

ACOMPañAMIENTO TÉCNICO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CULTIVO DE
FRESA (*Fragaria sp.*) BAJO RIEGO EN LADERA EN LA FINCA CAMPAMENTO,
VEREDA EL LÍBANO, MUNICIPIO DE SOTARÁ-CAUCA.



Universidad
del Cauca

KAROL MARCELA SALAZAR GUERRERO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022

ACOMPañAMIENTO TÉCNICO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CULTIVO DE FRESA (*Fragaria sp.*) BAJO RIEGO EN LADERA EN LA FINCA CAMPAMENTO, VEREDA EL LÍBANO, MUNICIPIO DE SOTARÁ-CAUCA.



Universidad
del Cauca

KAROL MARCELA SALAZAR GUERRERO

Trabajo de grado en la modalidad de práctica profesional para optar el título de
Ingeniera Agropecuaria

Director
MSc. VÍCTOR FELIPE TERÁN GÓMEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022

Nota de aceptación

El director y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.

MSc. VÍCTOR FELIPE TERÁN GÓMEZ
Director

MSc. FABIO ALONSO PRADO
Firma presidente jurado

I.A. EDWARD FABIAN DELGADO
Jurado

Popayán, 25 de julio de 2022

DEDICATORIA

A mi familia por brindarme todo el apoyo y cariño necesario para culminar esta etapa de mi vida, a mi madre Sirley Guerrero Collazos y mi padre Carlos Marino Salazar por el esfuerzo y confianza. A mis abuelos: Yolanda Muñoz, Bernardo Guerrero (Q.E.P.D) y Marino Salazar (Q.E.P.D) a quienes agradezco por toda la sabiduría compartida a lo largo de este proceso y el apoyo en este anhelado sueño, se que en cualquier parte que estén me seguirán apoyando incondicionalmente y finalmente a todas las personas que me acompañaron es este camino.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de este trabajo de manera satisfactoria.

Al equipo de trabajo conformado para la realización de la presente práctica, al señor Didier Bermeo por la confianza y el apoyo brindado para efectuar el trabajo en su finca, al técnico Damián Legarda y al administrador Oscar Sánchez por la experiencia e intercambio de conocimientos en este sector agrario.

Al equipo de Agroinsumos del Cauca, por brindar la información necesaria para el desarrollo de diferentes actividades.

A mi director Víctor Felipe Terán, por el apoyo, la asesoría y los conocimientos brindados a lo largo de este proceso.

En general a todas las personas que hicieron su valioso aporte para la culminación del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1 MARCO REFERENCIAL.....	16
1.1 LOCALIZACIÓN.....	16
1.1.1 Localización geográfica vereda El Líbano, Municipio de Sotará.....	16
1.1.2 Localización geográfica finca Campamento, vereda El Líbano.....	17
2 MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE FRESA	18
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA FRESA (<i>FRAGARIA SP.</i>).....	19
2.2.1 Morfología de la fresa.....	19
2.2.2 Fenología de la fresa.....	21
2.2.3 Características organolépticas del fruto.....	22
2.2.4 Requerimientos agroecológicos del cultivo.....	22
2.2.5 Requerimientos nutricionales.....	23
2.2.6 Variedades.....	24
2.2.7 Preparación de suelo.....	24
2.2.8 Época de plantación y establecimiento.....	25
2.2.9 Coberturas del suelo.....	25
2.2.10 Cosecha y rendimiento.....	25
2.2.11 Enfermedades.....	26
2.2.12 Plagas.....	28
2.2.13 Riego.....	29
2.2.14 Fertirrigación.....	34
3 METODOLOGÍA.....	36
3.1 ACTIVIDADES	36
3.1.1 Diagnóstico inicial del manejo en la producción y planeación del cultivo de fresa.....	36
3.1.2 Planeación de estrategias para el manejo del cultivo.....	36
3.1.3 Implementación de sistema de riego.....	37
3.1.4 Implementación sistema de fertirriego.....	42

4	RESULTADOS	44
4.1	PLANIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA (<i>FRAGARIA SP.</i>).....	44
4.1.1	Plan nutricional y fitosanitario.....	59
4.2	SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN	61
4.2.1	Levantamiento topográfico inicial y trazado.....	62
4.2.2	Diseño del sistema de riego.	63
4.2.3	Implementación del sistema de riego..	74
4.2.4	Implementación de sistema de fertirrigación.	81
4.3	OTRAS ACTIVIDADES	89
4.4	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	90
4.4.1	Costos implementación sistema de riego con fertirrigación.	90
4.4.2	Costos de mano de obra sistema de fertirrigación y sistema tradicional drench.	91
4.4.3	Costos de producción.....	92
4.4.4	Ganancias.	92
5	CONCLUSIONES.....	94
6	RECOMENDACIONES	96
	BIBLIOGRAFÍA	97
	ANEXOS	101

