

Acompañamiento y asesoría técnica en la instalación, manejo y mantenimiento de un sistema de fertirrigación como alternativa de optimización en diferentes cultivos de la zona de Lejanías, Meta

Jorman Sebastian Alvarez Castañeda

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona

Trabajo de Grado

Asesora, Ing. Natalia Isabel González Mogollón

28 de Junio de 2022

Agradecimientos

En primer lugar, mi gratitud infinita con Dios por darme la oportunidad de llegar a este punto de mi carrera profesional, sin duda alguna, la sabiduría, el entendimiento y la capacidad de generar cambios a nivel personal y profesional son bondad y misericordia de Dios. En segundo lugar, mi madre Gladys Castañeda y hermana Marisella López, a quien les debo el resultado de lo que soy. Cada esfuerzo y sacrificio han sido significativos en este proceso, por su fortaleza y confianza que han depositado sigo en pie de lucha y hoy por hoy se hace realidad este sueño.

Por último, culmino un agradecimiento especial con mi alma máter Universidad de Pamplona y con ello, a mis docentes y compañeros por el liderazgo, la empatía, la solidaridad y todas aquellas experiencias que me llevo con mucho cariño. Ha sido una etapa muy importante que finaliza y así mismo, nuevas puertas al mundo. Sin importar cuántos errores, caídas, y desánimos, estoy dispuesto a seguir esforzándome cada vez más por ser un ingeniero agrónomo ejemplar y perseverante.

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	9
2.	Problema	11
2.1.	Planteamiento y descripción del problema.....	11
2.2.	Justificación.....	11
3.	Objetivos	13
3.1.	Objetivo general	13
3.2.	Objetivos específicos	13
4.	Marco teórico.....	14
4.1.	Generalidades del fertirriego	14
4.1.1.	Ventajas del fertirriego	14
4.1.2.	Limitaciones del fertirriego	15
4.1.3.	Sistema de fertirriego por goteo.....	16
4.1.4.	Sistema de fertirriego por aspersión	16
4.1.5.	Sistema de fertirriego por microaspersión.....	17
4.2	Equipamiento en la fertirrigación	18
4.2.1.	Sistemas de riego por gravedad.	18
4.2.2.	Sistemas presurizados de riego.	18
4.3.	Dosificación de fertilizantes en la fertirrigación	19
4.4.	Marco contextual	19
4.3.	Bases conceptuales	20
4.4.	Marco legal.....	21
5.	Metodología.....	22
5.3.	Diseño metodológico.....	22
5.4.	Descripción de las variables y método de análisis	28
6.	Resultados y Discusión.....	30
6.3.	Descripción toma de datos	30
6.4.	Componentes a la hora de instalar un sistema de fertirrigación	31
6.4.1.	Cabezal de riego	31
6.4.2.	Red de riego	31
6.4.3.	Emisores de riego.....	33

6.4.4.	Elementos de control:	33
6.5.	Pasos para la realización de un sistema de fertirrigación	33
6.5.1.	Delimitación del área	33
6.5.2.	Toma de puntos	34
6.5.3.	Toma de muestras del suelo	35
6.5.4.	Determinación de la fuente hídrica	36
6.5.5.	Instalación cabezal de fertirriego	37
6.5.6.	Distribución de tubería y/o mangueras	41
6.5.7.	Distribución emisores de riego	43
6.5.8.	Fertilización	44
6.5.9.	Mantenimiento sistema de fertirriego	46
6.6.	Costos y viabilidad	48
6.6.1.	Costo estimado para cabezal básico de fertirriego en diversos cultivos	49
6.6.2.	Costos estimados para red de riego en cultivos de aguacate y cítricos	50
6.6.3.	Costos estimados para red de riego en cultivo de plátano	52
6.6.4.	Costos estimados de fertilización por medio edáfico	53
6.6.5.	Costos estimados de fertilización por medio de fertirrigación	54
6.6.6.	Viabilidad entre realizar fertilización mediante sistemas de fertirrigación o edáficamente.	55
6.7.	Ventajas y desventajas en la instalación de un sistema de fertirriego	56
6.7.1.	Gráficas representativas según encuesta realizada a los agricultores	58
7.	Conclusiones	62
8.	Recomendaciones	63
9.	Anexos	64
10.	Referencias	73

Lista de tablas

Tabla 1. Listado de agricultores visitados con su respectivo cultivo, área y edad para la realización del sistema de fertirrigación.....	22
Tabla 2. Materiales para la implementación de un diseño de fertirriego.....	25
Tabla 3. Costos estimados para la realización del cabezal.....	48
Tabla 4. Costos estimados para montaje red de riego en aguacate y cítricos.....	50
Tabla 5. Costos estimados para montaje red de riego en plátano.....	51
Tabla 6. Costos para realizar fertilización edáfica y en drench.....	52
Tabla 7. Costos para realizar fertilización por fertirriego.....	54

Lista de gráficas

Gráfica 1. ¿En los últimos 4 meses luego de instalado el sistema de fertirriego obtuvo un ahorro o incremento en cuanto a fertilizantes?.....	56
Gráfica 2. ¿En los últimos 4 meses luego de instalado el sistema de fertirriego obtuvo un ahorro o incremento en cuanto a mano de obra?.....	57
Gráfica 3. ¿Ha sido complejo el manejo del sistema de fertirrigación?.....	57
Gráfica 4. ¿En cuanto al desarrollo vegetativo de su cultivo, hay mejor asimilación por fertilización edáfica o fertirriego?.....	58

Resumen

Este trabajo de grado consiste en acompañamiento y asesoraría técnica en la instalación, manejo y mantenimiento de sistemas de fertirriego con el objetivo de optimizar varios factores como la mano de obra, fertilizantes, consumo de agua y así mismo, mejorar la eficiencia y productividad de los cultivos en la zona del Meta, específicamente en el municipio de Lejanías.

La agricultura es uno de los principales ingresos económicos que mueve dicho municipio, de ahí, la implementación de asesorías técnicas, ya que debido a la falta profesional de acompañamiento los agricultores optan por estrategias tradicionales aplicando edáficamente los fertilizantes y una cantidad de agua que en muchos casos llega a afectar la eficiencia nutricional y rendimiento de los cultivos. La fertirrigación es un sistema dinámico que hace que el agricultor tenga un control exacto de la cantidad de fertilizantes y del agua por cada parcela y planta; permitiendo a su vez, un suministro

Las visitas de campo a los diferentes agricultores de Lejanías cumplen meticulosamente desde un análisis previo del terreno, instalación del sistema de acuerdo a la tubería más óptima según el cultivo, el manejo y mantenimiento a grosso modo, y así mismo, conforme a cada visita se le da a conocer al agricultor las ventajas y beneficios que este sistema ha generado en cuanto a la eficacia y productividad nutricional.

Palabras claves: Fertirriego, asesorías, acompañamientos, cultivos, agricultores, plantas, fertilizantes, agua, producción.

Abstract

This final report for degree work consists of accompanying and technically advising on the installation, management and maintenance of fertigation systems with the aim of optimizing various factors such as labor, fertilizers, water consumption and also, improving efficiency and productivity of crops in the Meta area, specifically in the municipality of Lejanías.

Agriculture is one of the main economic income that moves said municipality, hence, the implementation of technical consultancies, since due to the professional lack of accompaniment, farmers opt for traditional strategies by applying soil fertilizers and an amount of water that in many cases affect the nutritional efficiency and crop yield. Fertigation is a dynamic system that makes the farmer have an exact control of the amount of fertilizers and water for each plot and plant; allowing in turn, a relevant supply according to the needs of the plant facilitating a greater absorption of nutrients.

The field visits to the different farmers of Lejanías comply meticulously from a previous analysis of the terrain, installation of the system according to the most optimal pipeline according to the crop, management and maintenance in a rough way, and likewise, according to each visit It makes the farmer aware of the advantages and benefits that this system has generated in terms of efficiency and nutritional productivity.

Keywords: Fertigation, consultancies, accompaniments, crops, farmers, plants, fertilizers, water, production.

1. Introducción

La investigación en el área de la agricultura y la tecnología se centra actualmente en la búsqueda de una producción sostenible, deshaciéndose así de la época en la que se necesita una gran cantidad de mano de obra para fertilizar y regar para producir productos agrícolas. El aporte tecnológico en el sistema de producción agrícola actual nos permite regar la plantación con menor consumo de agua, aplicando la cantidad correcta de fertilizante a cada planta para permitir que crezca con normalidad, mejorando así la calidad y productividad de la cosecha. (Herrera y García, 2019)

La fertirrigación depende en esencia de cuatro factores, del cultivo, agua, sustrato y fertilizante; de acuerdo a estos elementos de suma importancia, se desglosan bases claves para un efectivo resultado de la técnica tales como: la calidad del agua del riego, las interacciones entre las sales del agua y fertilizantes, la concentración y relación óptima de nutrientes, el cálculo y la preparación de disoluciones, la selección y calidad de fertilizantes, las fórmulas de fertilizantes por cultivo, y el costo del programa, entre otros.

El propósito del fertirriego es suministrar la proporción adecuada de nutrientes que necesita el cultivo en cada etapa de crecimiento de la planta. Para una fertirrigación adecuada en los cultivos de la zona, que en su mayoría son frutales, se deben considerar aspectos tales como comprender los requerimientos nutricionales del cultivo en función de la variedad, patrón, tamaño del árbol, crecimiento vegetativo y rendimiento estimado. Además de esto, al no tener un control sobre las cantidades de fertilizantes distribuidos, el crecimiento de las plantas no es uniforme y, por lo tanto, la producción tampoco lo es.

El uso de sistemas de fertirrigación ha cambiado todo esto, haciendo posible que los agricultores no solo controlen la cantidad exacta de aplicación de fertilizante, sino también

controlar el agua para cada parcela y cada planta. Esto elimina el factor de error humano y también reduce la posibilidad del desarrollo de enfermedades y parásitos atraídos por el exceso de humedad en la plantación. (Herrera y García, 2019)

Dicho acompañamiento y asistencia técnica consiste en visitas de campo realizadas a diferentes agricultores de Lejanías Meta, donde se hace un proceso meticuloso en la instalación del sistema de fertirriego con su respectivo manejo y mantenimiento, dando a conocer al agricultor las ventajas que este sistema trae y la eficiencia nutricional que se verá reflejada en su cultivo.

