

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE REPOLLO (*Brassica oleracea* L., var. *capitata*), LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) EN ZONA DE MINIFUNDIO.

**PAOLA CRISTINA OBANDO RECALDE.
CARMEN ELENA TÉLLEZ MORA.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
PASTO – COLOMBIA
2006**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE REPOLLO (*Brassica oleracea* L., var. *capitata*), LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y BRÓCOLI (*Brassica oleracea* L.) EN ZONA DE MINIFUNDIO.

**PAOLA CRISTINA OBANDO RECALDE.
CARMEN ELENA TÉLLEZ MORA.**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial,
para optar al título de INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presidente de Tesis
Orlando Benavides Benavides I.A. , M.Sc**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA
PASTO – COLOMBIA
2006**

Nota de aceptación

Firma presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de pasto 8 de Mayo de 2006

“ Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Art. 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1996, emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres por su
Esmero leal.

A mis hermanas por su apoyo
incondicional.

A mi abuelo, ángel de mi guarda.

Carmen Elena Tellez

DEDICATORIA

A mi mama
quien con su ternura, amor y dedicación
me apoya en el camino.

A mi papa quien con cariño y esfuerzo
apoya todo en mi vida.

Paola Cristina Obando Recalde.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseamos agradecer el apoyo del Doctor Orlando Benavides Benavides, Ingeniero Agrónomo, MSc quien trabaja en la Universidad de Nariño y fue nuestro presidente de Trabajo de Grado; a nuestros jurados, Lucio Legarda Burbano, Ingeniero Agrónomo. MSc, Javier García Alzate, Ingeniero Agrónomo, MSc, Jesús Castillo, Ingeniero Agrónomo, PHD.; al profesor Hernando Criollo, Ingeniero Agrónomo. MSc quien nos brindo su colaboración y nos guió para la realización del presente trabajo; así también al Ingeniero Acuícola Roberto Garcia, quien trabaja en la UNIVERSIDAD DE NARIÑO en el departamento de laboratorios; Miguel Ángel Viveros Ingeniero Agrónomo, MSc Cesar Albornoz, Ingeniero Agrónomo que labora en la Granja experimental de la UNIVERSIDAD DE NARIÑO "Botana" y demás personal de la misma.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la ejecución y culminación del presente trabajo.

Paola Obando Recalde.
Carmen Téllez Mora.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1	MARCO TEORICO 22
1.1	DEFINICION DE RIEGO 22
1.2	RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA 23
1.3	RIEGO POR EXUDACIÓN 24
1.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA CINTA GEOTEXTIL EXUDANTE 24
1.3.2	CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CINTA GEOTEXTIL EXUDANTE 25
1.3.3	APLICACIONES Y ESTUDIOS REALIZADOS PARA LA CINTA EXUDANTE 26
1.4	RIEGO POR GOTEO 26
1.4.1	CARACTERÍSTICAS DEL RIEGO POR GOTEO 27
1.4.2	CARACTERÍSTICAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL RIEGO POR GOTEO 29
1.4.3	APLICACIONES Y ESTUDIOS REALIZADOS EN RIEGO POR GOTEO 30
1.5	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE RIEGO DE ALTA FRECUENCIA 31
1.5.1	CABEZAL DE RIEGO 31
1.5.2	EMPALMES Y JUNTAS 31
1.5.3	FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE RIEGO 32
1.6	FACTORES PARA LA IMPLEMENTACION DEL RIEGO POR MICROYUBO 32
1.6.1	EL AGUA EN EL SUELO 32
1.6.2	REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAS PLANTAS 34
1.7	GENERALIDADES DE LAS ESPECIES CULTIVADAS 34
1.7.1	LECHUGA (<i>LACTUCA SATIVA</i>) 34
1.7.2	REPOLLO (<i>BRASSICA OLERACEA L., VAR. CAPITATA</i>) 35
1.7.3	BRÓCOLI (<i>BRASSICA OLERACEA L.</i>) 36
1.7.4	REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA REPOLLO, BRÓCOLI Y LECHUGA 37
2	DISEÑO METODOLOGICO 38
2.1	LOCALIZACION 38
2.2	SUELOS 38
2.3	LABORES DEL CULTIVO 38
2.3.1	SEMILLERO Y PREPARACIÓN DEL TERRENO 38

2.3.2	SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN	38
2.3.3	CONTROL DE MALEZAS	41
2.3.4	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	41
2.3.5	COSECHA	41
2.4	DISEÑO HIDRÁULICO PARA LOS SISTEMAS DE RIEGO	41
2.4.1	SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	45
2.4.1.1	PIEZÓMETROS	46
2.4.1.1.1	CALIBRACIÓN DE PIEZÓMETROS	46
2.4.2	SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION	49
2.4.3	LAMINA DE AGUA APLICADA MEDIANTE LOS SISTEMAS DE RIEGO	50
2.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	52
2.5.1	ÁREA EXPERIMENTAL	52
2.5.2	VARIABLES EVALUADAS	54
2.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	54
2.7	ANÁLISIS ECONOMICO	54
3	RESULTADOS Y DISCUSIONES	55
3.1	APLICACIÓN TOTAL DE AGUA	55
3.2	SEMILLAS	55
3.3	APLICACIÓN TOTAL DE AGUA	56
3.4	VARIABLES EVALUADAS	57
3.4.1	LECHUGA	57
3.4.1.1	PESO DE LA LECHUGA	57
3.4.1.2	RENDIMIENTO DE LA LECHUGA	59
3.4.2	REPOLLO	62
3.4.2.1	PESO DEL REPOLLO	62
3.4.2.2	RENDIMIENTO DEL REPOLLO	63
3.4.3	BROCOLI	66
3.4.3.1	PESO DEL BRÓCOLI	66
3.4.3.2	RENDIMIENTO DEL BRÓCOLI	68
3.5	ANÁLISIS ECONOMICO	70
3.5.1	LECHUGA	71
3.5.2	REPOLLO	71
3.5.3	BRÓCOLI	72
4	CONCLUSIONES	74
5	RECOMENDACIONES	76
	BIBLIOGRAFÍA	77
	ANEXOS	80

LISTA DE CUADROS

	PÁG.
CUADRO 1. FERTILIZACION SUGERIDA PARA REPOLLO, BRÓCOLI Y LECHUGA	37
CUADRO 2. DISTANCIAS DE SIEMBRA.	41
CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS TRES ESPECIES EN LA VARIABLE PESO	58
CUADRO 4. PRUEBA DE TUKEY DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE PESO EN LECHUGA.	59
CUADRO 5. PROMEDIOS DE RENDIMIENTOS EN LAS DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA POR TRATAMIENTO.	59
CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS TRES ESPECIES EN LA VARIABLE RENDIMIENTO	60
CUADRO 7. PRUEBA DE TUKEY DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EN LECHUGA.	61
CUADRO 8. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE F DE TRATAMIENTOS POR ÉPOCA PARA VARIABLE RENDIMIENTO EN LECHUGA.	61
CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE PESO EN REPOLLO.	62
CUADRO 10. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE F DE TRATAMIENTOS POR ÉPOCA PARA VARIABLE RENDIMIENTO EN REPOLLO.	63
CUADRO 11. PRUEBA DE TUKEY DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EN REPOLLO.	64
CUADRO 12. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE F DE TRATAMIENTOS POR ÉPOCA PARA VARIABLE RENDIMIENTO EN REPOLLO.	65
CUADRO 13. PRUEBA DE TUKEY DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE PESO EN BRÓCOLI.	66
CUADRO 14. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE F DE TRATAMIENTOS POR	

ÉPOCA PARA VARIABLE PESO EN BRÓCOLI.	68
CUADRO 15. PRUEBA DE TUKEY DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EN BRÓCOLI.	68
CUADRO 16. PRUEBA DE TUKEY DE TRATAMIENTOS PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO EN BRÓCOLI	69
CUADRO 17. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE F DE TRATAMIENTOS POR ÉPOCA PARA VARIABLE RENDIMIENTO EN BRÓCOLI.	70
CUADRO 18. CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES SEGÚN LAS NORMAS ICONTEC	70

LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
FIGURA 1. DISTANCIAS DE SIEMBRA PARA LOS TRES CULTIVOS.	40
FIGURA 2. INFILTRACIÓN ACUMULADA.	42
FIGURA 3. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN.	43
FIGURA 4. UBICACIÓN DE LOS MICROTUBOS.	44
FIGURA 5. UBICACIÓN DE LOS PIEZÓMETROS EN EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.	47
FIGURA 6. INSTALACIÓN DE LA CINTA EXUDANTE EN EL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION.	48
FIGURA 7. SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION CON LA CINTA EXUDANTE YA ENTERRADA EN CADA UNA DE LAS PARCELAS.	49
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE CULTIVOS EN EL ÁREA EXPERIMENTAL.	52
FIGURA 9. VOLUMEN TOTAL DE AGUA APORTADA POR EL RIEGO EN LAS DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA	54
FIGURA 10. PRECIPITACIÓN DURANTE LAS DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.	55
FIGURA 11. INTERACCIÓN DE LOS DOS TRATAMIENTOS DURANTE LAS DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN LECHUGA.	61
FIGURA 12. INTERACCIÓN DE LOS DOS TRATAMIENTOS DURANTE LAS DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN REPOLLO.	64
FIGURA 13. INTERACCIÓN DE LOS DOS TRATAMIENTOS DURANTE LAS DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA EN BRÓCOLI.	68

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A.** ANÁLISIS DE SUELOS DE LA FINCA BOTANA, VEREDA DE CATAMBUCO.
- ANEXO B.** RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACIÓN DEL SUELO DE BOTANA.
- ANEXO C.** DATOS CORRESPONDIENTES A LA PRECIPITACIÓN, EVAPORACIÓN, TIEMPO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO, LITROS APORTADOS MEDIANTE EL RIEGO POR GOTEO Y EXUDACION POR BLOQUE Y POR SISTEMA, EN UN ÁREA 220,13 M² DURANTE LA PRIMERA SIEMBRA (1 OCT 2004 – 3 ENE 2005).
- ANEXO D.** DATOS CORRESPONDIENTES A LA PRECIPITACIÓN, EVAPORACIÓN, TIEMPO DE RIEGO PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO, LITROS APORTADOS MEDIANTE EL RIEGO POR GOTEO Y EXUDACION POR BLOQUE Y POR SISTEMA, EN UN ÁREA 220,13 M² DURANTE LA SEGUNDA SIEMBRA (11 ENERO 2005 – 15 ABRIL 2005).
- ANEXO E.** VARIABLE PESO DE LAS LECHUGAS OBTENIDAS BAJO RIEGO POR GOTEO EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA
- ANEXO F.** VARIABLE PESO DE LAS LECHUGAS OBTENIDAS BAJO RIEGO POR EXUDACION EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.
- ANEXO G.** VARIABLE PESO DE LAS LECHUGAS OBTENIDOS BAJO EL TRATAMIENTO TESTIGO EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.
- ANEXO H.** VARIABLE PESO DE LOS REPOLLOS OBTENIDOS BAJO RIEGO POR GOTEO EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.
- ANEXO I.** VARIABLE PESO DE LOS REPOLLOS OBTENIDOS BAJO RIEGO POR EXUDACION EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.
- ANEXO J.** VARIABLE PESO DE LOS REPOLLOS OBTENIDOS BAJO EL TRATAMIENTO TESTIGO EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.
- ANEXO K.** VARIABLE PESO DE LOS BRÓCOLIS OBTENIDOS BAJO RIEGO POR GOTEO EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.
- ANEXO L.** VARIABLE PESO DE LOS BRÓCOLIS OBTENIDOS BAJO RIEGO POR EXUDACION DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.

- ANEXO M.** VARIABLE PESO DE LOS BRÓCOLIS OBTENIDOS BAJO TRATAMIENTO TESTIGO EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.
- ANEXO N.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE LECHUGA CON RIEGO POR EXUDACIÓN (HA)
- ANEXO O.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE LECHUGA CON RIEGO POR GOTEO (HA)
- ANEXO P.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE LECHUGA CON EL TESTIGO(HA)
- ANEXO Q.** COSTOS E INGRESOS TOTALES, VALOR PRESENTE NETO Y RELACIÓN BENEFICIO/COSTO ANUAL POR HECTÁREA DE REPOLLO CON RIEGO POR GOTEO, EXUDACIÓN Y TESTIGO.
- ANEXO R.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE REPOLLO CON RIEGO POR EXUDACION (HA)
- ANEXO S.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE REPOLLO CON RIEGO POR GOTEO (HA)
- ANEXO T.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE REPOLLO CON EL TESTIGO(HA)
- ANEXO U.** COSTOS E INGRESOS TOTALES, VALOR PRESENTE NETO Y RELACIÓN BENEFICIO/COSTO ANUAL POR HECTÁREA DE REPOLLO CON RIEGO POR GOTEO, EXUDACIÓN Y TESTIGO.
- ANEXO V.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE BRÓCOLI CON EL RIEGO POR EXUDACIÓN (HA)
- ANEXO W.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE BRÓCOLI CON RIEGO POR GOTEO (HA)
- ANEXO X.** ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL CULTIVO DE BRÓCOLI CON EL TESTIGO (HA)

ANEXO Y. COSTOS E INGRESOS TOTALES, VALOR PRESENTE NETO Y RELACIÓN BENEFICIO/COSTO ANUAL POR HECTÁREA DE REPOLLO CON RIEGO POR GOTEO, EXUDACIÓN Y TESTIGO.

GLOSARIO

CABEZAL DE RIEGO: Elemento que conecta la conducción principal a la red de riego.

CAPACIDAD DE CAMPO: Cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad, donde hay un balance adecuado entre agua y aire.

COEFICIENTE DEL CULTIVO (Kc): Describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

DÉFICIT HÍDRICO: Ocurre cuando la cantidad de agua que entra a un sistema, es menor que la cantidad de agua que sale de él. Equivale a la cantidad de agua que se debe aplicar al cultivo en forma de riego.

EFICIENCIA: Es la proporción de agua total que se aplica al terreno y que es utilizada por el cultivo.

EMPALMES Y JUNTAS: Elementos secundarios en las instalaciones de riego.

EXUDACION: Emisión de agua a través de pequeños poros.

EVAPOTRANSPIRACION: Cantidad de agua que se pierde en forma de vapor y en forma líquida.

GOTEO: Procedimiento en el cual el agua se distribuye puntualmente, sin atomización y sin que se empape el terreno.

MICROTUBO: Gotero con diámetro de 1,1 mm y longitud de 0.9 a 1 m, para caudales promedios de dos L/h.

PIEZOMETRO: Tubo de manguera transparente insertado convenientemente a lo largo de la red de mangueras, que indican la presión de funcionamiento del sistema de riego por goteo.

PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Fuente natural de agua para los cultivos que contribuye disminuyendo los requerimientos de agua utilizada en evapotranspiración.

PUNTO DE MARCHITEZ: Estado en el cual la mayoría de las especies vegetales no pueden succionar el agua contenida en el suelo, debido a la gran fuerza con la que ésta es retenida por las partículas del suelo.

RIEGO: Cantidad de agua necesaria para la producción de los cultivos, excluyendo la lluvia.

TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE: Compuesto de microfibras de polietileno entrecruzadas que forman una malla porosa.

USO CONSUNTIVO: Necesidad de agua por parte de las plantas, equivalente a la evapotranspiración.

Fuente: Orlando Benevides I.A MsC.

RESUMEN

EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN, SE REALIZÓ ENTRE OCTUBRE DE 2003 Y ABRIL DE 2004, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO, BOTANA MUNICIPIO DE PASTO, NARIÑO, UBICADA A UNA DISTANCIA DE SIETE KM DEL MUNICIPIO DE PASTO, CON UNA ALTURA DE 2700 MSNM, TEMPERATURA PROMEDIO DE 12 °C Y HUMEDAD RELATIVA DE 75% DURANTE EL TRABAJO.

PARA REALIZAR EL PRESENTE TRABAJO SE ESTABLECIERON 27 CAMAS CONFORMADAS POR DOS SURCOS DE CADA ESPECIE DE 1.4 * 6,4M, EN CADA CAMA SE SEMBRARON 32 PLANTAS A 0.4M ENTRE PLANTAS, SEPARADAS POR UNA CALLE ENTRE CAMAS DE 0,6M.

EN NUEVE PARCELAS SE INSTALÓ RIEGO POR MICROTUBO, EN LAS OTRAS NUEVE SE INSTALO RIEGO POR CINTA EXUDANTE Y LAS NUEVE RESTANTES FORMARON EL TESTIGO, MANEJÁNDOSE DE ACUERDO AL SISTEMA TRADICIONAL DE LOS AGRICULTORES DE LA ZONA QUE TIENEN COMO ÚNICA FUENTE DE AGUA LA PRECIPITACIÓN NATURAL (LLUVIA). EN LAS PARCELAS SE ESTABLECIERON CULTIVOS DE REPOLLO, LECHUGA Y BRÓCOLI, CADA UNO DE LOS TRES TRATAMIENTOS TUVO TRES REPETICIONES.

LA CANTIDAD DE AGUA APLICADA EN LOS TRES CULTIVOS POR EL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION Y EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO FUE LA MISMA, MIENTRAS QUE EL TESTIGO RECIBIÓ EL APOORTE DE AGUA ÚNICAMENTE POR LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

EN LECHUGA VAR BATAVIA CON EL SISTEMA DE RIEGO POR MICROTUBOS, SE LOGRÓ RENDIMIENTOS PROMEDIOS EN LAS DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA DE 20,27 T/HA, CON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS RESPECTO AL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN Y AL TESTIGO QUE ALCANZARON 16,73 T/HA Y 17,77 T/HA RESPECTIVAMENTE.

EN REPOLLO VAR COPENHAGUE MARKET, EL TRATAMIENTO DE RIEGO POR EXUDACIÓN CON UN RENDIMIENTO DE 53,06 T/HA Y EL RIEGO POR MICROTUBO CON 54,5 T/HA, SUPERARON SIGNIFICATIVAMENTE AL TESTIGO SE OBTUVO UN RENDIMIENTO DE 36,19 T/HA.

EN BRÓCOLI VAR DECCICO, EL SISTEMA DE RIEGO POR MICROTUBO, LOGRÉ UN RENDIDMIENTO DE 12,95 T/HA, SUPERANDO SIGNIFICATIVAMENTE LOS SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN Y EL TESTIGO QUE PRESENTARON RENDIMIENTOS DE 7,58 T/HA Y 5,26 T/HA RESPECTIVAMENTE. A SU VEZ EL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN, SUPERÓ SIGNIFICATIVAMENTE AL TESTIGO

ABSTRACT

ON DEVELOPMENT OF THE PRESENT PROJECT, MADE SINCE OCTOBER 2003 TO APRIL 2004, AT THE EXPERIMENTAL FARMER *BOTANA*, LOCATED TO SEVEN KILOMETERS FROM THE CITY OF PASTO (NARIÑO), WITH A HIGH OF 2700 METERS OVER SEA LEVEL, AND AN AVERAGE TEMPERATURE OF 12° C, AN A RELATIVE HUMIDITY OF 75% DURING THE INVESTIGATION.

TWENTY SEVEN DEMONSTRATIVE SMALL HOLDING WAS ESTABLISHED AND THEY WERE CONFORMED BY TWO FURROWS OF EACH SPECIE, WHAT COVERED A TOTAL AREA OF 660,4 SQUARE METERS.

IN NINE SMALL HOLDING WAS INSTALLED DRIP IRRIGATION USING MICRO TUBES, IN THE OTHER NINE SMALL HOLDING WAS INSTALLED EXUDANTE RIBBON IRRIGATION AND THE OTHER NINE CONSTITUTED THE WITNESS, ANT IT WAS OPERATED ACCORDING TO THE TRADITIONAL SYSTEM OF LOCAL FARMERS WHO HAVE LIKE ONLY ONE WATER SOURCE THE PRECIPITATION. ON THE SMALL HOLDING WAS ESTABLISHED CABBAGE, LETTUCE AND BROCCOLI CROPS , AND EACH ONE HAD THREE RECURRENCES.

THE QUANTITY OF WATER APPLIED ON THE TREE CROPS WITH THE SYSTEM OF EXUDATION IRRIGATION AND DRIP IRRIGATION WAS THE SAME, WHEREAS THE WITNESS RECEIVED THE WATER FROM PRECIPITATION.

THE EFFICIENCY GOTTEN WITH LETTUCE THROUGH USING DRIP IRRIGATION SYSTEM WAS 20,27 TON/HA, 53,06 TON/HA IN CABBAGE, 12,95 TON/HA IN BROCCOLI; SURPASSING IN AVERAGE THE RESULTS OBTAINED WITH EXUDATION IRRIGATION WAS OF 16,73 TON/HA IN LETTUCE; 54,78 TON/HA IN CABBAGE; AND 7,58 TON/HA FOR BROCCOLI. FINALLY, ABOUT THE WITNESS WE COULD GET 17,77 TON/HA IN LETTUCE; 35,35 TON/HA IN CABBAGE; Y 5,26 TON/HA EN BROCCOLI. THIS PRODUCTION WERE THE AVERAGE RESULTED OF BOTH SOWN FIELDS REALIZED DURING THE INVESTIGATION.

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Nariño la aplicación de sistemas de riego en la producción de cultivos es mínima, razón por la cual los rendimientos de los mismos son bajos; este problema se agudiza por las bajas precipitaciones que contribuyen a que las plantas no tengan la producción esperada, por lo cual los productores, en su mayoría pequeños agricultores, tienen menores ingresos y sus cosechas no son rentables (Forero, 1993¹).