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Taxonomía de la fresa (<i>Fragaria sp.</i>).....	19
Cuadro 2. Absorción total de nutrimentos durante el ciclo de crecimiento de 30 semanas en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.	23
Cuadro 3. Extracción de nutrientes en fresa (<i>Fragaria sp.</i>). por tonelada de fruta.	23
Cuadro 4. Propiedades físicas del suelo según su textura. (Tabla de Carlos Grassi)	31
Cuadro 5. conductividad eléctrica (C.E), optima en fresa.	35
Cuadro 6. Resultados comparativos de labores culturales, manejo inicial y actual.	44
Cuadro 7. Datos del lateral crítico.	67
Cuadro 8. Resultados conteo número de plantas por circuito.	69
Cuadro 9. Resultados diseño agronómico.	70
Cuadro 10. Resultados diseño de laterales.....	72
Cuadro 11. Diseño tubería principal del circuito.....	73
Cuadro 12. Diseño tubería principal del bloque.....	73
Cuadro 13. Resultados de aforos sistema de fertirrigación (B, bloque de riego y C, circuito).....	85
Cuadro 14. Resultados aforo de máquina.	88
Cuadro 15. Costos sistema de riego con fertirrigación.....	90
Cuadro 16. Costos de mano de obra en el uso del sistema de fertirrigación, frente al sistema tradicional Drench a un año.	91
Cuadro 17. Costos de producción en el cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>).....	92
Cuadro 18. Ganancias totales.	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica vereda El Líbano, Municipio de Sotará.	16
Figura 2. Localización geográfica Finca Campamento - Lote 1, vereda El Líbano, Municipio de Sotará.....	17
Figura 3. Morfología de la fresa (<i>Fragaria sp.</i>).....	20
Figura 4. Fenología de la fresa (<i>Fragaria sp.</i>).....	21
Figura 5. Ubicación de manómetro en el inicio del bloque de riego.	38
Figura 6. Medición de cota de manómetro ubicado al inicio del bloque de riego. .	38
Figura 7. Ubicación inicio de circuito. C: Circuito.	39
Figura 8. Medición de cota al inicio del circuito.	39
Figura 9. Lateral de riego.	40
Figura 10. Diseño de doble cinta por camellón.	41
Figura 11. Descarga de cinta de riego.	42
Figura 12. Medición de descarga de un gotero en un minuto.....	42
Figura 13. Aforo de descarga solución madre.....	43
Figura 14. Presiones dadas por la máquina de bombeo.	43
Figura 15. Medición con conductímetro.	43
Figura 16. Imagen satelital Google Earth, finca Campamento - Lote 1 antes de siembra.....	44
Figura 17. Terreno arado.	45
Figura 18. Labores de encalado.....	45
Figura 19. Camas sin ningún rigor de topografía, en contra de la pendiente.	46
Figura 20. Camas armados siguiendo curvas a nivel.....	46
Figura 21. Trazado y construcción de camas.....	46
Figura 22. Emplasticado de camellones.....	47
Figura 23. Fijación del plástico con ganchos de cosedora y alambre.	47
Figura 24. Lote con labor de emplasticado finalizada.	47
Figura 25. Densidad de 60.000 plantas por hectárea.....	48
Figura 26. Densidad de 50.000 plantas por hectárea.....	48
Figura 27. Sistema de riego con circuitos a favor y en contra de la pendiente.	49
Figura 28. Sistema de riego con sus respectivos circuitos en el sentido de la pendiente y laterales transversales a esta.	49
Figura 29. Desinfección de plántulas.	51
Figura 30. Aplicación de micorrizas.....	51
Figura 31. Siembra de plántulas.....	51
Figura 32. Corona a nivel de la superficie del terreno.	51

Figura 33. Variedad San Andreas.	51
Figura 34. Variedad Petaluma.....	51
Figura 35. Variedad Albión.....	51
Figura 36. Variedad Monterrey.....	51
Figura 37. Labor de deshoje.....	52
Figura 38. Corte de estolón.....	53
Figura 39. Labor de desflore.....	53
Figura 40. Control manual de arvenses.....	54
Figura 41. Planilla de registro de fertilización.....	55
Figura 42. Seguimiento en registros.....	55
Figura 43. Planilla de registro de control fitosanitario.....	56
Figura 44. Bodega de insumos.....	56
Figura 45. Recolección de residuos de agroquímicos y plástico a cargo de La Alcaldía de Sotará.....	57
Figura 46. Manejo de residuos de cosecha y deshoje.....	57
Figura 47. Fruta con problemas fitosanitarios cerca del lote.....	58
Figura 48. Grupo de cosecha.....	58
Figura 49. Acarreo de una canastilla de fruta de forma manual.....	59
Figura 50. Transporte de fruta en cable aéreo.....	59
Figura 51. Labor de clasificación realizada por mujeres de la zona.....	59
Figura 52. Aspecto del cultivo con aplicaciones de fertilizantes en etapa de floración. Imagen A. sin plan nutricional con aparente exceso de N, con área foliar significativa sin floración. Imagen B. con plan nutricional propuesto. Obsérvese la floración... 61	61
Figura 53. Levantamiento topográfico a partir de ortofoto tomada con droon Phantom 4pro y procesada mediante el software PIX4D, finca Campamento – Lote 1, con curvas de nivel.....	62
Figura 54. Trazado de camas siguiendo curvas a nivel.....	63
Figura 55. Ubicación de 12 bloques de riego en el lote.....	64
Figura 56. Recorrido tubería principal, circuito de riego y laterales.....	65
Figura 57. Bloque experimental. Bloque 1.....	66
Figura 58. Sistema de riego tradicional. Circuito subiendo, en contra de la pendiente.....	66
Figura 59. Sistema de riego propuesto. Circuitos siguiendo pendiente, laterales transversales a esta.....	66
Figura 60. Bloque y circuito crítico.....	71
Figura 61. Datos fabricante cinta de riego, diámetro 16 mm.....	72
Figura 62. Dimensiones del reservorio.....	74
Figura 63. Aspecto de reservorio de agua en proceso de llenado. Protección con malla.....	75