2. Problema

2.1. Planteamiento y descripción del problema

El municipio de Lejanías se ha caracterizado por su gran sector agrícola, a lo largo de los años los agricultores han implementado una variedad de técnicas agrícolas como la siembra, la fertilización y la atención a las plantaciones, con el fin de obtener mejores rendimientos en la producción de sus cultivos sin descuidar el uso efectivo de los recursos disponibles.

Sin embargo, a pesar de que la agricultura es la principal fuente de ingreso en el municipio, la asistencia técnica a los productores es poca, y debido a esta falta de información técnica el agricultor tiene poco conocimiento sobre la utilización de fertilizantes de una manera más eficiente como lo es el fertirriego. Sumado a eso, está el costo elevado que presentan los fertilizantes generando así que el nutrir un cultivo sea un obstáculo.

En cuanto a la eficiencia de una fertilización edáfica, se presenta varias desventajas que ocasionan que el producto se pierda por volatilización, lixiviación o escorrentía generando así una pérdida de nutrientes al cultivo y un mal gasto del producto, conllevando al agricultor a no tener los mejores rendimientos a la hora de la cosecha.

2.2. Justificación

Este trabajo se realizó con la finalidad de implementar técnicas de fertirrigación que permitan la reducción de costos en los diferentes cultivos de frutales en el municipio de Lejanías, Meta, donde normalmente se utilizan estrategias tradicionales y la aplicación de fertilizantes se hace de forma edáfica o tipo drench.

El diseño de un sistema de fertirrigación es importante para la base del ahorro y uso responsable del agua y de fertilizantes en los escenarios de cambio climático; donde este se

encarga de dosificar el agua y los fertilizantes adecuados para la máxima productividad del cultivo teniendo en cuenta minimizar los costos que a esto allega.

Los cultivos de frutales se adaptan a una amplia variedad de suelos, sin embargo, su sistema radicular es muy superficial y la capacidad para absorción de nutrientes es pobre debido a que poseen un limitado número de pelos radicales. Por esta razón, mediante la fertilización se busca suministrar a los cultivos nutrientes durante todo el año por medio del fertirriego.

(Corrales, 2002)

La fertilización por medio del fertirriego se diferencia de la fertilización edáfica, en que el fertirriego permite que el fertilizante sea suministrado conforme a las necesidades de la planta facilitando así una mayor absorción de nutrientes. Por otro lado se reduce la mano de obra, generando así menos costos en horas laborales.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Asistir técnicamente en la implementación y mantenimiento de un sistema de fertirriego para la optimización de agua y fertilizantes en diferentes cultivos del municipio de Lejanías, Meta, integrando tecnologías de bajo costo.

3.2. Objetivos específicos

Determinar los materiales y componentes necesarios para la realización de un sistema de fertirriego.

Establecer el costo y viabilidad que conlleva realizar inversiones en sistemas de fertirriego.

Identificar ventajas y desventajas en la implementación de un sistema de fertirriego, bajo el criterio de los productores de cultivos de frutales en la zona.

4. Marco teórico

4.1. Generalidades del fertirriego

La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través de un sistema de riego, siendo este el método más racional para la incorporación de fertilizantes, no obstante esta técnica requiere de un plan de fertilización, que a su vez debe considerar el tipo de cultivo y la demanda de nutrientes en base al estado fenológico en que se encuentra, lo que posteriormente determinara el tipo de fertilizante más apropiado y el momento de la aplicación.

Para determinar el plan de fertilización se debe preparar un balance de nutrientes, que depende en gran medida de la calidad del agua de riego y del suelo. La calidad y el contenido de nutrientes de ambos pueden entenderse mediante un análisis químico, y el resultado solo debe utilizarse como base para comprender la situación general, ya que no puede indicar el grado de disponibilidad para estimar el contenido de nutrientes. También se debe conocer la curva de extracción del cultivo que brinda el dato más cercano a lo que en realidad consume un cultivo durante todo su ciclo de vida, siendo un apoyo para ajustar el programa de fertilización. En la actualidad, existen curvas de extracción ya determinadas para diversos cultivos. (Agriculturers, 2017).

4.1.1. Ventajas del fertirriego

- Ahorro de fertilizantes, porque estos se aplican en las proximidades de las raíces, procurándose que no haya pérdidas ni por volatilización y no por lixiviación.
- Mejor asimilación de los nutrientes aplicados por cuanto se aplican en forma soluble y con suficiente cantidad de agua como para que las plantas, los puedan absorber rápidamente.

- Facilita la adecuación del fertilizante a las necesidades momentáneas a nutrición de las plantas. Por ejemplo, facilitaría la aplicación rápida y oportuna de Nitrógeno, Fosforo, Potasio u otros elementos y de combinación de ellos.

- Facilita la correlación rápida de síntomas carenciales específicos, por ejemplo, una deficiencia de N o de cualquier otro elemento, cuyo síntoma aparezca, se puede corregir rápidamente.

- Hay cierta economía en la distribución de los fertilizantes; aunque esto depende del costo de amortización de los equipos de aplicación que se compren. Una de las formas de ayuda a la amortización es utilizando los equipos, además en otras actividades: aplicación de insecticidas, fungicidas...etc. (Cárdenas y Alonso, 2016)

4.1.2. Limitaciones del fertirriego

- Obstrucciones en las tuberías o en los emisores causados por incompatibilidades químicas entre las sales utilizadas para preparar las soluciones o entre las sales y calidad de agua para riego.

- Aumento excesivo en la salinidad del agua para riego por uso inadecuado de altas dosis de sales nutritivas.

- Corrosión, muchas de las sales utilizadas en fertirrigación son corrosivas y tienden a dañar las tuberías e implementos metálicas que se utilizan en las redes de distribución.

- Reacción de los fertilizantes en la red de distribución, lo cual causa que se entregue a los cultivos una solución nutritiva diferente a la planeada como necesaria para ellos.

- En algunos sistemas de aplicación de la fertirrigación, como en el riego por goteo, se presentan demasiadas irregularidades en la aplicación uniforme de las soluciones, quedando por lo tanto áreas regadas y otras sin regar. Siempre que se utilice ese sistema de riego, es necesario

complementarlo con riego con flauta o con cacho para no crear deficiencias ni de agua ni de nutrientes. (Cárdenas y Alonso, 2016)

4.1.3. Sistema de fertirriego por goteo

El riego por goteo es actualmente el sistema más eficiente (hasta el 90 - 95 % de eficiencia) para aplicar el agua a los cultivos, ya que permite suministrar el agua gota a gota formando un bulbo de humedad en la zona radicular, además, es el sistema más recomendable para la fertirrigación, ya que los fertilizantes son agregados en la zona de mayor cantidad de raíces absorbentes, además la lixiviación de nutrientes es mínimo al no tener excedentes de agua. Su principal reto es el manejo de la calidad del agua y el manejo óptimo de la compatibilidad de fertilizantes, pues ante un mal manejo los goteros son altamente susceptibles al taponamiento. En comparación con los sistemas de riego tradicionales evita el crecimiento de malezas en todos los bordes, pues el riego es localizado, además tiene ventajas como la posibilidad de ubicar la línea de riego en dos posiciones, superficial y enterrada. Los componentes principales de este sistema son: bomba, cabezal de control, líneas de distribución, laterales y emisores (goteros). (Intagri, 2017)

4.1.4. Sistema de fertirriego por aspersión

El riego por aspersión consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor. Normalmente, la presión requerida se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río o pozo. Sin embargo, el sistema también puede operar sin bombas cuando la fuente de agua se encuentra en una posición más elevada que el terreno a regar. El riego por aspersión muestra ventajas considerables en relación al riego gravitacional en las siguientes condiciones:

- Terreno de topografía irregular
- Suelos delgados
- Suelos con alta velocidad de infiltración
- Suelos susceptibles a la erosión
- Cuando se dispone de poco caudal

Los equipos de riego por aspersión pueden requerir de diversos elementos para su funcionamiento, los cuales pueden ser elementos de control, como manómetros y medidores de caudal; unidades anexas, como tanques de fertirrigación, filtros y amortiguadores de golpe de ariete. También pueden ser válvulas. (Peralta y Simpfendofer, 2001)

Todos estos elementos permiten un manejo adecuado del equipo y varían en cantidad y especificaciones de acuerdo al diseño del equipo y a las condiciones de operación en terreno. Los fitting son las piezas especiales que están destinados a derivar, reducir los diámetros y acoples de las tuberías de distribución. Entre ellos: tees, codos, hidrantes, reducciones, tapones, otros. Estos materiales son prescindibles en toda red de distribución. (Peralta y Simpfendofer, 2001)

4.1.5. Sistema de fertirriego por microaspersión

Los Microaspersores están destinados a suministrar el riego mediante gotas muy finas. Poseen un deflector giratorio, denominado rotor o bailarina, que ayuda a ofrecer un mayor diámetro de cobertura, una menor tasa de precipitación que los difusores, un mayor tamaño de gota, y una mejor distribución del agua (sobre todo en uniformidad de distribución). Por cada tipo de microaspersor existen varios tipos de rotores (bailarinas).

La diferencia principal con la nebulización es que la microaspersión proyecta en agua en forma de chorros diminutos a la planta, en lugar de suministrarla en forma nebulizada, y a su vez disponen de elementos giratorios que distribuyen el agua en la superficie.

Se puede instalar directamente sobre tubería superficial o bien podrán ir dispuestos sobre varillas soporte y microtubo. Tiene un montaje y manejo sencillo, sin necesidad de utilizar herramientas para su instalación y todos los componentes son intercambiables, permitiendo utilizar el diseño más apropiado para cada necesidad. (Parques alegres, 2020)

4.2 Equipamiento en la fertirrigación

La elección del equipo de fertirrigación debe tener en cuenta tanto los requerimientos del cultivo como la capacidad del sistema de riego.