Los sistemas de riego por goteo y exudación, ayudan a minimizar pérdidas derivadas por falta de agua y que los cultivos logren buenos rendimientos y por lo tanto mayores ingresos (Legarda, 1988)².

En algunos cultivos de hortalizas se ha experimentado la bondad de los sistemas de riego, especialmente con riego por goteo (microtubo); sin embargo no existen estudios que permitan comparar los sistemas de riego por exudación y por goteo (microtubos) en el departamento de Nariño, dada su similitud en cuanto a los equipos utilizados, por lo tanto es conveniente establecer su comportamiento sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos y así determinar cual es el que brinda más beneficios a nivel agronómico, económico y técnico (Benavides, 1982)³.

El presente trabajo, se realizó para comparar dos sistemas de riego; exudación y goteo, determinando el de mayor adaptación a los cultivos de repollo, lechuga y brócoli, en cuanto a producción y costos; y así ofrecer alternativas de producción bajo riego.

Este trabajo se realizó en la granja de Botana de la Universidad de Nariño, localizada a 7 Km. del municipio de Pasto en el área rural, corregimiento de Catambuco, vereda de Botana, entre septiembre del 2004 y mayo del 2005.

Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo principal de este estudio fue:

1. Comparar los sistemas de riego por exudación y goteo en los cultivos de repollo, lechuga y brócoli; para establecer cual de los dos es mejor para el cultivo de estas

¹ FORERO, A. Riego por goteo en el minifundio colombiano. En: Primer Seminario sobre Tecnología Apropriada para el Sector Rural. Tibaitata, Colombia: s.n. 1993. 19 p.

² LEGARDA, Lucio. El sistema de riego por exudación una alternativa para la producción de cultivos de clima cálido en regiones secas. Pasto. Universidad de Nariño. Colombia. 1988. 50 p.

³ BENAVIDES Orlando. Sistemas de irrigación, Tibaitata, 1982. Tesis de grado (Magister Scenticce). Universidad Nacional de Colombia. ICA. 68 p.

especies en cuanto a producción y rentabilidad; y así orientar a los agricultores en el manejo de estos productos bajo riego.

Como objetivos específicos se investigaron:

- Evaluar la producción de cada uno de los cultivos mencionados con la implementación de los dos sistemas de riego localizado de alta frecuencia: microtubo y exudación.
- Realizar un análisis económico de los dos sistemas de riego localizado de alta frecuencia.

1. MARCO TEORICO

1.1 DEFINICION DE RIEGO

El riego es el agua que llega a la tierra por distintos métodos para facilitar el desarrollo de las plantas. Se practica en todas aquellas partes del mundo donde la precipitación pluvial no suministra suficiente humedad al suelo o bien donde se quieren implantar cultivos de regadío¹.

Esta técnica ha aumentado notablemente la extensión de tierras cultivables y la producción de alimentos en todo el mundo. En 1800 había alrededor de 8,1 millones de hectáreas de regadío en el mundo, cifra que ascendió a 41 millones de hectáreas en 1900 luego a 105 millones de hectáreas en 1950; cifra que sigue día a día aumentando, y en la actualidad se calcula que hay 250 millones de hectáreas cultivadas bajo riego en el mundo y en Colombia 900.000 hectáreas².

Los métodos principales usados en la actualidad para riego de los campos de cultivo son el de superficie, el de aspersión y el riego por goteo³.

El principal problema producido por el riego continuado es la acumulación de sal en las capas superiores del suelo que dificulta e impide el crecimiento o desarrollo de las plantas. Casi todas las aguas empleadas para riego, sea cual sea su origen, contienen algo de sal, que se filtra hasta la capa freática⁴.

Cuando el drenaje es pobre y el nivel de la capa freática se aproxima a las raíces, la concentración de sal dificulta o imposibilita el crecimiento de las plantas. Los buenos sistemas de drenaje que mantienen el nivel de la capa freática por debajo del nivel de las raíces y permiten que el agua arrastre la sal de las capas superiores del suelo, deben ser considerados a la hora de instalar un sistema de riego⁵.

Los sistemas de riego localizado de alta frecuencia (RLFA), permiten un buen crecimiento y desarrollo de la planta si son manejados adecuadamente ya que la planta recibe en forma oportuna el agua que requiere sin exponerse a estrés hídrico, o

¹ DE LA CONCHA, M citado por MUÑOZ y CADENA. Estudio de la lamina de agua aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maí, zapallo, cebolla cabezona, bajo sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

² FAO. Estudio sobre riego y avenamiento. Roma: ONU, 2002. 144p.

³ GOLDBERG, D. Irrigación por goteo- un método para incrementar la producción de la agricultura bajo condiciones de aguas salinas y suelos adversos. Israel: 1990. 115p.

⁴ DE LA CONCHA, Op. cit

⁵ PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frecuencia (RLFA) Goteo, microaspersión, exudación. Madrid, España: Mundiprensa, 1986.158 p.

a condiciones de encharcamiento que en ambos casos pueden perjudicar el normal desarrollo del cultivo¹.

Existen varios sistemas RLFA entre ellos encontramos la microaspersión, goteos de ducto largo: microtubos; helicoidales, goteros laberinto, orificio, vórtice, autocompensados, mangueras y cintas exudantes, para tener éxito con estos riegos se debe regar lo justo, regar de más puede causar problemas; regar a destiempo resulta ineficiente. En ambos casos se pierde agua y dinero².

Es necesario tener un método de medición del riego que permita determinar con precisión cuando y cuanto regar, cuando comenzar y cuando realizar el ultimo riego, para decidirlo hay que conocer la cantidad de agua que requieren los cultivos durante su desarrollo y realizar un balance entre la oferta de agua disponible y la cantidad requerida por las plantas³.

Es necesario tener en cuenta a la hora de instalar el sistema de riego para un cultivo todos los factores tales como el movimiento del agua en el suelo, clima, requerimientos hídricos de las plantas y las generalidades de los cultivos⁴.

1.2 RIEGO LOCALIZADO DE ALTA FRECUENCIA

Como su nombre lo dice, se caracteriza porque al aplicar al riego, el agua llega una zona determinada y solo humedece la parte del suelo deseada, trabajando con cantidades de agua menores y disminuyendo las pérdidas por regar un bulbo de agua pequeño, en consecuencia la localización del riego obliga a que sea necesario aplicarlo con una alta frecuencia, siendo posible aplicarlo todos los días, incluso si las condiciones climáticas y del cultivo lo exigen, se lo puede repetir por que el volumen de suelo humedecido es reducido y por tanto no se almacena mucha agua, siendo preciso aplicar dosis pequeñas de riego. Por consiguiente para satisfacer las necesidades del cultivo, las dosis se deben aplicar con una frecuencia relativamente alta.⁵

Entre los tipos de riego localizado de alta frecuencia se incluyen el riego por goteo de ducto largo: helicoidales y microtubos, de orificio, autocompensados, laberinto, goteo, vértice, microaspersión y exudación⁶.

1.3 RIEGO POR EXUDACIÓN

¹ INAT. Influencia del riego en los cultivos. Lugar: www.inat.gov.co. 1993

² LEGARDA, Lucio y GARCIA, Roberto. Manual de riego agrícola. Pasto. Uned, 2002. 181 p.

³ DOOREMBOS, Jhon. y KASSAM, Jack. Riego permanente de huertos por goteo y aspersión . Bucarest, Rumania: FAO, 1990. 126 p.

⁴ INAT, Op. Cit., p 23

⁵ LEGARDA, Lucio y GARCIA, Roberto. Manual de riego agrícola. Pasto: Uned, 2002. 181 p.

⁶ Ibid, p 23

El sistema de riego por exudación es RLAF, no tiene ninguna separación entre gota y gota en toda su longitud y perímetro, por eso el riego es homogéneo, el tubo geotextil empleado está fabricado de poliéster impregnado por una resina⁵.

El tubo poroso está asignado para promover el crecimiento de raíces y eliminar los ciclos de poca o demasiada agua. Este se puede instalar debajo de la tierra, dispersándose el agua uniformemente en la zona de las raíces suministrando humedad a estas áreas².

Toda la superficie que se encuentra sobre la cinta geotextil exudante esta sometida a riego ya que esta libera agua por capilaridad en función de la presión utilizada, produciendo una línea de humedad en todo su recorrido formando una franja de humedad continua en el terreno que se extiende por toda su longitud³.

Para la instalación de este sistema de riego se deben tener en cuenta: las características del equipo y el funcionamiento con el fin de que opere en las mejores condiciones, además de que dure lo estipulado por los creadores para una mayor economía⁴.

1.3.1 Características de la cinta geotextil exudante

La cinta geotextil exudante, es también llamada tubo CT (cinta tubo); porque cuando se encuentra en funcionamiento forma un tubo y al dejar de regar queda en forma de cinta; es flexible, enrollable y resistente, por sus materiales tiene cualidades como mayor duración que otros materiales utilizados en riego tales como las tuberías de PVC, no se pudre, no le afectan las temperaturas extremas y tiene gran resistencia a la tracción y al reventamiento⁵.

Las pruebas de laboratorio realizadas a la CT muestran una alta resistencia al reventamiento, alcanzando una resistencia hasta de 1,03 PSI cuando la cinta es nueva, 0,75 PSI cuando la cinta es usada por mas de cinco años⁶.

Se manifiesta que la durabilidad de cinta es de 30 años aproximadamente, siendo

⁵ MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE. Citado por OJEDA, Luis. Evaluación de riego por exudación en el cultivo de lechuga bajo cubierta, mediante el uso de tensiometros. Pasto, 1995. En: Tesis de grado (ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

² Ibid., p 24

³ DE LA CONCHA, M. citado por MUÑOZ y CADENA. Estudio de la lamina de agua aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maí, zapallo, cebolla cabezona, bajo sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

⁴ Ibid., p 24

⁵ MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE, Op. Cit., p 24

⁶ Ibid., p 24.

resistente a los rayos ultravioletas, abonos líquidos y herbicidas¹.

1.3.2 Características de funcionamiento de la cinta geotextil exudante

La cinta geotextil exudante produce una línea ancha y continua de humedad que proporciona una franja homogénea de agua en toda su longitud, obteniendo un ahorro de agua hasta del 60% y se necesita una presión de dos a cinco metros de columna de agua².

La presión mínima requerida por la cinta geotextil exudante es de 2,92 PSI, lo que no ocurre con otros sistemas de riego como es el de goteo (14,6 PSI) y microaspersión (29,2 PSI) que también son riegos localizados de alta frecuencia³.

Se afirma que el riego por exudación a baja presión permite que la distribución del agua se realice por fuerzas capilares con una amplitud horizontal, logrando humedecer la zona radicular de 10 cm de profundidad. El tubo exudante libera mayor caudal cuando el suelo se encuentra seco y disminuye cuando aumenta el porcentaje de saturación del suelo⁴.

La cinta geotextil exudante tiene un caudal máximo de dos litros por hora por metro lineal cuando el suelo está seco, este caudal disminuye progresivamente cuando aumenta el porcentaje de saturación del suelo hasta regar caudales de 0,10 litros por hora por metro lineal⁵.

El mismo autor afirma que el tubo puede ir en la superficie, cubierto o enterrado de tal manera que el agua y el fertilizante llegue directamente a la raíz de la planta. No produce un flujo turbulento y no ocasiona problemas de erosión; en pendientes mayores del dos al tres por ciento se instala de acuerdo a las curvas de nivel⁶.

1.3.3 Aplicaciones y estudios realizados para la cinta geotextil exudante

¹ DE LA CONCHA, citado por MUÑOZ y CADENA. Estudio de la lamina de agua aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maí, zapallo, cebolla cabezona, bajo sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

² MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE. Citado por OJEDA, Luis. Evaluación de riego por exudación en el cultivo de lechuga bajo cubierta, mediante el uso de tensiometros. Pasto, 1995. En: Tesis de grado (ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

³ MONTOYA, M. MUÑOZ y CADENA. Estudio de la lamina de agua aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maí, zapallo, cebolla cabezona, bajo sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

⁴ OJEDA, Luis. Evaluación de riego por exudación en el cultivo de lechuga bajo cubierta, mediante el uso de tensiometros. Pasto, 1995. En: Tesis de grado (ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

⁵ Ibd., p 25.

⁶ OJEDA, Luis. Evaluación de riego por exudación en el cultivo de lechuga bajo cubierta, mediante el uso de tensiometros. Pasto, 1995. En: Tesis de grado (ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

El sistema de riego por exudación se puede utilizar en horticultura, floricultura, invernaderos, cultivos extensivos de algodón, tabaco, maíz, remolacha y la mayoría de los cultivos; en piscicultura y acuicultura se utiliza para oxigenación del agua¹.

En un cultivo de maíz, utilizando riego por exudación, se logró una producción de 7,2 t/ha, los mismos autores obtuvieron cosechas de 2 t/ha de maní, 36,1 t/ha de cebolla, 31,3 t/ha de sandía, 23,8 t/ha de zapallo; estos rendimientos obtenidos en los respectivos ensayos superaron las producciones logradas en la región correspondiente al corregimiento de Remolino, Nariño².

El sistema de riego por exudación puede presentar ventajas frente a otros sistemas, así que el servicio de extensión agrario de Israel, ha comprobado que se presenta obturación de los goteros en el sistema de riego por goteo ocasionados por las raíces de las plantas, mientras que en los cultivos hidropónicos esto no ocurre con la utilización del tubo geotextil exudante C.T. (cinta tubo) al ser un sistema que no conserva agua en su interior al finalizar el riego³.

1.4 RIEGO POR GOTEO

El "riego clásico por goteo" se define como un procedimiento en el cual el agua se distribuye puntualmente, sin atomización y sin que se empape el terreno, la densidad de puntos de riego permite que los horizontes que reciben el agua estén adecuadamente humectados, mientras permanece seca la mayor parte de la superficie⁴.

El riego por goteo, es un método donde el agua y los fertilizantes pueden ponerse directamente de la zona radicular, esto gracias a un emisor especialmente diseñado para caudales reducidos. Este emisor "goteador" permite una aplicación diferencial y tridimensional del agua manteniendo bajos niveles de tensión suelo-agua⁶.

El riego por goteo permite que haya un régimen de humedad bastante elevado, el cual predomina dentro de los límites claramente definidos del bulbo o área mojada, lo cual

¹ MONTOYA, M. citado por MUÑOZ y CADENA. Estudio de la lamina de agua aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maí, zapallo, cebolla cabezona, bajo sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

² MUÑOZ, M. Y CADENA, V. Estudio de la lamina de aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maní, zapallo, cebolla cabezona, bajo el sistema riego por exudación en el corregimiento de Remolino, Nariño. Pasto, 2001. 152 p. Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas.

³ DE LA CONCHA, M. citado por MUÑOZ y CADENA. Estudio de la lamina de agua aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maí, zapallo, cebolla cabezona, bajo sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

⁴ BLACK, J. Corriente de irrigación diaria. Australia: Ministerio de Agricultura, 1997. 72 p

⁶ HALEVY, I. y ZOHAR, Y. Riego por goteo. Israel: Ministerio de Agricultura, 1993. 46p

permite el rápido desarrollo de ramificaciones de raíces estrechamente entrelazadas y de raicillas vivas².

Se ha observado en el perfil del suelo que el total de raíces por planta en los arrollamientos alrededor del goteador pudo igualar, y en algunos casos sobrepasar, al de una planta análoga, regada mediante técnicas de cubrimiento total de área, no obstante la distribución espacial de las raíces es mucho más amplia en el segundo caso³.

Las aplicaciones de agua mediante el riego por goteo al ser frecuentes pueden renovar inmediatamente la humedad en la zona del suelo agotada, o al menos satisfacer de inmediato las necesidades del consumo periódico, alcanzándose niveles de agua disponible y elementos nutritivos muy elevados⁴.

El procedimiento de riego por goteo posee una elevada eficiencia potencial en la aplicación de agua y su utilización por los vegetales, en condiciones adecuadas y ofrece perspectivas de aumentar los rendimientos⁵.

1.4.1 Características del riego por goteo con microtubos

El riego por goteo es un método eficaz, en regiones carentes de precipitación pluvial y para cultivos totalmente a cubierto⁶.

El riego por goteo se caracteriza por que permite la infiltración directa del agua en el suelo combinada con una expansión lateral superficial sumamente limitada, de forma que se evitan casi todas las pérdidas de agua que puedan presentarse, o en todo caso, resultan insignificantes⁷.

El riego por goteo tiene ventajas como:

- Economía de agua.
- Mejor reacción de los cultivos.
- Ahorro de mano de obra.

² Ibid., p 26

³ SHANI, M. y DAN, H. Informe de riego por goteo y métodos similares. Instituto de hidráulica agrícola. Pisa, Italia: 2002. 123p.

⁴ Ibid., p 27

⁵ HALEVY, I. y ZOHAR, Y. Op. Cit., p 26

⁶ GOLDBERG, D. Irrigación por goteo- un método para incrementar la producción de la agricultura bajo condiciones de aguas salinas y suelos adversos. Israel: 1990. 115p.

⁷ HALEVY y ZOHAR, Riego por goteo. Israel: Ministerio de Agricultura, 1993. 46p

- Utilización óptima y economía de los fertilizantes.
- Menos malezas, y por tanto menor necesidad de combatirlas.
- Ahorro en plaguicidas y en la lucha contra las enfermedades.

El riego por goteo, también tiene algunas limitaciones, entre estas tenemos:

- Obstrucción de goteros.
- Peligro de salinidad.
- Distribución de humedad no uniforme.
- Costo inicial elevado, comparado con los sistemas de riego por aspersión de tipo portátil.
- Suelo seco y formación de polvo durante operaciones mecánicas.
- Necesidad de utilizar personal con conocimientos técnicos para la instalación y el funcionamiento.

Las posibles dificultades citadas anteriormente disminuyen si se mantiene una adecuada vigilancia, además el riego por goteo permite la infiltración directa del agua en el suelo combinada con una expansión lateral superficial sumamente limitada, de forma que se evitan casi todas las pérdidas de agua o en todo caso, resultan insignificantes ¹.

En ciertos cultivos, el riego por goteo puede favorecer la reacción de las plantas, tanto en rendimiento y en eficacia del riego como en resultados económicos, ventajas estas que compensan y justifican los gastos, relativamente elevados de inversión y de inventiva².

Otra característica del riego por goteo es la utilización de un equipo de precisión como aquel en el que el agua se distribuye por tubos capilares³.

Los tubos capilares o goteros, pueden tener en los extremos piezas roscadas que actúan a manera de pequeños grifos, lo cual permite regular a voluntad el proceso de formación de gotas. Es ideal que el riego se combine con la distribución de fertilizantes⁴.

1.4.2 Características del funcionamiento del riego por goteo con microtubos

¹ GOLDBERG, D. Op. Cit., p 27.

² HALEVI y ZOHAR. Riego por goteo. Irrael: 1990.115p.

³ KEREN, Z. Especificaciones de fabricantes y comunicaciones. Israel. 2003. 20p.

⁴ HALL, B. Comparación de goteo y riego en surcos para el mercado de tomates. EE.UU. 2002. 28p.

El goteador, como parte del sistema regante, es sometido a presiones relativamente elevadas, funciona como un pequeño regulador de caudal, aportando las pérdidas de presión necesarias para reducir el flujo a los pequeños valores requeridos¹.

Los goteadores pueden clasificarse en dos tipos, desde el punto de vista hidráulico:

Goteadores de orificios a estrangulamiento, son tubos capilares con diámetro interior muy pequeño, pueden originar pérdidas considerables y reducen el flujo de salida².

Los goteadores de orificio a estrangulamiento se clasifican como: goteadores de tipo largo, en donde las pérdidas se deben al rozamiento del agua contra las paredes de un tubo capilar relativamente largo; goteador a turbulencia, este dispositivo permite que el agua entre tangencialmente a entrar en una cámara circular y le obliga a formar torbellino³.

Microtubos o espaguetis. Estos goteros son fabricados de material de desecho, tienen un diámetro de 1,1 mm y una longitud de 0,90 á 1 m para caudales promedios de dos litros por hora. Para lograr el goteo se insertan a presión a la tubería lateral, que tiene un diámetro de ½ pulgada, estos son desmontables⁴.

Estos goteadores (microtubos), son muy susceptibles a la obstrucción y taponamiento debido a la materia orgánica en suspensión, depósitos y precipitados químicos, arenas, limos y oxidación de los tubos⁵.

Para evitar lo anterior es fundamental hacer limpieza de cada goteador (microtubo), pero esto solo es posible con los tipos desmontables, un procedimiento sencillo y eficaz de disminuir los peligros de obstrucción es dejar que corra el agua libremente, con la mayor frecuencia posible, por tubos y laterales, que han de permanecer abiertos durante un tiempo prudencial, además tratar las causas que ocasionen taponamiento mediante la reutilización⁶.

Es de gran utilidad a la hora de calibrar el sistema de riego, para obtener la cantidad de agua o caudal requerido, el uso de *piezómetros*¹.

¹ KEREN, Z. Especificaciones de fabricantes y comunicaciones. Israel. 2003. 20p.

² KEREN,. Op. Cit., p 28.

³ Ibid., p 29

⁴ Ibid., p 29

⁵ Ibid., p 29

⁶ Ibid., p 29

¹ REUVENI, O. Diseño de un sistema de riego por goteo. Israel: Secretaría de agricultura. 2001. 98p.

Los piezómetros son tubos de manguera transparente, insertados convenientemente a lo largo de la red de mangueras; que indican la presión de funcionamiento del sistema de riego por microtubo².

1.4.3 Aplicaciones y estudios realizados en riego por goteo con microtubos

El sistema de riego por microtubo se puede utilizar en diferentes cultivos como la horticultura, floricultura, invernaderos y cultivos extensivos³.