Figura 64. Filtro de anillos. Detalle válvulas de control.	75
Figura 65. Reducción en tubería de 3" a 1 ½"	76
Figura 66. Manómetro en cabecera de bloque, marcando presión de 42PSI.	76
Figura 67. Topografía en terreno con Teodolito.	76
Figura 68. Cabezal de bloques de riego, detalle manómetro y válvula de control. 77	
Figura 69. Circuitos de riego, detalle la válvula de control, uniones rápidas	77
Figura 70. Laterales del circuito siguiendo pendiente.	77
Figura 71. Uniones cinta manguera y arrancadores 16 mm.....	78
Figura 72. Laterales de riego.....	78
Figura 73. Ventosas y válvulas de control (ventosa manual).	79
Figura 74. Acequia en bloques de riego.	79
Figura 75. Adaptación de laterales.	80
Figura 76. Daños en camellones por mal drenaje.	80
Figura 77. Motobomba Diesel.	81
Figura 78. Tanque de mezcla en concreto, enchapado en cerámica.	81
Figura 79. Tubería de fumiducto de diámetro ½" en PVC.	82
Figura 80. Conexión máquina de bombeo a tubería.	82
Figura 81. Punto de conexión a mangueras, en forma de T.	82
Figura 82. Arrancador ubicado en el circuito de riego, después de válvula de control.	83
Figura 83. Adaptación para sistema de inyección, detalle llave mariposa y unión manguera estacionaria.	83
Figura 84. Adaptación con manómetro.	83
Figura 85. Preparación de solución madre. Mezcla final, con acondicionador de suelos de origen orgánico que le da la coloración café.	84
Figura 86. Encargado de monitorear presión en la máquina de bombeo.	84
Figura 87. Encargado de realizar la inyección de la solución.	84
Figura 88. Visitas a la finca Campamento, intercambio de experiencias sobre el cultivo de fresa.	89

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tabla Factor F.	101
Anexo B. Tabla de pérdidas de carga por razonamiento. Tubería goteo.	102
Anexo C. Plan de fertilización en Fresa (<i>Fragaria sp.</i>).....	104
Anexo D. Plan Fitosanitario.	108
Anexo E. Costos sistema de riego con fertirrigación.	109
Anexo F. Costos de mano de obra en el uso del sistema de fertirrigación, frente al sistema tradicional Drench.	111
Anexo G. Costos de producción en el cultivo de fresa (<i>Fragaria sp.</i>).....	112

GLOSARIO

Camellones: también conocidos como eras o camas, es una técnica de cultivo que no requiere el cavado del suelo, sino que sobre este se van depositando más tierra. Tienen forma principalmente rectangular.

Fertilización en Drench: Drench que traducido al español significa empapar, es una técnica que consiste en aplicar sobre el suelo, cerca al tallo de la planta una mezcla de nutrientes disueltos en agua.

Fumiducto: es un sistema de tuberías que se distribuye a través del lote partiendo desde la bodega, que permite la distribución de mezclas agrícolas que serán aplicadas en el cultivo.

Metro columna de agua: es una unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura. Su símbolo es m.c.a. o mca.

Solución madre: solución concentrada que deriva de la mezcla de varios productos agrícolas en el proceso de fertirrigación.

Clorosis: amarillamiento del tejido foliar causado por la falta de clorofila. Las causas posibles de la clorosis son el drenaje insuficiente, las raíces dañadas, las raíces compactadas, la alcalinidad alta y las deficiencias nutricionales de la planta.

Inocuo: que no hace daño. La inocuidad de los alimentos puede definirse como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud.

Micelio: es el conjunto de hifas que forman la parte vegetativa de un hongo.

Ortofoto: también conocida como ortofotografía, es una fotografía aérea en la que han sido corregidos, mediante procesos fotogramétricos, los desplazamientos que se presentan en la imagen como consecuencia de: El relieve del terreno, curvatura terrestre, inclinación del eje de la cámara.

Conidias: también llamados conidios o conidiosporas son las esporas externas por medio de las cuales muchos hongos se reproducen o propagan de manera asexual, es decir, por mitosis y no por meiosis.

RESUMEN

La práctica profesional *acompañamiento técnico en la implementación de un cultivo de fresa (Fragaria sp.) bajo riego en ladera en la finca Campamento, vereda El Líbano, Municipio de Sotará-Cauca*. Se desarrollo con el propósito de aumentar la productividad de las producciones de fresa en la región, a partir del establecimiento del cultivo y mejoramiento de diferentes actividades en su manejo, en donde se realizó un apoyo técnico a través de intercambio de conocimientos con los productores y profesionales.