4.2.1. Sistemas de riego por gravedad. Es un sistema muy simple que sólo es aplicable a sistemas de riego que trabajan a presión atmosférica, donde el agua fluye en canales abiertos. La solución fertilizante gotea en el canal de riego debido a que el tanque fertilizante está a un nivel superior sobre el canal. Para obtener un buen mezclado con el agua, la velocidad de la corriente de riego debe ser suficientemente alta. (Kafkafi y Tarchitzky, 2012)

4.2.2. Sistemas presurizados de riego. La inyección de fertilizante consume energía para superar la presión interna de la red de riego. El equipo de inyección de fertilizantes se clasifica en tres grupos principales, de acuerdo con el medio empleado para obtener la mayor presión para la solución fertilizante.

Inyección por un aparato Venturi. Ésta es una unidad que hace uso del principio de succión de Venturi al emplear la presión inducida por el flujo de agua para chupar la solución fertilizante del tanque hacia la línea de riego

Inyección por presión diferencial. Este sistema utiliza un tanque metálico presurizado hermético con protección interna antiácida en sus paredes, donde la presión diferencial se crea por una válvula mariposa que conduce parte del agua de riego hacia el tanque. Éste es el único sistema de fertirrigación que permite el uso tanto de fertilizantes sólidos como líquidos.

Inyección por presión positiva. Las bombas de inyección pueden aumentar la presión en el tanque de la solución madre del fertilizante líquido y llevar a una relación predeterminada entre el volumen de solución fertilizante y el volumen de agua de riego, alcanzando así, por lo tanto, una distribución proporcional de nutrientes en el agua de riego. (Kafkafi y Tarchitzky, 2012)

4.3. Dosificación de fertilizantes en la fertirrigación

Para aplicar la misma dosis de fertilizante durante un estadio específico fenológico de una planta, pueden realizarse dos patrones diferentes de aplicación según el cultivo, el tipo de suelo y el sistema de manejo del establecimiento.

Dosificación cuantitativa. Una cantidad determinada de fertilizante se inyecta en el sistema de riego durante cada aplicación de agua. La inyección puede iniciarse y controlarse manual o automáticamente.

Dosificación proporcional. En este proceso se mantiene una relación constante y predeterminada entre el volumen de agua de riego y el volumen de solución fertilizante, cuyo resultado es una concentración constante de nutrientes en el agua de riego. (Kafkafi y Tarchitzky, 2012)

4.4. Marco contextual

El proyecto se llevó a cabalidad con la empresa Agroinsumos y Riegos Cacayal SAS Zomac, la cual asesora y capacita a sus clientes en todo el tema relacionado con riegos, ubicada en el municipio de Lejanías, en el departamento del Meta. Iniciando con una asesoría técnica brindada a los agricultores de la zona realizando una toma de datos a los cultivos de frutales, dándole recomendaciones sobre el manejo del mismo y evaluando su estado fisiológico para poder dar una cotización de costos al implementar un sistema de fertirriego, creando el diseño

adecuado para suplir las necesidades nutricionales del cultivo con diferentes propuestas dirigidas al agricultor. Después se procede a realizar la facturación de los materiales necesarios para la instalación del fertirriego y consecuente a esto, montar el diseño en campo dando una asesoría de cómo manejarlo y las ventajas que este trae al ser implementado.

Se ejecutan salidas de campo para observar detenidamente el avance presentado en los cultivos de frutales con la instalación de este sistema de fertirriego, tomando datos en diferentes puntos para un mejor análisis; observando si la dosificación de los fertilizantes se está haciendo de manera correcta.

4.3. Bases conceptuales

Importancia del Fertirriego en la Tecnificación de Cultivos. Artículo de categorización “Agua y Riego”. Dicho artículo, está basado en la importancia y en los grandes avances agrícolas que ha traído consigo el sistema de fertirriego. Dentro de los principales beneficios que ofrece este sistema, radica en la alta eficiencia agronómica de los fertilizantes solubles en comparación con fertilizantes aplicados de manera tradicional sobre el suelo. Según los resultados arrojados frente a la analogía de eficiencia agronómica de los fertilizantes entre el fertirriego y los edáficos se concluye que aproximadamente un 90% de los cultivos incrementan el rendimiento y la calidad de estos con el fertirriego y con los edáficos no supera el 60%. A su vez, este artículo parte de unos aspectos relevantes y sumamente claves para el diseño, la implementación, y operación de un sistema de fertirriego exitoso.

Particularmente para el diseño, es fundamental la composición, el bombeo o gravedad, el filtrado, la aplicación de fertilizantes, la tubería, válvulas, goteros, etc, que están precisamente calculados y ensamblados técnicamente para permitir llevar el agua y los fertilizantes a cada una de las plantas de manera simétrica y uniforme. El monitoreo de textura y propiedades físicas del

suelo, se determinará dependiendo al tipo de suelo que se expondrá el sistema; el diseño agronómico variara en cada caso, como la distancia entre goteros, caudal del gotero, el número de mangueras o en su defecto, laterales de microaspersión por líneas de plantas. Y el manejo u operación del sistema, también será diferente en términos de frecuencia de riego, láminas de riego, etc. Por último, se trae a colación, la disponibilidad de agua, siendo este un aspecto muy importante y decisivo para un sistema funcional y racional, con relación a la cantidad, la calidad química y física, es decir, la salinidad, el pH, la turbidez, la materia orgánica; el tipo de fuente, que se refiere a las lluvias, a los niveles freáticos, ríos o quebradas, pozos profundos; y sin dejar atrás, la accesibilidad; cuando estas condiciones se cumplen a cabalidad facilitan la implementación y viabilidad de estos sistemas de fertirriego a menores costos. (Miguel A. y Romo P., 2019)

4.4. Marco legal

Reglamento estudiantil de la Universidad de Pamplona, Acuerdo No. 186 de diciembre de 2005. Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado

Artículo 35. Definición de trabajo de grado. En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite: a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad. b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas. c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su

capacidad en la toma de decisiones. d. Formular y evaluar proyectos. e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

5. Metodología

5.3. Diseño metodológico

Para el desarrollo de este proyecto se realizó el acompañamiento y asesoramiento técnico a 8 agricultores en la zona de Lejanías, los cuales tienen variedad de cultivos, entre ellos aguacate, cítricos y plátano (**Tabla 1**). Todos estos en diferentes estados fenológicos y dimensiones. De acuerdo a lo anterior se realizaron sistemas de fertirriego teniendo en cuenta las diversas características que cada agricultor presentaba en su cultivo como lo son la topografía, tipo de suelo, necesidad del cultivo y focos de deficiencias nutricionales presentados por factores como antagonismos evidenciados por malas aplicaciones de fertilizante o bien sea enfermedades que reprimen el funcionamiento normal de las raíces obstaculizando la absorción de nutrientes.

Tabla 1.

Listado de agricultores visitados con su respectivo cultivo, área y edad para la realización del sistema de fertirrigación.

Agricultor(a)	Cultivo	Área	Edad Cultivo
Cristian Moreno	Aguacate	8 hectáreas	5 años (Producción)
Hugo Hernández	Plátano	5 hectáreas	5 meses (Desarrollo)
Crisanto Guerra	Aguacate	6 hectáreas	3 años (Desarrollo)
Ángela Aguilar	Aguacate	3 hectáreas	7 años (Producción)
Alex Alvis	Cítricos	4 hectáreas	5 años (Producción)
Hugo Molano	Aguacate	3 hectáreas	4 meses (Inicio)

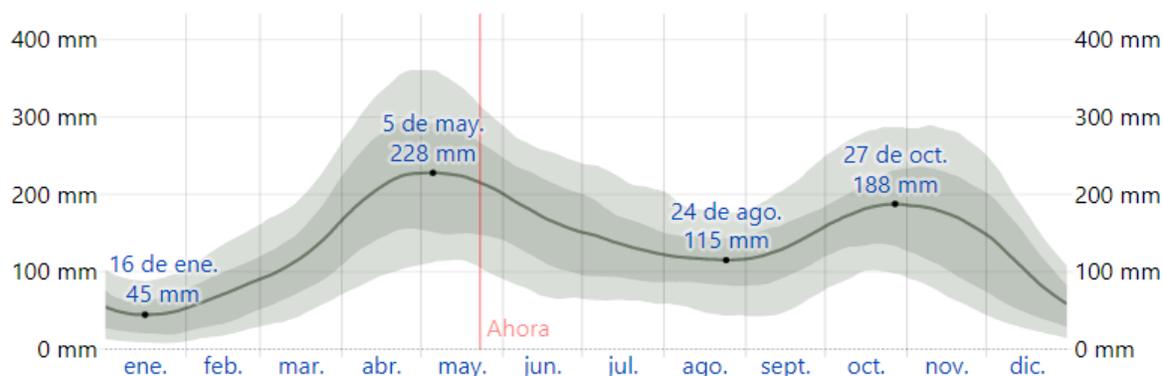
Julián Castaño	Cítricos	8 hectáreas	5 meses (Inicio)
Hernando Molano	Plátano	2 ½ hectáreas	5 meses (Desarrollo)

Nota. El manejo adecuado de fertilizantes es esencial en este proceso, debido a que cada cultivo tiene diferentes estados fenológicos los cuales requieren nutrientes en diversas proporciones. También se debe tener en cuenta el área para estimar la cantidad de tubería, manguera y accesorios por hectárea.

Metodología objetivo 1. En primer lugar, para poder llevar a cabo la instalación de un sistema de fertirrigación se recorrieron todos los lotes para estimar el área total con un GPS de marca Garmin Etrex 10 el cual funciona por medio de satélites para adquirir una posición de forma más rápida e ir marcando todos los puntos principales y obtener un croquis con el área de los lotes. Procedente a esto se analizaron datos de precipitación de la zona tomados de la página Weather Spark la cual da informes climatológicos por años, meses y días para tener claras las diferentes variantes que se presentaran a lo largo del proceso.

Figura 1.

Promedio mensual de lluvias en Lejanías, Meta.