En trabajos de investigación con el método de riego por microtubos, se obtuvo buenos resultados en lechuga; con un factor de evaporación (Kc) del tanque tipo A, igual a 1,0 logró una producción de 52,05 t/ha sobrepasando al promedio nacional registrado en los diez años anteriores y a la producción del testigo de 14,47 t/ha⁴.

En la granja de la Universidad de Nariño "Botana", municipio de Pasto realizaron estudios con el fin de comparar seis módulos de riego por goteo en tres variedades de repollo y tres variedades de lechuga, reportando que el mejor tratamiento de repollo (variedades Quintal, Redondo y Bola Verde) produjo 63.53 t/ha con una lamina de riego de 1.1, mientras el testigo sin riego 19.49 t/ha⁵.

En ensayos con riego por goteo en Tibaitata (Colombia) encontraron producciones de repollo (var. Bola Verde) de 52 t/ha, superiores a la producción media de 15 t/ha⁶.

En la granja experimental de la Universidad de Nariño "Botana", municipio de Pasto se realizaron estudios con el fin de comparar seis módulos de riego por goteo en tres variedades de repollo y tres variedades de lechuga, encontrando que el mejor tratamiento en lechuga variedad Batavia fue de 24,85 t/ha con una lamina de riego Kc = 1.0 ETP (evapotranspiración) comparada con el testigo que alcanzó 15.2 t/ha¹.

1.5 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Los sistemas de riego se componen principalmente de tuberías para la conducción del agua de riego, las cuales se clasifican como principales y de segundo orden según su ubicación y diámetro; en muchos países es corriente utilizar tubos de PVC; sin

² Ibid, p 30

³ ROLLAND, F. Riego por goteo. Israel: Ministerio de Agricultura. 1993. 46p

⁴ Ibid. P 30

⁵ ERAZO, Y. y CHARRY, E. Evaluación de seis laminas de riego por goteo en repollo y lechuga en Botana, Pasto, 1987. 55 p. trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

⁶ FORERO, A. Riego por goteo en el minifundio colombiano. En: Primer Seminario sobre Tecnología Apropriada para el Sector Rural. Tibaitata, Colombia: s.n. 1993. 19 p.

¹ ERAZO, Y. y CHARRY, E. Evaluación de seis laminas de riego por goteo en repollo y lechuga en Botana, Pasto, 1987. 55 p. trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

embargo el empleo de los tubos de polietileno, tiene ventajas como la conservación durante muchos años de sus cualidades mecánicas, pues estos no están sujetos a corrosión y son químicamente neutros, además el coeficiente de flujos elevados y el efecto de la radiación solar es nulo; pero una de las principales desventajas son los elevados costos².

Las conducciones principales y secundarias deben ir enterradas a una profundidad segura para evitar daños ocasionados por herramientas, maquinas o animales³.

1.5.1 Cabezal de riego

Es el elemento que conecta la conducción principal a la red de riego. Normalmente comprende una válvula medidora, una válvula de retención, una válvula de aire, un deposito o tanque de fertilizante, un filtro y un manómetro⁴.

1.5.2 Empalmes y juntas

Constituyen elementos relativamente secundarios en las instalaciones de riego, pero tienen decisiva importancia debido a las posiciones clave que controla. Los empalmes y juntas defectuosos pueden causar serios inconvenientes y comprometer seriamente la eficacia del sistema, en igual y aún mayor medida que en los sistemas de conducción cerrada⁵.

Los dos modelos principales que predominan en cuanto a construcción son:

- **Externo:** el extremo del tubo se introduce en la junta, en la que se mantiene firmemente mediante las muescas circulares de su cara interna. Durante el funcionamiento la presión hidráulica ayuda reforzar la conexión¹.
- **Interno:** las muescas circulares exteriores de la junta, en su extremidad, son ajustadas en la pared interior de la parte terminal del tubo².

En ambos casos, la durabilidad de la unión y su capacidad para resistir esfuerzos están condicionadas por la forma, tamaño y el filo de las muescas³.

² REUVENI, O. Diseño de un sistema de riego por goteo. Israel: Secretaría de agricultura. 2001. 98p.

³ Ibid., p 31

⁴ Ibid., p 31

⁵ SHANI, M. y DAN, H. Informe de riego por goteo y métodos similares. Instituto de hidráulica agrícola. Pisa, Italia: 2002. 123p.

¹ SHANI, M. y DAN, H. Informe de riego por goteo y métodos similares. Instituto de hidráulica agrícola. Pisa, Italia: 2002. 123p

² Ibid., p 31

³ Ibid., p 31

1.5.3 Factores que afectan la eficiencia de los sistema de riego

Los factores que afectan la eficiencia del sistema de riego: la variación máxima de caudal del 10% respecto al valor medio, entre todos los goteadores controlados simultáneamente por un cabezal; suficiente presión inicial a fin de hacer frente a las pérdida de carga acumulativa; las pérdidas de presión necesarias en los diversos elementos del sistema; los aumentos y pérdidas debidos a las características topográficas y del suelo; las pérdidas específicas inherentes al tipo de goteador; el valor máximo de perdidas de presión admitido en el filtro; la energía necesaria para su funcionamiento y un control satisfactorio de las fugas y de las obstrucciones⁴.

1.6 FACTORES PARA LA IMPLEMENTACION DEL RIEGO

1.6.1 El agua en el suelo

El agua y el aire ocupan el espacio poroso en el suelo. Cuando un suelo se satura, todos sus poros son ocupados por agua, si el contenido de agua disminuye, los poros grandes son los que primero se quedan vacíos. El conocimiento de tales propiedades hidrodinámicas del suelo son importantes para la selección del método del riego y la programación del mismo⁵.

La capacidad de campo es otra propiedad hidrodinámica que hace referencia a la cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad, el contenido de humedad por encima de este punto, es aquel que drena y se pierde en el suelo por escorrentía en la superficie o percolación por debajo de las raíces de las plantas y es importante en la implementación del riego ya que un sistema de riego debe buscar alcanzar dicha capacidad y no sobrepasarla, para evitar al máximo perdidas de agua como las citadas anteriormente¹.

Una vez se alcanza la capacidad de campo las plantas absorben el agua a través de las raíces, hasta un punto en el cual estas no tienen la capacidad suficiente para vencer las fuerzas internas en el suelo y por ello no pueden cumplir la función de extraer el agua, este punto se llama punto de **marchites permanente** y si en un cultivo se deja agotar el contenido de humedad a tal punto, las consecuencias son funestas para la producción; un manejo adecuado del sistema de riego no debe permitir que se alcance el punto de marchites².

⁴ REUVENI, O. Diseño de un sistema de riego por goteo. Israel: Secretaría de agricultura. 2001. 98p.

⁵ SHANI y DAN, Op. Cit., p 31

¹ DOOREMBOS, Jhon. y KASSAM, Jack. Riego permanente de huertos por goteo y aspersión . Bucarest, Rumania: FAO, 1990. 126 p.

² Ibid., p 32

El manejo de un sistema de riego conlleva también el uso de definiciones tales como la **lamina de riego**, que es la cantidad de agua por lluvia o riego que cae sobre una superficie determinada, se calcula para regar la cantidad exacta de agua aplicar de acuerdo a los requerimientos hídricos de un cultivo y las condiciones climáticas. La lamina es comúnmente expresada en mm y es calculada como el volumen de agua en litros sobre el área de influencia en metros cuadrados (m^2)³.

Otro de los parámetros de gran importancia en la explotación agrícola de los suelos es la velocidad de entrada del agua a ellos. El agua puede venir de la precipitación pluvial o del sistema de riego utilizado en el cultivo, esta propiedad se llama **infiltración** y es importante para la implementación de un sistema de riego ya que de sobrepasar la velocidad de infiltración se provocaría encharcamientos y por ende pérdidas de agua⁴.

La tasa de infiltración está a su vez relacionada con la textura, estructura, presencia de capas impermeables o porosas y el contenido de humedad del suelo⁵.

Existen diferentes métodos para medir la infiltración, pero el más recomendado o usado es el de los anillos o cilindros concéntricos, donde se utilizan dos anillos huecos, una regla graduada o escalímetro con un gancho indicador⁶.

1.6.2 Requerimientos hídricos de las plantas

El óptimo desarrollo de las plantas está regulado por las condiciones climáticas, la disponibilidad de agua y la disponibilidad de nutrientes¹.

Las hortalizas cumplen un ciclo vegetativo, que comprende las etapas de: germinación, desarrollo, maduración y cosecha. Así mismo los requerimientos hídricos varían para cada una de estas fases, siendo determinados mediante el comportamiento de las curvas de "coeficiente del cultivo (Kc)"².

El **coeficiente de cultivo**, o coeficiente cultural (Kc) es un coeficiente de tipo empírico que relaciona el consumo de agua con la etapa de desarrollo del cultivo³.

³ Ibid., p 32

⁴ LEGARDA, Lucio. El sistema de riego por exudación una alternativa para la producción de cultivos de clima cálido en regiones secas. Pasto. Universidad de Nariño. Colombia. 1988. 50 p.

⁵ Ibid., p 32

⁶ VERGARA, M. manejo integral de cultivos en suelos bajo riego. Fusagasuga: CECIL, 1996. 153p.

¹ VERGARA, M. manejo integral de cultivos en suelos bajo riego. Fusagasuga: CECIL, 1996. 153p.

² Ibid., p 33

³ LEGARDA, Lucio y GARCIA, Roberto. Manual de Riego Agrícola. Pasto. Universidad de Nariño. Colombia. 2002. 183p.

El coeficiente de cultivo es un factor fundamental para realizar los cálculos de lamina de agua a aplicar, así como lo es la evapotranspiración; estos factores son variables necesarias para el calculo de dicha formula⁴.

La **evapotranspiración** corresponde a la pérdida de humedad del suelo y del aire adyacente a la superficie por dos procesos, evaporación y transpiración de la planta⁵.

1.7 GENERALIDADES DE LAS ESPECIES CULTIVADAS

1.7.1 Lechuga (*Lactuca sativa*)

Pertenece a la familia compositae y al orden campanulares. Las raíces pueden llegar a 60 cm de profundidad, pero la mayor parte se desarrolla en los primeros 25 cm de suelo. La planta es herbácea, delicada, de tallo diminuto no ramificado, del cual salen las raíces y las hojas, las ultimas son grandes, lisas o crespas y de color verde, desde el amarillento hasta el oscuro⁶

La lechuga no exige periodo de frío para florecer, las flores son hermafroditas y el fruto es un aquenio seco, simple o indehiscente, la cosecha se realiza a los 60 ó 110 días dependiendo de la variedad y condiciones ambientales⁷

En general la temperatura apropiada para el desarrollo es de 15° á 18°C, necesita suelos con pH de 6 á 6,8; fértiles, francos o franco arenosos y ricos en materia orgánica, requiere humedad permanente del suelo pero bajo un buen drenaje, el cultivo demanda de 400 á 500 mm de agua durante el ciclo vegetativo¹

Para la siembra se necesitan 600 gramos de semillas con una germinación mínima de 70% para una hectárea; la lechuga es exigente en nitrógeno y potasio, además necesita deshierbas².

Las principales variedades de lechuga son Great Lakes, Imperial, Boston y Grifon, Simpson, Dark Green, Cos y Parris; las más generalizadas a nivel departamental son Batavia y Climax³.

⁴ LAS PALMERILLAS. Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería. www.laspalmerillas.com. 2003.

⁵ Ibid., p 33

⁶ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. En: Primer Curso Nacional de Hortalizas. Conferencias/ el instituto. Mosquera. Bogotá: ICA, 1996. 285 p.

⁷ Ibid., p 33

¹ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. En: Primer Curso Nacional de Hortalizas. Conferencias/ el instituto. Mosquera. Bogotá: ICA, 1996. 285 p.

² MARULANDA, C. Cultivo de hortalizas en la amazonía colombiana. Bogota: Corporación Araracuara, 1998. 45 p.

³ Ibid., p 34

En la lechuga variedad Batabia, la germinación está garantizada en un 95% con una pureza del 99%⁵.

En los principales municipios productores de esta hortaliza en Nariño, los rendimientos son de 17 t/ha⁴.

A nivel nacional los principales departamentos productores de lechuga alcanzan un rendimiento promedio de 15,2 t/ha⁵.

1.7.2 Repollo (*Brassica oleraceae*)

Pertenece a la familia de las crucíferas, la mayoría de las variedades de repollo se adaptan a una amplia franja de temperatura. Son de cabeza globular muy compacta, uniformes, resistentes al impacto, se adaptan al calor y al frío y a diferentes alturas sobre el nivel del mar⁶.

Entre las principales variedades se encuentran: corazón de buey (cónico y de punta roma); Copenhagen Market (redondeado y compacto); Danish; Bola Verde y entre los híbridos están: A.S. Cross; Esmerald cross; Tokio pride⁷.

En Nariño la variedad de mayor demanda Copenhagen Market (cabeza grande con un peso promedio de 800 g)⁸, para esta variedad, la germinación está garantizada en un 95% con una pureza del 99%¹ y necesita dos libras/ha de semillas.

El repollo es bianual y requiere en periodo de frío para pasar de la fase vegetativa a la reproductiva. Las flores son hermafroditas y es común la polinización cruzada, aunque se presenta la auto polinización².

El fruto es una cápsula llamada silicua, las semillas son pequeñas con alto contenido de aceite y sin endospermo; la germinación tarda de tres a cuatro días y las plántulas se pueden transplantar después de cuatro a seis semanas. El periodo vegetativo oscila entre 85 a 110 días³.

⁵ SEMILLAS ALEJANDRO LOPEZ. Importado y Empacado por Semillas Alejandro Lopaz. Caali: Colombia. 2003

⁴ SECRETARIA DE AGRICULTURA. Consolidado agropecuario agrícola y pesquero. Nariño, 2001. 24 p.

⁵ ASOHOFrucOL. Calidad de los cultivos. Lugar: www.asohofrucol.co

⁶ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, Op. Cit., p 34

⁷ Ibid., p 34

¹ SEMILLAS ALEJANDRO LOPEZ. Importado y Empacado por Semillas Alejandro Lopaz. Caali: Colombia. 2003

² INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. En: Primer Curso Nacional de Hortalizas. Conferencias/ el instituto. Mosquera. Bogotá: ICA, 1996. 285 p.

³ MARULANDA, C. Cultivo de hortalizas en la amazonía colombiana. Bogota: Corporación Araracuara, 1998. 45 p.

La mayoría de las raíces se encuentran en los primeros 20 a 30 cm del suelo, extendidas unos 30 cm, las hojas son numerosas y grandes, recubiertas por una capa cerosa y se superponen formando una cabeza, el aspecto y forma varían, las hay verdes, rojas, lisas, crespas, lobulares⁵.

En los principales municipios productores de esta hortaliza en Nariño, los rendimientos oscilan entre 23 a 25 t/ha (Secretaría de Agricultura Nariño, 2004). A nivel nacional los rendimientos promedio de los principales departamentos productores de la hortaliza son de 30,9 t/ha⁶.

1.7.3 Brócoli (*Brassica oleracea* L.)

La planta es muy semejante a la coliflor; pero es más alta y su inflorescencia es verde violeta, mas pequeña y menos apretada y es menos exigente en cuanto a suelos y clima, se transplanta después de tres a cuatro semanas de estar en semillero y el periodo vegetativo es de 90 a 105 días después del transplante (ICA, 1996)⁷.

La cosecha se realiza de 52 a 60 días después del transplante y se debe hacer antes de que la cabeza principal abra las flores⁸.

Las principales variedades son Calabres, Italian Green Sprouting, Decicco, Waltham 29, Green Mountain, a nivel del departamento de Nariño la variedad mas utilizada es Legasi. Para el brócoli variedad Decicco, la germinación está garantizada en un 95% con una pureza del 99%¹.

En Brócoli no hay estudios reportados en el departamento de Nariño, a nivel nacional el rendimiento promedio de los principales departamentos productores de esta hortaliza es de 20 t/ha².

1.7.4 Requerimientos nutricionales para Repollo, brócoli y lechuga.

La fertilización para los tres cultivos se hace al momento de la siembra, así mismo se recomienda aplicar 150 a 200 k/ha de un NPK equilibrado para lechuga, de 200 a 250 k/ha de NPK equilibrado para repollo y brócoli³.

⁵ Ibid., p 35

⁶ ASOHOFrucOL. Calidad de los cultivos. Lugar: www.asohofrucol.co

⁷ Ibid., p 35

¹ ASOHOFrucOL. Calidad de los cultivos. Lugar: www.asohofrucol.co

² Ibid., p 36

³ SAÑUDO, B. Cultive técnicamente hortalizas. Pasto: ministerio de agricultura y desarrollo rural, Universidad de Nariño, 2003. 12p.

De la misma forma para repollo, brócoli y lechuga se recomienda aplicar 20 k/ha de elementos menores y secundarios⁴.

Otros autores, sugieren para las mismas especies vegetales una fertilización con base en elementos como tal sin tener en cuenta las fuentes, en el Cuadro 1 se observan las sugerencias de estas fertilizaciones⁵.

Cuadro 1. Fertilización sugerida para repollo, brócoli y lechuga.

CULTIVO	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	t/ha
	N	P2O5	K2O	Ca	Mg	S	
Lechuga	90	35	160	30	9	10	30
Repollo	175	69	200	120	23	20	40
Brócoli	229	23	288	83	11	No reportado	23,7

Fuente: Microfertiza, 2006

2. DISEÑO METODOLOGICO

2.1 LOCALIZACION

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental "Botana" propiedad de la Universidad de Nariño, ubicada en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, la cual está a una altura de 2700 msnm y durante los meses del trabajo de investigación presentó una precipitación pluvial de 513.2 mm, temperatura promedio de 12 °C y humedad relativa de 75%.

2.2 SUELOS

Los suelo de la granja experimental "Botana" donde se trabajó son de origen volcánico y a ellos se les realizó un análisis. (Anexo A)

2.3 LABORES DEL CULTIVO

⁴ Ibid, p 37

⁵ MICROFERTIZA. Manual técnico de fertilización de cultivos. Bogotá: Microfertiliza, 2006. 116p

2.3.1 Semillero y preparación del terreno

Para el semillero se preparó una cama de 0.5 de largo por 0.80 m de ancho, para cada una de las especies, estas fueron hechas en sobre un sustrato que estaba compuesto de dos partes de arena y una de materia orgánica proveniente de lombricompost de ganado vacuno.

En las camas de germinación se esparcieron semillas de lechuga, brócoli y repollo en cantidad de cinco, diez y diez gramos de cada una respectivamente.

La preparación del terreno se realizó 20 días antes de la siembra definitiva, mediante un pase de arado y uno de rastrillo; se incorporó 100 kg (5.7 t/ha) de materia orgánica proveniente de lombricompost de ganado vacuno.

2.3.2 Siembra y fertilización

Se tomaron dos épocas de instalación del cultivo, la primera siembra se realizó en octubre de 2004 y la segunda en enero de 2005.

En las dos siembras se utilizaron semillas de repollo de la variedad Copenhagen Market, lechuga variedad Batavia y de brócoli la variedad Decicco.

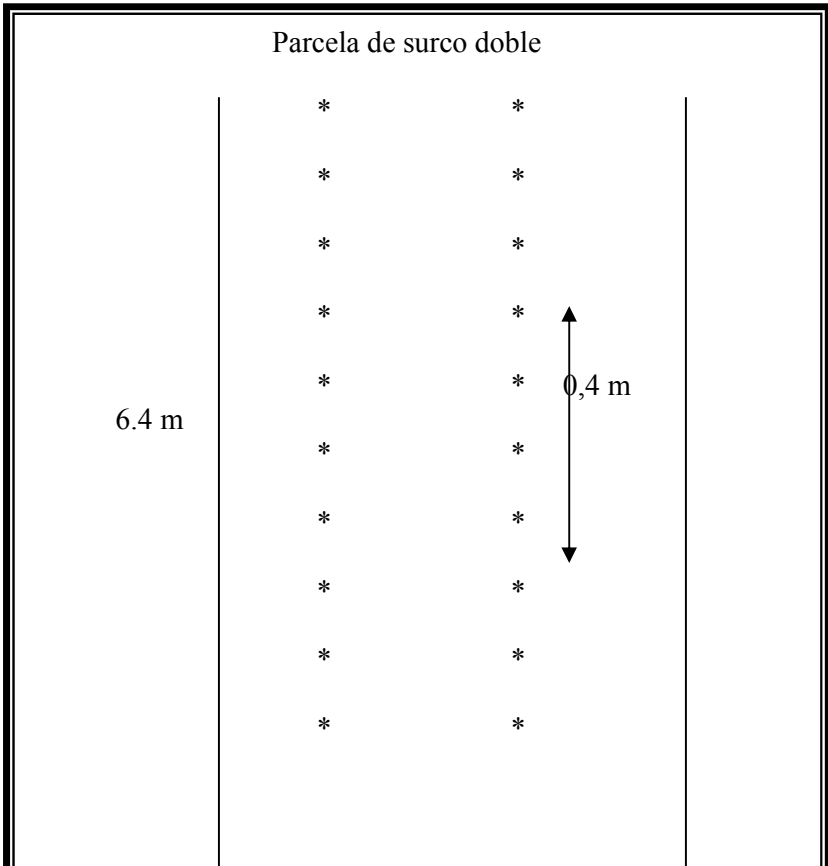
Las tres hortalizas se sembraron en camas dobles que tenían 0,8 m de ancho por 6,4 m de longitud, separadas por una calle de 0,6 m (Figura 1, Cuadro 1). La distancia de siembra para las tres hortalizas fue de 0,4m X 0,4m. Para separar tratamientos y repeticiones se dejó un metro de calles.

