

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MÉTODO DE RIEGO POR
GOTEO**

**Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de
Ingeniero Agrónomo**

AUTORA:

Verónica Alexandra Franco Ortega

TUTOR:

Ing. Mg. Alberto Gutiérrez Albán

CEVALLOS – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“La suscrita VERÓNICA ALEXANDRA FRANCO ORTEGA, portadora de la cédula de identidad número 0503125874, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: “**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MÉTODO DE RIEGO POR GOTEO**” es original, auténtico y personal.

En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.”

A handwritten signature in blue ink that reads "Verónica Franco". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

VERÓNICA ALEXANDRA FRANCO ORTEGA

DERECHOS DE AUTOR

“Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MÉTODO DE RIEGO POR GOTEO”** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad. Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.”

A handwritten signature in blue ink that reads "Verónica Franco". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

VERÓNICA ALEXANDRA FRANCO ORTEGA

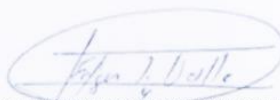
**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL MÉTODO DE RIEGO POR
GOTEO”**

REVISADO POR:



.....
Ing. Mg. Alberto Gutiérrez Albán

TUTOR



.....
Ing. Mg. Luciano Valle Velástegui

ASESOR DE BIOMETRÍA

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

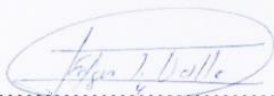
FECHA



.....
Ing. Mg. Giovanni Velástegui

.....
01/03/2018

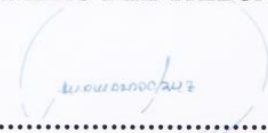
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



.....
Ing. Mg. Luciano Valle Velástegui

.....
01/03/2018

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



.....
Ing. Mg. Eduardo Cruz Tobar

.....
01/03/2018

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, proporcionarme fuerzas para seguir adelante y no renunciar ante los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mis padres y hermanos quienes por ellos soy lo que soy. Para mi madre Fabiola Ortega por su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, por estar ahí cuando más la necesitaba, para mi padre Galo Franco por ayudarme con parte de los recursos económicos para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi esposo Geovanny Salguero por estar siempre presente, acompañándome desde que inicie esta meta en mi vida, dándome su apoyo incondicional para poderme realizar, quien ha sido y es mi motivación, inspiración y felicidad.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL AMBATO, Facultad de Ciencias Agropecuarias por abrirme sus puertas para prepararme profesionalmente y cumplir tan anhelado sueño de convertirme en Ingeniera Agrónoma.

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron a apreciar la oportunidad de estudiar y a persistir cada día, en especial al Ing. Mg. Hernán Zurita y al Ing. Mg. Alberto Gutiérrez, también agradezco a mi madre Fabiola Ortega, a mi padre Galo Franco, a mis hermanos Ángelo Franco, Marco Franco y Daniela Franco porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante.

A mi amigo, compañero, novio y ahora mi esposo Geovanny Salguero por ayudarme siempre en todo el transcurso de mi vida estudiantil, por demostrarme su amor incondicional e impulsarme a seguir adelante, le agradezco mi amor.

Y agradezco a Dios por darme salud, vida y permitirme cumplir mi sueño.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	2
MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	2
2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL	3
2.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE	3
EFICIENCIA DE RIEGO	3
ASPECTOS DE EFICIENCIA DE RIEGO.....	3
ÁREA BAJO RIEGO.....	4
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DEL GOTEIO.....	4
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN (UD).....	5
COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE LA EMISIÓN (UE).....	6
DESVIACIÓN DEL CAUDAL MEDIO (QD)	6
2.2.2 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	7
RIEGO POR GOTEIO	7
DESARROLLO DEL MÉTODO DE RIEGO POR GOTEIO	8
VENTAJAS DEL MÉTODO DE RIEGO POR GOTEIO.....	8
LIMITACIONES DEL RIEGO POR GOTEIO	10
2.3 UNIDAD DE ANÁLISIS	11
2.3.1 CINTAS DE RIEGO.....	11
CINTA HYDRODRIP	12
CINTA STREAMLINE 16080	14
CINTA LIN 16.....	16
CAPÍTULO III.....	18

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	18
3.1 HIPÓTESIS.....	18
3.2 OBJETIVOS	18
3.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
CAPÍTULO IV.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO.....	19
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	19
4.2.1 CLIMA	19
4.2.2 SUELO	20
4.3 EQUIPOS Y MATERIALES.....	20
4.4 FACTORES EN ESTUDIO	21
4.4.1 TRES CINTAS DE GOTEO DE DIFERENTES CASAS COMERCIALES. (FACTOR A)	21
4.4.2 DOS DISTANCIAS ENTRE LATERALES. (FACTOR B).....	21
4.5 TRATAMIENTOS.....	21
4.6 DISEÑO ESPERIMENTAL	22
4.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	22
4.7.1 ANÁLISIS DEL SUELO.....	22
4.7.2 PREPARACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.....	22
4.7.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	23
4.8 VARIABLES RESPUESTA	24
4.9 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	27
CAPÍTULO V	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
5.1 RESULTADOS.....	28

CAPÍTULO VI.....	33
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	33
6.1 CONCLUSIONES	33
6.2 BIBLIOGRAFÍA	34
6.3 ANEXOS	36
CAPÍTULO VII	39
PROPUESTA.....	39
7.1 DATOS INFORMATIVOS	39
7.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	39
7.3 JUSTIFICACIÓN.....	39
7.4 OBJETIVO.....	40
7.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	40
7.6 FUNDAMENTACIÓN	40
7.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	41
7.7.1 ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO.	41
7.7.2 PREPARACIÓN DEL SUELO.	41
7.8 ADMINISTRACIÓN	41
7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	41

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DATOS TÉCNICOS DEL CAUDAL DE LA CINTA DE RIEGO HYDRODRIP	12
TABLA 2: DATOS TÉCNICOS DE LA CINTA DE RIEGO HYDRODRIP.....	13
TABLA 3: DATOS DE DESEMPEÑO DE LA UNIFORMIDAD DE EMISIÓN.....	13
TABLA 4: DATOS DE DESEMPEÑO DE LA VARIACIÓN DE EMISIÓN	14
TABLA 5: DATOS TÉCNICOS DEL CAUDAL DE LA CINTA DE RIEGO STREAMLINE	15
TABLA 6: DATOS TÉCNICOS DE LA CINTA DE RIEGO.....	15
TABLA 7: DATOS DE LONGITUD MÁXIMA RECOMENDADA DE LATERAL DE GOTEO (M).....	15
TABLA 8: DATOS TÉCNICOS DEL CAUDAL DE LA CINTA DE RIEGO LIN.....	16
TABLA 9: DATOS TÉCNICOS DE LA CINTA DE GOTEO.....	17
TABLA 10: DATOS DE LONGITUD MÁXIMA RECOMENDADA DE LATERAL DE GOTEO (M)	17
TABLA 11: MATERIALES DEL SISTEMA DE RIEGO.....	20
TABLA 12: ESQUEMA DE TRATAMIENTOS	21
TABLA 13: DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES CINTAS DE RIEGO Y DISTANCIA ENTRE LATERALES.	31
TABLA 14: COSTO DE MATERIALES POR GOTEO POR TRATAMIENTO.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ESQUEMA DE CAMPO.....	23
---------------------------------	----

RESUMEN

La investigación titulada, “**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL METODO DE RIEGO POR GOTEO**”, mediante los análisis estadísticos, agronómicos y económicos de tres cintas de goteo (Lin, Streamline e Hydrodrip) con dos distancias entre laterales (1.00 m y 0.80 m), se realizó en la zona agroecológica con suelos franco-arenosos del Sector de Pilligloma, Parroquia Ignacio Flores, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Sus coordenadas geográficas son 00° 54´ de latitud Sur y 78° 36´ de longitud Oeste, a una altitud de 2785 metros sobre el nivel del mar.