Para dar cumplimiento a los objetivos se realizaron las siguientes actividades: diagnóstico inicial del manejo en la producción y planeación del cultivo de fresa, planeación de estrategias para el manejo, implementación de sistema de riego y fertirriego. En donde se logró implementar nuevas propuestas como el cambio de densidades de siembra, un estudio de variedades según observaciones de adaptación a la zona, un plan nutricional y fitosanitario, y un cambio en los sistemas de riego tradicionales, que optimizaron y mejoraron la productividad de los cultivos.

Palabras clave: acompañamiento, productividad, densidad de siembra, variedades, plan nutricional y fitosanitario, sistema de riego y fertirriego.

INTRODUCCIÓN

Colombia es el tercer país latinoamericano con mayor área sembrada en cultivos frutales, entre los que se destacan el mango y la fresa. El área sembrada en fresa en el país aumentó en 59% entre 2015 y 2020 (MADR, 2021) evidenciando el potencial productivo con el que cuenta el país en este sector. Sin embargo, la mayor parte de la producción nacional tiene un manejo convencional y poco tecnificado, principalmente en topografías onduladas como las presentes en el departamento del Cauca. Actualmente se requieren importantes inversiones de dinero para cubrir costos de producción, ascendiendo a los \$85 millones de pesos por hectárea (MADR, 2021). Es por esto que la planificación y manejo adecuado de recursos son fundamentales para garantizar la viabilidad del cultivo.

La planificación, organización y adecuado manejo dentro los procesos de producción agrícola son fundamentales para garantizar el uso eficiente de los recursos y optimizar las producciones, de ahí que la gestión y administración juega un papel muy importante en el control de los factores internos del sistema productivo a través de la aplicación de un conjunto de principios, normas y técnicas para mejorar el uso de sus recursos (Márquez, 2002).

Actualmente el municipio de Sotará es el principal productor de fresa (*Fragaria sp.*) en el departamento del Cauca, sin embargo, no cuenta con suficiente personal profesional que realice acompañamiento técnico en el cultivo, especialmente en sistemas de riegos localizados en zonas de ladera como las presentes en la región (FRESOTA, 2020). Los sistemas de fertirrigación son casi nulos en este cultivo, además de contar con una carencia de planes nutricionales y fitosanitarios acorde a los requerimientos del mismo. Por lo anterior, es necesario un acompañamiento técnico a los productores de fresa teniendo en cuenta las condiciones de la región y las necesidades del cultivo, empleando planes de trabajo vinculando parámetros técnicos y experiencias empíricas del agricultor, que aseguren una producción eficiente y un adecuado manejo de los recursos en estos cultivos del municipio.

Con el propósito de mejorar los sistemas productivos de fresa (*Fragaria sp.*) en la región, la práctica profesional tuvo como objetivo principal brindar un acompañamiento técnico en el manejo del cultivo, para fortalecer la producción en la finca Campamento, vereda El Líbano, municipio de Sotará, departamento del Cauca; planeando y estableciendo el manejo del cultivo, implementando un sistema de riego por goteo en condiciones de ladera, con su respectivo sistema de fertirrigación como referente para los demás productores de la región, realizando un apoyo técnico a través de intercambio de conocimientos con los productores y profesionales.