La fertilización se realizó una sola vez al momento de la siembra¹ con base en fuentes simples, para ello se utilizó urea como fuente de Nitrógeno (229 kg/ha), superfosfato triple como fuente de P₂O₅ (23 kg/ha) y cloruro de potasio como fuente de K₂O (288 kg/ha), en dosis de 9, 1 y 10 kg/ha, respectivamente².

¹ ZAÑUDO, B. Cultive técnicamente hortalizas. Pasto: ministerio de agricultura y desarrollo rural, Universidad de Nariño, 2003. 12p.

² MICROFERTIZA. Manual Técnico de Fertilización de Cultivos. Microfertifera S.A. Produmedios, Bogotá: 116 p. 2006

Figura 1. Distancias de siembra para los tres cultivos en parcelas con surcos dobles



Cuadro 2. Distancias de siembra de los cultivos estudiados

Cultivo	Distancias de siembra			Plantas por Parcela útil	Plantas por Parcela	Distancia de separación entre tratamientos y repeticiones (m)
	Entre plantas (cm)	Entre Surcos (cm)	Entre surcos dobles (cm)			
Lechuga	40	40	60	24	32	1
Repollo	40	40	60	24	32	1
Brócoli	40	40	60	24	32	1

Fuente: Este estudio.

2.3.3 Control de malezas

El control de malezas se realizó a los 20 y 60 días después del transplante en forma manual y pero a los 60 días fue necesario un control de arvenses en las calles que separaban las camas dobles y bordes de estas, el control se hizo con Rondup en dosis de 2 l/ha, la aplicación fue realizada con pantalla y en los bordes de las parcelas se realizó con selector.

Control de plagas y enfermedades

Las plagas que afectaron los cultivos fueron babosas (*Limax sp*) que se controlaron con Babosin (metaldehido) en dosis de 13 Kg/ha y trozadores (*Spodoptera sp*), que se lo controló aplicando Lorsban (clorpirifos) en una dosis de 20 cc por bomba de 20 litros (1l/ha).

No se presentaron enfermedades, por lo tanto no hubo necesidad de aplicar productos químicos para su control.

2.3.4 Cosecha

Las cosechas se iniciaron a los 96 días después del transplante, se realizaron durante un periodo de ocho días en los cuales se suspendió el riego y se tomaron las 24 plantas centrales en las que se midieron las variables a evaluar.

2.4 DISEÑO HIDRÁULICO PARA LOS SISTEMAS DE RIEGO

Para ambos sistemas de riego se instaló un tanque de abastecimiento de agua con capacidad para 1000 litros elevado a una altura de seis punto tres metros sobre el nivel del área experimental con una cabeza de presión de nueve PSI, 50 m de manguera de polietileno de una pulgada para la tubería principal y 40 m de tubería de $\frac{3}{4}$ de pulgada para la secundaria (manifoles).

Así mismo, se utilizaron materiales de conexión y accesorios como registros, cheques, codos, nipples, tees, reducciones y otros que se instalaron para lograr la mejor distribución del agua.

Para diseñar el sistema hidráulico se realizó una prueba de infiltración que es parámetro fundamental para la aplicación del riego, la prueba se realizó por medio del método de doble anillo "infiltrómetro" que consiste en introducir en el suelo dos cilindros uno dentro del otro hasta una marca de 10 á 15 cm del borde inferior de los mismos, dejándolos nivelados procurando que estén en forma vertical. El propósito del cilindro grande es eliminar los movimientos laterales del agua que se infiltra del pequeño y para que las lecturas sean más exactas.

Para el procedimiento se llenaron los anillos interno y externo simultáneamente, teniendo cuidado de que no se pase agua de un anillo a otro por encima o debajo de ellos y se agregó agua a los anillos cada vez que el nivel del agua dentro de ellos bajó cinco cm, en estas condiciones se colocó un plástico para que sirva de protección y evitar que la superficie del suelo se disturbe dentro del cilindro interno. Seguidamente

se depositó agua sobre el plástico del cilindro interno y fue retirado al iniciar la prueba.

Se realizaron las correspondientes lecturas; la primera lectura se hizo a en el momento de colocar el agua (minuto 0), luego a un minuto (minuto 1) posteriormente se tomó el dato al tercer minuto, luego al minuto ocho de allí en adelante se tomó los datos cada 10 minutos hasta el minuto 38, luego cada 20 minutos hasta el minuto 78 y por último cada 30 hasta el minuto 178 (Anexo B).

Para determinar la infiltración acumulada y la velocidad de infiltración se empleó la siguiente ecuación de Kostiakov observada en la Figura 2 y 3¹.

$$i = c' t^{\alpha}$$

Donde:

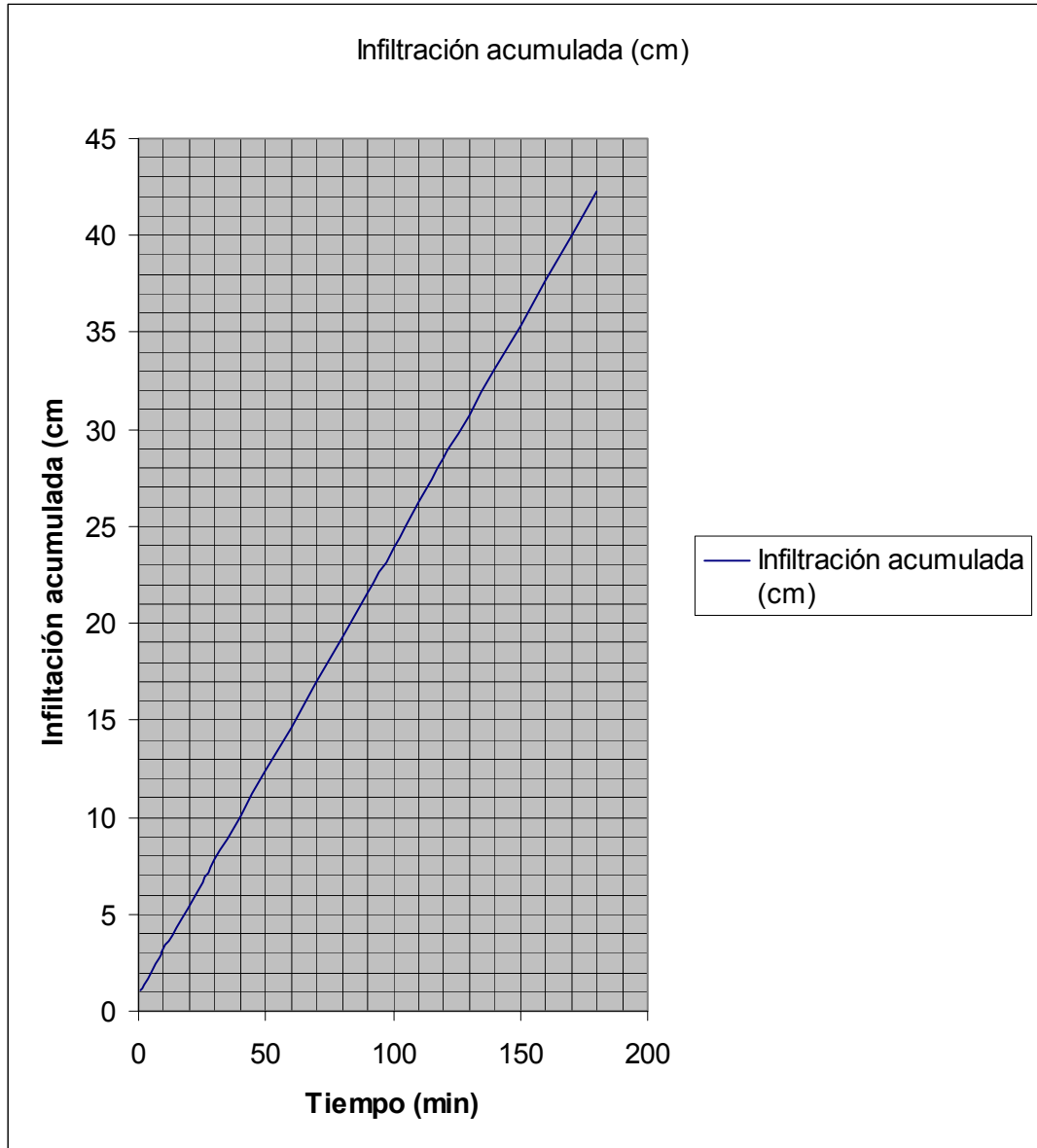
i = volumen de agua que se infiltra en una unidad de sección transversal; se expresa en lamina (cm).

t = tiempo; se expresa en minutos.

c' y α = parámetros que dependen del suelo y sus características físicas.

Figura 2. Infiltración acumulada

¹ BENAVIDES Orlando. Sistemas de irrigación, Tibaitata, 1982. Tesis de grado (Magister Scenticce). Universidad Nacional de Colombia. ICA. 68 p.



Fuente: Este estudio.

Pendiente infiltración acumulada (B):

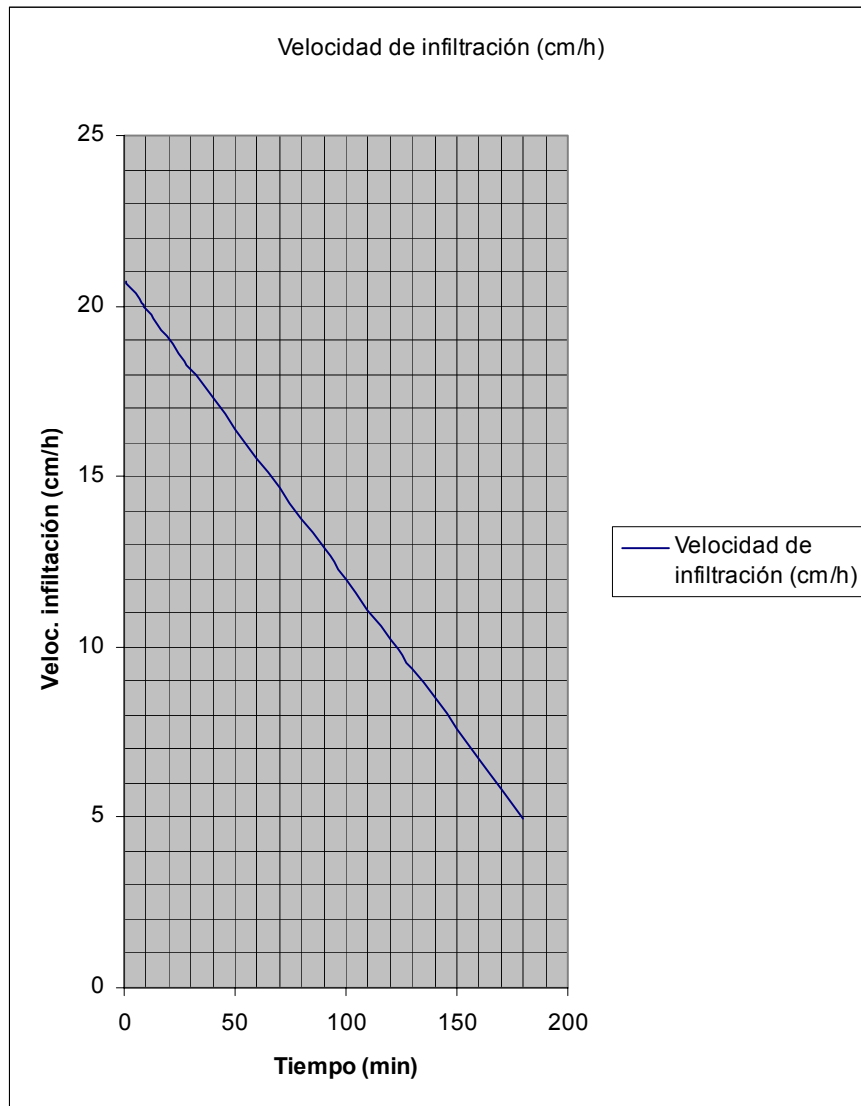
0,027

Intersección eje infiltración acumulada (A):

0,291

Ecuación Infiltración acumulada Iac (cms): $Iac=0,291+0,027*(t)$

Figura 3. Velocidad de infiltración.



Fuente: Este estudio.

Pendiente velocidad de infiltración (B): -0,025
Intersección eje velocidad de infiltración (A): 4,401
Ecuación velocidad de infiltración I_b (cms/hora): $I_b = 4.401 + (-0,025 * t)$

2.4.1 Sistema de riego por microtubos

En el riego por goteo se utilizó microtubos de 1.1 mm de diámetro interno y un m de longitud, cada uno emitía dos litros por hora promedio y se ubicaron en los laterales que es la tubería secundaria conformada por una manguera de ½ pulgada y 6.4 m de longitud; en cada cama se colocó un lateral para un total de 18 laterales en todo el sistema.

Se utilizó un microtubo por cada dos plantas de repollo, lechuga y brócoli; instalándose 16 microtubos por cama, para cada parcela 32, en las tres repeticiones 96 microtubos en cada uno de los cultivos mencionados (Figura 4).

Figura 4. Ubicación de los Microtubos en la parcela experimental



Fuente: Este estudio.

El agua regada por los microtubos se distribuyó por medio de llaves de paso de ¾ de pulgada que se ubicaron en el área experimental. La presión y caudal requeridos por los cultivos se calibró mediante el uso de piezómetros.

2.4.1.1 Piezómetros. Sirven para calibrar el caudal de riego requerido; la fabricación de estos se hizo en forma manual utilizando manguera transparente de ¾

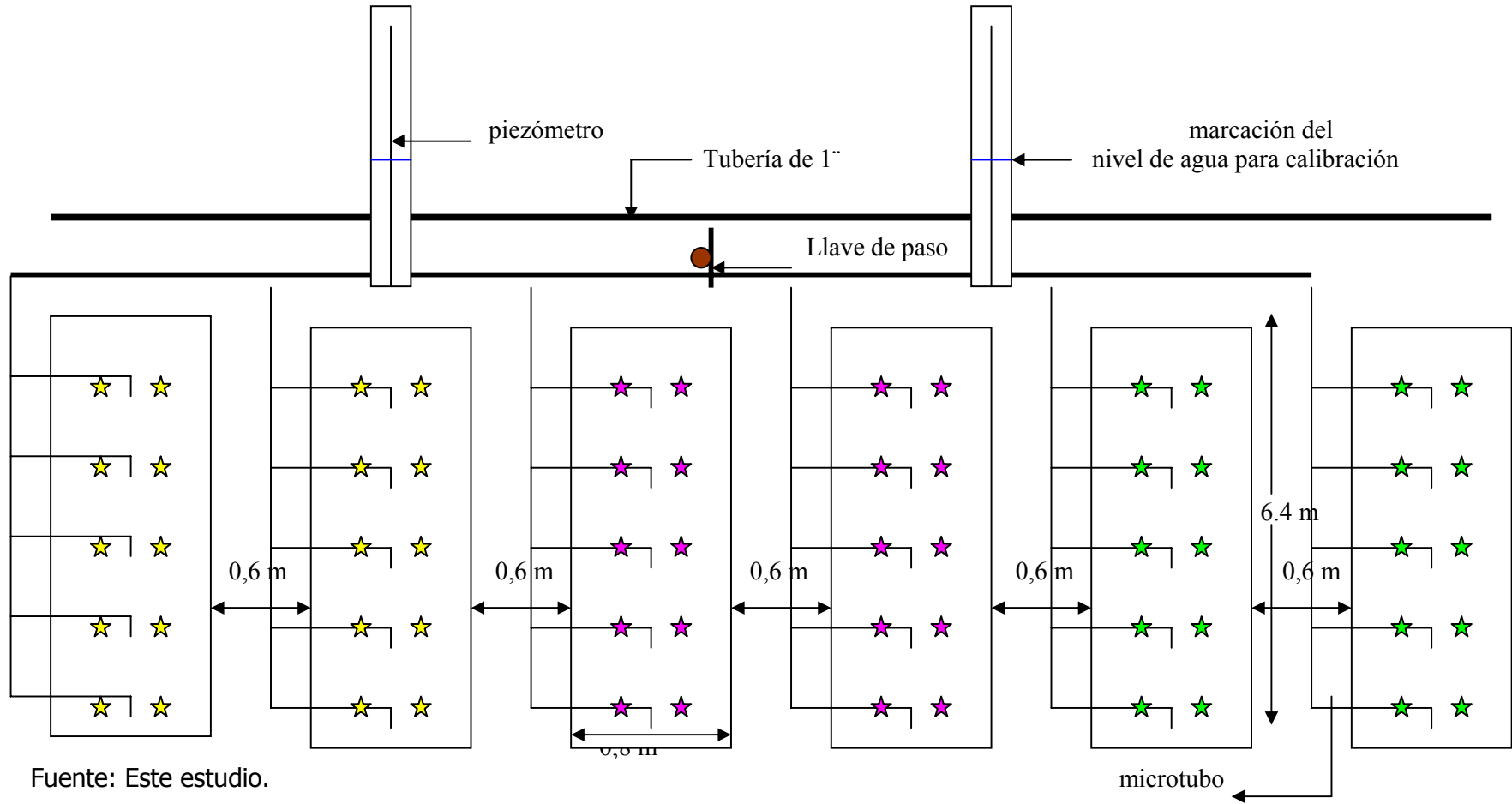
de pulgada y dos metros de longitud que se instalaron sobre varas de madera enterradas y colocadas en la cabeceras de las parcelas, estas mangueras se unieron a la tubería del riego por goteo en dos partes (Figura 5).

2.4.1.1.1 Calibración de piezómetros. Para la calibración de los piezómetros se abrió la llave de paso del riego por microtubo, al estar conectada a la manguera de los piezómetros, el agua subió y bajó hasta tener un nivel estable, inmediatamente se procedió a tomar muestras en recipientes graduados en mm de seis goteros ubicados en diferentes partes del tratamiento, por dos minutos y luego se hizo la conversión.

La calibración de los piezómetros es un proceso largo hasta encontrar la emisión necesitada (dos l/h), se la hizo con un mes de anterioridad a la siembra. Para el calculo se probaron con muchos niveles de agua, abriendo o cerrando un poco la llave y a su vez tomando muestras y promediando hasta obtener el caudal requerido.

Una vez se obtuvo el caudal deseado (dos l/ha), se hizo una marcación en la manguera del piezómetro y con esta como referencia se realizo el riego durante todo el trabajo de investigación, el tiempo de riego para este sistema se obtuvo mediante cálculos que aparecen en los Anexos C y D.

Figura 5. Ubicación de piezómetros en un bloque con riego por goteo



2.4.2 Sistema de riego por exudación

En el sistema de riego por exudación se utilizaron 40 m de tubería de ½ pulgada y 115,2 m de cinta exudante; ubicando 6,4 m de cinta en cada cama doble, un cabezal de riego que se utilizó para controlar el agua y distribuirla por una red de tuberías con la presión y el caudal necesarios por medio de un conjunto de elementos; tales como llaves de paso, codos, niples, reducciones y otros materiales de PVC que permitieron el acople total del sistema.

(Figuras 6 y 7).

Figura 6. Instalación de la cinta exudante en el sistema de riego por Exudación



Fuente: Este estudio.

El riego por exudación fue monitoreado a través de tres contadores instalados en cada conducción del agua de riego, lo cual permitió monitorear el caudal de agua y distribuir la misma cantidad de agua calculada en el sistema de riego por goteo de acuerdo al comportamiento climatológico.

Figura 7. Sistema de riego por exudación con la cinta exudante ya enterrada en cada una de las parcelas.



Fuente: Este estudio.

2.4.3 Lámina de agua aplicada mediante los sistemas de riego

La frecuencia de riego para los sistemas "microtubos y exudación", fue influenciada por la precipitación y la evaporación diaria, de acuerdo a estos factores se aplico el riego a diario o cuando se lo requería para beneficio del cultivo y el caudal de riego se calculó de acuerdo al uso consuntivo estimado diariamente con base en el área del cultivo, precipitación y evaporación del día anterior.

Para el riego por microtubo, se aplicó la lámina de agua calculada con un factor K de la evaporación del tanque A; $K_1 = 0.70$; que corresponde a la reposición del agua evapotranspirada en hortalizas, denominado uso consuntivo; factor utilizado en proyectos de irrigación¹.

El caudal de riego se calculó de acuerdo a la formula de uso consuntivo, como se muestra a continuación:

$$UC = Ev \times k_i \times A$$

En donde

Uc = uso consuntivo en m^3

Ev = evaporación diaria en mm

Ki = Factor de evaporación del tanque tipo A

i = 0.70

¹ BENAVIDES Orlando. Sistemas de irrigación, Tibaitata, 1982. Tesis de grado (Magíster Scentic). Universidad Nacional de Colombia. ICA. 68 p

A = área a regar por tratamiento

La lamina de agua se calculo como se presenta en el siguiente ejemplo:

Datos del ejemplo:

Día: 2 de octubre 2004

Uc : evap. (mm) X Ki X area

Ev: 2,1 mm

Ki: 0,70

A: 53.76 m²

La evaporación (Ev) se calculó por medio del tanque de evaporación, ubicado en la estación meteorológica de la granja experimental de la Universidad de Nariño "Botana", se calculo por diferencia en nivel del agua en el tanque, medido por una regla graduada en milímetros y teniendo en cuenta la precipitación pluvial, la cual fue restada.