Se aplicó el diseño de bloques completamente al azar, con arreglo factorial de A x B (3 x 2) con 3 repeticiones, además se realizaron las pruebas de significación de Tukey al 5 % para los tratamientos que resultaron significativos, donde se obtuvieron los siguientes resultados como son: para la variable Área bajo riego, el mejor tratamiento A1B2 (cinta Hydrodrip con una distancia entre laterales 1.00 m) con 0,0255 m², mientras tanto para la variable Coeficiente de uniformidad del goteo, se obtuvo el tratamiento A1B2 (cinta Hydrodrip con una distancia entre laterales 1.00 m) que prevalece con 92%, de igual forma para el Coeficiente de uniformidad de distribución predomina el tratamiento A1B1 (cinta Hydrodrip con una distancia entre laterales 0.80 m), con 88,66%, de acuerdo con el análisis estadístico respectivo para la variable Coeficiente de uniformidad de la emisión del agua por gotero, no se registraron resultados significativamente diferentes, para la variable Desviación de caudal medio, el mejor tratamiento tiene A1B2 (cinta de riego Hydrodrip x distancia entre laterales 1 m) con 76,12% dado que la variación del caudal de operación con el caudal nominal dado por su fabricante es menor que el resto de tratamientos.

PALABRAS CLAVE: Cintas de riego, Distancia entre laterales, Hydrodrip, Lin, Riego, Streamline.

SUMMARY

The research entitled "**EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE METHOD OF IRRIGATION BY DRIPPING**", through the statistical, agronomic and economic analysis of three drip tapes (Lin, Streamline and Hydrodrip) with two distances between laterals (1.00 m and 0.80 m), was carried out in the agroecological zone with sandy-loam soils of the Pilligloma Sector, Ignacio Flores Parish, Latacunga Canton, Cotopaxi Province. Its geographic coordinates are 00 ° 54' of South latitude and 78 ° 36' of West longitude, to an altitude of 2785 meters on the level of the sea.

The block design was applied completely randomly, with a factorial arrangement of A x B (3 x 2) with 3 repetitions, and the Tukey significance tests were performed at 5% for the treatments that were significant, where the following were obtained. Results such as: for the variable Area under irrigation, the best treatment A1B2 (Hydrodrip tape with a distance between sides of 1.00 m) with 0.0255 m², meanwhile for the variable Coefficient of uniformity of the drip, the treatment A1B2 was obtained (Hydrodrip tape with a distance between sides of 1.00 m) that prevails with 92%, likewise for the Coefficient of uniformity of distribution, the A1B1 treatment (Hydrodrip tape with a distance between sides of 0.80 m), with 88.66%, predominates. According to the respective statistical analysis for the variable Coefficient of uniformity of the emission of water per dropper, no significantly different results were recorded, for the variable Deviation medium, flow rate the best treatment is the A1B2 (irrigation tape Hydrodrip x distance between sides 1 m) with 76.12% given that the variation of the operating flow rate with the nominal flow rate given by its manufacturer is lower than the other treatments.

KEY WORDS: Irrigation tapes, Distance between sides, Hydrodrip, Lin, Irrigation, Streamline.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Para obtener el máximo beneficio de los cultivos, recursos hídricos y elementos tecnológicos que permiten hacer la actividad agrícola más competitiva y rentable, el manejo de los sistemas de riego debe ser óptimo (Martínez, 2001).

El riego es un componente principal en la producción agrícola que influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Existen diferentes métodos para irrigar que permiten incrementar la producción de los cultivos, como son el riego superficial, por aspersión, micro aspersión y goteo (Hargreaves y Merkley, 2000).

A fin de disminuir pérdidas económicas de los agricultores, es necesario implementar nuevas tecnologías e identificar la mejor cinta de goteo que permitan incrementar la productividad de los cultivos y disminuir los costos de producción para obtener mayores ingresos.

Por lo mencionado, es necesario comparar la eficiencia de riego de cintas de diferentes casas comerciales en la zona de Ignacio Flores, sector Pilligloma, de esta manera crear alternativas que compensen en las operaciones de campo, ahorro de agua, manejo de suelo, mayor producción de cultivo entre otras actividades que beneficien al agricultor.

Bajo estos antecedentes se planteó esta investigación con el propósito de evaluar la eficiencia de riego en tres cintas de goteo de diferentes casas comerciales con dos espaciamientos entre cintas para determinar el mejor tipo de cinta para recomendar a los productores de la zona.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Vargas (2008), en su estudio de Evaluación de la uniformidad de distribución del agua de seis cintas de goteo en condiciones de El Zamorano, señala que la uniformidad de la distribución del agua en el riego influye directamente en el crecimiento de las plantas y en el uso de energía y aplicación de fertilizantes. El objetivo del estudio fue determinar los coeficientes de uniformidad (CU); uniformidad de distribución (UD); uniformidad en la emisión (UE); coeficiente de variación de fabricación (CVf); desviación del caudal medio (Qd) y tipo de flujo de seis marcas de cintas de goteo. La evaluación se realizó en la unidad de Maquinaria y Riego de la Escuela Agrícola Panamericana. Las marcas de cintas utilizadas fueron T-Tape, Queen Gil, Aqua Traxx, Ro Drip, Netafim, y Azudline. Así mismo se evaluaron dos cintas con uno y dos ciclos de uso en campo de las marcas Queen Gil y T-Tape. Todas se evaluaron en condiciones de laboratorio con un sistema controlado de presiones para aforar los goteros de cada una. Cada marca operó con tres laterales con una longitud de cuarenta metros cada una con tres repeticiones; aforando noventa goteros por marca trabajando a la presión nominal. Se encontraron diferencias en el CU ($P \leq 0.05$) en las cintas nuevas Aqua Traxx, Netafim y Queen Gil, siendo Aqua Traxx la que obtuvo el mayor CU, 98.30%. En el UD se encontró diferencias ($P \leq 0.05$) en las cintas nuevas Aqua Traxx, Ro-Drip, Azudline, Netafim y Queen Gil. El mayor UD obtenido fue por Aqua Traxx con 97.66% que no difiere de la cinta T-Tape con un UD de 96.80%. En el UE no hubo diferencias ($P \geq 0.05$) entre las cintas nuevas Aqua Traxx, T-Tape, Ro-Drip, Azudline y Netafim. Sí hubo diferencia en la marca Queen Gil, con el menor UE. Las cintas de uno y dos ciclos de uso en campo de la marca T-Tape fueron diferentes ($P \leq 0.05$) en CU, UD y UE, con respecto a Queen Gil de uno y dos ciclos. El tipo de flujo de las cintas nuevas TTape, Azudline, Aqua Traxx y Netafim fue perfectamente turbulento.

Vargas (2008), recomienda que la marca T-Tape modelo 506-15-340 se use en dos ciclos en campo y la marca Queen Gil se descarte al primer ciclo de uso. Las cintas de uno y dos ciclos de uso en campo de la marca T-Tape fueron diferentes ($P \leq 0.05$) en CU, UD y UE, con respecto a Queen Gil de uno y dos ciclos. El tipo de flujo de las cintas nuevas TTape, Azudline, Aqua Traxx y Netafim fue perfectamente turbulento. Se recomienda que la marca T-Tape modelo 506-15-340 se use en dos ciclos en campo y la marca Queen Gil se descarte al primer ciclo de uso.

2.2 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES O MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE

- **Eficiencia de riego**

La eficiencia de riego es una variable dinámica que depende de diferentes factores, sin contar con el mal manejo por parte del regante, derivado de su escaso conocimiento previo o experiencia en el cultivo. De este modo, la eficiencia de utilización fluctúa no sólo a lo largo de la temporada en cada evento de riego, sino que también en cada sector y subsector de riego dentro de un sistema (López, Hernández, Pérez y González, 1997)

Los buenos procedimientos de diseño y manejo requieren el entendimiento de conceptos tales como eficiencia y uniformidad de distribución (Tarchitzky, 2002).

- **Aspectos de Eficiencia de Riego.**

Según Jiménez (2013), la eficiencia de riego puede definirse como la resultante de la ponderación de tres aspectos:

Eficiencia de aplicación: determina la parte del agua que no es retenida en la zona radicular, en relación al total del agua aplicada en el suelo.

Eficiencia de almacenamiento: determina la parte del agua aplicada que queda almacenada en el suelo, en relación a la necesaria para llevar al suelo a capacidad de campo.