Nota. La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo de 31 días en una escala móvil, centrado en el día en cuestión. La temporada más mojada dura 9 meses, de marzo a noviembre, con una probabilidad de más del 44 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Lejanías es mayo. La temporada más seca dura 3 meses, de diciembre a febrero. El mes con menos días mojados en Lejanías es enero. **Fuente:** <https://cutt.ly/zHVT2ju>

Luego se tomaron muestras de suelo en cada terreno en forma de zigzag realizando polipedones según su extensión, esto con el fin de estudiar las composiciones físicas (estructura del suelo) mediante el método Bouyoucos y químicas (nutrientes disponibles en el suelo) dado que con estos datos podemos tomar decisiones a la hora de instalar los emisores de riego y las cantidades de fertilizante. Dichos análisis fueron enviados al laboratorio Agrilab el cual tiene convenio con la empresa, obteniendo los resultados al término de un mes para luego hacer su respectiva interpretación a cada agricultor. En cuanto a la topografía para fines de este proyecto, las coordenadas geográficas de Lejanías son latitud: 3,528°, longitud: -74,023°, y elevación: 689 m. La topografía en un radio de 3 kilómetros de Lejanías tiene variaciones muy grandes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 279 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 717 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones muy grandes de altitud (3.076 metros). Los perfiles presentados en los lotes de los ocho agricultores corresponden a llanos con menos del 3% de pendiente y colinados con pendientes del 16 al 30% , los cuales nos facilitaron la estructura y diseño del fertirriego al no ser tan inclinadas.

La calidad del agua es uno de los factores más importantes que se tuvieron en cuenta para establecer si esta misma es apta para fertirriego. Primeramente se obtuvo el pH de cada fuente hídrica respectiva utilizando un phmetro digital consiguiendo rangos de 5.5 a 7.0, lo cual la hace adecuada para todas las plantas; luego se midió la conductividad eléctrica con un conductímetro

obteniendo resultados no mayores a 2.5 DeciSiemens / metro, indicando que se tiene un efecto bajo de salinidad en el agua, facilitando así la compatibilidad de los fertilizantes sin ocasionar pérdidas.

Fue importante tener clara la ubicación del cabezal del fertirriego, la cual cuenta con su motobomba o electrobomba de diferentes modelos y caballos de fuerza, sus dos canecas de 200 litros, equipo de filtrado, en ocasiones sistemas de inyección como lo es el venturi, sección de llenado y demás accesorios necesarios para la unión de todas las partes. También analizamos con qué fuente hídrica se contaba (rio, caño veranero, pozo, perforado, entre otros), así mismo se nos facilitó realizar un diseño manual con diferentes opciones en cuanto a la distribución de todo el sistema, buscando reducir al máximo los costos de implementación en todos los cultivos visitados.

Para la determinación de los materiales (**Tabla 2**) se midieron los metros lineales de todos los terrenos para establecer el número de rollos de manguera, cintas de riego o los tubos PVC necesarios para una hectárea, allí también se obtienen el número de accesorios dependiendo el cultivo.

Tabla 2.

Materiales para la implementación de un diseño de fertirriego.

Materiales necesarios para la instalación de un sistema de fertirriego			
Material	Diámetro	Material	Diámetro
Manguera X 500 mts	6 mm	Aspersores	1/2" - 3/4" - 1"
Manguera X 200 mts	16 mm	Gyronet 50 lts/h	6 mm
Manguera X 90 mts	1/2" - 3/4" - 1" - 1 1/2"	Gyronet 70 lys/h	6 mm
Manguera X 50 mts	2" y 3"	Goteros 2L - 4L - 8L	
Tubo PVC X 6 mts	1" - 1 1/2" - 2" - 3"	Conector	6 mm

		microaspersor	
Adaptador hembra PVC - POLY	1/2" - 3/4" - 1" - 2" - 3"	Estacas plásticas	
Acople macho PVC - POLY	1/2" - 3/4" - 1" - 2" - 3"	Abrazaderas	1" - 2" - 3"
Codo 45° soldado	1/2" - 3/4" - 1" - 2" - 3"	Filtro de disco y malla	1/2" - 3/4" - 1" - 2" - 3"
Codo 90° soldado	1/2" - 3/4" - 1" - 2" - 3"	Galápago	1" - 2" - 3"
Tapón hembra PVC	1" - 2" - 3"	Inyector venturi	1/2"
Tee PVC - POLY - ALUMINIO	3/4" - 1" - 2" - 3"	Caneca 200 lts	
Unión soldada PVC - POLY	1" - 1 1/2" - 2" - 3"	Miniválvula Mang - Mang	16 mm
Universal roscada y soldada	1/2" - 1" - 2" - 3"	Registro roscado y soldado PVC	1/2" - 3/4" - 1" - 2" - 3"
Silletas yoyo		Acople pieza rápida	3/4" - 1" - 1 1/2" - 2" - 3"
			1" X 1/2"
	2" X 2" X 2" X 2"		2" X 1"
Cruceta Aluminio	3" X 3" X 3" X 3" 3" X 3" X 2" X 2"	Unión reducción	2 X 1 1/2" 3" X 2" 3/4" X 1/2"
	2" X 2" X 2" 3" X 3" X 3"		
Yee Aluminio	3" X 2" X 2" 2" X 1" X 1" 2" X 1 1/2" X 1 1/2"	Universal Aluminio	1" - 2" - 3"
Manómetros	100 X 7B	Válvula de pie	1" - 1 1/2" - 2" - 3"
Manguera succión	1" - 2" - 3"	Moto bomba y	1" X 1"

		electrobomba	2" X 2" 3" X 3"
Cinta de goteo 20 cm – 30 cm X 2.500 mts		Conector Cinta-Cinta	
Fin de línea		Miniválvula Cinta - Mang	16 mm
Conector espigo	16 mm	Conector arrancador 1T	12 X 16 mm
Nebulizadores		Microaspersores	6 mm
Motobomba 10 ph	3" X 3"	Electrobomba	2" X 2" 3" X 3"
Buje soldado reducción	3" X 2" 2" X 1" 1" X 1/2"	Flanche	

Nota. En cuanto a los materiales necesarios para la implementación del sistema de fertirrigación en cultivos de aguacate, cítricos y plátano se pueden realizar diversos diseños, cabe aclarar que para cada cultivo se puede instalar una serie de diferentes materiales, es decir se pueden instalar emisores de riego como goteros, microaspersores o aspersores y nebulizadores, también mangueras, cintas y tuberías de diversas pulgadas y calibres, de ahí parte la asistencia y acompañamiento técnico.

Metodología objetivo 2. Seguidamente, para la ejecución del análisis, fue clave establecer el área de estudio, en este caso, cultivos de frutales, partiendo demográficamente; se desglosó la cantidad de plantas, duración, y los fertilizantes que se usarán específicamente para los cultivos. Para examinar y determinar el costo y viabilidad, se determinó por medio de una guía presupuestal todos los materiales necesarios para un cabezal de fertirriego y red de riego por hectárea en cultivos de aguacate, cítricos y plátano, obteniendo así un costo determinado para el

cabezal y uno para la red de cada cultivo respectivamente; adicional a esto se estableció la viabilidad al obtener costos finales y conseguir un ahorro en mano de obra e insumos. En cuanto a la inversión inicial de todo el sistema es recuperado en el aumento de la producción al término de seis meses para cultivos de aguacate y cítricos en producción, en el caso del cultivo de plátano se recupera la inversión a la hora de cosechar, donde ya se ve reflejada la ganancia en el producto; este paso significa establecer un precedente para el desempeño del segundo objetivo específico.

Metodología objetivo 3. Por último y no menos importante para un rendimiento y cumplimiento significativo de objetivos, como toda metodología, busca indagar las ventajas y desventajas que conlleva la implementación del sistema de fertirriego, se realizó una encuesta a los ocho productores de la zona dando su criterio respecto a la adecuación del sistema de fertirrigación realizado en su cultivo pasados cuatro meses de la instalación, siendo elemental observar y comparar que tanta viabilidad y fiabilidad hubo tanto en la calidad de la producción como económicamente. La encuesta constó de seis preguntas relacionadas directamente al incremento o ahorro obtenido con el sistema, pues la innovación de un fertirriego es precisamente fortalecer el principio de la fertilización, disminuyendo la mano de obra, aumentando a su vez la producción, y sumado a esto, el poder obtener nuevas fuentes para añadir enraizantes, microorganismos solubilizados de fósforo, fijadores de nitrógeno, o algunas cepas microbianas, según la necesidad del cultivo.

5.4.Descripción de las variables y método de análisis

Para la elaboración del sistema de fertirriego se deben tener en cuenta ciertas variables dependientes y métodos para poder llevar a cabalidad el proyecto. La disponibilidad y calidad

del agua de riego es una de las principales variables a tener en cuenta, pues con una calidad de agua óptima, la fertirigación será más eficiente.

Por otra parte se analizará la reducción en cuanto a la mano de obra, tomando en cuenta el ahorro económico en horas laborales y ejecutando métodos para considerar la estimación de tiempos y frecuencias que permitan conocer el estado hídrico de las plantas y/o del suelo, esto con el fin de que los parámetros sean ajustados a la realidad para conseguir aplicar con mayor precisión el agua que realmente requiere el cultivo.

6. Resultados y Discusión

6.3. Descripción toma de datos

En dichos acompañamientos técnicos realizados a los 8 agricultores para su respectiva instalación del sistema de fertirrigación en sus cultivos tales como aguacate, cítricos y plátano se llevaron a cabo una serie de pasos con el fin de tener un orden a la hora de recopilar información y así tomar las decisiones pertinentes.

Para empezar se recorrieron los ocho lotes con sus diferentes cultivos, utilizando el GPS Garmin Etrex 10 el cual nos facilitó obtener el área total de cada terreno, luego se tomaron los puntos principales ubicados estratégicamente para delimitar surcos, añadiendo a estos datos algunas variables como la altura, topografía presentada en el terreno, disponibilidad del recurso hídrico y revisión del análisis de suelos tomados por un laboratorio llamado Agrilab, esta última con el fin de saber textura, estructura y con qué nutrientes cuenta ese suelo para así tomar decisiones adecuadas a la hora de hacer el montaje del sistema, pues de esto depende la frecuencia de las aplicaciones de fertilizante y riego.

Luego se procede a realizar el croquis del terreno manualmente o por medio del programa ArcGIS para buscar diferentes modelos de riego y posibles rutas de drenaje, tomando medidas por cada lado debido a que la mayoría de terrenos son irregulares y se necesitan datos exactos.