Calculo de lamina de agua (L)

$$L : 0,0021 \text{ m} * 0,7 * 53.76\text{m}^2 = 0.079 \text{ m}^3 * 1000 \text{ L} = 79 \text{ L}$$

Para el calculo de la lamina a aplicar por sistema de riego por bloque, se debe tener en cuenta el número de goteros por parcela y su emisión, calculando así el tiempo de riego y el agua aplicada durante este.

Número de goteros 96 por parcela

Emisión: 2 L/hora

El tiempo de riego se lo calcula con la siguiente formula

$$96 \text{ Goteros} * 2 \text{ L} = 192 \text{ L/hora}$$

$$60 \text{ min.} \text{ ----- } 192 \text{ L}$$

$$X \text{ ----- } 79 \text{ L}$$

$$X = 24,7 \approx 25 \text{ minutos}$$

Los 25 minutos corresponde a una evaporación de 2,1 mm. Con base en las operaciones anteriores se obtuvieron los tiempos de riego diarios durante el trabajo realizado, los cuales están consignados en los anexos C y D del apéndice.

En el ejemplo, los 25 minutos de riego se contabilizó una vez el nivel de agua en la marca del piezómetro se estabilizó y así para todo el periodo del ensayo.

Cuando la precipitación fue mayor que la evapotranspiración no se aplicó riego en los dos sistemas, así mismo hubo ocasiones en las cuales según los cálculos de lamina de riego diario se debió aplicar agua mediante sistema de riego, pero se tomó la decisión de no hacerlo por que se observó que el suelo tenía humedad suficiente.

2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y tres tratamientos bajo un arreglo factorial combinado de 3^2 , en cada parcela (conformada por dos surcos); el tres hace referencia al primer factor analizado, correspondiente a los sistemas de riego y el superíndice dos es el segundo factor, correspondiente a las épocas de siembra.

2.5.1 Área experimental

Se establecieron 27 parcelas demostrativas conformadas por dos surcos de cada una de las especies, que cubrieron un área total de 576,64 m² incluyendo el área de calles que separa tratamientos y repeticiones (88,8 m²)

En nueve parcelas se instaló riego por goteo a través de microtubos, en las otras nueve se instaló riego por cinta exudante y las nueve restantes formaron el testigo, manejándose de acuerdo al sistema tradicional de los agricultores de la zona que tienen como única fuente de agua la precipitación. (Figura 8).

El tamaño de las camas fue de 8,96 m² y el de la parcela útil fue de 6,72. El número de plantas por parcela fue de 32 plantas de cada uno de los cultivos y el número de plantas de la parcela útil es de 24 plantas.

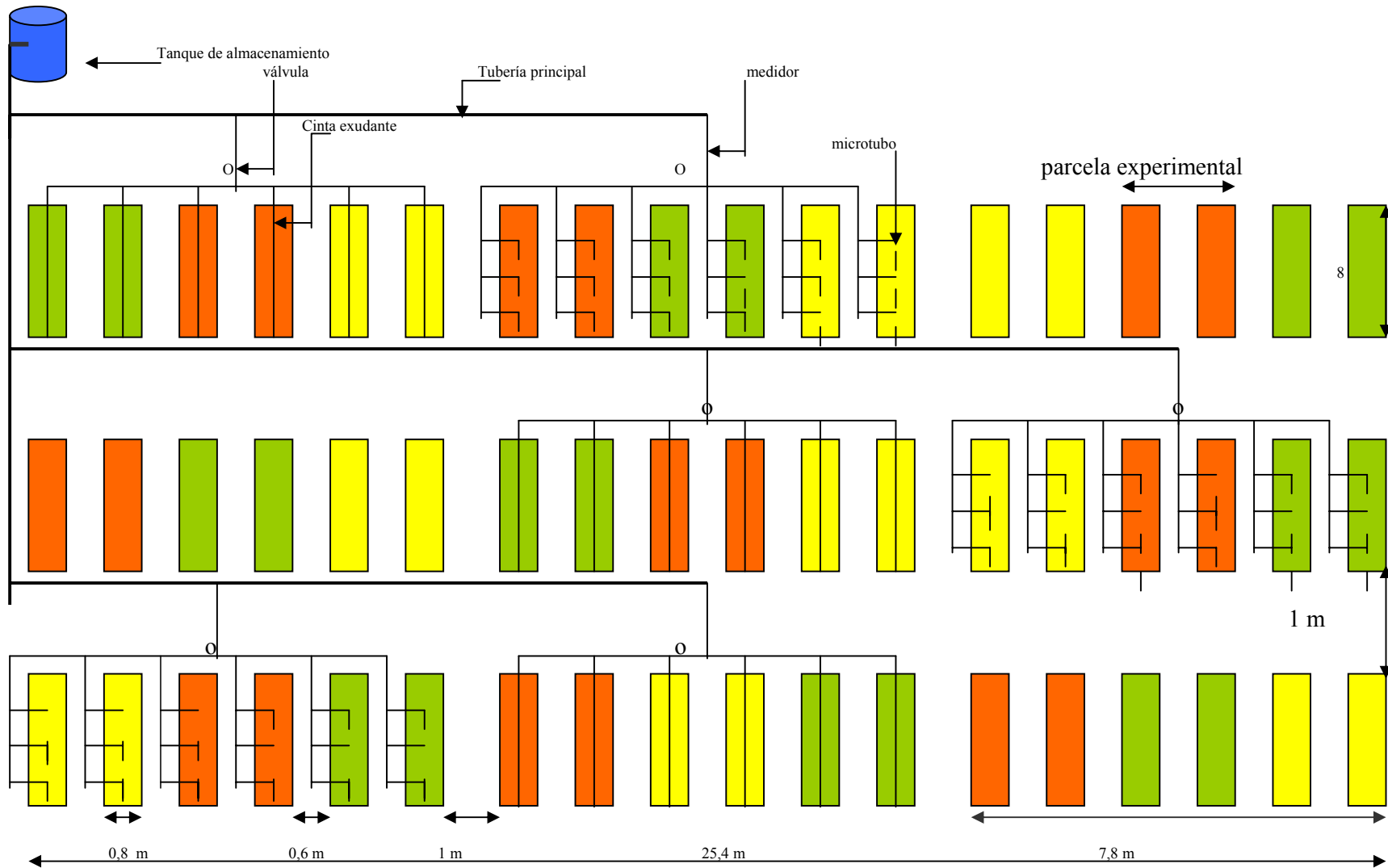
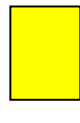



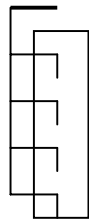
figura 7. Disposición general de los cultivos en el área experimental


 Lechuga

 Repollo

 Brocoli

 = riego por exudación

 = riego por goteo (microtubo)

 = riego tradicional Brócoli

2.5.2 Variables evaluadas

- *Peso en kilogramos para cada cultivo.* Se tomaron datos individuales del peso de las cabezas de repollo, lechuga y brócoli, de la parcela útil.
- *Rendimiento en (t/ha) para cada cultivo.* Se tomaron las 24 plantas del área útil y con base en ella se determinó el rendimiento.

2.6 ANALISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza y las diferencias encontradas fueron evaluadas mediante la prueba de Tukey.

2.7 ANALISIS ECONOMICO

Se hizo un análisis económico de presupuesto de costo, donde se anoto: costos variables que incluyen labores de suelo, siembra, deshierba, fertilización, aplicación herbicida, aplicación insecticida, cosecha, insumos: Semilla, abono orgánico, abono químico, insecticidas, molusquicida, herbicidas, instalación y montaje del sistema.

Como costos fijos se incluyeron el valor del agua, energía y la depreciación constante anual del equipo de riego. Con la información obtenida se estimó la relación beneficio costo de los cultivos y los sistemas de irrigación.

Para determinar la viabilidad de cada especie con cada tratamiento, se tomó como unidad de área una hectárea y se determinó el mejor tratamiento en rendimiento.

Para obtener la relación beneficio/costo se empleo la siguiente fórmula¹:

$B = \text{ingresos totales}$

$C = \text{costos totales}$

Para el análisis económico, se tomó en cuenta que los sistemas de riego tienen una durabilidad de 10 años, haciendo una depreciación anual de ellos por el método de depreciación constante calculada a 10 años.

Para efecto de cálculos de la relación beneficio costo se estimó una perdida en el rendimiento del 10% por hectárea

3. RESULTADO Y DISCUSION

3.1 SUELOS

¹ LUNA, E. Economía agrícola II. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1988. 296 p.

El análisis de suelo realizado en el área de estudio (Anexo A), indica un nivel de materia orgánica bajo (4,9%), valor que en suelos de clima frío fluctúan entre el 6 al 10%, esto hace necesario hacer una fertilización con urea como fuente de nitrógeno en dosis de 10 bultos por hectárea¹.

El contenido de fósforo (134 ppm) y de potasio (1,13 meq/100 g suelo) en el suelo (Anexo A) son altos, ya que en suelos de clima frío los niveles de ellos oscilan entre 15 y 30 ppm y 0,15 a 0,35 meq/100 g de suelo respectivamente².

Con base en los resultados anteriores y teniendo en cuenta que los suelos de la granja experimental "Botana" tiene alófana como material de arcilla predominante y que fija grandes cantidades de fósforo y potasio que afecta su disponibilidad, fue necesario realizar una fertilización con 1 bulto por hectárea de súper fosfato triple como fuente de P₂O₅ y 10 bultos de Cloruro de Potasio por hectárea como fuente de K₂O a pesar de tener altos contenidos en el suelo³.

Por otra parte, la alta saturación de bases calcio (13,4 meq/100 g suelo) y magnesio (4,6 meq/100 g suelo), teniendo en cuenta los niveles medios están entre 3 a 6 meq/100 g suelo para calcio y de magnesio oscila entre 1,5 a 2,5 meq/100 g suelo , hace que no sea necesario su aplicación⁴.

3.2 Semillas

Con referencia a la germinación de cada una de las especies en estudio, se encontró que hubo un 95% de germinación entre el séptimo y noveno día después de sembrados en el germinador coincidiendo con lo sugerido por la casa comercial⁵.

Un mes después de germinar, se transplantaron a sitio definitivo.

3.3 APLICACIÓN TOTAL DE AGUA

Con base en la información de campo y en los registros se determinó que el volumen de agua aplicado al sistema de riego por microtubo fue de 15.357 L y para el riego por exudación el mismo volumen, para la siembra efectuada en el primer ciclo. Para el segundo ciclo se aplicó 10.050 L de agua para cada uno de los sistemas (Figura 9) (Anéxo C y D).

¹ SAÑUDO, Benjamín. Introducción al manejo técnico de cultivos hortícola en la zona cerealista de Nariño. Universidad de Nariño Facultad de ciencias agrícolas, San Juan de Pasto, 2002. 80p.

² Ibid., p 55

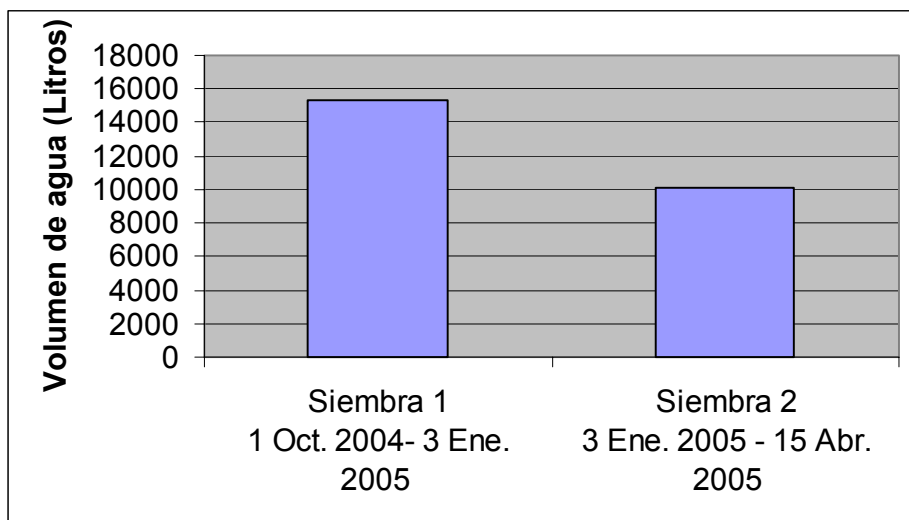
³ Ibid., p 55

⁴ Ibid., p 55

⁵ casa comercial

Los resultados anteriores nos indica que en periodo de siembra hubo necesidad de aplicación de agua en mayor cantidad para la primera época debido a que se presento un periodo mas seco que el segundo.

Figura 9. Volumen total de agua aportado por el riego en los dos sistemas durante las dos épocas de siembra.



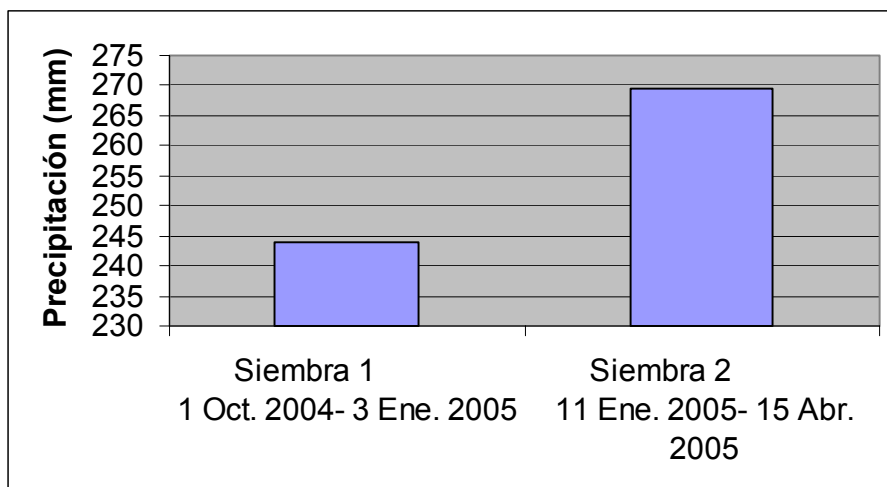
Fuente: Este estudio.

El riegos por microtubos, exudación y testigo, recibieron en la primera época de siembra comprendida de octubre de 2004 a enero de 2005, por precipitación pluvial 243,8 mm.

Los mismos tratamientos en la segunda época de siembra comprendida de enero a abril de 2005, recibieron 269,4 mm por precipitación pluvial . (Figura 10).

Se observa que en la segunda época de siembra hubo mayor aporte de precipitación pluvial, contrario a esto en la según época hubo menos aporte de agua por los sistemas de riego.

Figura 10. Precipitación durante las dos épocas de siembra



Fuente: Este estudio.

3.4 VARIABLES EVALUADAS

3.4.1 Lechuga

3.4.1.1 Peso de la lechuga

Los datos correspondientes al peso de las lechugas obtenidas en dos épocas de siembra, bajo los dos sistemas de riego y el testigo aparecen en los anexos E, F, y G del apéndice.

Para la primera siembra, se tuvo un promedio de 547,64 g por cabeza en el tratamiento de riego por microtubo, 480,28 g por cabeza en el testigo y 460 g por cabeza en el tratamiento de riego por exudación.

En la segunda siembra, obtuvo una producción promedio de 578,33 g por cabeza en riego por microtubo, 486,87 g por cabeza en riego por exudación y 480,14 g por cabeza para el testigo.

El análisis de varianza que aparece en el Cuadro 3, permitió establecer diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo que quiere decir que el tipo de riego puede afectar el peso de la lechuga sin importar la época de siembra, pues no se presentaron diferencias significativas entre épocas ni entre tratamientos por época.

Cuadro 3. Análisis de varianza para las tres especies en la variable peso

	LECHUGA	REPOLLO	BROCOLI

FDV	GL	CM	FC	CM	FC	CM	FC
Época	1	23555,7870	0,18 NS	453703,70	0,46 NS	395428,0	1,82 NS
Rep. (Epo.)	2	124295,3704		983890,51		217329,4	
Riego	2	396671,0648	19,9 **	12884743,29	106,51**	1726950,92	345,07 **
Riego* época	2	6932,1759	0,35 NS	268432,18	2,22 **	654892,5	130,86 **
Error	422	19930,017		120973,57		5004,69	
Total	431						

Fuente: Este estudio.

La prueba de Tukey (Cuadro 4) que comparó los promedios, mostró que las lechugas cultivadas bajo el sistema de riego por microtubo superaron significativamente al testigo y al sistema de riego por exudación con un promedio de 562,9 y 482,9 g por cabeza respectivamente, en estos dos últimos tratamientos no hubo diferencias estadísticas significativas entre si.

Cuadro 4. Comparación de medias de los tratamientos de Lechuga para la variable peso.

Grupo	Media	N	Riego
A	562,99	144	Microtubo
B	482,92	144	Testigo
B	464,17	144	Exudación

Comparador 5 % : 39,132

Fuente: Este estudio.

Se puede entonces afirmar que el comportamiento de la variable peso en la especie lechuga var. Batavia dependió única y exclusivamente para condiciones de este ensayo del tipo de riego aplicado o tratamiento, siendo el mas eficiente el sistema de riego por goteo.

3.4.1.2 Rendimiento de la lechuga

Los datos correspondientes al rendimiento de las lechugas obtenidas en dos épocas de siembra, bajo los dos sistemas de riego y el testigo se reportan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Promedios de rendimientos en las dos épocas por tratamientos

Época	Especie	Tratamiento		
		Riego por goteo Ton/ha	Riego por exudacion Ton/ha	Testigo Ton/ha
1ª siembra 2ª siembra	Lechuga	19,72 20,82	16,56 16,89	17,29 18,24
promedio de siembras 1ª y 2ª		20,27	16,73	17,77
1ª siembra 2ª siembra	Repollo	50,16 55,98	55,05 54,50	34,50 36,19
promedio de siembras 1ª y 2ª		53,06	54,78	35,35
1ª siembra 2ª siembra	Brócoli	16,84 9,06	7,26 7,90	4,96 5,57
promedio de siembras 1ª y 2ª		12,95	7,58	5,26

Fuente: Este estudio.

El análisis de varianza (Cuadro 6) permitió establecer diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo que quiere decir que el tipo de riego puede afectar el rendimiento de la lechuga y la época de siembra también puede influir sobre la eficiencia del riego o el comportamiento de la especie ya que se presentaron diferencias entre tratamientos por época.

Cuadro 6. Análisis de varianza para las tres especies en la variable rendimiento

FDV	GL	LECHUGA		REPOLLO		BRÓCOLI	
		CM	FC	CM	FC	CM	FC
Tratamientos	5	23,53	9,97 **	2069,6	26,16 **	74,99	166,54 **
Riego	2	42,53	18,02 **	710,45	8,98 **	94,54	210,2 **

Época	1	4,8	2,03 NS	349,19	4,41 NS	20,98	46,62 **
Rie. * epoc.	2	13,9	5,89 **	4288,92	54,2 **	84,91	188,68 **
Error	12	2,36		79,12		0,45	
Total	17						

Fuente: Este estudio.

La prueba de Tukey (Cuadro 7) que comparó los promedios mostró que las lechugas cultivadas bajo el sistema de riego por microtubos tubo diferencias significativas con un promedio de 20,13 t/ha, al compararlo con el testigo con 17,63 t/ha y al tratamiento de riego por exudación con 16,61, estos dos últimos tratamientos no tuvieron diferencias estadísticas significativas entre si.

Estos resultado, pueden deberse a que la lechuga responde mejor con el sistema de riego por microtubos, probablemente porque este sistema pudo haber sido mas eficiente en cuanto a que mantuvo el suelo con una adecuada disponibilidad de agua en el suelo, esta condición también permite a la planta contar con una mayor cantidad de nutrientes para aumentar la producción¹.

Cabe destacar que el rendimiento obtenido con el sistema de riego por goteo supero al promedio departamental reportado con una producción de 17 t/ha².

Con los sistemas de riego se obtuvo producciones más altas que los promedios a nivel del departamento de Nariño que es de 17 t/h, superando a los rendimientos a nivel nacional que es de 15,2 t/h³.

Cuadro 7. Comparación de medias de los tratamientos de Lechuga para la variable rendimiento (t/ha).

Grupo	Media	N	Tratamiento
A	20,13	6	Microtubo
B	17,63	6	Testigo
B	16,61	6	Exudación

Comparador 5 % : 2,36

Fuente: Este estudio.

En cuanto a la interacción tratamiento por época (Cuadro 6) que se presentó entre tratamientos por época (Figura 11), se encontró que hubo diferencias significativas

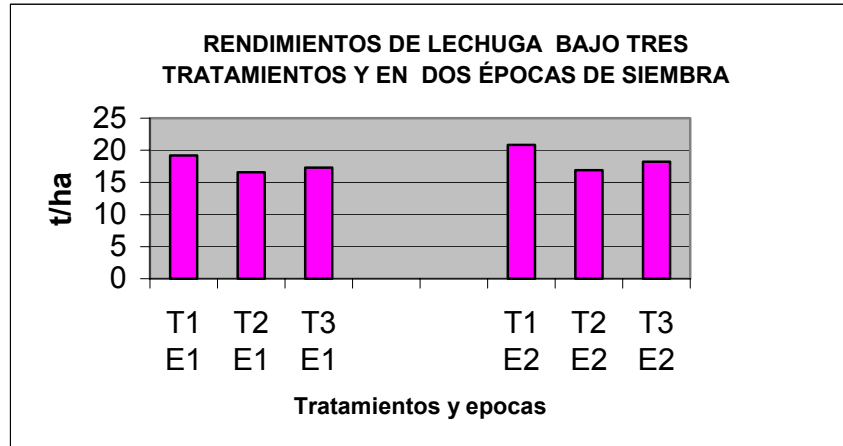
¹ DOOREMBOS, Jhon. y KASSAM, Jack. Riego permanente de huertos por goteo y aspersión . Bucarest, Rumania: FAO, 1990. 126 p.