Eficiencia de uniformidad: determina la uniformidad de entrega de agua por los emisores (goteros o microaspersores) al suelo. La ponderación de estas tres eficiencias determina la eficiencia agronómica o de utilización del agua de riego.

- **Área bajo riego.**

Según Atúnez, Mora y Felmer (2010), el área bajo riego es la relación, en porcentaje, entre el área humedecida y el área total bajo riego; el área humedecida es el área del bulbo de humedecimiento, mientras que el área total se refiere al espacio comprendido entre goteros, considerando el radio del círculo de mojado de los goteros muestreados, utilizando la siguiente fórmula para su cálculo:

$$A = \pi \times R^2.$$

Dónde:

A= Área

R= Radio

- **Coefficiente de uniformidad del goteo.**

El coeficiente de uniformidad (CU); también conocido como el coeficiente de Christiansen: nos dice que tan uniforme se está comportando el caudal de los emisores con respecto a una media poblacional del caudal, recomienda para su cálculo la siguiente formula:

$$CU = \left[1 - \frac{(\sum |Xi - \bar{X}|)}{(\bar{X})(n)} \right] * 100$$

Dónde:

CU= Coeficiente de uniformidad en porcentaje

X_i = Datos individuales de los caudales de los goteros muestreados

\bar{X} =Promedio de los goteros aforados

n = Número de goteros aforados

$|X_i - \bar{X}|$ = Valor absoluto de la diferencia entre $X_i - \bar{X}$ (Vargas, 2008).

Según Vargas (2008), las categorías de eficiencia de uniformidad (E_u) para sistemas de riego presurizado serían: la categoría excelente del 90%-100%, buena del 80%-90%, aceptable del 70%-80%, inaceptable menos del 70%.

- **Coefficiente de uniformidad de distribución (UD)**

Según Rain Bird Corporation (2010), la Uniformidad de la distribución (UD) es una medida de cuán equitativamente o pareja es aplicada el agua a través del campo durante el riego, la UD se expresa en porcentaje entre 0 y 100%, pero en la práctica es virtualmente imposible obtener el 100%. Una UD inferior al 70% es considerada deficiente, UD entre 70 y 90% es buena, y UD superior al 90% es excelente. En resumen, una UD deficiente significa que se está aplicando demasiada agua, lo que implica un gasto innecesario, o que el agua aplicada no es suficiente, causando estrés a los cultivos.

Según Vargas (2008), para calcular el coeficiente de uniformidad de la distribución se determina con la siguiente fórmula:

$$UD = 100 * \left(\frac{Lp\ 25\%}{\bar{X}} \right)$$

Dónde:

UD= Uniformidad de la distribución, en %.

$Lp25\%$ = Promedio de los caudales del 25% de los goteros con la menor descarga.

\bar{X} = Promedio de todos los goteros aforados.

- **Coefficiente de uniformidad de la emisión (UE).**

Según Vargas (2008), el Coeficiente de uniformidad de la emisión (UE), determina la uniformidad de descarga de aplicación de agua por los goteros en términos de coeficiente de variación por fabricación. Para el cálculo del coeficiente de uniformidad se utiliza la fórmula:

$$UE = 100 \left[1 - \frac{1,25 Cvf}{\sqrt{n}} \right] \left(\frac{qm}{qa} \right)$$

Dónde:

UE= Uniformidad de la emisión, en %.

n= Número de emisores muestreados.

Cvf= Coeficiente de variación de fabricación.

qm= Gotero con la mínima descarga, L/h.

qa= Promedio de descarga de los goteros, L/h.

El Coeficiente de uniformidad de la emisión determina la uniformidad de descarga de aplicación de agua por los goteros en términos de coeficiente de variación por fabricación (American Society of Agricultural and Biological Engineers [ASABE], 2008).

- **Desviación del caudal medio (Qd)**

Según Boswell (1990), la desviación del caudal medio (Qd) es la diferencia del caudal nominal dado por el fabricante, para una presión nominal.

Según Vargas (2008), para calcular la desviación del caudal medio se aforaran los goteros y se utiliza la fórmula:

$$Qd = 100 \left[\frac{Qr - Qmed}{Qr} \right]$$

Dónde:

Q_d = Desviación del caudal medio, en %.

Q_{med} = Caudal medio de 30 goteros aforados.

Q_r = Caudal nominal por el fabricante, L/h.

2.2.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

- **Riego por goteo**

El método de riego por goteo está basado en el humedecimiento directo del suelo por medio de fuentes de agua puntuales distribuidas en la parcela y caracterizadas por tener una baja descarga, entre 1 y 10 l/h. De esta manera se humedece únicamente una pequeña parte de la superficie total del suelo y aún por debajo de esta superficie, la distribución del agua, en el volumen de suelo humedecido, no es uniforme (Tarchitzky, 2002).

El sistema de riego por goteo posee tres elementos fundamentales para su identificación: una aplicación de agua directamente en la zona radicular, constituyendo una irrigación localizada, el empleo dosificado de riego con el mantenimiento de la humedad adecuada del suelo próximo a la planta, y el uso de boquillas o goteros. La irrigación localizada es practicada desde hace mucho tiempo en un principio de usó principalmente en la floricultura y en cultivos de producción “forzada” de invernaderos; las superficies eran pequeñas y fácilmente controladas (Rodríguez, 1982).

Goldberg define el riego como un medio artificial de mantener la disponibilidad de agua en la zona radicular a un nivel óptimo. El riego localizado o también llamado de Alta Frecuencia; podría definirse como el conjunto de técnicas empleadas para la consecución de un nivel óptimo de Humedad en la zona Radicular de la planta desde un punto externo a ella (Castañer, 1993).

- **Desarrollo del método de riego por goteo**

El rápido desarrollo del método de riego por goteo está caracterizado por dos factores:

- El desarrollo tecnológico de los goteros, el cual se expresa en el mejoramiento permanente de los trayectos de flujo, reduciendo la sensibilidad al taponamiento y mejorando la uniformidad de descarga.
- La investigación teórico práctica de la aplicación del sistema a condiciones de campo, la cual amplía el conocimientos de los procesos de distribución del agua y su movimiento en el suelo, tanto en el goteo superficial como en el subterráneo. Este conocimiento es esencial para la aplicación correcta de los nuevos desarrollos tecnológicos. (Tarchitzky, 2002).

- **Ventajas del método de riego por goteo**

Según Tarchitzky (2002) y Palomino (2012), las ventajas del riego por goteo se señalan a continuación:

- Distribución uniforme del agua alcanza una uniformidad superior empleado un número mucho mayor de emisores por hectárea, suministrando agua a muchos puntos en el terreno, humedeciendo la superficie en forma parcial.
- Mantenimiento de un elevado potencial del agua en la zona radicular, satisface la demanda hídrica del cultivo, manteniendo alto tanto el potencial matriz como el osmótico, con lo cual se reduce el estrés hídrico y osmótico.
- Humedecimiento parcial del suelo, a consecuencia del humedecimiento parcial de la superficie del suelo, la pérdida de agua por evaporación directa es baja.

- Control de malezas: el crecimiento de malezas queda restringidas las áreas humedecidas, reduciendo de esta manera el costo de control de malezas.
- Transito de equipos y maquinaria: existe franjas entre las hileras de la plantación que permanecen secas, lo cual permite libre acceso de operarios y maquinaria a la parcela, facilitando las labores.
- Disminución de los daños a la estructura del suelo: ya que se posible realizar las labores necesarias sin viajar sobre la franja húmeda evitando la compactación y el deterioro de la estructura del suelo.
- Ahorro de agua: debido al alto control posible de este sistema de riego, el agua puede ser aplicada de manera muy eficiente. Solamente aquella porción de suelo con actividad radicular necesita ser irrigada y las perdidas por evaporación pueden ser reducidas a un mínimo.
- Respuestas del cultivo: un alto promedio del nivel de humedad junto con una adecuada aireación del suelo puede mantenerse con este sistema. Esto favorece que algunos cultivos aumenten su rendimiento y la calidad de sus frutos.
- Ahorro de mano de obra: la mayoría de los sistemas de riego por goteo son permanentes o semipermanentes teniendo así muy bajos requerimientos de mano de obra.
- Ahorro en pesticidas y control de ciertas enfermedades en las plantas: las partes de las plantas situadas sobre la superficie del suelo se encuentran completamente secas con un sistema de riego por goteo, reduciendo la incidencia de hongos y otras pestes que dependen de un medio ambiente húmedo
- Uso óptimo y ahorro en el fertilizante: el fertilizante puede ser aplicado a través de un sistema de riego por goteo usando un equipo especial. Debido al

alto control que se ejerce sobre el agua, se obtiene también un buen control sobre la aplicación del fertilizante, lo que da lugar a importantes ahorros.