Después de realizado el croquis se le presentó a los agricultores posibles sistemas que se pueden realizar en su cultivo en modo gráfico y dependiendo de la decisión tomada se procedió a realizar los cálculos para saber cuánta tubería, manguera y accesorios necesitamos, agregando a esto el valor del montaje del cabezal para el fertirriego.

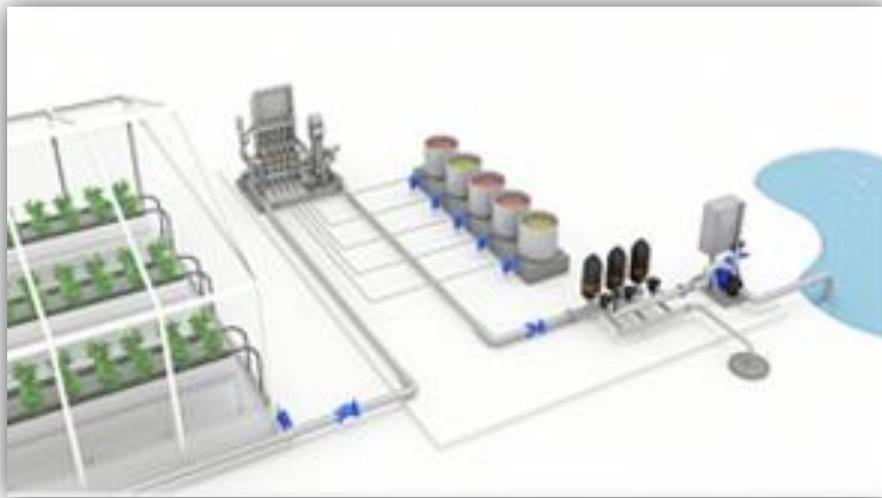
6.4. Componentes a la hora de instalar un sistema de fertirrigación

6.4.1. Cabezal de riego:

Básicamente un cabezal de riego consta de equipo de bombeo, equipo de filtrado y equipo abonado, se podría decir que es el cerebro de un sistema de riego.

Figura 2.

Cabezal del fertirriego, con sus diferentes componentes.



Nota: En la imagen se observan los principales componentes del cabezal, iniciando por su fuente hídrica, motobomba o electrobomba, filtros o hidrociclones y sistemas de inyección de fertilizantes. **Fuente.** <https://cutt.ly/YAstPIG>

6.4.2. Red de riego:

Es el sistema de tuberías que permite el transporte del agua de riego (y el abono en el caso del fertirriego) desde el cabezal hasta los emisores de riego colocados junto a las plantas.

Una red de tuberías de suministro de agua para riego localizado y para riego por aspersión se compone de los siguientes elementos:

Tubería Primaria.

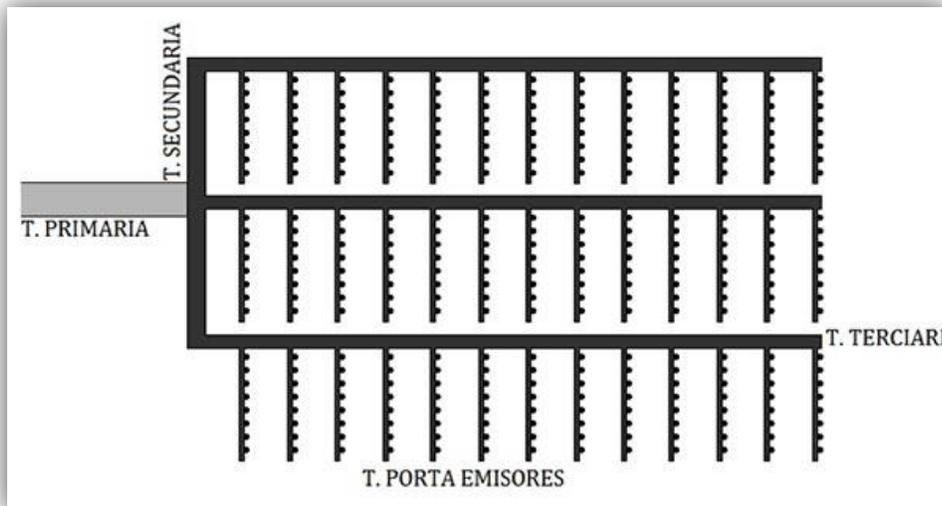
Tubería Secundaria.

Tubería Terciaria.

Tubería Portaemisores

Figura 3.

Esquema que responde al diseño de las redes más frecuentes que podemos encontrar en una



explotación agrícola

Fuente: <https://cutt.ly/dAsyWY6>

6.4.3. Emisores de riego:

Son los encargados de suministrar el agua a las plantas (aspersores y goteros).

6.4.4. Elementos de control:

Son los dispositivos que nos ayudan a controlar todo el proceso de riego, desde contadores hasta electroválvulas. Todos estos elementos estarían dentro de un diseño estándar.

6.5. Pasos para la realización de un sistema de fertirrigación

6.5.1. Delimitación del área

Se recorrieron los 8 lotes en su totalidad delimitando así por medio del GPS Garmin el área de cada terreno respectivamente. Se tuvo en cuenta la topografía de cada lote para determinar relieve y forma del terreno, también el trazado en cuanto a cultivos que aún no estaban establecidos.

Figura 4.

Delimitación del área total del cultivo ya establecido, teniendo en cuenta las variables topográficas. En este caso fue un cultivo de cítricos.



Nota. El lote mostrado en la imagen consta de 8 hectáreas, perteneciente al agricultor Julián Melkis, donde tiene un cultivo de tangelo Fly Dragón con 5 meses de sembrado. **Fuente:** Propia

6.5.2. Toma de puntos

Se marcan los puntos estratégicamente para verificar distancias de siembra y metros lineales de cada surco puesto que el terreno la mayoría de veces es irregular, también se marcan puntos para dividir tuberías principales y formar secciones reflejando todo esto en un croquis para facilitar el levantamiento de todos los lotes visitados.

Figura 5.

Toma de puntos en el terreno con GPS.



Nota. El GPS es de marca Garmin Etrex 10 el cual funciona por medio de satélites para adquirir una posición de forma más rápida y precisa. **Fuente:** Propia

6.5.3. Toma de muestras del suelo

El muestreo de suelo fue realizado en seis de las ocho fincas destinadas para la instalación, las dos restantes ya contaban con uno reciente. Luego de enviar las muestras con su respectiva rotulación, fueron entregadas pasados 20 días hábiles. Esta herramienta nos fue de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización

Figura 6.

Toma de muestra del suelo



Nota. El gráfico representa la toma de muestra del suelo en el plato del árbol, pues allí es donde necesitamos saber que nutrientes son escasos y cuales abundan para hacer un balance nutricional adecuado por medio del fertirriego. **Fuente:** Propia

6.5.4. Determinación de la fuente hídrica

En este paso se obtuvo una muy buena fuente hídrica en las 8 fincas, hubo casos donde se tenían perforados y pozos con más de ocho metros de profundidad, en otros había ríos y caños veraneros; Facilitando así tener acceso hídrico frecuente a todas las plantas en cada época del año, también cabe resaltar el hecho de la toma de decisiones en cuanto a la instalación de un filtro (malla, discos) o un hidrociclón variando de que tantas partículas sólidas presente la fuente.

Figura 7.

Fuente hídrica



Nota. En el grafico se refleja como fuente hídrica un pozo con una profundidad de 8 metros, pero también hay casos donde la fuente hídrica puede ser un perforado, un reservorio, un caño veranero o un río. **Fuente:** Propia

6.5.5. Instalación cabezal de fertirriego

Se instalaron diferentes cabezales en los 8 cultivos dependiendo del presupuesto económico con el que cuenta cada agricultor, variando la utilización de filtros extragrandes para fuentes hídricas con mucha arena o filtros estándares para pozos o perforados con menos partículas pesadas.

Partiendo de esto se procedió a realizar el montaje completo, el cual consta básicamente de dos canecas de 200 litros, una para fertilizantes con elementos mayores y otra con los menores, de allí los nutrientes son transportados por medio de mangueras a la parte de succión o venturi en la descarga para ser mezclados con el agua pasando por dos procesos de filtrado; un filtro en la parte de succión para las sales que contienen los fertilizantes y otro de mayor tamaño en la parte de descarga para las partículas pesadas. En los filtros también se tuvieron en cuenta los manómetros, los cuales nos indican las presiones manejadas en el sistema y control del mismo.

Así mismo se realizó la adaptación en la manguera o tubería de descarga para el llenado de canecas, adecuando un galápago con una manguera de menor diámetro. Cabe resaltar que

dependiendo de las condiciones presentadas en cada cabezal se hicieron adaptaciones de llenado diferentes.

Figura 8.

Instalación cabezal de fertirriego en cultivo de aguacate



Nota. En la figura se observa un cabezal para un sistema de fertirrigación en cultivo de aguacate en etapa inicial, el cual se compone de una motobomba de 3" X 3" con 10 hp (caballos de fuerza). En la parte de la succión se instaló un conducto para transportar los nutrientes desde las canecas de 200 litros hasta la tubería principal con el fin de mezclar la solución nutritiva y el agua. Cabe resaltar que la fuente hídrica es un río por ende en la parte de descarga se instaló un

filtro de anillos extragrande de 3” con sus respectivos manómetros para la revisión de presión tanto de entrada como de salida. **Fuente:** Propia

Figura 9.

Perforado de los tanques



Nota. **A.** Se perfora cada tanque con una broca los más bajo que se pueda y se instala un flanche, el cual cuenta con una unión de acople macho y hembra con un caucho en medio de estos dos para evitar escapes. **B** Se añade al flanche un acople hembra con tubería de 1” más un registro seguido de tubería 1” y por ultimo una universal para poder desprender nuestro sistema en caso de lavar las canecas. **C** Vista del perforado con el flanche en la parte interna de las canecas. **Fuente:** Propia

Figura 10.