² SECRETARIA DE AGRICULTURA, Consolidado de rendimientos en cultivos transitorios y perennes en el departamento de Nariño. Secretaria de Agricultura. San Juan de Pasto: 2004. sp.

³ ASOHOFRUCOL. CALIDAD DE LOS CULTIVOS. Lugar: www.asohofrucol.co

entre el riego por microtubos con 20,82 t/ha y sistema de riego por exudación con 16,89 t/ha durante la segunda época de siembra (Cuadro 8).

Figura 11. Interacción de los tratamientos durante las dos épocas de siembra



Fuente: Este estudio.

Cuadro 8. Prueba de F para tratamientos por época en la variable rendimiento en lechuga.

Comparación	GL	Cuadrado medio	Fc	Ft(0.05); GL
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 1	1	9,83	4,17 NS	4,75
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 1	1	5,82	2,47 NS	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 1	1	0,52	0,22 NS	
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 2	1	15,24	6,45 **	
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 2	1	5,8	2,45 **	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 2	1	2,23	0,94 **	
Grados de libertad del error	12	2,36		

Fuente: Este estudio.

3.3.2 Repollo

3.3.2.1 Peso del repollo

Los datos correspondientes al peso de los repollos obtenidos en dos épocas de siembra, bajo los dos sistemas de riego y el testigo aparecen en los anexos H, I y J del apéndice; estos tuvieron un promedio de 1393,19 g por cabeza en el tratamiento de riego por microtubos, 1529,17 g por cabeza en el tratamiento de riego por exudación y 958,17 g por cabeza en el testigo, durante la época primera.

Durante la segunda época de siembra, 1551,94 g por cabeza en riego por goteo, 1518,07 g por cabeza en riego por exudación y 1005,28 g para el testigo.

El análisis de varianza reportado en el Cuadro 3, permitió establecer diferencias estadísticas significativa entre los tratamientos correspondientes al sistema de riego, lo cual permite afirmar que el peso de los repollos es afectado por el tipo de riego, pero también la época puede afectar la eficiencia del sistema de riego ya que se presentaron diferencias en tratamientos por época.

La comparación de promedios (Cuadro 9) mostró que los repollos cultivados bajo el sistema de riego por exudación y aquellos cultivados bajo el sistema de riego por goteo alcanzaron los mejores pesos promedios, 1523,61 g y 1472,67, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos.

Los tratamientos con goteo fueron estadísticamente superiores con respecto al peso del testigo cuyos repollos solamente alcanzaron promedio en peso de 981,88 g.

Cuadro 9. Prueba de Tukey de tratamientos para la variable peso en repollo

Grupo	Media	N	Tratamiento
A	1523,61	144	Exudación
A	1472,57	144	Microtubo
B	981,88	144	Testigo

Comparador 5 % : 39,132

Fuente: Este estudio.

Las diferencias encontradas en tratamientos por época fueron analizadas mediante pruebas de F que compararon los promedios individualmente (Cuadro 10), mostrando que durante la primera siembra el riego por exudación tuvo diferencias altamente significativas sobre el testigo; y durante la segunda siembra, el riego por goteo tuvo diferencias estadísticas significativas sobre el testigo.

Según lo encontrado en el análisis de varianza, se puede afirmar que el repollo var. Copenhague Market respondió positivamente a la aplicación de agua mediante los sistemas de riego.

Se observa que el tratamiento correspondiente al riego por exudación fue más eficiente en la primera siembra, pues tuvo diferencias altamente significativas sobre el testigo, resaltando que en esta época llovió menos que en la segunda época.

La prueba de F (Cuadro 10) para los tratamientos por época mostró que en la segunda época fue el tratamiento de riego por microtubos, el que tuvo diferencias altamente significativas sobre el testigo.

Se puede decir que el riego por exudación, en condiciones de baja precipitación (sequía), para esta variedad, su desempeño es mejor, lo anterior es acorde con

ensayos realizados en la zona del remolino (zona seca), donde se obtuvieron rendimientos mayores a los de la zona en diferentes cultivos, bajo este sistema de riego¹

Cuadro 10. Resultados de la prueba de F de tratamientos por época para la variable peso en repollo

Comparación	GL	Cuadrado medio	Fc	Ft(0.05); GL
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 1	1	18505,06	0,29 NS	4,45
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 1	1	188964	3,05 NS	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 1	1	325736,5	5,27 **	
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 2	1	1664,6	0,03 NS	
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 2	1	301913,6	4,88 **	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 2	1	258741,8	4,18 NS	
Grados de libertad del error	17	61780,6		

Fuente: Este estudio.

3.3.2.2 Rendimiento del repollo

Los datos correspondientes al rendimiento de los repollos obtenidos en dos épocas de siembra, bajo los dos sistemas de riego y el testigo se reportan en el Cuadro 5.

El análisis de varianza reportado en el Cuadro 6 permitió establecer diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos lo que quiere decir que el tipo de riego puede afectar el rendimiento de la repollo y la época de siembra, también puede influir sobre la eficiencia del riego o el comportamiento de la especie con el mismo, ya que se presentaron diferencias entre riego por época.

La comparación de medias (Cuadro 11) alcanzó resultados indicando que los repollos cultivados bajo el sistema de riego por exudación y el riego por goteo alcanzaron los mayores rendimientos con un promedio de 54,4 t/ha y 52,7 t/ha respectivamente, estos tratamientos fueron a su vez estadísticamente superiores al tratamiento testigo con 35,1 t/ha.

Cuadro 11. Prueba de Tukey de tratamientos para la variable rendimiento en repollo

Grupo	Media	N	Tratamiento
-------	-------	---	-------------

¹ MUÑOZ, Mauricio. Y CADENA, Víctor. Estudio de la lamina de aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maní, zapallo, cebolla cabezona, bajo el sistema riego por exudacion en el corregimiento de Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En: Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas. 152 p.

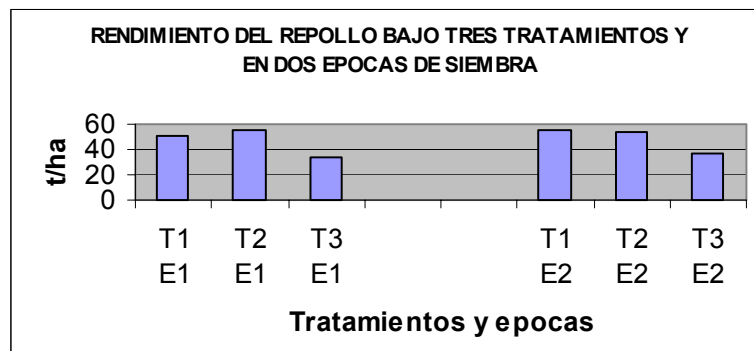
A	54,4	6	Exudación
A	52,7	6	Microtubo
B	35,1	6	Testigo

Comparador 5 % : 13, 69

Fuente: Este estudio.

La interacción que se presentó entre tratamientos por época (Figura 12), reportada en el Cuadro 6, se encontró que hubo diferencias significativas entre el riego por exudación 54,66 t/ha, respecto al testigo 34,26 t/ha durante la primera época de siembra.

Figura 12. Interacción de los tratamientos durante las dos épocas de siembra



Fuente: Este estudio.

En la segunda época de siembra se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento de riego por microtubo 55,58 t/ha y el testigo 35,94 t/ha (Cuadro 12).

El rendimiento del testigo se dio probablemente por que recibió únicamente la precipitación pluvial (243,8 mm en la primera siembra y 269,4 mm para la segunda siembra), siendo superado por los dos sistemas de riego, lo cual significa que el repollo responde positivamente a la aplicación de agua por medio de algún sistema de riego, estos resultados están de acuerdo con los encontrados en otros ensayos donde obtuvieron menores producciones en el tratamiento testigo de la variedad bola verde, correspondiente a 19,45 t/ha¹.

Cuadro 12. Comparador de medias de tratamientos por época para la variable rendimiento en repollo

¹ ERAZO, Y. y CHARRY, E. Evaluación de seis laminas de riego por goteo en repollo y lechuga en Botana, Pasto, 1987. En: Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 55 p.

Comparación	GL	Cuadrado medio	Fc	Ft(0.05); GL
Riego1 Vs Riego2 dentro de epoca 1	1	23,62	0,29 NS	4,75
Riego1 Vs Riego3 dentro de epoca 1	1	241,6	3,05 NS	
Riego2 Vs Riego3 dentro de epoca 1	1	416,3	5,26 **	
Riego1 Vs Riego2 dentro de epoca 2	1	2,13	0,027 NS	
Riego1 Vs Riego3 dentro de epoca 2	1	386,12	4,88 **	
Riego2 Vs Riego3 dentro de epoca 2	1	330,75	4,18 NS	
Grados de libertad del error	12	79,12		

Fuente: Este estudio.

Con base en el rendimiento logrado con los sistemas de riego utilizados en este cultivo, se puede afirmar que esta especie responde positivamente a la aplicación de agua, esto se observa con los rendimientos obtenidos con los sistemas de riego por exudación y microtubos, que superaron el rendimiento reportado a nivel departamental (25 t/ha)¹.

3.3.3 Brócoli

3.3.3.1 Peso del brócoli

Los datos correspondientes al peso del brócoli obtenidos en dos épocas de siembra, bajo los dos sistemas de riego y el testigo aparecen en los anexos J, K y L del apéndice; estos datos tuvieron un promedio de 467,78 g por cabeza en el riego por microtubos, 201,67 g por cabeza en el riego por exudación y 137,64 g por cabeza en el testigo durante la época primera.

Durante la segunda época de siembra, 251,73 g por cabeza en riego por goteo, 219,31 g por cabeza en riego por exudación y 154,72 g por cabeza para el testigo.

Se establecieron diferencias estadísticas significativas mediante el Análisis de Varianza reportado en el Cuadro 3 entre los tratamientos correspondientes al riego y en el tratamiento por época (Anexo J), lo que permite afirmar que el peso de las cabezas de repollo puede verse afectado por el tipo de riego, y que la época también puede influir sobre la eficiencia del tipo de riego y por ende en la producción de este cultivo.

¹ SECRETARIA DE AGRICULTURA, Op. Cit., p 56

La prueba de comparación de promedios (Cuadro 13) mostró que los brócolis bajo el riego por goteo obtuvieron el mayor peso promedio por cabeza de 359,653 g por cabeza, con diferencias significativas sobre el testigo y el riego por exudación con 210,486 g por cabeza, con el testigo tuvo diferencias significativas con el testigo que únicamente alcanzo 146,181 g por cabeza.

El riego por exudación tuvo diferencias altamente significativas con el testigo lo cual pudo deberse a que este sistema proporcionó una humedad adecuada en la zona radicular.

Cuadro 13. Prueba de Tukey de tratamientos para la variable peso en Brócoli

Grupo	Media	N	Tratamiento
A	359,653	144	Microtubo
B	210,486	144	Exudación
C	146,181	144	Testigo

Comparador 5 % : 19,609

Fuente: Este estudio.

En cuanto a las diferencias altamente significativas encontradas en tratamientos por época, se realizó una prueba de F para los promedios correspondientes al peso de esta especie, el Cuadro 14, se puede detallar que el tratamiento de riego por microtubos fue mejor en la siembra o época uno, con diferencias estadísticas significativas sobre el tratamiento de riego por exudación y el testigo entre estos dos últimos no se presentaron diferencias estadísticas significativas.

Durante la siembra o época dos, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos por época.

De acuerdo a lo anterior se puede afirmar que el sistema de riego por goteo fue más eficiente que la exudación y el testigo, ya que se encontraron diferencias altamente significativas sobre estos.

Respecto a lo encontrado en la prueba de F realizada a los tratamientos por época, se encontró que el riego por microtubos fue estadísticamente superior en la siembra o época uno frente a los otros tratamientos.

Lo anterior solo se presentó en la primera época y con el sistema de riego por goteo, razón por la cual no se podría afirmar que este sistema sea más eficiente que los demás tratamientos bajo determinadas condiciones climáticas; probablemente este comportamiento este más ligado a otros factores tales como expresión genética de la variedad como tal, esto sin embargo no quiere decir que la aplicación de agua bajo riego no incida positivamente sobre el desarrollo de la variedad.

No se encontraron diferencias en las épocas en cuanto a su comportamiento climático que afectara la producción de esta especie.

El rendimiento del testigo se dio probablemente por que recibió únicamente la precipitación pluvial (243,8 mm en la primera siembra y 269,4 mm para la segunda siembra), siendo superado por los dos sistemas de riego, lo cual significa que el repollo responde positivamente a la aplicación de agua por medio de algún sistema de riego, estos resultados están de acuerdo con los encontrados en otros ensayos donde obtuvieron menores producciones en el tratamiento testigo de la variedad bola verde, correspondiente a 19,45 t/ha¹.

Cuadro 14. Resultados de la prueba de F de tratamientos por época para la variable peso en brócoli.

Comparación	GL	Cuadrado medio	Fc	Ft(0.05); 1;8 GL
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 1	1	46785,7	24,33 **	4,45
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 1	1	70809,2	36,82 **	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 1	1	2480	1,29 NS	
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 2	1	6664	3,47 NS	
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 2	1	4168,9	2,17 NS	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 2	1	291,3	0,15 NS	
Grados de libertad del error	17	1923,13		

Fuente: Este estudio.

3.3.3.2 Rendimiento del brócoli

Los datos correspondientes al rendimiento de los brócolis obtenidos en dos épocas de siembra, bajo los dos sistemas de riego y el testigo se reportan en el Cuadro 5.

El Análisis de Varianza reportado en el Cuadro 6 permitió establecer diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, las épocas, y entre tratamientos por época, lo que quiere decir que el tipo de riego puede afectar el rendimiento y a su vez verse afectado por la época.

La prueba de Tukey (Cuadro 15) que comparó los promedios mostró que los repollos cultivados bajo el sistema de riego por goteo alcanzaron los mayores rendimientos con un promedio de 12,86 t/ha superando estadísticamente al tratamiento de riego por

¹ ERAZO, Y. y CHARRY, E. Evaluación de seis laminas de riego por goteo en repollo y lechuga en Botana, Pasto, 1987. En: Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 55 p.

exudación y a su vez se presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos anteriores y el testigo con 5,22 t/ha.

Cuadro 15. Prueba de Tukey de tratamientos para la variable rendimiento en brócoli

Grupo	Media	N	Tratamiento
A	12,86	6	Goteo
B	7,53	6	Exudacion
C	5,22	6	Testigo

Comparador 5 % : 1,03

Fuente: Este estudio.

Las diferencias encontradas entre las épocas de siembra fueron analizadas mediante prueba de Tukey, y se encontró diferencias estadísticas significativas en la época uno 86,53 t/ha, respecto a la época dos 67,1 t/ha (Cuadro 16).

Cuadro 16. Prueba de Tukey de épocas para la variable rendimiento en brócoli

Grupo	Media	N	Épocas
A	86,53	6	1
B	67,10	6	2

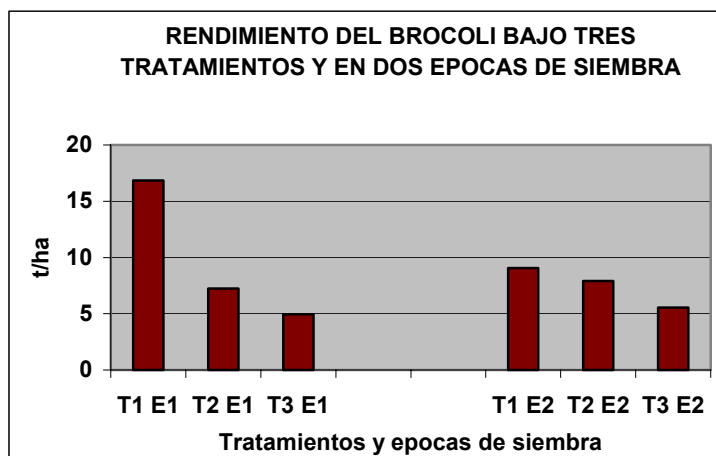
Comparador 5 % : 0,84

Fuente: Este estudio.

En cuanto a la interacción que se presentó entre tratamientos por época, se encontró que los tres tratamientos tuvieron diferencias significativas entre sí en la época uno, y el mayor promedio fue el del riego por microtubo con 16,84 t/ha, luego la exudación 7,26 t/ha y por último el testigo 4,96 t/ha.

En la segunda época de siembra el riego por goteo 9,06 t/ha y la exudación 7,90 t/ha no tuvieron diferencias estadísticas significativas entre sí, pero se encontraron diferencias estadísticas entre estos dos respecto al testigo 5,57 t/ha (Cuadro 17).

Figura 13. Interacción de los tratamientos durante las dos épocas de siembra



Fuente: Este estudio.

Cuadro 17. Resultados de la prueba de F de tratamientos por época para la variable rendimiento en brócoli

Comparación	GL	Cuadrado medio	Fc	Ft(0.05); GL
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 1	1	90,5	201,11 **	4,75
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 1	1	139,55	310,11 **	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 1	1	5,29	11,75 **	
Riego1 Vs Riego2 dentro de época 2	1	1,32	2,93 NS	
Riego1 Vs Riego3 dentro de época 2	1	11,99	26,64 **	
Riego2 Vs Riego3 dentro de época 2	1	5,35	11,89 **	
Grados de libertad del error	12	0,45		

Fuente: Este estudio.

Estos resultados se pueden deber, que, al igual que con ensayos anteriores hubo un uso eficiente del agua con el riego por microtubo, que permitió mantener el suelo con mejor disponibilidad de agua que el riego por exudación y el testigo.

En la variedad Decicco los rendimientos promedio son de siete t/ha coincidiendo con las producciones obtenidas con el riego por exudación y siendo superada por el riego por riego con microtubos¹.

¹ CASTILLO, M. Estudios realizados sobre pérdidas en empaques y transporte. Bogotá: Instituto de investigaciones tecnológicas. 1992. 17p.

En este cultivo los rendimientos obtenidos con los sistemas de riego no superaron el rendimiento nacional con un valor de 20 t/ha, esto probablemente a que en el trabajo de investigación se usó la variedad Decicco, pues lo común a nivel nacional es el uso de semillas híbridas con las que se pueden lograr mayores rendimientos².

3.4 ANALISIS ECONOMICO

En los sistemas de riego se obtuvieron productos de primera calidad en las lechugas y de segunda calidad en los repollos y brócolis (Cuadro 18), se asume que bajo los sistemas de riego se realizan tres siembras durante el año, mientras que para el testigo solo dos siembras.

CUADRO 18. Clasificación de calidad de las especies según ICONTEC

ESPECIE	EXTRA (gr)	PRIMERA (gr)	SEGUNDA (gr)	TERCERA (gr)
LECHUGA		Mayor de 700	400 a 699	Menos de 400
REPOLLO		Mayor de 2000	801 a 2000	500 a 800
BRÓCOLI	Mayor a 500	400-500	300-400	Menos de 300

Fuente: Asohofrucol 2005

3.4.1 Lechuga

El Anexo N muestra los costos de producción por hectárea de lechuga bajo sistema de riego por exudación para un periodo de 10 años con una depreciación constante anual

Para el sistema de riego por exudación, se estimaron costos variables de \$4'707.000 por hectárea por año y costos fijos de \$1'178.669 por hectárea por año, incluyendo la inversión del equipo por año, obteniéndose un ingreso bruto anual de \$20'076.000 y un ingreso neto anual de \$14'190.331, la relación beneficio/ costo al primer año es de 2,4, lo que quiere decir que la producción de lechuga bajo este sistema es rentable (Anexo Q).

El Anexo O muestra los costos de producción por hectárea de lechuga bajo sistema de riego por goteo para un periodo de 10 años.

El sistema de riego por microtubo, se calculó los costos variables de \$4'707.000 por hectárea por año y costos fijos de \$415.726 por hectárea por año incluyendo la inversión del equipo por un año, obteniéndose un ingreso bruto anual de \$24'324.000 y un ingreso neto anual de \$19'210.274, la relación beneficio/ costo al año es de 4,1; lo que quiere decir que la producción de lechuga bajo este sistema es rentable (Anexo Q).

² ASOHOFRUCOL. Calidad de los cultivos. Lugar: www.asohofrucol.co

El Anexo P muestra los costos de producción por hectárea de lechuga con el testigo para un periodo de 10 años.

Con el testigo, se estimaron costos variables de \$3'351.000 por hectárea por año y costos fijos de \$48.000 por hectárea por año (Anexo Q), obteniéndose un ingreso bruto anual de \$14'216.000 y un ingreso neto anual de \$10'817.000, la relación beneficio/ costo al año es de 3,2; lo que quiere decir que la producción de lechuga bajo este sistema es bueno esto se dio por que la precipitación pluvial durante el ensayo fue la adecuada para el desarrollo del cultivo.

3.4.2 Repollo

El Anexo R muestra los costos de producción por hectárea de repollo bajo sistema de riego por exudación para un periodo de 10 años.

El sistema de riego por exudación se estimó costos variables de \$4'707.000 por hectárea por año y costos fijos de \$1'178.669 por hectárea por año incluyendo la inversión del equipo, obteniéndose un ingreso bruto anual de \$33'030.000 y un ingreso neto anual de \$27'144.331, la relación beneficio/ costo al año es de 4,6; lo que quiere decir que la producción de repollo bajo este sistema es rentable (Anexo U).

El Anexo S muestra los costos de producción por hectárea de repollo bajo sistema de riego por goteo para un periodo de 10 años.