- **Limitaciones del riego por goteo**

Según Tarchitzky (2002), las limitaciones del riego por goteo en el suelo son las siguientes:

- Taponamiento del emisor: el principal problema asociado con el riego por goteo es el taponamiento de los emisores. Los emisores tienen usualmente salidas de diámetros relativamente pequeños lo que los hace vulnerables al taponamiento debido a la penetración de raíces, arena, óxido, microorganismos, impurezas en el agua de riego, o la formación de precipitados químicos.
- Acumulación de sales en el suelo: cuando se riega por goteo las sales se acumulan en el frente de humedecimiento.
- Daño mecánico: en algunos casos se ocasionan daños al sistema de goteo ya sea por el hombre, o por los animales.
- Imposibilidad de modificar el micro-clima: los sistemas de riego por goteo por aspersión o con micro-aspersión pueden modificar el micro-clima, tanto para la defensa contra heladas, como frente a altas temperaturas, disminuyendo la misma y aumentando la humedad en la zona inmediatamente cercana al follaje.
- Protección contra la erosión eólica: en suelos livianos (arenosos) la erosión eólica es un problema muy agudo, sobre todo mientras una gran parte de la superficie permanece desnuda. Cuando la superficie está húmeda este proceso disminuye o desaparece. El goteo no está destinado a este propósito.

- Control visual: en el riego por goteo, en especial una vez que el follaje caduco cubre los laterales, es sumamente difícil observar el funcionamiento de los goteros, haciendo imposible el control visual del sistema.

Otras limitaciones según Medina (1993), pueden ser:

Es un sistema muy caro de instalar, por lo que existe una limitación de tipo económico en sus aplicaciones a cultivos. No todos los cultivos son tan rentables como para justificar las fuertes inversiones que el goteo supone.

En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra la misma.

Si se proyecta o se instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua y nutrientes.

Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua, y que, en ocasiones, puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.

2.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

2.3.1 Cintas de Riego

Las cintas de goteo son tubería de polietileno con orificios a diferentes distancias, ubicadas en las hileras de los cultivos. Poseen una doble cámara; una interna de mayor diámetro y una externa de diámetro menor, ambas conectadas entre sí, permitiendo tener un flujo uniforme a lo largo de la tubería, ya que el agua entra por la cámara interna y a medida que avanza varía la presión, pero al pasar a la cámara externa homogeneiza su flujo y de esta manera el caudal de cada uno de los orificios es constante (Tarchitzky, 2002).

- **Cinta Hydrodrip**

La cinta hydrodrip es una solución económica para cultivos anuales en hileras, cultivos de campo e invernaderos. Dado que está diseñado con una eficaz trayectoria de flujo turbulento, el canal de la cinta de goteo Hydrodrip minimiza las obturaciones. Debido a que Hydrodrip es un lateral de goteo plano e integral, resulta en una buena elección para la instalación y la recuperación manual o mecánica. Hydrodrip se encuentra disponible en una amplia variedad de diámetros y espesores de pared (Rivulis, 2018).

- **Especificaciones técnicas.**

El laberinto del emisor Hydrodrip Super fue diseñado para asegurar un flujo turbulento eficiente reduciendo a un mínimo las obturaciones de fácil despliegue y recogida disponible en una amplia variedad tanto de diámetros como de espesores de pared, excelente relación costo – beneficio, producido con materiales plásticos, de gran calidad y alta durabilidad, protegido contra la degradación ocasionada por U.V, resistente a productos químicos y fertilizantes comúnmente usados en agricultura. Cumple las normas de uniformidad de emisión de categoría A. (Rivulis, 2018).

Los datos técnicos del caudal de la cinta, según Rivulis (2018), se presentan en la tabla 1.

**TABLA 1. DATOS TÉCNICOS DEL CAUDAL DE LA CINTA DE RIEGO
HYDRODRIP**

Modelo	Presión máxima de operación	Caudal nominal (l/h)	Área filtrada	Constante K	Exponente X
Hydrodrip 16/18	1.5	1.60	13	0.568	0.45

Los datos técnicos de la cinta de riego Hydrodrip, según Rivulis (2018), se presentan en la tabla 2.

TABLA 2. DATOS TÉCNICOS DE LA CINTA DE RIEGO HYDRODRIP

Modelo	Diámetro interno (mm)	Espesor de pared (mm)	Diámetro exterior (mm)	Presión máxima de operación (bar)	KD
Hydrodrip 16/18	15.2	0.45	16.1	1.5	0.10

Los datos de desempeño de la cinta Hydrodrip - I.D. Ø15.2 mm.- presión 1.5 bar – caudal máximo de trabajo 1.6 l/h – longitud máxima recomendada de lateral de goteo (m) sobre terreno plano - Uniformidad de Emisión (EU) del 90%, según Rivulis (2018), se expresa en la tabla 3.

TABLA 3. DATOS DE DESEMPEÑO DE LA UNIFORMIDAD DE EMISIÓN

l/h	Modelo	Diámetro Interior D.I.(mm)	Espacio entre emisores (cm)
			20
1.6	Hydrodrip 16/18	15.2	106 m

Los datos de desempeño de la cinta Hydrodrip - I.D. Ø15.2 mm.- presión 1.5 bar – caudal máximo de trabajo 1.6 l/h – longitud máxima recomendada de lateral de goteo (m) sobre terreno plano – Variación de Emisión $\pm 5\%$, según Rivulis (2018), se expresa en la tabla 4.

TABLA 4. DATOS DE DESEMPEÑO DE LA VARIACIÓN DE EMISIÓN

l/h	Modelo	Diámetro Interior D.I.(mm)	Espacio entre emisores (cm)
			20
1.6	Hydrodrip 16	15.2	67 m

- **Cinta Streamline 16080**

El laberinto TurboNet™ asegura amplios pasos de agua, su ancha, profunda y amplia sección mejora la resistencia a la obstrucción. Amplia área de filtración con resistencia a la obstrucción mejorada (Netafim Ecuador S.A., 2018).

- **Especificaciones técnicas**

La máxima presión de trabajo, de acuerdo al espesor de la pared de la tubería. Laberinto Turbonet™ con amplios pasos de agua, 3 caudales diferentes para insertarse dentro de tuberías de pared delgada, diferentes grosores de pared y diámetros de tubería, gotero inyectado, muy bajo Coeficiente de Variación (CV). Los goteros Streamline™ cumplen con las normas del ISO 9261 y la producción está certificada por el Instituto de Normas de Israel (SII).

Los datos técnicos del caudal de la cinta de riego Streamline, según Netafim Ecuador S.A. (2018), se presentan en la tabla 5.

TABLA 5. DATOS TÉCNICOS DEL CAUDAL

Modelo	Presión máxima de operación (bar)	Caudal nominal (l/h)	Área filtrada (mm^2)	Constante K	Exponente X
Streamline 16080	0.85	1.60	17	0.568	0.45

Los datos técnicos de la cinta de riego Streamline según Netafim Ecuador S.A. (2018), se presentan en la tabla 6.

TABLA 6. DATOS TÉCNICOS DE LA CINTA DE RIEGO

Modelo	Diámetro externo (mm)	Diámetro interno (mm)	Espesor de pared (mm)	Presión máxima de trabajo (bar)	KD
Streamline 16080	16.6	16.2	0.20	0.85	0.10

Los datos de desempeño de la cinta Streamline - I.D. Ø16.2 mm.- presión de entrada 0.85 bar – caudal nominal 1.60 l/h – longitud máxima recomendada de lateral de goteo (m) sobre terreno plano – a 10% de variación de caudal, según Netafim Ecuador S.A. (2018), se presentan en la tabla 7.