Instalación cabzal de fertirriego en cultivo de cítricos



Nota. En el gráfico se refleja la instalación completa del cabzal, formada por dos electrobombas, una de 3" X 3" encargada del llenado de canecas con desviación a tubería principal con mayor caudal y otra de 1" X 1" encargada de llevar a mayor presión la inyección de fertilizantes por medio del venturi y pasando por un sistema de doble filtrado puesto que el pozo tiene muchas partículas pesadas. También cuenta con ventosas para desairar el sistema y manómetros para tener registro de presiones. **Fuente:** Propia

Figura 11.



Instalación cabezal de fertirriego en cultivo de plátano

Nota. En la figura se observa un cabezal para un sistema de fertirrigación en plátano de 5 meses de edad, el cual se compone de una motobomba de 3" X 3" con 10 hp (caballos de fuerza). En la parte de la succión se adecuó un conducto conformado por una tee en PVC de 3" y buge con reducción de 3" X 1" para transportar los nutrientes desde las canecas de 200 litros hasta la tubería principal con el fin de mezclar la solución nutritiva y el agua seguidamente pasando por un filtrado para las sales. Cabe resaltar que la fuente hídrica es un pozo por ende en la parte de descarga se instaló un filtro de anillos de 3" grande con sus respectivos manómetros para la revisión de presión tanto de entrada como de salida. **Fuente:** Propia

6.5.6. Distribución de tubería y/o mangueras

Después de instalado el cabezal se procede a distribuir toda la tubería, mangueras, cintas de goteo en el caso del cultivo de plátano y accesorios, teniendo en cuenta el croquis realizado anteriormente se realizó el conteo de plantas en cada lote para la división de secciones y adecuación de accesorios.

Figura 12.

Distribución de tubería y/o mangueras en cultivo de aguacate



Nota. A. Distribución de manguera 3” siendo esta la principal con laterales de 2” para formar secciones de riego con el fin de distribuir agua y nutrientes uniformemente. **B.** Laterales de manguera 2” con registro cada ramal para controlar el agua en secciones. De allí desprenden mangueras de 16 mm y 5 mm para riego por micro aspersión o de ser el caso de goteo se desprenden el número de goteros dependiendo el tipo de suelo. **Fuente:** Propia

Figura 13.

Distribución de tubería y/o cintas de goteo en cultivo de plátano



Nota. A. Distribución de tubería PVC 3” siendo esta la principal con laterales de 2” para formar secciones de riego con el fin de distribuir agua y nutrientes uniformemente. **B.** Laterales de cinta de goteo con espacio de 30 centímetros entre cada gotero, descarga de 1.05 litros / hora y con registro cada ramal para controlar la presión en las secciones. **Fuente:** Propia

6.5.7. Distribución emisores de riego

Como último paso para concluir la instalación se distribuyeron los emisores de riego teniendo en cuenta el bulbo de humedad que se presentaba en cada suelo, de ser un suelo arenoso o limoso se optaría por usar aspersores y microaspersores, pero en el caso de un suelo arcilloso se optaría por goteros para manejar bulbos de humedad horizontales y mantener la capacidad de campo en el terreno.

Figura 14.

Distribución emisores de riego (Microaspersores y gyronet)



Nota. Los gráficos muestran un ramal dirigido con manguera de 16 mm la cual por medio de un conector microaspersor se acopla a una manguera 5 mm que va conectada con el microaspersor o gyronet sostenida de una estaca, generando diámetros de hasta 3 y 4 metros de humedad según la altura que se maneje en la estaca. **A.** Microaspersor 50 litros / hora con diámetro de 1 a 1.5 metros. **B.** Gyronet 70 litros / hora con diámetro de 3 a 4 metros. **Fuente:** Propia

6.5.8. Fertilización

El último proceso es la mezcla de fertilizantes para dar una nutrición adecuada a cada cultivo. Se revisaron y diagnosticaron los análisis de suelo de cada finca estableciendo para cada uno un plan nutricional de acuerdo al estado fenológico en que se encontraba el cultivo. Por lo general los fertilizantes hidrosolubles vienen con una concentración del 10% la cual no es

asimilable por las plantas, esta solución nutritiva final debe quedar al 0.1% de concentración en una dosificación cuantitativa, es decir que la cantidad de fertilizantes se debe aportar por unidad de superficie y etapa de desarrollo.

Figura 15.

Fertilización con abonos hidrosolubles por medio del sistema de fertirrigación.



Nota.

Preparación: 1. Definir

cantidades y formula del fertilizante conforma al cultivo, suelo, etapa de desarrollo, etc. 2. Llenar un 30% a 50% el tanque. 3. Verter el fertilizante mientras se añade agua y agita la solución. 4. 1 litro de solución madre en 100 litros de agua equivalen a una concentración del 0.1% 5. Esperar 15 minutos antes de inyectar. 6. Medir pH (4-5). 6. Funcionamiento sistema de succión. 7. Paso de solución nutritiva final por filtro para retención de sales. **Fuente:** Propia

6.5.9. Mantenimiento sistema de fertirriego

En cuanto al mantenimiento del sistema de fertirriego se encuentra el lavado de filtros, el cual se debe realizar una vez por funcionamiento del sistema para mejor efectividad (**Figura 16**).

También se encuentra la revisión de manómetros para el manejo de presiones que ejerce el sistema (**Figura 17**) y por último la medición mensual del pH tanto de las soluciones nutritivas como del agua de riego con un pH metro digital (**Figura 18**)

Figura 16.

Lavado de los filtros



Nota. **A** Filtro de disco después de suministrar el riego, reteniendo en su mayoría los agregados que presenta el agua. **B.** Desajuste del filtro para poder lavar todos sus anillos. **C.** Filtro limpio, listo para instalar nuevamente. **Fuente:** Propia

Figura 17.

Revisión manómetros



Nota. El grafico representa los manómetros ubicados en el filtro para medir presiones de entrada y salida. La presión de entrada y salida no debe ser mayor a 1 bar de presión, de no ser así pueden influir factores como escapes o taponamientos. **Fuente:** Propia

Figura 18.

Medida del pH del agua y soluciones



Nota. Con un medidor de pH se toma el

dato del agua de riego. La solución madre debe tener un pH de 4 a 5, la solución nutritiva final un pH de 5 a 6 y el agua de riego un pH neutro de 7. **Fuente:** Propia

6.6. Costos y viabilidad

Los costos varían para los ocho agricultores según su cultivo y el tipo de cabezal de riego que se desea realizar, puesto que para un cultivo de plátano se utiliza distribución de cinta de

goteo y para aguacates o cítricos mangueras con emisores, así que se realizó una guía presupuestal para dar un estimado del costo que lleva hacer un sistema de fertirriego completo en diferentes cultivos.

6.6.1. Costo estimado para cabezal básico de fertirriego en diversos cultivos

Para el costo del cabezal se realizó una guía presupuestal teniendo en cuenta cada accesorio esencial para el funcionamiento del mismo, en ocasiones algunos de los agricultores ya contaban con materiales variando así el costo de cada cabezal instalado.

Tabla 3.

Costos estimados para la realización del cabezal

Material	Cantidad	Valor
Motobomba Diésel 3" X 3"	1 unidad	\$ 2.500.000
Manguera succión	6 metros	\$ 120.000
Válvula de pie	1 unidad	\$ 35.000
Acoples rápidos	2 unidades	\$ 120.000
Canecas plásticas 200 Litros	2 unidades	\$240.000
Filtro disco estándar 3"	1 unidad	\$ 273.000
Manómetros	2 unidades	\$ 64.000
Tubo PVC 1"	6 metros	\$ 22.000
Buge reducción	1 unidad	\$ 18.000
Registro soldado 1"	3 unidades	\$ 20.100
Universal soldada 1"	3 unidades	\$ 20.700
Flanche	2 unidades	\$ 44.000

Adaptador hembra	4 unidades	\$ 5.600
Filtro disco 1”	1 unidad	\$ 43.000
Manguera transparente	6 metros	\$ 18.000
Codos PVC 1”	2 unidades	\$ 5.000
Galápago 3”	1 unidad	\$ 10.500
Accesorios	Varios	\$100.000
TOTAL		\$ 3.658.900

Nota. El precio total para realizar un cabezal para sistema de fertirriego tiene un valor aproximado de \$3.658.900, valor que varía de muchos factores, dado que cada instalación no es la misma y en ocasiones los agricultores cuentan con algunos materiales básicos de riego como motobomba o electrobomba y accesorios que nos reducen costos a la hora de realizar el montaje del cabezal, en la mayoría de los casos se reducían a un valor no mayor a **\$650.000**.

6.6.2. Costos estimados para red de riego en cultivos de aguacate y cítricos

Para el costo estimado de una red de riego en cultivos de aguacate y cítricos se realizó una guía presupuestal escogiendo uno de los diferentes tipos de emisores que se pueden usar en dicho sistema y teniendo en cuenta una densidad de siembra de 7 metros por 7 metros para un total de 204 árboles por hectárea sembrados al cuadrado en terrenos planos, usando para todo el sistema manguera de diferentes calibres y diámetros.

Tabla 4.

Costos estimados para montaje red de riego en aguacate y cítricos

Material	Cantidad	Valor
-----------------	-----------------	--------------

Manguera 3" X 50 metros	2	\$ 560.000
Manguera 2" X 50 metros	3	\$ 670.800
Manguera 16 mm X 200 metros	8	\$ 596.000
Manguera 6 mm X 500 metros	1	\$ 145.000
Gyronet 70 litros / hora	204	\$ 306.000
Conector microaspersor	204	\$ 30.600
Estacas plásticas	204	\$ 265.200
Abrazaderas	10	\$ 38.000
Conector espigo	60	\$ 54.000
Registro PVC roscado 2"	4	\$ 79.600
Tee 3" aluminio	2	\$ 52.000
Acople macho 2" aluminio	4	\$ 30.000
Tapón 2"	2	\$ 14.000
Tapón 3"	1	\$ 8.000
Unión 3" aluminio	3	\$ 36.000
TOTAL		\$ 2.885.200

Nota. El precio total estimado para realizar una red de riego por hectárea para cultivos de aguacate y cítricos es de \$2.885.200. En este caso se hizo la estimación con emisores gyronet de 70 litros / hora para cultivos en desarrollo. El valor puede variar dependiendo del tipo de

emisores que se utilicen y la topografía del terreno, además de los diferentes accesorios que se pueden implementar según las circunstancias.