Con el sistema de riego por microtubo, se estimó costos variables de \$4'707.000 por hectárea por año y costos fijos de \$415.726 por hectárea por año incluyendo la inversión del equipo por año, (Anexo U); obteniéndose un ingreso bruto anual de \$31'836.000 y un ingreso neto anual de \$26'713.274, la relación beneficio/ costo al año es de 5,2; lo que quiere decir que la producción de repollo bajo este sistema es rentable.

El Anexo T muestra los costos de producción por hectárea de lechuga con el testigo para un periodo de 10 años.

Para testigo se estimó costos variables de \$3'351.000 por hectárea por año y costos fijos de \$48.000 por hectárea por año (Anexo U); obteniéndose un ingreso bruto anual de \$14'140.000 y un ingreso neto anual de \$10'741.000, la relación beneficio/ costo al año es de 3,1, lo que quiere decir que la producción de repollo bajo este sistema es buena, esto se debió a que la precipitación pluvial fue adecuada para el desarrollo del cultivo.

3.4.3 Brócoli

El Anexo V señala los costos de producción por hectárea de brócoli bajo sistema de riego por exudación para un periodo de 10 años.

Con el sistema de riego por exudaciones estimó costos variables de \$4'707.000 por hectárea por año y costos fijos de \$1'178.000 por hectárea por año, incluyendo la inversión del equipo (Anexo Y), obteniéndose un ingreso bruto anual de \$11'370.000 y un ingreso neto anual de \$5'484.331, en la relación beneficio/ costo al año de 0,9; lo que quiere decir que el cultivo de brócoli con este sistema de riego no tiene un rentabilidad a corto plazo.

El Anexo W muestra los costos de producción por hectárea de repollo bajo sistema de riego por goteo para un periodo de 10 años.

Para el sistema de riego por goteo, unos costos variables de \$4'707.000 por hectárea por año y unos costos fijos de \$415.726 por hectárea por año, incluyendo la inversión del equipo por año (Anexo Y), obteniéndose un ingreso bruto anual de \$19'425.000, un ingreso neto anual de \$14'302.274, la relación beneficio/ costo al año es de 2,8; lo que quiere decir que la producción de brócoli bajo este sistema tiene rentabilidad.

El Anexo X indica los costos de producción por hectárea de lechuga con el testigo para un periodo de 10 años.

En el testigo, se estimaron costos variables de \$3'351.000 por hectárea por año y costos fijos de \$48.000 por hectárea por año (Anexo Y), obteniéndose un ingreso bruto anual de \$4'208.000 y un ingreso neto anual de \$2'5790.000, la relación beneficio/ costo al año es de 1,6; lo que quiere decir que la producción de brócoli bajo este sistema es rentable.

En todos los cultivos sin tener en cuenta el sistema de riego utilizado, cabe destacar que la relación beneficio/ costo disminuiría si tomamos en cuenta que en este estudio el análisis económico no incluyó el valor de la tierra ni los costos de administración o herramienta, caso que puede ocurrir cuando no se cuenta con un lote propio y se necesita pagar administración, en este caso aumentaría los costos y disminuye la relación beneficio / costo.

El análisis económico para los tres cultivos, en los dos sistemas de riego y el testigo se lo realizó a diez años por que la durabilidad del equipo es a ese tiempo, teniendo en cuenta que se tomo un 20%. La relación benéfico / costo en los diez años, con estas condiciones de siembra se mantiene como en el año 0

4. CONCLUSIONES

En lechuga var Batavia con el sistema de riego por microtubos, se logró rendimientos promedios en las dos épocas de siembra de 20,27 t/ha, con diferencias significativas respecto al sistema de riego por exudación y al testigo que alcanzaron 16,73 t/ha y 17,77 t/ha respectivamente.

En repollo var Copenhagen Market, el tratamiento de riego por exudación con un rendimiento de 53,06 t/ha y el riego por microtubo con 54,5 t/ha, superaron significativamente al testigo se obtuvo un rendimiento de 36,19 t/ha.

En brócoli var Deccico, el sistema de riego por microtubo, logró un rendimiento de 12,95 t/ha, superando significativamente los sistema de riego por exudación y el testigo que presentaron rendimientos de 7,58 t/ha y 5,26 t/ha respectivamente. A su vez el sistema de riego por exudación, superó significativamente al testigo

El sistema de riego por microtubos mostró más eficiencia en rendimiento respecto a los otros tratamientos en los cultivos de lechuga y brócoli; mientras con el sistema de riego por exudación se logró una mayor eficiencia en rendimiento en repollo frente a los otros dos tratamientos.

Los cultivos respondieron positivamente a la aplicación de agua mediante la utilización de los sistemas de riego empleados en el trabajo de investigación, obteniendo para lechuga y repollo rendimientos que estuvieron acordes y se superaron ampliamente los rendimientos regionales y los nacionales, a pesar que en el brócoli no se superó los rendimientos nacionales y regionales debido al uso de una variedad, sin embargo se supero las producciones promedias de esta.

Se debe tener presente que el periodo en que se realizó el trabajo de investigación, correspondió a dos épocas lluviosas y probablemente por esta razón el testigo logro unos rendimientos aceptables.

Dada la bondad del sistema de riego por exudación y goteo se pueden realizar tres cosechas por año logrando mayores beneficios para los agricultores.

Para el trabajo de investigación, en la especie lechuga var. Batavia, sembrando con sistema de riego por microtubo la relación beneficio / costo es de 4,1; siendo el sistema mas recomendable para la siembra de esta especie en comparación con la exudación donde la relación beneficio/costo 2,8 .

En la especie repollo var. Copenhague Market, sembrando con sistema de riego por goteo, la relación beneficio/costo es de 5,2; siendo el sistema mas recomendable para la siembra de esta especie en comparación con la exudación que tiene una relación beneficio/costo de 4,6.

La especie brócoli var Deccico, sembrando con sistema de riego por goteo, la relación beneficio/costo de 2,8; siendo el sistema mas recomendable para la siembra de esta especie a comparación con la exudación donde la relación beneficio/costo es de 0,9.

RECOMENDACIONES

Replicar el ensayo en otras zonas hortícolas para determinar la adaptabilidad de los sistemas de riego a estas.

Realizar estudios en los diferentes pisos térmicos con otros cultivos.

Efectuar trabajos con semillas híbridas en suelos similares a los trabajados.

Realizar ensayos con diferentes densidades de siembra.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOHOFrucOL. Calidad de los cultivos. Lugar:www.asohofrucol.co
- BLACK, J. Corriente de irrigación diaria. Australia: Ministerio de Agricultura, 1997. 72 p
- BENAVIDES Orlando. Manejo de riego por goteo en cultivo de fresas, Tibaitata, 1982. Tesis de grado (Magíster Scenticce). Universidad Nacional de Colombia. ICA. 68 p.
- DOOREMBOS, Jhon. y KASSAM, Jack. Riego permanente de huertos por goteo y aspersión . Bucarest, Rumania: FAO, 1990. 126 p.
- ERAZO, Y. y CHARRY, E. Evaluación de seis laminas de riego por goteo en repollo y lechuga en Botana, Pasto, 1987. En: Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 55 p.
- FAO. Estudio sobre riego y avenamiento. Roma: ONU, 2002. 144p.
- FORERO, Antonio. Riego por goteo en el minifundio colombiano. En: Primer Seminario sobre Tecnología Apropriada para el Sector Rural. Tibaitata, Colombia: s.n. 1993. 19 p.
- GOLDBERG, D. Irrigación por goteo- un método para incrementar la producción de la agricultura bajo condiciones de aguas salinas y suelos adversos. Israel: 1990. 115p.
- HALEVY, Ivan. y ZOHAR, Y. Riego por goteo. Israel: Ministerio de Agricultura, 1993. 46p
- HALL, B. Comparación de goteo y riego en surcos para el mercado de tomates. EE.UU. 2002. 28p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. En: Primer Curso Nacional de Hortalizas. Conferencias/ el instituto. Mosquera. Bogotá: ICA, 1996. 285 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ADECUACION DE TIERRAS. Influencia del riego en los cultivos.INAT Lugar: www.inat.gov.co
- KEREN, Z. Especificaciones de fabricantes y comunicaciones. Israel. 2003. 20p.

LAS PALMERILLAS. Dosis de riego para los cultivos hortícolas bajo invernadero en Almería. www.laspalmerillas.com. 2003.

LEGARDA, Lucio. El sistema de riego por exudación una alternativa para la producción de cultivos de clima cálido en regiones secas. Pasto. Universidad de Nariño. Colombia. 1988. 50 p.

LEGARDA, Lucio y GARCIA, Roberto. Manual de riego agrícola. Pasto. Uned, 2002. 181 p.

LUNA, Edgar. Economía agrícola II. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1988. 296 p.

MARULANDA, C. Cultivo de Hortalizas en la Amazonía Colombiana. Bogotá: Corporación Araracuara, 1998. 45 p.

MICROFERTIZA. Manual técnico de fertilización de cultivos. Bogotá: Microfertiza, 2006. 116p

MUÑOZ, Mauricio. Y CADENA, Victor. Estudio de la lamina de aprovechable en los cultivos de sandía, maíz, pimentón, maní, zapallo, cebolla cabezona, bajo el sistema riego por exudacion en el corregimiento de Remolino, Nariño. Pasto, 2001. En: Tesis de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas. 152 p.

OJEDA, Luis. Evaluación de riego por exudación en el cultivo de lechuga bajo cubierta, mediante el uso de tensiometros. Pasto, 1995. En: Tesis de grado (ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 95 p.

PIZARRO, F. Riegos localizados de alta frecuencia (RLFA) Goteo, microaspersión, exudación. Madrid, España: Mundiprensa, 1986. 158 p.

REUVENI, O. Diseño de un sistema de riego por goteo. Israel: Secretaría de agricultura. 2001. 98p.

ROLLAND, Lioneld. Riego por goteo. Israel: Ministerio de Agricultura. 1993. 46p

SHANI, M. y DAN, H. Informe de riego por goteo y métodos similares. Instituto de hidráulica agrícola. Pisa, Italia: 2002. 123p.

SAÑUDO, Benjamín. Introducción al manejo técnico de cultivos hortícola en la zona cerealista de Nariño. Universidad de Nariño Facultad de ciencias agrícolas, San Juan de Pasto, 2002. 80p.

SAÑUDO, Benjamin. Cultive técnicamente hortalizas. Pasto: ministerio de agricultura y desarrollo rural, Universidad de Nariño, 2003. 12p.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, Consolidado de rendimientos en cultivos transitorios y perennes en el departamento de Nariño. Secretaria de agricultura. San Juan de Pasto: 2004. sp.

SEMILLAS ALEJANDRO LOPEZ. Importado y Empacado por Semillas Alejandro Lopaz. Caali: Colombia. 2003

VERGARA, Manuel. Manejo integral de Cultivos en Suelos Bajo Riego. Fusagasuga: CECIL, 1996. 153p.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de suelos de la finca Botana, vereda de Catambuco

pH	6,7
MATERIA ORGANICA %	4,9
DENSIDAD APARENTE (g/cc)	0,9
FÓSFORO APROVECHABLE (ppm)	134
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO cic	24,0
CALCIO DE CAMBIO (meq/100g)	13,4
MAGNESIO DE CAMBIO (meq/100g)	4,6
POTASIO DE CAMBIO (meq/100g)	1,13
HIERRO (ppm)	172,00
MANGANESO (ppm)	9,4
COBRE (ppm)	3,68
ZINC (ppm)	10,00
BORO (ppm)	0,31
TEXTURA	ARCILLO-ARENOSA
NITRÓGENO TOTAL (%)	0,22
CARBONO ORGANICO(%)	2,85

Fuente: Laboratorio Universidad de Nariño. Octubre 1 de 2004.

Anexo B CALCULO DE INFILTRACION ACUMULADA Y VELOCIDAD DE INFILTRACION

Tiempo (minutos)	X Intervalo tiempo (minutos)	Lectura (cms)	Diferencia lectura (cms)	Y Infiltración acumulada (cms)	Yi Velocidad infiltración (cms/h)
0	0	1.7			
1	1	1.9	0.2	0.2	12.0
2	3	2.1	0.2	0.4	6.0
5	8	2.2	0.1	0.5	1.2
10	18	2.4	0.2	0.7	1.2
10	28	2.7	0.3	1	1.8
10	38	3.2	0.5	1.5	3.0
20	58	3.6	0.4	1.9	1.2
20	78	4.1	0.5	2.4	1.5
20	98	4.5	0.4	2.8	1.2
30	118	5.3	0.8	3.6	1.6
30	148	5.9	0.6	4.2	1.2
30	178	6.7	0.8	5	1.6
Sumatoria	774			24.2	33.50
Media	64.5			2.016666667	2.79
Datos	12				

Fuente: Este estudio.

Anexo C. Datos correspondientes a la precipitación, evaporación, tiempo de riego para el sistema de riego por goteo, litros aportados mediante el riego por goteo y exudación por bloque y por sistema en un área de 220,13 m² durante la primera siembra (1 oct 2004 – 3 ene 2005)

Fecha	Precipi. mm	Evapor. mm	Tiemp. min.	Litros por bloque en cada sistema	Litros totales por cada sistema
1 oct/ 04	2	2	0	0	0
2 oct/ 04	0	2,1	25	79	237
3 oct/ 04	0	2,7	31	102	306
4 oct/ 04	0	1,8	20	68	204
5 oct/ 04	0	2,5	29	94	282
6 oct/ 04	1,4	3,8	28	90	270
7 oct/ 04	0	2,3	26	86	258
8 oct/ 04	0	3,6	42	135	405
9 oct/ 04	0	7,1	83	267	801
10 oct/ 04	0	4,2	49	158	474
11 oct/ 04	0,8	3,7	0	109	327
12 oct/ 04	1,6	1	34	0	0
13 oct/ 04	0	1,1	12	41	123
14 oct/ 04	0	4,5	53	169	507
15 oct/ 04	0	4,1	48	154	462
16 oct/ 04	3,6	4,6	11	37	111
17 oct/ 04	0	3,4	40	128	384
18 oct/ 04	4,8	1,2	0	0	0
19 oct/ 04	6,7	1,3	0	0	0
20 oct/ 04	28,5	1,5	0	0	0
21 oct/ 04	18,5	0,9	0	0	0
22 oct/ 04	13,8	0,9	0	0	0
23 oct/ 04	7,3	2	0	0	0
24 oct/ 04	0,1	5,8	0*	0	0
25 oct/ 04	5,2	2,3	0	0	0
26 oct/ 04	1,5	2,2	0*	0	0
27 oct/ 04	10	1,3	0	0	0
28 oct/ 04	6,7	2,5	0	0	0
29 oct/ 04	4,5	2,1	0	0	0
30 oct/ 04	12,3	2,8	0	0	0
31 oct/ 04	0	1,2	0*	0	0
1 nov / 04	0	3,7	43	139	417
2 nov / 04	3,4	1,9	0	0	0
3 nov / 04	7,5	4,3	0	0	0
4 nov / 04	0,1	2,7	0*	0	0
5 nov / 04	5,3	2,9	0	0	0
6 nov / 04	6,7	2,6	0	0	0
7 nov / 04	1,4	1,3	0	0	0
8 nov / 04	2,3	3,2	0*	0	0
9 nov / 04	16	1,4	0	0	0
10 nov / 04	1,7	3,6	0*	0	0
11 nov / 04	0	3	0*	0	0
12 nov / 04	3,0	4,4	16	52	156
13 nov / 04	14,2	1,8	0	0	0
14 nov / 04	0,6	0,2	0	0	0
15 nov / 04	0,5	2,7	25	82	246
16 nov / 04	0	0,5	5	18	54
17 nov / 04	4,4	3,5	0	0	0
18 nov / 04	4,2	0,1	0	0	0
19 nov / 04	4,5	2,0	0	0	0
20 nov / 04	0,2	3,2	35	112	336
21 nov / 04	0,3	2,4	25	79	237
22 nov / 04	0	3,5	41	131	393
23 nov / 04	0	3,3	38	124	372
24 nov / 04	0	5,2	61	195	585
25 nov / 04	31,2	0,2	0	0	0
26 nov / 04	1,2	0,1	0	0	0
27 nov / 04	0,9	1,4	5	18	54
28 nov / 04	0	1,9	22	71	213
29 nov / 04	2,2	2,5	3	11	33

30 nov / 04	1,9	0	0	0	0
1 dic / 04	2,0	2,4	4	15	45
2 dic / 04	0,2	0,9	8	26	78
3 dic / 04	0,4	1,9	17	56	168
4 dic / 04	3,0	1,6	0	0	0
5 dic / 04	1,2	0,7	0	0	0
6 dic / 04	0	0,9	10	33	99
7 dic / 04	0	3,7	43	140	420
8 dic / 04	2,5	3,9	16	52	156
9 dic / 04	2,1	3,6	17	56	168
10 dic / 04	0	1,0	11	37	111
11 dic / 04	0	4,4	51	165	195
12 dic / 04	0	2,6	30	98	294
13 dic / 04	0	1,7	19	63	189
14 dic / 04	3,2	0,3	0	0	0
15 dic / 04	9,5	0,9	0	0	0
16 dic / 04	6,2	0,4	0	0	0
17 dic / 04	5	1,4	0	0	0
18 dic / 04	2	0,9	0	0	0
19 dic / 04	0	2,2	25	82	246
20 dic / 04	0	4,7	55	176	528
21 dic / 04	0	2,2	25	82	246
22 dic / 04	0	2,4	28	90	270
23 dic / 04	0,7	2,4	20	64	192
24 dic / 04	0	5,6	65	210	630
25 dic / 04	0,4	4,1	43	139	417
26 dic / 04	0	1,7	20	63	189
27 dic / 04	0	2,4	28	90	170
28 dic / 04	2,2	0,1	0	0	0
29 dic / 04	0	2,2	31	101	303
30 dic / 04	0	3,5	41	131	393
31 dic / 04	0	2,2	31	101	303
1 ene / 05	0	3,6	42	135	405
2 ene / 05	0	1,8	21	67	201
3 ene / 05	0	1,6	18	60	180
TOTAL	243,8				15.357

* Días en que no se realizo riego por alta humedad en el suelo

Fuente: Este estudio.

Anexo D. Datos correspondientes a la precipitación, evaporación, tiempo de riego para el sistema de riego por goteo, litros aportados mediante el riego por goteo y exudación por bloque y por sistema en un área de 220,13 m² durante la segunda siembra (10 enero 2005 – 23 abril 2005)

Fecha	Precipi. mm	Evapor. mm	Tiemp. min.	Litros por bloque en cada sistema	Litros totales por cada sistema
11 ene / 05	0,5	2	17	56	168
12 ene / 05	0	4,2	49	158	474
13 ene / 05	0	4,4	51	165	495
14 ene / 05	15,6	4,4	0	0	0
15 ene / 05	0,8	2,5	0*	0	0
16 ene / 05	4,2	0,5	0	0	0
17 ene / 05	3	0,5	0	0	0
18 ene / 05	9	2,7	0	0	0
19 ene / 05	1,8	1,7	0	0	0
20 ene / 05	1,7	1,1	0	0	0
21 ene / 05	0,2	2,4	25	82	246
22 ene / 05	0	3,4	39	127	381
23 ene / 05	2,7	1,5	0	0	0
24 ene / 05	1,9	0,3	0	0	0
25 ene / 05	0	3,6	0*	0	0
26 ene / 05	0	4,1	48	154	462
27 ene / 05	0,2	0,7	6	18	54
28 ene / 05	0,2	3,3	36	116	348
29 ene / 05	0	2,5	29	94	282
30 ene / 05	4	1,3	0	0	0
31 ene / 05	0	2,8	32	105	315
1 feb / 05	0	3,5	40	120	393
2 feb / 05	0,2	1,5	15	48	144
3 feb / 05	0,3	1,3	11	37	111
4 feb / 05	1,5	1,3	0	0	0
5 feb / 05	0,9	2	12	41	123
6 feb / 05	1,9	1,6	0	0	0
7 feb / 05	1,8	2,2	4	15	45
8 feb / 05	12,1	1,7	0	0	0
9 feb / 05	0,4	4,8	0*	0	0
10 feb / 05	2,7	2	0	0	0
11 feb / 05	27,2	1	0	0	0
12 feb / 05	10	1,8	0	0	0
13 feb / 05	0	2,5	0*	0	0
14 feb / 05	18,3	1,2	0	0	0
15 feb / 05	9,6	1,1	0	0	0
16 feb / 05	4,4	1,7	0	0	0
17 feb / 05	2	2	0	0	0
18 feb / 05	0,5	2	0*	0	0
19 feb / 05	4,4	2,4	0	0	0
20 feb / 05	0	4,8	0*	0	0
21 feb / 05	0	3,6	42	135	405
22 feb / 05	0	1,5	17	56	168
23 feb / 05	0	3,8	44	143	429
24 feb / 05	0	4,8	56	180	540
25 feb / 05	0	4,8	56	180	540
26 feb / 05	4,6	1,7	0	0	0
27 feb / 05	1,4	1	0	0	0
28 feb / 05	0	1,2	14	45	135
1 mar / 05	0	2	23	75	225
2 mar / 05	0,6	0,9	3	11	33
3 mar / 05	13,3	2,3	0	0	0
4 mar / 05	6,6	2	0	0	0
5 mar / 05	0	3,5	0*	0	0
6 mar / 05	3,2	1,7	0	0	0
7 mar / 05	28,9	1	0	0	0
8 mar / 05	6,7	1,4	0	0	0
9 mar / 05	4,2	1,5	0	0	0
10 mar / 05	3,5	2	0	0	0
11 mar / 05	0	3,5	0*	0	0

12 mar / 05	0,7	2,5	21	67	201
13 mar / 05	0,1	2,4	26	86	258
14 mar / 05	0	3,7	43	139	417
15 mar / 05	6,3	1,4	0	0	0
16 mar / 05	0	0,6	7	21	66
17 mar / 05	0	2,6	30	97	291
18 mar / 05	6,4	1,3	0	0	0
19 mar / 05	0	2	23	75	225
20 mar / 05	5,2	2,5	0	0	0
21 mar / 05	1,4	3	18	60	156
22 mar / 05	8,4	5	0	0	0
23 mar / 05	10,8	0,3	0	0	0
24 mar / 05	1	1,7	0*	0	0
25 mar / 05	0,5	1,9	16	52	156
26 mar / 05	0	3	35	112	336
27 mar / 05	0	1,3	15	49	147
28 mar / 05	0	3,3	38	124	372
29 mar / 05	0,9	2,4	17	56	168
30 mar / 05	3,7	2,6	0	0	0
31 mar / 05	1,6	0,5	0	0	0
1 abr / 05	0	1,9	22	71	213
2 abr / 05	0	1,9	22	71	213
3 abr / 05	3	2	0	0	0
4 abr / 05	2,9	3,2	3	11	33
5 abr / 05	2,8	1,2	0	0	0
6 abr / 05	2,7	1,5	0	0	0
7 abr / 05	3,2	1,3	0	0	0
8 abr / 05	1,4	0,9	0	0	0
9 abr / 05	1,2	3,9	31	101	303
10 abr / 05	1	2,7	20	60	192
11 abr / 05	0,4	1,9	17	56	168
12 abr / 05	3,6	2,5	0	0	0
13 abr / 05	1,4	0,3	0	0	0
14 abr / 05	4,9	0,8	0	0	0
15 abr / 05	1,6	1,6	0	0	0
TOTAL	269,4				10.050

* Días en que no se realizó riego por alta humedad en el suelo

Fuente: Este estudio.