TABLA 7. DATOS DE LONGITUD MÁXIMA RECOMENDADA DE LATERAL DE GOTEO (m)

l/h	Modelo	Diámetro Interior D.I.(mm)	Espacio entre emisores (cm)
			20
1.6	Streamline 16080	16.2	69 m

- **Cinta Lin 16**

La cinta lin 16 es un lateral de goteo Integral No auto compensante, con goteros planos integrados a la manguera aplicando la ultramoderna tecnología de inserción de Metzterplas. Una amplia superficie de filtrado en la entrada de agua y el flujo turbulento a lo largo de su laberinto aseguran su operación continua. Disponible en un amplio rango de espesores de pared, desde 0.2 mm hasta 1.2 mm (Metzer, 2018).

- **Especificaciones técnicas**

Los caudales disponible en la cinta lin son los siguientes: 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 y 4.0 l/h, diámetros de los laterales: 12, 16, 17, 20 y 22 mm. Disponible en la versión Rootguard ®, especialmente acondicionada para protección extra contra la penetración de raíces en sistemas de riego subterráneos (Metzer, 2018).

Los datos técnicos del caudal de la cinta de riego Lin 16, según Metzer (2018), se presentan en la tabla 8.

TABLA 8. DATOS TÉCNICOS DEL CAUDAL

Modelo	Presión operacional máxima (bar)	Caudal nominal (l/h)	Área filtrada (mm²)	Constante K	Exponente X
Lin 16	2.0	1.60	13	0.53	0.48

Los datos técnicos de la cinta de riego Lin 16, según Metzer (2018), se presentan en la tabla 9.

TABLA 9. DATOS TÉCNICOS DE LA CINTA DE GOTEO

Modelo	Diámetro externo (mm)	Diámetro interno (mm)	Espesor de pared (mm)	Presión operacional máxima (presión inicial) (bar)	KD
Lin 16	16.0	15.8	0.20	2.00	0.18

Datos de desempeño de la Lin 16 - I.D. Ø15.8 mm.- presión inicial 2.00 bar – caudal máximo de trabajo 1.6 l/h – longitud máxima del lateral (m) según Metzger (2018), se presentan en la tabla 10.

TABLA 10. DATOS DE LONGITUD MÁXIMA RECOMENDADA DE LATERAL DE GOTEO (m)

Caudal nominal (l/h)	Espaciamiento entre goteros (m) 0.20
1,6	77

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS

La eficiencia del método de riego por goteo, depende de las cintas de goteo y de la distancia entre laterales.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo General.

- Evaluar la eficiencia del método de riego por goteo en tres marcas de cintas de goteo en dos espaciamientos de laterales.

3.2.2 Objetivos Específicos.

- Comparar los parámetros de uniformidad de aplicación de agua en las cintas de goteo con una determinada presión de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada cinta de goteo.
- Evaluar el costo de los tratamientos/hectárea.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se llevó a cabo en:

- Provincia: Cotopaxi
- Cantón: Latacunga
- Parroquia: Ignacio Flores
- Sector: Pilligloma

4.2 CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

4.2.1 Clima

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI (2015, p.67) los registros promedios de los parámetros meteorológicos año 2015 son:

- Altitud: 2.785 msnm
- Latitud: 00°54'48" S
- Longitud: 78°36'56" W
- Temperatura media máxima: 23,3 °C
- Temperatura media mínima: 3,6 °C
- Precipitación Anual: 347,3 mm.

4.2.2 Suelo

Según el Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas, Estación Experimental “Santa Catalina”, el análisis de suelo del terreno de la Parroquia Eloy Alfaro reporta los siguientes datos:

Estrato de 0 cm a 40 cm de profundidad. Contenido de arena 72%, limo 24% y arcilla 4%, siendo la textura franco arenoso, con relieve plano se expresa en el anexo 1.

4.3 EQUIPOS Y MATERIALES

Los materiales del sistema de riego utilizados en la presente investigación se presentan en la tabla 11.

TABLA 11: MATERIALES DEL SISTEMA DE RIEGO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
CINTA DE RIEGO HYDRODRIP	metros	315.00
CINTA DE RIEGO STREAMLINE	metros	315.00
CINTA DE RIEGO LIN	metros	315.00
TUBO DE 50 mm X 0,8 MPA	metros	16.2
MONTURA DE 50 mm A 1"	unidades	18
VALVULA OBLICUA 1"	unidades	18
CODO DE 3/4 X 90°	unidades	18
NEPLO CORRIDO 1"	unidades	36
ADAPTADOR MACHO DE 32 mm	unidades	18
TUBO PVC DE 32 mm X 2 MPA	unidades	19
TAPON DE 50 mm	unidades	18
MONTURA DE 32 mm A 1/2"	unidades	54
BUJE REDUCTOR DE 1/2" A 16 mm	unidades	54
VALVULAS DE 16 mm	unidades	54
FINAL ROSCADO 16 mm	unidades	54
TAPON DE 32 mm	unidades	54
MANÓMETRO DE GLICERINA	unidad	1
MIC PRESURE POINT	unidades	9

4.4 FACTORES EN ESTUDIO

4.4.1 Tres cintas de goteo de diferentes casas comerciales. (factor A)

A1 = Cinta Hydrodrip

A2 = Cinta Streamline

A3 = Cinta Lin

4.4.2 Dos distancias entre laterales. (factor B)

B1 = Distancia entre laterales 0.80 m

B2 = Distancia entre laterales 1.0 m

4.5 TRATAMIENTOS.

Los tratamientos investigados resultantes de la combinación de factores A x B (3x2) que se expresa en la tabla 12.

TABLA 12: ESQUEMA DE TRATAMIENTOS

Tratamiento	Cinta	Distancia	Nomenclatura	Descripción
T1	Hydrodrip	0.80	A1B1	Hydrodrip x 0.80 m.
T2	Streamline	0.80	A2B1	Streamline x 0.80 m.
T3	Lin	0.80	A3B1	Lin x 0.80 m.
T4	Hydrodrip	1.00	A1B2	Hydrodrip x 1.00 m.
T5	Streamline	1.00	A2B2	Streamline x 1.00 m.
T6	Lin	1.00	A3B2	Lin x 1.00 m.

4.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, con arreglo factorial de A X B (3 x 2), con tres cintas de goteo y dos distancias entre laterales, con 3 repeticiones. Asignando las principales al factor cintas de goteo.

4.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO

4.7.1 Análisis del suelo.

El muestreo de suelo se lo realizó en el Sector Pilligloma, Parroquia Ignacio Flores.

Se efectuó el muestreo al azar siguiendo una trayectoria en zig-zag a 20 y 40 centímetros de profundidad se tomaron varias muestra de suelo reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se tomó tres muestra de 0,5 a 1 kg de suelo y se envió al laboratorio para su respectivo análisis físico - químico del suelo.

4.7.2 Preparación de la parcela experimental.

La secuencia de preparación de la parcela experimental se efectuó de la siguiente manera:

- Arado.- con la finalidad de eliminar las malezas y labrar el suelo, se procedió a pasar una arada para permitir una mejor aireación e infiltración del agua.
- Nivelación.- esta se realizó con la ayuda de un rastillo, para obtener un terreno uniforme evitando que la pendiente, cause alteración al realizar la investigación.

- **Unidades experimentales.**

El número de unidades experimentales fueron 18, de 35 metros de largo por 2, 2 metros de ancho (para la distancia entre laterales de 0,80 m) y de 35 metros de largo por 2,6 metros de ancho (para la distancia entre laterales de 1,00 m).

- **Área neta de la unidad experimental.**

La superficie de una de las parcelas se obtuvo 77 m^2 , (35 m de largo por 2,20 m. de ancho) y la otra parcela neta adquirió una superficie de 91 m^2 , (35 m de largo por 2,60 m. de ancho).

- **Área total del experimento.**

La superficie total del experimento fue de $1512,00 \text{ m}^2$ de parcela experimental y $275,60 \text{ m}^2$ de caminos, dando $1787,60 \text{ m}^2$ de área experimental.

- **Esquema de campo**

El esquema del experimento se presenta en la Figura 1.