6.6.3. Costos estimados para red de riego en cultivo de plátano

En el cultivo de plátano manejan dos redes de riego, una es la cinta de goteo y la otra es cinta Golden spray “china”, para este caso se implementó cinta de goteo con una densidad de siembra de 2 metros por 2 metros para un total de 2.500 plantas por hectárea.

Tabla 5.

Costos estimados para montaje red de riego en plátano

Material	Cantidad	Valor
Tubo PVC 3” x 6 metros	3	\$ 187.500
Tubo PVC 2” x 6 metros	10	\$ 350.000
Cinta de goteo 30 cm X 2.500 metros	2	\$ 1.014.000
Codo PVC soldado 3”	1	\$ 25.700
Universal soldada 2”	1	\$ 23.300
Miniválvula cinta – manguera 16 mm	120	\$ 228.000
Silletas yoyo	120	\$ 48.000
Fin de línea	120	\$ 96.000
TOTAL		\$ 1.972.500

Nota. El precio total estimado para realizar una red de riego en cultivo de plátano es de \$1.972.500 por hectárea utilizando cinta de goteo con un espacio de 30 centímetros cada gotero.

6.6.4. Costos estimados de fertilización por medio edáfico

Para una fertilización edáfica en cultivos de cítricos, aguacate o plátano se necesitan aproximadamente 5 bultos de 50 Kg para abonar una hectárea de la siguiente manera; en cultivos de aguacate y cítricos con densidad de siembra de 7 por 7 metros y sembrado a tres bolillos da un total de 240 árboles, aplicando 1 kilogramo de abono a cada árbol para sumar 240 kilogramos, equivalente a 5 bultos de 50 Kg. En el cultivo de plátano con una densidad de siembra de 2 por 2 metros da un total de 2.500 árboles, aplicando 100 gramos de abono por planta para sumar 250 kilogramos, equivalente a 5 bultos de 50 Kg, contando dos fertilizaciones más en tipo drench realizadas bimensualmente para reforzar la nutrición y a ello agregado el valor de jornales que se van por hectárea.

La cantidad de abono se establece según el programa nutricional, para aguacate y cítricos en producción se necesitan aproximadamente 2.500 kilogramos de abono por hectárea al año para una producción estimada de 25 a 30 toneladas por hectárea, y para plátano 2.800 kilogramos por hectárea al año, para una producción estimada de 50 a 55 toneladas por hectárea.

Tabla 6.

Costos para realizar fertilización edáfica y en drench

Costo fertilizante por hectárea			
	Cantidad	Valor unitario aproximado	Total
Abono granulado	5 bultos X 50 Kg	\$ 190.000	\$ 950.00

compuesto de			
elementos mayores y			
microelementos			
Abono hidrosoluble			
compuesto de	2 bultos X 50 Kg	\$ 210.000	\$420.000
elementos mayores y			
microelementos			
Costo jornal por hectárea			
	Numero de jornales	Valor día de trabajo	Total
Jornal	3	\$ 38.000	\$114.000
Total		\$ 1.484.000	

Nota. Una persona puede abonar edáficamente en un día una hectárea, labor que se repite cada dos meses y en ese intervalo se aplican dos fertilizaciones en tipo drench para un total de 3 jornales cada dos meses. Partiendo de esto se requiere una abonada edáfica y dos tipo drench, sumando un valor de 1.484.000 cada dos meses en abono y mano de obra.

6.6.5. Costos estimados de fertilización por medio de fertirrigación

Para una fertilización mediante fertirrigación se necesitan 2 bultos hidrosolubles de 25 Kg para una hectárea, dividiendo aplicaciones en mínimas dosificaciones por su alta concentración usando de 4 a 7 kilos de abono por caneca según la necesidad del cultivo empleando dos canecas por hectárea.

Tabla 7.

Costos para realizar fertilización por fertirriego

Costo fertilización por hectárea			
	Cantidad	Valor unitario	Total
Abono hidrosoluble			
compuesto de			
elementos mayores y	2 bultos X 25 Kg	\$ 210.000	\$ 420.000
microelementos			

Nota. Para realizar una fertilización mediante fertirrigación se necesita de un solo operario encargado de hacer la mezcla y abrir registros en la red de riego tardando aproximadamente 3 horas en ejecutar todo el proceso reduciendo así la mano de obra. En cuanto a los fertilizantes al ser hidrosolubles contienen un alto nivel de concentración, por ende sus dosificaciones son más bajas utilizando hasta 6 Kg por caneca de 200 litros, repitiendo este proceso quincenalmente con dos canecas por hectárea para dos meses. Teniendo un costo de \$420.000 fertilizar una hectárea ya sea de cítricos, aguacate y plátano.

6.6.6. Viabilidad entre realizar fertilización mediante sistemas de fertirrigación o edáficamente.

El costo para realizar una fertilización edáfica complementando con drench es de \$ 1.484.000 cada dos meses y el costo de una fertilización mediante fertirrigación es de \$420.000 sumado a eso las horas pagas al operario no mayores a \$100.000 cada dos meses dando un total de \$520.000. De acuerdo a lo anterior hay más viabilidad al realizar las fertilizaciones mediante fertirriego ahorrando así mano de obra y abonos con una diferencia y ahorro de **\$954.000** bimestre.

En cuanto a producción hubo un aumento exponencial con el sistema de fertirriego, en cítricos se producían 2 canastillas de 25 kilogramos cada una por árbol, aproximadamente y al término de 6 meses hubo un incremento a 5 canastillas por árbol. En aguacate se producían 1 o 2 bolsas de 50 kilogramos cada una por árbol y luego de los 6 meses se obtuvo incremento de 3 bolsas de 50 kilogramos por árbol. Todas estas producciones se registraron en base a cosechas anteriores obtenidas por los agricultores, donde fertilizaban por medio edáfico y a quienes luego se les realizó la instalación.

6.7. Ventajas y desventajas en la instalación de un sistema de fertirriego

Se realizaron encuestas dirigidas a los ocho agricultores a quienes se les instaló un sistema de fertirrigación en la zona de Lejanías con el fin de obtener un porcentaje que concluya la viabilidad de la instalación del fertirriego, o en su defecto un descontento con el funcionamiento del mismo.

Los parámetros que se tuvieron en cuenta para la encuesta van enfocados a las ventajas y desventajas que presentaron cuatro meses después de instalado el sistema en sus fincas, para determinar si es factible realizar fertilizaciones por medio del fertirriego.

Figura 19.

Encuesta de instalación fertirriego

Nombre:

Finca:

Cultivo:

Vereda:

- ¿En los últimos 4 meses luego de instalado el sistema de fertirriego obtuvo un ahorro o incremento en cuanto a fertilizantes? ¿Por qué?

Ahorro Incremento

¿Por qué?

- ¿En los últimos 4 meses luego de instalado el sistema de fertirriego obtuvo un ahorro o incremento en cuanto a mano de obra? ¿Por qué?

Ahorro Incremento

¿Por qué?

- ¿Ha sido complejo el manejo del sistema de fertirrigación? ¿Por qué?

Sí No

¿Por qué?

- ¿Qué ventajas obtuvo al instalar un sistema de fertirriego en su cultivo?

1.

2.

3.

- ¿Qué desventajas encuentra en el sistema de fertirriego instalado en su cultivo?

1.

2.

3.

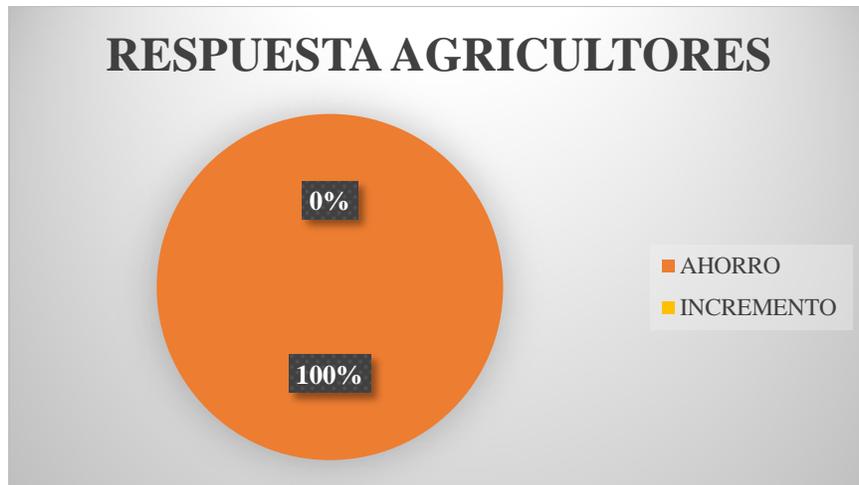
- ¿En cuanto al desarrollo vegetativo de su cultivo, hay mejor asimilación por fertilización edáfica o fertirriego?

Modelo de la encuesta realizada a los agricultores

6.7.1. Gráficas representativas según encuesta realizada a los agricultores.

Gráfica 1

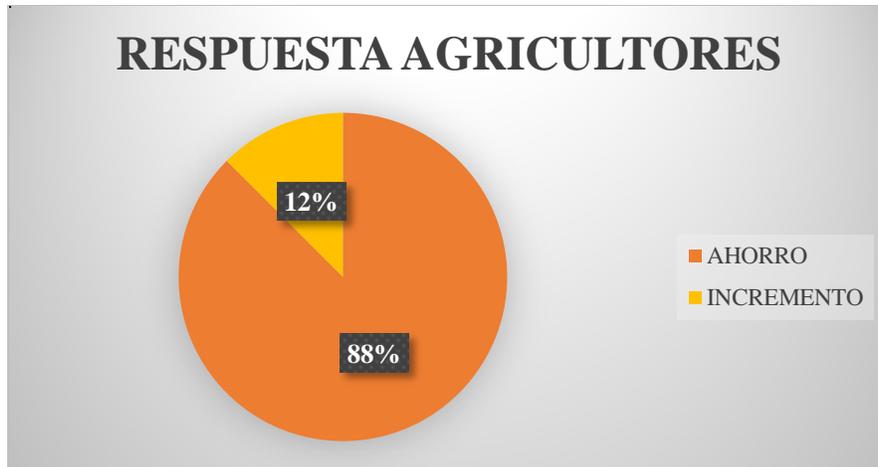
¿En los últimos 4 meses luego de instalado el sistema de fertirriego obtuvo un ahorro o incremento en cuanto a fertilizantes?