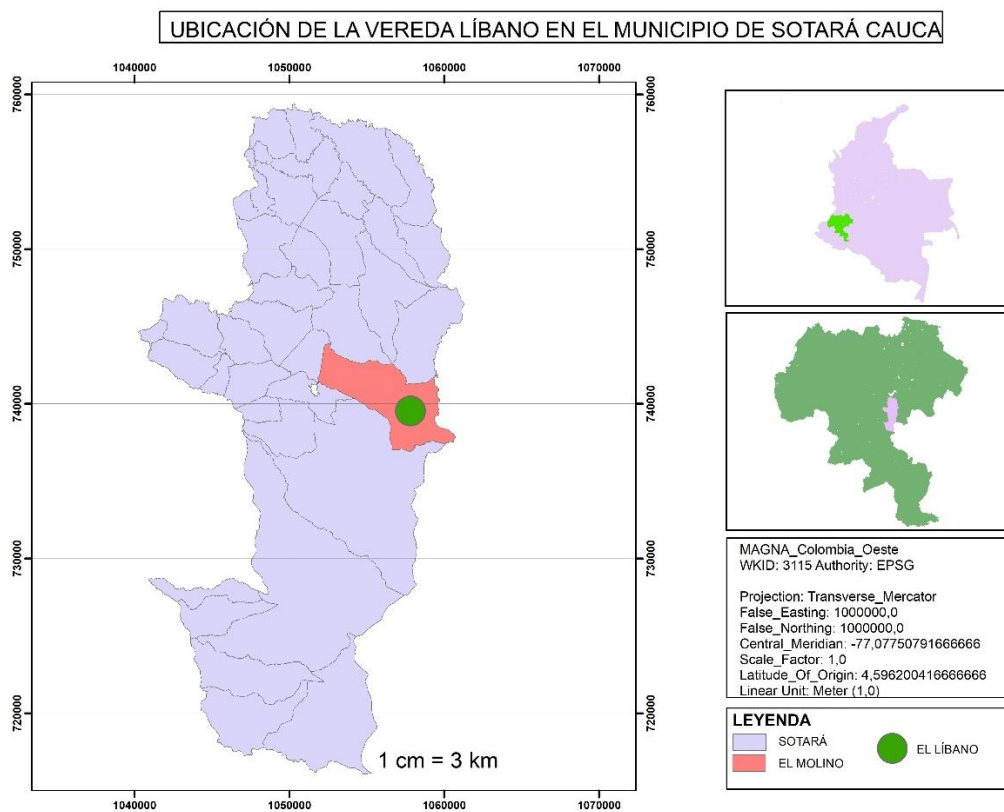
1 MARCO REFERENCIAL

1.1 LOCALIZACIÓN

1.1.1 Localización geográfica vereda El Líbano, Municipio de Sotará. El estudio se realizó en el municipio de Sotará, ubicado en la región centro del Departamento del Cauca, su cabecera Paispamba, está localizada a los 2°19' de latitud norte y 76°34' de longitud Oeste de Greenwich. La mayor parte del territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera central, Cuenca del río Patía (Alcaldía de Sotará, 2022).

El municipio de Sotará está dividido en 10 Corregimientos: Chapa, Chiribío, El Crucero, Hato Frío, La Paz, El Carmen, Sachacoco, Piedra León, Buena Vista, Resguardo Río Blanco y la Cabecera Municipal Paispamba, de la cual hace parte la vereda El Líbano, figura 1. (Alcaldía de Sotará, 2022).

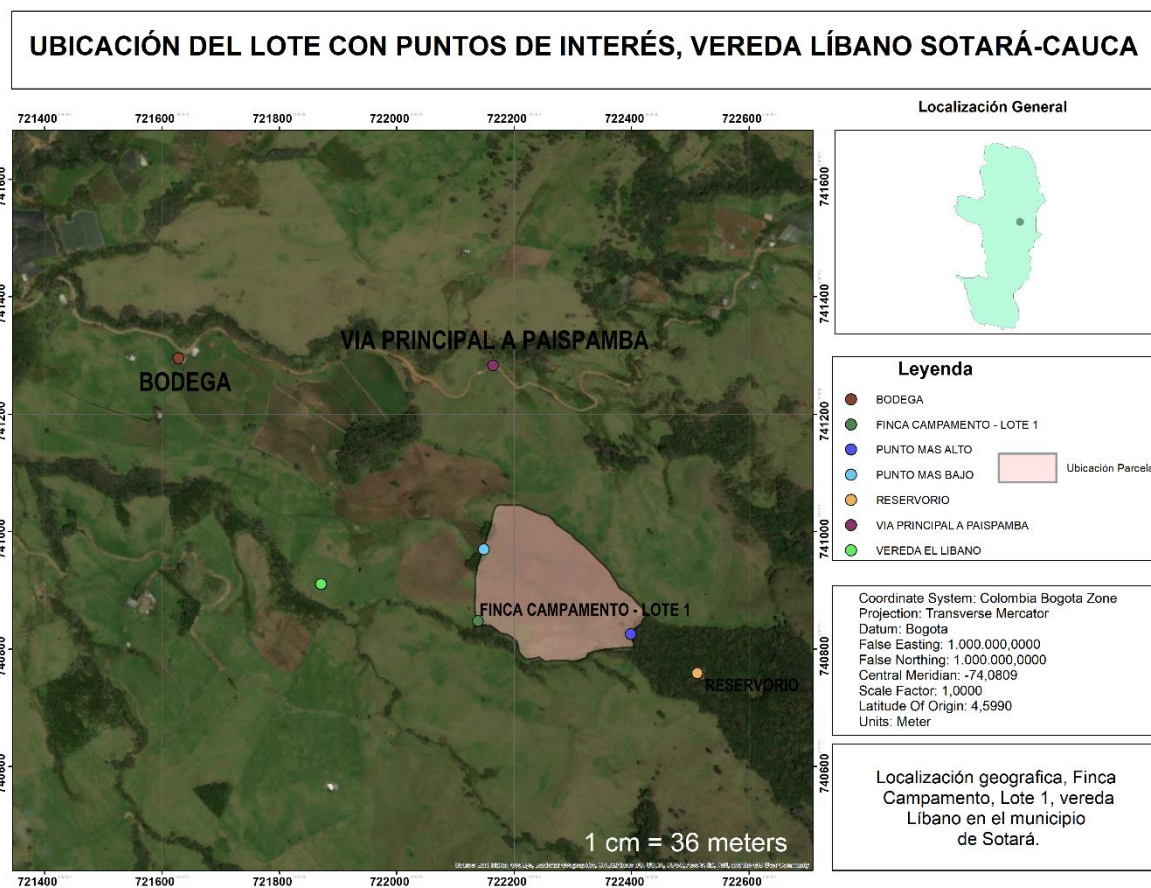
Figura 1. Localización geográfica vereda El Líbano, Municipio de Sotará.



Fuente: elaboración propia, cartografía base ArcGIS, 2021.