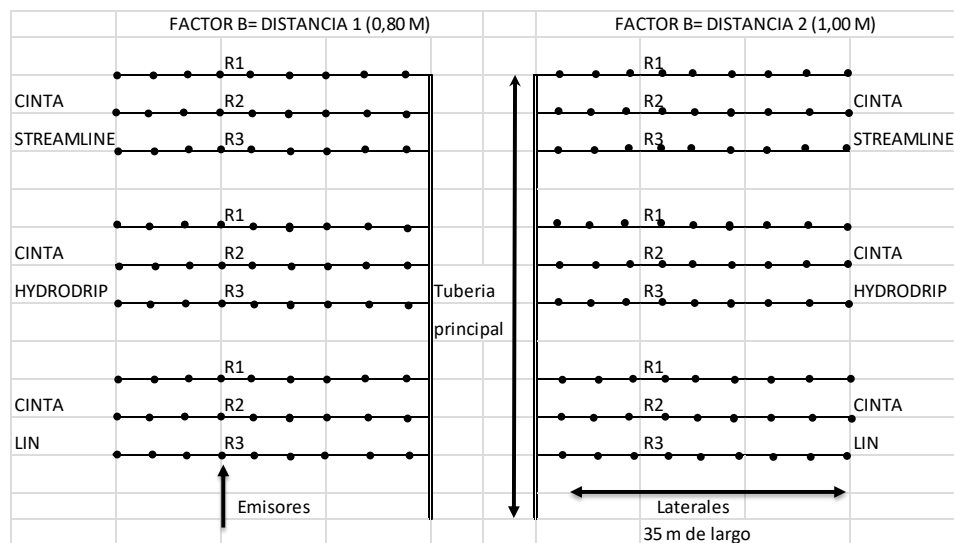


Figura1. Esquema del experimento en el campo

4.7.3 Instalación del sistema de riego por goteo.

Como primer paso realizar el diseño de un sistema de riego se tiene que dividir en dos fases diferentes, el sistema operativo y el sistema hidráulico. De esta manera se logró organizar el diseño del sistema de tal manera que no exista ningún factor de error que pueda afectar al funcionamiento en campo del mismo.

Con esto establecido se obtuvo los materiales adecuados para proceder a la instalación del sistema de riego, dada la dificultad de tener un sistema de riego para cada unidad experimental, se diseñaron dos sistemas de riego donde se ubicaron tres repeticiones de cada cinta operados independientemente, usando como criterios las dos distancias de laterales.

Cada sistema manejado con la distancia de laterales, tenía una tubería principal de 15.20 m de largo (distancia 1) y 17.00 m de largo (distancia 2), la cual abastecía directamente a los laterales de riego los cuales tenían una longitud de 35 m. Se dividió la tubería principal en tres secciones con la presencia de las tres cintas en cada una de ellas, colocadas en el siguiente orden: Hydrodrip, Streamline y Lin, cada cinta con su respectiva válvula y un Mic pressure point para medir la presión inicial que sea la que manifiestan en las especificaciones técnicas de cada cinta. Se colocaron en ese orden equidistante entre cada repetición para que la pérdida de presión por fricción dentro de la tubería, no afectase los resultados.

4.8 VARIABLES RESPUESTA

a. Área bajo riego (ABR).

Se realizó la toma de datos a dos goteros en la parte inicial, media y final de cada repetición y tratamiento, por el lapso de 4 semanas, efectuando la recolección del agua de cada gotero muestreado, en un recipiente plástico por el tiempo de riego de 15 minutos, se utilizó para medir el agua recolectada, una probeta graduada.

Efectuando el cálculo con los promedios obtenidos por cada repetición y tratamiento, utilizando la fórmula, propuesta por Atúnez et al. (2010), la misma que es la siguiente:

$$A = \pi \times R^2.$$

Dónde:

A= Área

R= Radio

b. Coeficiente de uniformidad del gotero (CU)

Para el cálculo del Coeficiente de Uniformidad se midió el caudal de tres goteros por repetición por el periodo de cuatro semanas, efectuando la medición del agua recolectada con una probeta graduada.

Se usó la fórmula propuesta por Vargas (2008), la misma que es la siguiente:

$$CU = \left[1 - \frac{(\sum |Xi - \bar{X}|)}{(\bar{X})(n)} \right] * 100$$

Dónde:

CU= Coeficiente de uniformidad en porcentaje

Xi= Datos individuales de los caudales de los goteros muestreados

X=Promedio de los goteros aforados

n= Número de goteros aforados

|Xi-X|= Valor absoluto de la diferencia entre Xi-X

c. Coeficiente de uniformidad de distribución (UD)

Para calcular el coeficiente de uniformidad de la distribución se aforaron diez goteros por cada repetición, por un tiempo de diez minutos, se determinó con la fórmula propuesta por Vargas (2008), la misma que es la siguiente:

$$UD = 100 * \left(\frac{Lp\ 25\%}{\bar{X}} \right)$$

Dónde:

UD= Uniformidad de la distribución, en %.

Lp25%= Promedio de los caudales del 25% de los goteros con la menor descarga.

\bar{X} = Promedio de todos los goteros aforados.

d. Coeficiente de uniformidad de la emisión (UE).

El Coeficiente de uniformidad de la emisión (UE), se midió el caudal de diez goteros por cada repetición por el lapso de 15 minutos, utilizando la fórmula propuesta por Vargas (2008), la misma que es la siguiente:

$$UE = 100 \left[1 - \frac{1,25 Cvf}{\sqrt{n}} \right] \left(\frac{qm}{qa} \right)$$

Dónde:

UE= Uniformidad de la emisión, en %.

n= Número de emisores muestreados.

Cvf= Coeficiente de variación de fabricación.

qm= Gotero con la mínima descarga, L/h.

qa= Promedio de descarga de los goteros, L/h.

e. Desviación del caudal medio (Qd)

Para medir la desviación del caudal medio (Qd) se aforaron diez goteros por cada repetición (Qr), para una presión nominal, utilizando la siguiente fórmula propuesta por Vargas (2008), la misma que es la siguiente:

$$Qd = 100 \left[\frac{Qr - Qmed}{Qr} \right]$$

Dónde:

Qd= Desviación del caudal medio, en %.

Qmed= Caudal medio de 30 goteros aforados.

Qr= Caudal nominal por el fabricante, L/h.

Para aforar los goteros se excavó un agujero en el suelo por cada gotero y se colocó un recipiente para recolectar el agua y medir el volumen en una probeta, aforando

tres goteros al inicio, cuatro goteros en la parte media y tres goteros al final de la manguera, haciendo un total de treinta goteros por tratamiento.

4.9 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se utilizó el programa estadístico INFOSTAT. Se realizó el Análisis de Varianza (ADEVA) y de las fuentes de variación de las diferentes interacciones (A x B) que presentaron significación estadística, se realizaron con la Prueba de Tukey a un nivel de probabilidad del 5%, además se hizo el Análisis de correlación y Regresión lineal.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 RESULTADOS

Área bajo riego (ABR)

Para la variable (ABR) área bajo riego por goteo evaluado en el campo, el tratamiento que se encuentra con el promedio más alto de cobertura de riego por goteo es el A1B2 (cinta Hydrodrip, con la distancia entre laterales 1.0 m) con un resultado de 0,0255 m², presentando los resultados de cada tratamiento en la tabla 13.

Al analizar los resultados que se ha obtenido en la variable área bajo riego con el tratamiento A1B2 mediante, Rivulis (2018), el gotero de la cinta Hydrodrip posee una amplia superficie de filtrado en la entrada de agua y el flujo turbulento a lo largo de su laberinto asegurando su operación continua, motivo por el cual se encuentra como el mejor tratamiento para suelos franco-arenosos.

Coefficiente de uniformidad del gotero (CU)

El coeficiente de uniformidad del gotero se presenta con dos rangos de significación con un promedio 92 % con el tratamiento A1B2 (cinta hydrodrip, con la distancia entre laterales 1.0 m), seguido del tratamiento A1B1 (cinta hydrodrip, con la distancia entre laterales 0.80 m) con un valor de 91,33 %, presentando los resultados de cada tratamiento en la tabla 13.