Nota. La gráfica representa que el 100% de la población entrevistada optó por tener un ahorro en fertilizantes mediante el sistema de fertirrigación.

Gráfica 2.

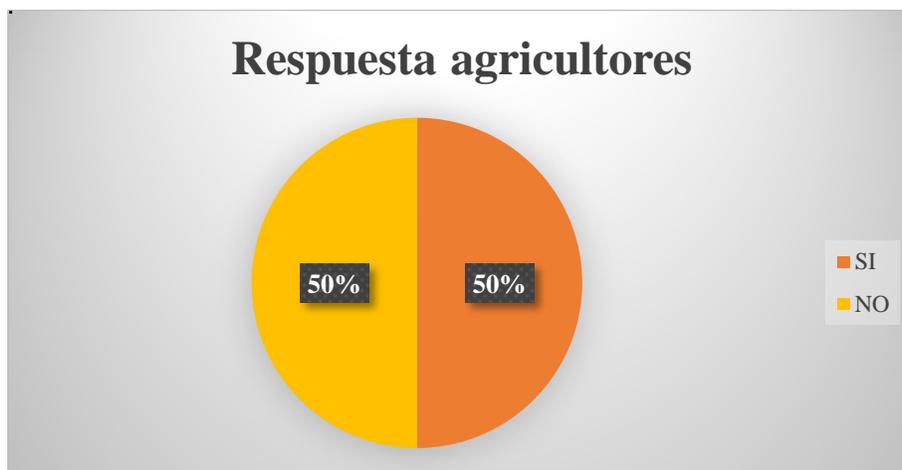
¿En los últimos 4 meses luego de instalado el sistema de fertirriego obtuvo un ahorro o incremento en cuanto a mano de obra?



Nota. La gráfica representa un 88% de la población (equivalente a 7 agricultores) obteniendo un ahorro en cuanto a mano de obra y tan solo un 12% (equivalente a 1 agricultor) un incremento.

Gráfica 3

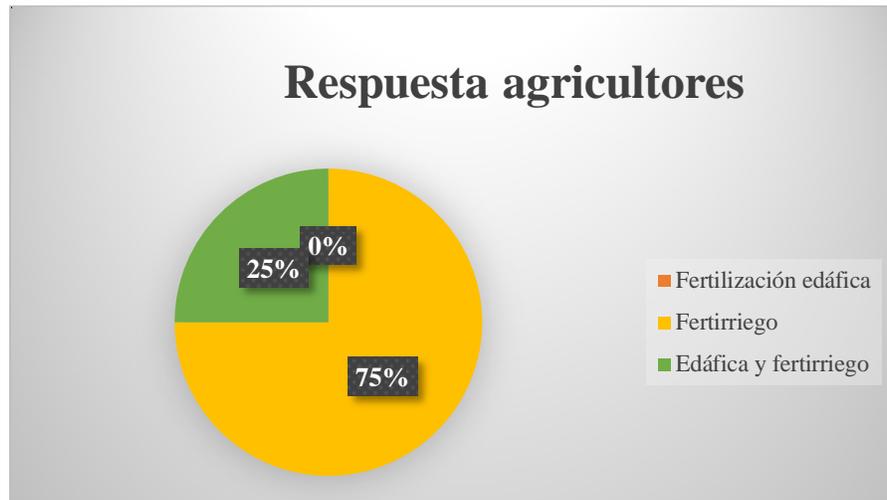
¿Ha sido complejo el manejo del sistema de fertirrigación?



Nota. La gráfica refleja un 50% de la población (equivalente a 4 agricultores) refiriéndose a tener cierto grado de complejidad el manejar un sistema de fertirriego y el otro 50% optando por no tener inconvenientes al manejar el sistema.

Gráfica 4

¿En cuanto al desarrollo vegetativo de su cultivo, hay mejor asimilación por fertilización edáfica o fertirriego?



Nota. La gráfica representa un 75% de la población (equivalente a 6 agricultores) optando por fertirriego y un 25% (equivalente a 2 agricultores) quienes utilizan los dos métodos.

Entre las ventajas más destacadas por dichos agricultores se encuentran las siguientes:

- Los nutrientes son aplicados en forma exacta y uniforme.
- Reduce los costos de mano de obra y aumenta la eficiencia del fertilizante.
- Permite adecuar la cantidad y la concentración de los nutrientes de acuerdo con su demanda, durante las diferentes etapas de crecimiento del cultivo.
- Incrementa los rendimientos, la calidad e inocuidad del producto final.
- Existe un mejor control de la dosis de nutrientes, reduciendo el potencial de toxicidad al cultivo y, por ende, los costos.

Las desventajas que más destacaron los agricultores fueron las siguientes:

- Alto costo inicial de la infraestructura
- Taponamiento en emisores
- Mantenimiento continuo

De acuerdo a la encuesta realizada y los datos obtenidos mediante las gráficas se estimó que el porcentaje de satisfacción de los agricultores con la instalación del sistema, es alto, reflejando más de un 75% de la población satisfecha. Dado que son muchas más las ventajas que se consiguen al realizar el sistema y en cuanto a las desventajas las cuales fueron mínimas, se dieron soluciones respectivas para facilitar el manejo del mismo. En cuanto al alto costo inicial se recupera con disminución de jornales, el taponamiento se reduce haciendo aplicaciones con ácido fosfórico a la red de riego y respecto al mantenimiento continuo que se debe realizar, es importante seguir con el proceso para tener mejor funcionalidad a la hora de fertirrigar.

7. Conclusiones

Para la instalación de un sistema de fertirriego es importante realizar primero un diseño previo ajustado a las condiciones específicas del cultivo, se debe conocer la fuente hídrica disponible en el terreno para definir la capacidad de la instalación, conocer las propiedades físicas del suelo (capacidad de retención de humedad, textura y velocidad de infiltración), la densidad y el tipo de siembra, el área a regar, la calidad del agua para riego y las condiciones del clima (precipitación).

La fertirrigación se convierte en una buena opción para la aplicación de fertilizantes en el municipio de Lejanías, esto se concluye después determinar que el costo total tanto del montaje del cabezal, como de los fertilizantes fue más económico que el costo total de la fertilización edáfica para el mismo periodo de tiempo. Al aumentar la calidad y la producción, reduciendo los gastos en fertilizantes, agua, productos químicos y mano de obra, el agricultor obtendrá mejores ganancias que inicialmente pueden servir para compensar los gastos de la compra del equipo de fertirriego.

Se identificó que los lotes que poseen fertirrigación mostraron un mayor porcentaje de desarrollo vegetativo. Para el cultivo es mejor fertirrigar que hacer una fertilización edáfica, pues de esta manera se aplican dosis constantes de fertilizante y se le garantiza al cultivo la presencia de nutrientes necesarios para su desarrollo y producción obteniendo una mayor eficacia en la aplicación de los elementos nutritivos, al distribuirlos en torno a las raíces y en el bulbo húmedo, lo cual facilita la asimilación por parte de la planta y evita las pérdidas de nutrientes por lixiviación.

8. Recomendaciones

Al sistema de fertirriego no se le realiza el mantenimiento adecuado, por lo que se presentan problemas de obstrucción, cristalización de las líneas y daño en los goteros o aspersores. Se recomienda hacerle una limpieza periódica de los filtros y líneas evitando así el taponamiento gradual y la reducción de flujo de los emisores.

El sistema de fertirrigación debe ser fraccionado y realizado en intervalos de tiempo determinados asegurándoles a las plantas las dosis adecuadas de fertilizantes, además de esto se recomienda establecer una válvula check con el fin de permitir el paso de agua en una sola dirección y, a la vez, restringir en la dirección contraria. Todo esto de manera automática para evitar contaminar nuestra fuente hídrica con las soluciones nutritivas.

Es importante contar con dos tanques para el mezclado de los fertilizantes, uno para la preparación de los nitratos de potasio, magnesio, amonio y calcio. Y otro para la preparación de los sulfatos y fosfatos. Si no se cuenta con dos tanques una opción es aplicar separadamente los nitratos, de los fosfatos y sulfatos.

9. Anexos

Evidencia de encuestas realizadas a los ocho agricultores.

10. Referencias

Agriculturers, (22 de Mayo, 2017). Consideraciones generales para la fertirrigación. Obtenido de:

<https://agriculturers.com/consideraciones-generales-para-la-fertirrigacion/>

Cárdenas, C. y Alonso J. (25 de Agosto, 2016). Ventajas y limitaciones de la fertirrigación.

Obtenido de: <https://www.eadic.com/ventajas-y-limitaciones-de-la-fertirrigacion/>

Herrera, L. y García, O. (Noviembre, 2019). Diseño de un sistema de fertirrigación por goteo

para la optimización de agua y fertilizantes en cultivos de cebolla larga del municipio de

Aquitania. Obtenido de:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/20942/2019luisherrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Intagri. (2017). Los Sistemas de Riego Aptos para la Fertirrigación. Serie Agua y Riego Núm. 16.

Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. Obtenido de:

<https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/los-sistemas-de-riego-aptos-para-la-fertirrigacion>

Peralta, J. y Simpfendofer, C. (Febrero 2001). Comisión Nacional de Riego Corporación de

Fomento de la Producción. Pag. 1 y 13. Obtenido de:

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40180/NR26419.pdf>

Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. (2012) Fertirrigación, una herramienta para una eficiente

fertilización y manejo del agua. Obtenido de:

https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/391-2012_ifa_ipi_fertirrigacion.pdf

Miguel A. y Romo P. (Enero de 2019). Importancia del fertiriego en la tecnificación de cultivos.

Obtenido de: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/importancia-del-fertiriego-en-la-tecnificacion-de-cultivos>

Parques alegres. (2020). Sistema de Riego por Microaspersión. Obtenido de:

<https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/sistema-riego-por-microaspersores/>