16	
Caudal 25%		11,53			Presión 25%			31,00	

Fuente: Propia

**17. Tabla N°32: Pruebas de caudales y presiones en Sistema de Riego por Aspersión en la comunidad de Estelí**

Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	Ubicación del lateral	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 2/3	Ultimo emisor	
Primero	9	9	8,5	8	Primero	24	23	23	22	
01-mar	8,8	8,5	12,5	7,5	01-mar	24	22,5	22	22	
02-mar	8,5	8,5	12	7	02-mar	23	22	20	20	
Ultimo	8,3	8,3	8	7	Ultimo	21	21	20	20	
Caudal m		8,71			Presión m			21,84		
Caudal 25%		7,38			Presión 25%			20,00		

Fuente: Propia