Coefficiente de uniformidad de distribución (UD)

El coeficiente de uniformidad de distribución reportó 3 rangos de significación, en con el porcentaje más alto se encuentra el tratamiento A1B1: (cinta de riego

Hydrodrip x distancia 0,8 m), con una media de 88,66%, seguido del tratamiento A1B2: (cinta de riego Hydrodrip x distancia 1 m) con un promedio de 87,33%, en cuanto al tratamiento con la media más baja A3B2: (Cinta Lin 16 con distancia de 1 m) con un promedio del 78,66%, presentando los resultados de cada tratamiento en la tabla 13.

Coefficiente de uniformidad de la emisión (UE).

De acuerdo con el análisis estadístico respectivo para, la variable coeficiente de uniformidad de la emisión del agua por gotero, no se registraron resultados significativamente diferentes, por motivo que son sistemas de riego recién instalados y las cintas son nuevas en lo que los goteros no se encuentran obturados.

Desviación del caudal medio (Qd)

El caudal promedio que mayor desviación tuvo de su caudal nominal fue el tratamiento A3B2: (Cinta Lin 16 x distancia 1 m) con una media de 77,603%; seguido del tratamiento A3B1: (cinta Lin 16 x distancia 0,8 m), con 77,557% de desviación del caudal medio y el tratamiento que menos promedio de desviación obtuvo es el A1B2 (cinta de riego Hydrodrip x distancia 1 m) considerando este como el mejor tratamiento ya que la variación del caudal de operación con el caudal nominal dado por su fabricante es menor que el resto de cintas evaluadas.

Relación beneficio - costo.

Para realizar la relación beneficio-costo, se aplicó la metodología costos de materiales para la parcela (tratamientos) y proyectado a una hectárea de riego por goteo, en que se toma en cuenta únicamente los costos de los materiales que varían en cada tratamiento.

En este análisis que únicamente toma en cuenta los costos que varían en cada tratamiento, obteniendo el costo por m^2 que más bajo registró T5 (Streamline x 1.0 m) con 1,44 $\$/m^2$; y con un costo más alto fue 1,74 $\$/m^2$ en T1 (Hydrodrip x 0.80 m) como se detalla en la tabla 14.

De acuerdo con este análisis el resultado de la diferencia de costos se dio por la cantidad de accesorios por tratamiento y el precio de la cinta de goteo que varía de acuerdo al tipo de fabricación y marca.

TABLA 13. DESEMPEÑO DE LAS VARIABLES CINTAS DE RIEGO Y DISTANCIA ENTRE LATERALES

VARIABLES	TRATAMIENTOS						CV	P-VALOR
	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A3B1	A3B2		
Area bajo riego (ABR)	0,0228 ^{ab}	0,0255 ^a	0,0189 ^b	0,0194 ^b	0,0211 ^b	0,0189 ^b	7,3151	0,0030
Coefficiente de uniformidad del goteo (CU)	91,3333 ^a	92,0000 ^a	87,0000 ^b	85,6667 ^b	87,3333 ^b	85,6667 ^b	1,4197	0,0002
Coefficiente de uniformidad de distribución (UD)	88,6667 ^a	87,3333 ^{ab}	82,0000 ^{ab}	82,3333 ^{ab}	80,3333 ^{ab}	78,6667 ^b	4,1140	0,0622
Coefficiente de uniformidad de la emisión (UE)	91,0533 ^a	90,2133 ^a	91,0800 ^a	89,9933 ^a	90,3233 ^a	89,5433 ^a	1,2008	0,6898
Desviación de caudal medio (Qd)	76,6033 ^a	76,1200 ^a	77,2867 ^a	77,4533 ^{ab}	77,5567 ^{bc}	77,6033 ^c	0,3158	0,0001

^{a-c} Medias en la fila seguida de letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

CV¹: Coeficiente de variación. P valor: Probabilidad.

TABLA 14: COSTO DE MATERIALES POR TRATAMIENTO.

Tratamiento	Cinta	Distancia	Nomenclatura	Descripción	Costo parcela	Costo hectárea
T1	Hydrodrip	0.80	A1B1	Hydrodrip x 0.80 m.	160,45	17381,44
T2	Streamline	0.80	A2B1	Streamline x 0.80 m.	147,85	16016,49
T3	Lin	0.80	A3B1	Lin x 0.80 m.	154,15	16698,96
T4	Hydrodrip	1.00	A1B2	Hydrodrip x 1.0 m.	165,22	15541,18
T5	Streamline	1.00	A2B2	Streamline x 1.0 m.	152,62	14355,98
T6	Lin	1.00	A3B2	Lin x 1.0 m.	158,92	14948,58

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1 CONCLUSIONES

Una vez realizado los análisis estadísticos, agronómicos y económicos se sintetizan las siguientes conclusiones.

- De acuerdo con el análisis estadístico y la prueba de Tukey al 5%, el promedio más alto de área bajo riego fue el factor A1: (Cinta Hydrodrip) con 0,0242 m² de cobertura de área bajo riego por goteo.
- El efecto de dos distancias entre laterales de riego en la variable área bajo riego (ABR), estadísticamente se aprecia un rango de significación (a) y no presentó efecto significativo (ns) entre distancias de laterales de riego; sin embargo matemáticamente, el valor promedio más alto registró el factor B2: (distancia entre laterales = 1 m) con 0,0213 m² de cobertura bajo riego por goteo.
- En la interacción de factores (A x B), y de acuerdo con el análisis estadístico, el área bajo riego promedio más alto se registró en el tratamiento T4 (A1B2: Cinta Hydrodrip x distancia entre laterales 1 m) con el promedio 0,0255 m² de cobertura por gotero; seguido por T1: (A1B1: Cinta Hydrodrip x distancia entre laterales 0,8 m) con promedio de 0,0228 m².
- Económicamente en función de los costos que varían en cada tratamiento, la mejor alternativa tecnológica con el costo por m² más bajo fue el tratamiento T5 (Streamline x 1.0 m) que registró 1,44 \$/m²; seguido de 1,49 \$/m² para T6 (Lin x 1.0 m), proyectando un costo de 14355,98 \$/ha con la alternativa tecnológica de T5. En este caso no aplica Tasa Marginal de Retorno, ni el rendimiento por hectárea ya que este sistema de riego no se evaluó con cultivo alguno.

- Los tratamientos más costosos son los que prevalecieron en las diferentes variables de estudio de la eficiencia del método de riego por goteo, por el costo más bajo es el tratamiento T5 (Streamline x distancia entre laterales 1.0 m). y por las características de eficiencia de riego es el tratamiento T4 (A1B2: Cinta Hydrodrip x distancia entre laterales 1,0 m) seguido del tratamiento T1 (A1B1: Cinta Hydrodrip x distancia entre laterales 0,8 m), para suelos de textura Franco-arenosos.

6.2 BIBLIOGRAFÍA

American Society of Agricultural and Biological Engineers, (ASABE, 2008). Design and installation of microirrigation system. Recuperado de <http://asae.frymulti.com/aazz.asp?JID=2&AID=24437&CID=s2000&T=2>.

Atúnez, Alejandro; Mora, David; y Felmer, Sofía. (2010). Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. Ediciones India Rayentué. Chile. 136 p.

Boswell, Miguel. (1990). Manual de diseño y manejo de sistemas de micro irrigación. Primera Edición. Litografía A. Romero. Sevilla. 297 p.

Castañer, M. (1993). Riego por goteo en cítricos. 2º ed. Madrid, España: Mundi – Prensa.

Hargreaves, G.H. & Merkle G.P. (2000). Fundamentos del Riego. Estados Unidos. Water Resources Publications.



Jiménez, Jorge. (2003). Eficiencia de riego por aspersión en condiciones de ladera en la parte baja de la micro cuenca de “Mishka Mayu” (Cochabamba). Tesis de Grado. UMSS. Cochabamba. BO. p92.

Lopez, R., Hernández, A., Pérez, R. y González, H. (1997). Riego Localizado. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos. Ediciones Mundi, España. 235 p.