1.1.2 Localización geográfica finca Campamento, vereda El Líbano. El desarrollo del trabajo se realizó en la finca Campamento - Lote 1, vereda El Líbano, municipio de Sotará, departamento del Cauca, figura 2. a una altitud promedio de 2.967 m.s.n.m. con temperatura media de 13 °C, la precipitación promedio es de 1307 mm y la humedad relativa promedio de 70%. Se localiza a los 02°15'14.2" latitud norte y 76°34'36.8" longitud oeste, con un área aproximada de 4,3 hectáreas.

Figura 2. Localización geográfica Finca Campamento - Lote 1, vereda El Líbano, Municipio de Sotará.



Fuente: elaboración propia, cartografía base ArcGIS, 2021.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE FRESA

La fresa tiene una amplia distribución a nivel mundial, la producción asciende a los 4,8 millones de toneladas; los países con mayor producción son China, Estados Unidos, Turquía, México, España y Colombia, en una menor escala. Se proyecta un mercado mundial creciente con demandas insatisfechas, que plantea la posibilidad de cubrir esos espacios. El 80% de la producción mundial de fresa se dirige al mercado en fresco, y solo el 20% restante al mercado de congelados y conservas (MADR, 2018). La fresa tiene un alto valor nutritivo, es rica en fructosa y sacarosa y pobre en carbohidratos. Fuente importante de vitaminas C, K, con capacidad antioxidante (Ferriol, 2010).

Colombia es el tercer país latinoamericano con mayor área sembrada en cultivos frutales, entre los que se destacan el mango y la fresa. Para el año 2020, el cultivo de fresa registro 2.638 hectáreas sembradas en todo el territorio nacional, con un aumento del 59% entre 2015 y 2020. Por su parte, en el periodo, la producción a nivel nacional aumento en un 55%, debido principalmente al incremento generalizado de las siembras. Los principales departamentos productores en el país son Cundinamarca, que representa el 51% de las áreas sembradas en el país y el 73% de la producción, y Antioquia, que registra el 11% y 12% respectivamente; teniendo en cuenta que se produce fresa todo el año. Las variedades que se siembran en Colombia son principalmente: Camarrosa, Albión, Camino Real, Monterrey, San Andreas, Portola, Ventana y Palomar (MADR, 2021).

El Departamento del Cauca para el año 2020 registro cerca de 263 hectáreas sembradas en fresa, con rendimientos aproximados de 16,41 ton/ha (MADR, 2021). Es una de las principales actividades agrícolas de clima frio del departamento, donde los municipios de Sotará, Totoró, Silvia y Puracé son los principales productores.

El municipio de Sotará en el departamento del Cauca, es el principal productor de fresa, aportando 3.000 ton/año al mercado nacional, con el 95% de la producción del departamento. La producción de fresa en Sotará es una fuente importante de empleo, donde alrededor de 300 familias están involucradas en este proceso, generando alrededor de 1.500 jornales ha/año (FRESOTA, 2020).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA FRESA (*Fragaria sp.*).

La fresa es una planta perenne de porte pequeño, que se produce de manera sexual y asexual (mediante el desarrollo de estolones). Aunque tradicionalmente se considera como planta herbácea, no es tal, sino que en realidad se trata de una especie leñosa y perenne con las misma o similares pautas fisiológicas que los árboles y arbustos frutales de hoja caduca (López, 2008). En el Cuadro 1. se describe la taxonomía de la fresa.

Cuadro 1. Taxonomía de la fresa (*Fragaria sp.*).

Reino:	Vegetal
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Rosidae</i>
Orden:	<i>Rosales</i>
Familia:	<i>Rosaceae</i>
Género:	<i>Fragaria</i>
Especie:	
Nombre común:	Fresa

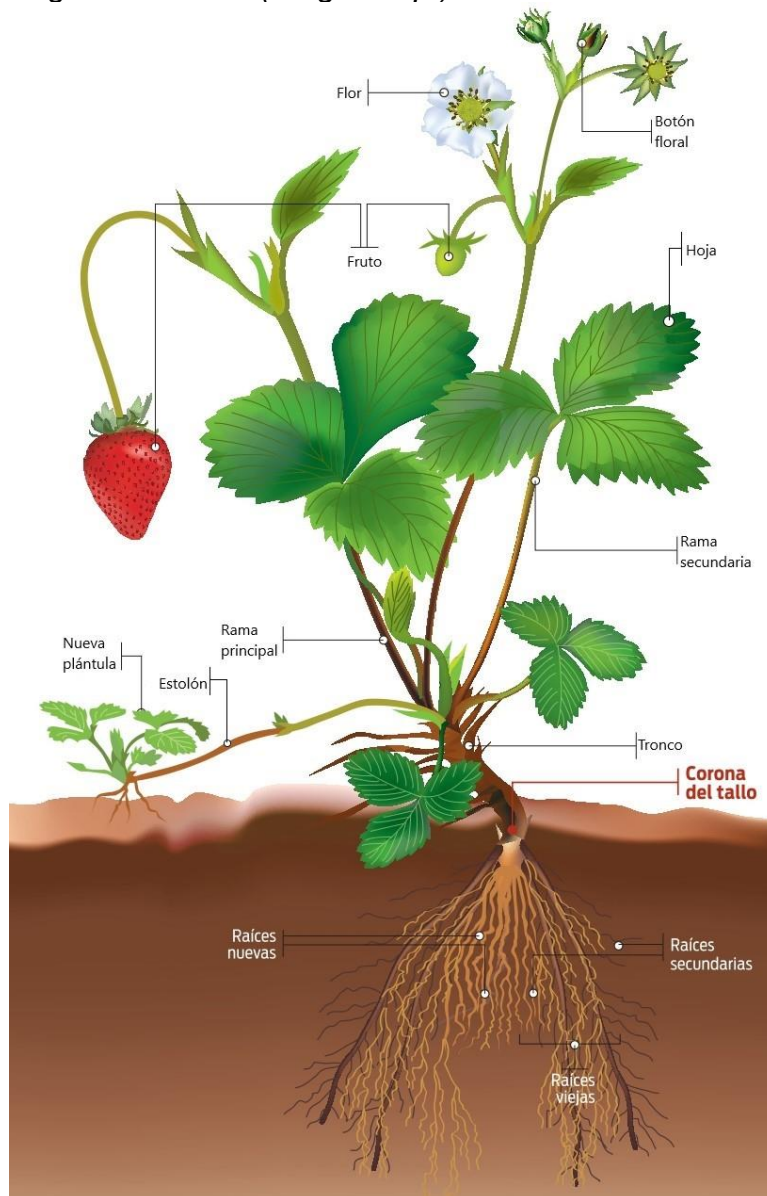
Fuente: MENÉNDEZ, 2007.