Anexo E. Variable peso de las lechugas obtenidas bajo riego por goteo en dos épocas de siembra

Época 1	Época 2
Peso en gr	Peso en gr
520	650
500	480
380	880
600	680
420	700
550	380
500	810
520	470
470	750
680	640
680	470
650	470
700	690
470	500
1000	480
710	740
450	480
450	620
420	440
670	460
630	410
590	790
590	420
650	480
490	680
580	650
410	710
620	720
490	420
480	630
470	810
570	710
650	420
440	780
610	570
700	950
500	430
580	760
440	670

450	760
470	640
480	450
540	380
580	730
590	560
470	410
550	710
690	380
450	440
470	690
490	680
420	390
500	800
710	680
440	420
470	610
480	410
510	370
480	620
470	580
480	350
700	650
450	730
420	370
710	710
790	470
480	420
640	590
520	420
580	310
490	700
630	410
PROMEDIOS	
547,64 gr	578,33 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo F. Variable peso de las lechugas obtenidas bajo riego por exudacion en dos épocas de siembra

Época 1	Época 2
Peso en gr	Peso en gr
440	420
390	480
410	430
440	460
390	470
700	420
470	460
390	430
470	800
400	280
350	460
390	480
380	450
380	390
590	400
470	500
550	360
650	320
410	550
460	340
350	780
390	600
500	350
590	450
390	320
350	480
410	780
600	400
460	360
650	360
520	320
430	400
450	750
480	620
470	380
440	360
450	420
580	380
680	450
470	380

480	440
480	790
430	350
520	560
460	760
440	400
380	560
480	300
470	430
410	470
610	750
400	460
450	750
300	800
380	330
440	560
450	750
490	750
400	440
510	340
590	340
380	300
480	760
390	310
410	350
420	700
420	470
490	320
470	600
480	370
350	370
470	450
PROMEDIOS	
460 gr	480,14 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo G. Variable peso de las lechugas obtenidas bajo el tratamiento testigo en dos épocas de siembra

Época 1	Época 2
Peso en gr	Peso en gr
600	800
480	350
310	360
510	900
520	380
350	310
570	600
530	250
380	280
620	280
350	400
630	320
590	750
590	390
690	390
100	300
480	900
630	400
500	250
850	700
380	300
380	320
650	900
500	320
520	420
520	350
430	380
670	310
530	800
320	460
670	360
600	600
630	430
490	400
420	800
560	310
530	350
380	850
390	310
620	390

420	1000
370	370
510	370
480	900
400	420
630	410
310	950
390	420
410	380
380	750
320	320
520	410
360	950
380	270
410	380
480	750
630	310
430	400
460	780
530	480
470	330
400	680
380	370
420	380
420	760
400	260
470	390
460	620
410	450
390	380
450	470
620	270
PROMEDIOS	
480,28 gr	486,81 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo H. Variable peso de los repollos obtenidas bajo riego por goteo en dos épocas de siembra

Epoca 1	Epoca 2
Peso en gr	Peso en gr
1700	1400
1800	1800
1400	3700
1800	900
1300	1200
1700	1600
1300	1200
900	1200
1900	1200
1200	1000
1000	1300
2000	1400
1900	1300
1400	1000
1300	1800
1700	1300
950	1000
1200	2200
1800	1200
1000	1200
1200	1000
2500	850
1100	1600
930	2700
1800	1000
1500	1600
1300	1950
1900	1200
1600	1200
1200	1700
2500	1700
1500	1500
1200	1400
1700	900
1300	1200
930	2500
1400	1000
1300	1500
1100	3000
1700	700
1300	1600

1200	1300
1800	1300
1200	1300
900	2400
1300	2300
1400	1400
1400	2400
1300	2400
1100	1400
1800	1900
1300	1200
1300	1400
1700	2500
1000	890
1200	1200
1800	2500
1200	700
1000	1400
1400	2600
1000	1000
1200	1200
1300	2100
900	1100
1600	1200
1700	2600
1000	950
1000	1300
1100	2200
1000	1400
1700	1400
1300	2100
Promedios	
1393,19 gr	1551,94 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo I. Variable peso de los repollos obtenidas bajo riego por exudacion en dos épocas de siembra

Epoca 1	Epoca 2
Peso en gr	Peso en gr
1200	1600
1400	1300
1300	1300
1400	1500
1800	2100
1800	1400
1100	1700
2000	1700
1100	1800
1400	2600
1600	1300
2000	1700
1100	1900
1400	1900
1500	1300
1300	1300
1200	1800
1700	1800
1800	1200
1400	1300
1400	1300
2000	1800
1400	1400
1600	1300
1900	1200
1900	2100
1600	2000
1600	1000
1700	1300
1300	1400
1900	1400
1600	1800
1000	1400
1400	1400
1800	1000
1300	1300
1400	1100
1200	1400
1300	1600
1000	1500

1000	1400
1700	1400
1200	1800
1300	1700
1300	1100
1700	1300
1300	1800
1700	1700
1400	1400
1700	2100
1400	1000
1300	2200
2000	1400
1400	1300
1200	900
1800	2000
1800	1500
1400	1800
1700	1600
1300	1500
1700	1300
1900	1700
1200	1400
1900	2100
2100	1000
2100	1300
1800	1400
1700	1400
1400	800
2100	1500
1500	2000
1300	1300
PROMEDIOS	
1529,17 gr	1518,06 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo J. Variable peso de los repollos obtenidas bajo el tratamiento testigo en dos épocas de siembra

Época 1	Época 2
Peso en gr	Peso en gr
800	1200
1300	950
850	1400
700	1200
750	850
1300	1300
1000	1100
1000	1100
1500	1200
900	800
1000	1500
1000	800
1000	800
1300	950
850	900
1000	1100
900	850
950	1100
1100	900
1100	1100
700	900
900	1000
1000	600
1000	1000
1100	1400
700	700
970	1000
850	900
1000	1000
780	900
750	1000
1300	750
1000	900
830	900
1400	750
870	1100
1000	1200
1200	700
650	800
750	1100

850	1100
830	900
900	1300
950	980
1500	1000
700	900
830	1000
1000	1000
1000	900
1100	1300
950	900
950	1000
850	900
720	1100
1100	1100
1000	900
1000	1200
1200	800
750	1000
1100	900
1000	1000
1000	1100
830	1200
900	1100
900	900
550	1100
1000	1000
1100	1200
820	1000
830	1000
850	1000
900	900
PROMEDIOS	
958,47	1005,28

Fuente: Este estudio.

Anexo K. Variables de ancho largo y peso de los brócolis obtenidas bajo riego por goteo en dos épocas de siembra

Época 1	Época 2
Peso en gr	Peso en gr
500	120
470	240
380	560
520	270
520	200
480	490
610	210
510	180
480	580
500	140
470	320
410	450
600	200
460	130
480	540
490	140
490	170
460	470
550	170
510	170
510	490
490	150
430	210
520	480
370	140
410	200
400	620
370	150
440	110
480	540
390	130
610	170
430	340
450	280
390	120
500	160
430	130
620	150
480	180
560	170

460	200
380	160
380	180
370	220
410	420
410	170
440	160
480	190
450	150
450	300
490	320
380	130
400	350
550	250
400	180
420	500
480	290
420	120
500	150
390	260
490	170
470	170
610	310
400	160
490	220
500	320
480	210
510	240
430	400
470	220
480	140
520	180
PROMEDIOS	
467,78 gr	251,73 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo L. Variables de ancho largo y peso de los brócolis obtenidas bajo riego por exudación dos épocas de siembra

Epoca 1	Epoca 2
Peso en gr	Peso en gr
210	210
170	150
190	450
300	180
240	250
210	500
190	130
190	160
200	460
200	150
210	180
170	180
180	130
200	170
180	170
190	160
210	130
200	170
200	290
220	190
150	550
190	160
180	200
170	120
180	160
170	130
250	150
230	180
190	120
240	480
210	130
200	130
200	480
200	180
170	200
220	190
220	170
180	170
190	520

300	130
200	120
210	550
220	110
180	160
200	180
230	170
260	220
170	120
190	120
210	260
180	480
180	110
170	270
180	360
180	130
200	240
180	130
210	180
210	260
210	480
190	120
190	190
190	140
180	140
180	230
240	150
250	130
200	180
210	390
240	160
190	220
190	130
PROMEDIOS	
201,67 gr	219,31 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo M. Variable peso de los brócolis obtenidos bajo tratamiento testigo en dos épocas de siembra

Época 1	Época 2
Peso en gr	Peso en gr
110	150
160	160
170	320
120	120
150	120
160	330
130	110
150	110
140	100
110	150
150	100
130	290
120	100
140	110
120	280
120	120
110	110
130	160
190	130
120	110
120	300
180	130
110	110
150	300
110	110
150	120
160	280
100	110
150	150
160	320
120	150
100	100
150	150
150	140
120	120
150	300
110	100
160	110
140	100
120	100

160	140
150	130
130	150
170	150
170	150
130	140
150	180
160	150
140	110
120	160
150	100
120	130
130	180
140	190
110	120
120	160
110	170
140	120
110	180
120	150
150	150
100	160
130	180
170	130
140	130
120	150
150	140
160	120
140	150
170	120
160	150
150	120
PROMEDIOS	
137,64 gr	154,72 gr

Fuente: Este estudio.

Anexo N. Análisis económico para el cultivo de lechuga con riego por exudación (Ha)

Concepto		Año 0
COSTOS VARIABLES(CV)	Unidades	PESOS
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	7Jornal	84.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	5Jornal	60.000
Instalación y montaje del sistema	1tecnico	50.000
Insumos		
Semilla	6 Libras	690.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	60Bultos	2'880.000
Insecticidas	3Litros	72.000
Molusquicida	60Libra	204.000
Herbicida	6Litro	72.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		4'707.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
Inversión equipo de riego por exudación (10% anual)		1'130.669
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		1'178.669
COSTOS TOTALES		5'885.669

Anexo O. Análisis económico para el cultivo de lechuga con riego por goteo (Ha)

Concepto		0
COSTOS VARIABLES(CV)	unidades	PESOS
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	7Jornal	84.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	5Jornal	60.000
Instalación y montaje del sistema	1tecnico	50.000
Insumos		
Semilla	6 Libras	690.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	60Bultos	2'880.000
Insecticidas	3Litros	72.000
Molusquicida	60Libra	204.000
Herbicida	6Litro	72.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		4'707.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
Inversión equipo de riego por goteo (10% anual)		367.726
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		415.726
COSTOS TOTALES		5'122.726

Anexo P. Análisis económico para el cultivo de lechuga con el testigo (Ha)

Concepto		0
COSTOS VARIABLES(CV)	Unidades	
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	6Jornal	72.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	6Jornal	72.000
Insumos		
Semilla	4 Libras	460.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	40Bultos	1'920.000
Insecticidas	2Litros	48.000
Molusquicida	40Libra	136.000
Herbicida	4Litro	48.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		3'351.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		48000
COSTOS TOTALES		3'399.000

Anexo Q. Costos e ingresos totales, valor presente neto y relación beneficio/costo anual por hectárea de lechuga con riego por goteo, exudación y testigo.

CONCEPTO Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Riego exudación										
Ing. brutos	20'076.000	20'076.000	20'076.000	20'076.000	20'076.000	20'076.000	20'076.000	20'076.000	20'076.000	20'076.000
Costos	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669
Ing. Netos	14'190.331	14'190.331	14'190.331	14'190.331	14'190.331	14'190.331	14'190.331	14'190.331	14'190.331	14'190.331
*Valor presente IN	14'190.331	11'820.545,7	9'848.089,7	8'202.011,3	6'924.881,5	5'704.513,1	4'739.570,6	3'973.292,7	3'292.156,8	2'738.733,9
R.Beneficio/costo	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Riego por goteo										
Ingresos brutos	24'324.000	24'324.000	24'324.000	24'324.000	24'324.000	24'324.000	24'324.000	24'324.000	24'324.000	24'324.000
Costos	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726
Ingresos netos	19'210.274	19'210.274	19'210.274	19'210.274	19'210.274	19'210.274	19'210.274	19'210.274	19'210.274	19'616.274
*Valor presente	19'210.274	16'340.356,2	13'613.694,2	11'334.207,2	9'572.741,7	7'885.742,1	6'551.835,5	5'492.56,7	4'550.975,6	3'785.940,9
R.beneficio/costo	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Testigo										
Ing. Brutos	14'216.000	14'216.000	14'216.000	14'216.000	14'216.000	14'216.000	14'216.000	14'216.000	14'216.000	14'216.000
Costos	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000
Ing. Netos	10'817.000	10'817.000	10'817.000	10'817.000	10'817.000	10'817.000	10'817.000	10'817.000	10'817.000	10'817.000
*Valor presente	10'817.000	9'010.561	7'506.998	6'252.226	5'278.696	4'348.434	3'612.878	3'028.760	2'509.544	2'087.681
R.Beneficio/costo	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

$$VP = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde: VP: Valor presente
i: 20% anual
n : Años considerados

Anexo R. Análisis económico para el cultivo de Repollo con riego por exudación (Ha)

Concepto		Año 0
COSTOS VARIABLES(CV)	Unidades	PESOS
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	7Jornal	84.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	5Jornal	60.000
Instalación y montaje del sistema	1tecnico	50.000
Insumos		
Semilla	6 Libras	690.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	60Bultos	2'880.000
Insecticidas	3Litros	72.000
Molusquicida	60Libra	204.000
Herbicida	6Litro	72.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		4'707.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
Inversión equipo de riego por exudación (10% anual)		1'130.669
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		1'178.669
COSTOS TOTALES		5'885.669

Anexo S. Análisis económico para el cultivo de Repollo con riego por goteo (Ha)

Concepto		0
COSTOS VARIABLES(CV)	unidades	PESOS
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	7Jornal	84.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	5Jornal	60.000
Instalación y montaje del sistema	1tecnico	50.000
Insumos		
Semilla	6 Libras	690.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	60Bultos	2'880.000
Insecticidas	3Litros	72.000
Molusquicida	60Libra	204.000
Herbicida	6Litro	72.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		4'707.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
Inversión equipo de riego por goteo (10% anual)		367.726
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		415.726
COSTOS TOTALES		5'122.726

Anexo T. Análisis económico para el cultivo de Repollo con el testigo (Ha)

Concepto		0
COSTOS VARIABLES(CV)	Unidades	
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	6Jornal	72.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	6Jornal	72.000
Insumos		
Semilla	4 Libras	460.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	40Bultos	1'920.000
Insecticidas	2Litros	48.000
Molusquicida	40Libra	136.000
Herbicida	4Litro	48.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		3'351.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		48000
COSTOS TOTALES		3'399.000

Anexo U. Costos e ingresos totales, valor presente neto y relación beneficio/costo anual por hectárea de repollo con riego por goteo, exudación y testigo.

CONCEPTO Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Riego exudación										
Ing. Brutos	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000
Costos	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669
Ing. Netos	13'539.331	13'539.331	13'539.331	13'539.331	13'539.331	13'539.331	13'539.331	13'539.331	13'539.331	13'539.331
*Valor presente	13'539.331	4'568.447,7	3'806.125,7	3'169.943,3	2'676.353,5	2'204.701,1	1'831.766,6	1'535.612,7	1'272.364,8	1'058.47,9
R.Beneficio/costo	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Riego por goteo										
Ingresos brutos	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000
Costos	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726
Ingresos netos	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274
*Valor presente	14'302.274	11'913.794,2	9'868.569,1	8'266.714,4	6'979.509,7	5'749.514,2	4'776.959,5	4'004.636,7	3'318.127,6	2'760.338,9
R.beneficio/costo	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Testigo										
Ing. Brutos	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000
Costos	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000
Ing. Netos	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000
*Valor presente	2'579.000	2'148.307	1'789.826	1'490.662	1'258.552	1'036.758	861.386	22..120	598.328	497.747
R.Beneficio/costo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

$$VP = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde: VP: Valor presente
i: 20% anual
n : Años considerados

Anexo V. Análisis económico para el cultivo de Brócoli para el riego por exudación (Ha)

Concepto		Año 0
COSTOS VARIABLES(CV)	Unidades	PESOS
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	7Jornal	84.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	5Jornal	60.000
Instalación y montaje del sistema	1tecnico	50.000
Insumos		
Semilla	6 Libras	690.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	60Bultos	2'880.000
Insecticidas	3Litros	72.000
Molusquicida	60Libra	204.000
Herbicida	6Litro	72.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		4'707.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
Inversión equipo de riego por exudación (10% anual)		1'130.669
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		1'178.669
COSTOS TOTALES		5'885.669

Anexo W. Análisis económico para el cultivo de Brócoli para riego por goteo (Ha)

Concepto		0
COSTOS VARIABLES(CV)	unidades	PESOS
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	7Jornal	84.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	5Jornal	60.000
Instalación y montaje del sistema	1tecnico	50.000
Insumos		
Semilla	6 Libras	690.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	60Bultos	2'880.000
Insecticidas	3Litros	72.000
Molusquicida	60Libra	204.000
Herbicida	6Litro	72.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		4'707.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
Inversión equipo de riego por goteo (10% anual)		367.726
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		415.726
COSTOS TOTALES		5'122.726

Anexo X. Análisis económico para el cultivo de Brócoli para el testigo (Ha)

Concepto		0
COSTOS VARIABLES(CV)	Unidades	
Labores		
Preparación suelo	10Jornal	120.000
Siembra	8Jornal	96.000
Deshierba	10Jornal	120.000
Fertilización	16Jornal	72.000
Aplicación herbicida	6Jornal	72.000
Aplicación insecticida	6Jornal	72.000
Cosecha	6Jornal	72.000
Insumos		
Semilla	4 Libras	460.000
Abono orgánico	115Bultos	115.000
Abono químico	40Bultos	1'920.000
Insecticidas	2Litros	48.000
Molusquicida	40Libra	136.000
Herbicida	4Litro	48.000
SUBTOTAL COSTOS VARIABLES		3'351.000
COSTOS FIJOS(CF)		
Agua		8000
Energía		40000
SUBTOTAL COSTOS FIJOS		48000
COSTOS TOTALES		3'399.000

Anexo Y. Costos e ingresos totales, valor presente neto y relación beneficio/costo anual por hectárea de brócoli con riego por goteo, exudación y testigo.

CONCEPTO Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Riego exudación										
Ing. Brutos	11'370.000	11'370.000	11'370.000	11'370.000	11'370.000	11'370.000	11'370.000	11'370.000	11'370.000	11'370.000
Costos	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669	5'885.669
Ing. Netos	5'484.331	5'484.331	5'484.331	5'484.331	5'484.331	5'484.331	5'484.331	5'484.331	5'484.331	5'484.331
*Valor presente	5'484.331	4'568.447,7	3'806.125,7	3'169.943,3	2'676.353,5	2'204.701,1	1'831.766,6	1'535.612,7	1'272.364,8	1'058.47,9
R.Beneficio/costo	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Riego por goteo										
Ingresos brutos	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000	19'425.000
Costos	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726	5'122.726
Ingresos netos	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274	14'302.274
*Valor presente	14'302.274	11'913.794,2	9'868.569,1	8'266.714,4	6'979.509,7	5'749.514,2	4'776.959,5	4'004.636,7	3'318.127,6	2'760.338,9
R.beneficio/costo	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Testigo										
Ing. Brutos	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000	4'208.000
Costos	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000	3'399.000
Ing. Netos	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000	2'579.000
*Valor presente	2'579.000	2'148.307	1'789.826	1'490.662	1'258.552	1'036.758	861.386	22..120	598.328	497.747
R.Beneficio/costo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6

$$VP = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Donde: VP: Valor presente
i: 20% anual
n : Años considerados