- Martínez, L. (2001). Manual de operación y mantención de equipos de riego presurizado. Gobierno Regional de Atacama. Comisión Nacional de Riego e Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Huasco, Chile: Vallenar.
- Medina, J. (1993). Riego por goteo. 3° ed. Madrid, España: Mundi – Prensa.
- Metzer. (2018). Lin Flat Integral Dripper. Recuperado de <https://www.metzer-group.com/products/lin/>.
- Netafim Ecuador S.A. (2018). Streamline 16080™. Recuperado de <http://www.netafimlatinamerica.com/Data/Uploads/Streamline16080%20SP.pdf>
- Palomino, K. (2012). Riego por goteo. Madrid, España: Starbook.
- Rain Bird Corporation. (2018). Recuperado de https://www.rainbird.com/documents/ag/L387_DistributionUniformity_es.pdf
- Rivulis. (2018). Hydrodrip Cinta de Riego. Recuperado de <http://rivulis.com/productos/drip-lines-thin-wall/hydrodrip-drip-tape/?lang=es&change-modal>.
- Rodríguez, F. (1982). Riego por goteo. México: A.G.T. Editor, S.A.
- Tarchitzky, Jorge. (2002). El riego por goteo. Planificación de redes de riego a presión. 27 p.
- Vargas, A. (2008). Evaluación de la uniformidad de distribución del agua de Seis cintas de goteo en condiciones de El Zamorano (Proyecto de graduación del programa de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana), Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5481?mode=full>

6.3 ANEXOS


Anexo 1. Reporte de análisis del suelo


 INIAP <small>INSTITUTE NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693								
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : MARCELO CANDO Dirección : LATACUNGA Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : Provincia : COTOPAXI Cantón : LATACUNGA Parroquia : ELOY ALFARO/SAN FELIPE Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 08/08/2013 Fecha de Ingreso : 09/08/2013 Fecha de Salida : 20/08/2013							
N° Muest. Laborat.	meq/100ml Al+H Al Na	dS/m C.E.	(%) M.O.	Ca Mg Ca+Mg Mg K K	meq/100ml Σ Bases	ppm SO4	ppm β - 0,25	Textura (%) Arena Limo Arcilla	Clase Textural
93756			1,00 B	5,93 3,26 22,61	10,86	16,80	11,00	72 24 4	Franco-Arenoso
93757			1,00 B	4,22 2,37 12,37	5,08	13,70	14,00	72 24 4	Franco-Arenoso
93758			0,90 B	3,57 3,38 15,45	4,77	14,40	11,00	72 24 4	Franco-Arenoso

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Pasta Saturada
M.O. = Dicromato de Potasio
Al+H = Titulación NaOH


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

Anexo 2. Promedios de datos obtenidos en la variable área bajo riego (ABR) expresado en (m²)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R1	
A1B1	0,023	0,023	0,027	0,024
A1B2	0,022	0,017	0,018	0,019
A2B1	0,020	0,023	0,020	0,021
A2B2	0,028	0,025	0,023	0,025
A3B1	0,020	0,020	0,018	0,019
A3B2	0,200	0,018	0,018	0,079

Anexo 3. Datos obtenidos en el coeficiente de uniformidad del gotero (CU) expresado en (%)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	93,000	91,000	90,000	91,330
A1B2	94,000	91,000	91,000	92,000
A2B1	88,000	87,000	86,000	87,000
A2B2	88,000	85,000	84,000	85,660
A3B1	89,000	87,000	86,000	87,330
A3B2	86,000	87,000	84,000	85,660

Anexo 4. Datos obtenidos coeficiente de uniformidad de distribución (UD) expresado en (%)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	89,000	89,000	88,000	88,66
A1B2	85,000	87,000	90,000	87,33
A2B1	83,000	81,000	82,000	82,00
A2B2	85,000	78,000	84,000	82,33
A3B1	79,000	86,000	76,000	80,33
A3B2	75,000	82,000	79,000	78,66

Anexo 5. Datos obtenidos en el coeficiente de uniformidad de la emisión (UE) expresado en (%)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	90,940	91,660	90,560	91,05
A1B2	90,820	90,570	89,250	90,32
A2B1	89,680	90,700	92,860	91,08
A2B2	90,850	89,210	89,920	89,99
A3B1	89,720	90,430	90,820	90,32
A3B2	90,200	90,200	88,230	89,54

Anexo 6. Datos obtenidos en la desviación del caudal medio (Qd) expresado en (%)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			PROMEDIO
	R1	R2	R3	
A1B1	76,810	77,000	76,000	76,06
A1B2	76,060	76,680	75,620	76,12
A2B1	77,180	77,430	77,250	76,28
A2B2	77,430	77,750	77,180	77,45
A3B1	77,180	78,060	77,430	77,55
A3B2	77,310	78,000	77,500	77,60

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

Agricultura sustentable, con un sistema de riego por goteo con la cinta de riego hydrodrip, en la zonas agroecológica con suelos franco-arenosos.

7.1 DATOS INFORMATIVOS

- ✓ Agricultores de zonas agroecológicas con suelos franco-arenosos.
- ✓ Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias.

7.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La presente propuesta se fundamenta en el mejor promedio de eficiencia del área bajo riego obtenido fue para el tratamiento T4 (A1B2: Cinta Hydrodrip x distancia entre laterales 1 m) con 0,0255 m² de área bajo riego por el gotero, de igual manera obtuvo mayor aceptabilidad en el mercado por tener buenas características técnicas, hydroagronómicas, larga vida en campo, demanda en el mercado y por ende mejor rentabilidad, con un sistema de riego semi-tecnificado o tecnificado, resultados obtenidos mediante la investigación “Evaluación de la eficiencia del método de riego por goteo”.

7.3 JUSTIFICACIÓN

Según García, (2002) el sistema de riego por goteo, es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas que permite la utilización óptima de agua y abonos, distribuyendo el agua en forma controlada con una zona de humedecimiento radicular. Esta distribución del agua se transporta a través de tuberías y mangueras a presión, donde en algunos casos, se aprovecha las pendientes que presente el terreno, y en la mayoría de los casos se utiliza un sistema de bombeo y desde este sistema se

conduce el agua a todas las zonas de las raíces de las plantas, regando el agua en una zona localizada, generalmente en plantaciones delicadas o plantaciones controladas, como los invernaderos.

El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia el interior de las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores o goteros.

7.4 OBJETIVO

- ✓ Incentivar al agricultor un uso sustentable del agua, con un sistema de riego por goteo con la cinta de riego Hydrodrip con una distancia entre laterales de 1.00 metro, en suelos franco-arenosos.

7.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Los principales motivos por lo que un sistema de riego por goteo con cinta de riego Hydrodrip con una distancia entre laterales de 1.00 metro debido a las limitantes que varios sectores del país con el recurso agua, además pretender generar una alternativa de sostenibilidad económica para el agricultor mejorando los rendimientos de producción de los cultivos a través del riego.

7.6 FUNDAMENTACIÓN

Las características técnicas e hidráulicas de la cinta de riego Hydrodrip, por tener mejor cobertura de área bajo riego, mismas que mejoran el rendimiento de los cultivos mediante el suministro de fertirriego, en el momento oportuno y la cantidad requerida por el cultivo en diferentes etapas fisiológicas. Estableciendo así que el agricultor opte por semi-tecnificar o tecnificar sus cultivos.

7.7 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.7.1 Análisis químico del suelo.

Se tomará muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o submuestras, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo y se enviará al laboratorio para su respectivo análisis físico - químico del suelo.

7.7.2 Preparación del suelo.

La preparación del suelo consistirá en un pase de arado de discos, un pase de rastra de discos y nivelación del terreno.

7.7.3 Instalación del sistema de riego por goteo.

Como primer paso realizar el diseño de un sistema de riego se tiene que dividir en dos fases diferentes, el sistema operativo y el sistema hidráulico. De esta manera se puede organizar el diseño del sistema de tal manera que no exista ningún factor de error que pueda afectar al funcionamiento en campo del mismo.

7.8 ADMINISTRACIÓN

Representante de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Representantes de los agricultores de la zona

7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Para conocer la aplicación de la cinta de goteo Hydrodrip con distancia entre laterales de 1.00 m, en suelos franco-arenosos, se efectuarán un año después de un proceso de socialización mediante una encuesta a los agricultores, sobre todo de la zona de Pilligloma.