2.2.1 Morfología de la fresa. La planta de fresa posee raíz, tallo, estolones, hojas, flores y frutos, los cuales se describen continuación, figura 3.

- Raíz: es fasciculada, se compone de raíces y raicillas, las primeras presentan cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de este, las raicillas sufren un proceso de renovación fisiológica. La profundidad del sistema radicular es en promedio de 40 cm, encontrándose el 90% en los primeros 25 cm (Patiño et al., 2014).
- Tallo: está constituido por un eje corto de forma cónica llamado corona, en el que se observan numerosas escamas foliares (Patiño et al., 2014).
- Hojas: aparecen en roseta y se insertan en la corona. Son largamente pecioladas y provistas de dos estípulas rojizas. Su limbo está dividido en tres folíolos pediculados, de bordes aserrados, tienen un gran número de estomas (300-400/mm²), por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración.

- Flor y fruto: las inflorescencias se pueden desarrollar a partir de una yema terminal de la corona, o de yemas axilares de las hojas. La flor tiene 5-6 pétalos, de 20 a 35 estambres y muchos pistilos sobre un receptáculo carnoso, el desarrollo de los aquenios da lugar al fruto de la fresa (Patiño et al., 2014).
- Estolón: o tallos rastreros, producen raíces adventicias, de las que pueden surgir eventualmente nuevas plantas (Bonet, 2010).

Figura 3. Morfología de la fresa (*Fragaria sp.*).



Fuente: Adaptado de Bolda et al., 2015.

2.2.2 Fenología de la fresa. En Colombia es posible sembrar fresa en cualquier época del año. Sin embargo, es recomendable hacerlo al inicio de la época de lluvias (Cortés, 2011) con el fin de asegurar la adaptación del cultivo y garantizar el desarrollo inicial. El ciclo del cultivo involucra tres etapas:

2.2.2.1 Etapa vegetativa que consta de:

- Brotación: letargo, las yemas principales comienzan a crecer.
- Desarrollo de las hojas: las primeras hojas emergentes, primeras hojas desplegadas hasta nueve o más.
- Desarrollo de las partes vegetativas cosechables: inicio de la formación de estolón (de 2 cm de longitud), brotes de hijos de la planta para ser trasplantado.

2.2.2.2 Etapa reproductiva consta de:

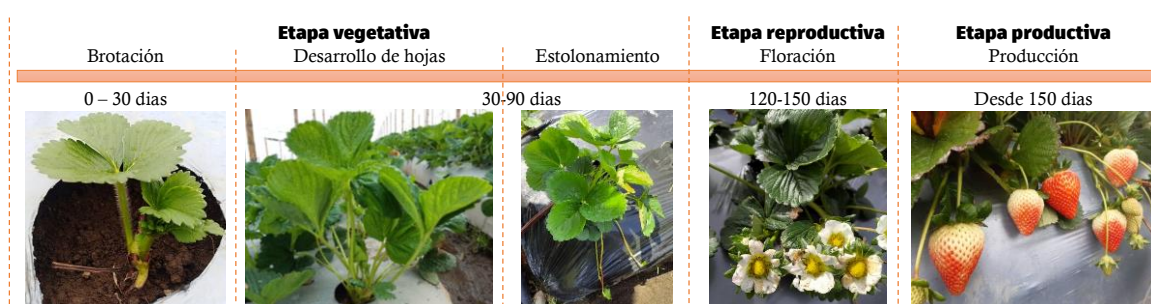
- Aparición de órgano floral: primeras yemas florales salidas.
- Floración: primeras flores abiertas, plena floración y caída de pétalos.

2.2.2.3 Etapa productiva consta de:

- Formación del fruto.
- Maduración del fruto.
- Senescencia y comienzo del reposo vegetativo.

La fenología de la fresa (*Fragaria sp.*) reportada por diferentes autores muestra una etapa de producción a partir de los 140 días (Cámara de comercio de Bogotá, 2015). En la finca Campamento, vereda El Líbano, la fenología del cultivo es como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Fenología de la fresa (*Fragaria sp.*).



2.2.3 Características organolépticas del fruto. El sabor es condicionado por el balance de azúcar y acidez, porque cuenta con una serie de azúcares y ácidos con diferentes grados de concentración según la variedad.

Generalmente son cónicas y alargadas; sin embargo, dependiendo de la variedad puede variar la forma. Su olor es característico de la fruta. La fresa ha de tener un brillo intenso y un color rojizo oscuro y uniforme, aunque puede ser más rosado o anaranjado dependiendo de la variedad. El color natural en estado maduro es rojo y solo dos variedades maduran con un color blanco. Su pulpa es de color blanco, pero también puede ser rojizo de acuerdo a la variedad. Su textura es suave con firmeza moderada a alta (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

2.2.4 Requerimientos agroecológicos del cultivo. Para que la fresa tenga un desarrollo óptimo tiene requerimientos indispensables:

2.2.4.1 La temperatura va de 15 a 20 °C durante el día y de 15 a 16 °C por la noche, temperaturas menores de 12 °C durante el cuajado es causa de deformaciones en el fruto, por el frío, en tanto que, en climas muy calurosos, pueden originar una rápida maduración y coloración del fruto teniendo como efecto que este no llegue a adquirir el tamaño adecuado para su comercialización (Mendieta, 2011).

2.2.4.2 El pH óptimo es de 6.5 a 7.5, aunque también es adaptable a suelos que van de 5.5 a 6.5 (Mendieta, 2011).

2.2.4.3 La humedad relativa óptima esta entre 60 y 75%. Cuando existe una humedad relativa mayor se presentan enfermedades causadas por hongos, y de forma contraria cuando es deficiente, las plantas suelen sufrir daños fisiológicos que repercuten en la producción final (Ingeniería agrícola, 2008).

2.2.4.4 Requerimiento hídrico. El cultivo requiere de 400 a 600 mm anuales de agua, y absorbe la mayor parte de sus necesidades en los primeros 30-40 cm de profundidad (Ingeniería agrícola, 2008).

2.2.4.5 Los suelos más recomendados son suelos con altos niveles de materia orgánica entre 2-3%. Se debe evitar suelos salinos, debido a que las concentraciones de sales originan niveles de conductividad eléctrica superiores a 1 mmhos/cm lo cual suele originar disminución en la producción; además la fresa es muy sensible a la presencia de cal (carbonato de calcio) sobre todo en niveles

superiores a 6%, en donde se puede desarrollar una clorosis consecuente (Ingeniería agrícola, 2008).

2.2.4.6 Los requerimientos de luz dependen del tipo de variedad que se esté manejando, si la variedad es de día corto, largo o neutro y van de 2-15 h de Luz (Mendieta, 2011).

2.2.5 Requerimientos nutricionales. El manejo equilibrado de la nutrición vegetal es fundamental para lograr la máxima productividad. Dosis altas de fertilizantes pueden generar problemas de contaminación del suelo y del agua, así como desordenes fisiológicos en las plantas. Dosis bajas llevan a bajas producciones. Para ser más asertivos al momento de definir el plan de fertilización para este frutal, es necesario tener el análisis de suelo, el análisis foliar y conocer los requerimientos de elementos nutritivos de la fresa (Patiño et al., 2014).

Cuadro 2. Absorción total de nutrimentos durante el ciclo de crecimiento de 30 semanas en fresa cv. Chandler, Fraijanes, Alajuela.

ABSORCIÓN (mg/planta)									
SEMANA	N	CaO	K2O	MgO	P2O5	Fe	Cu	Zn	Mn
1	14,93	19,93575	38,83715	14,77278	9,172	1,31	0,06	0,12	0,34
3	45,36	46,93645	59,286	25,9477	28,54785	1,44	0,1	0,2	0,64
5	61,33	65,4966	99,85835	18,70224	26,64466	4,2	0,2	0,24	0,72
8	115,7	33,42211	124,97055	16,04944	26,23192	2,73	0,09	0,34	0,87
11	265,13	165,65559	248,24205	59,83722	48,58867	4	0,26	0,8	2,71
14	457,45	275,01542	513,3541	159,48302	157,04757	8,57	0,32	0,78	4,17
16	642,16	396,50458	635,2519	103,77422	178,21196	8,95	0,39	1,47	2,85
18	745,03	661,26533	951,35955	201,46358	216,27576	17,51	0,54	1,35	7,1
22	699,67	663,16797	656,0984	149,41896	276,14599	33,71	0,51	3,31	6,68
24	918,14	789,88939	967,856	159,10168	321,50153	44,16	0,59	5,55	7,91
26	595,41	891,28891	746,00345	180,4733	213,249	30,05	0,98	3,3	11,55
28	1037,72	1398,34247	1209,9164	315,05316	331,63659	79,76	1,73	6,46	18,21
30	644,09	853,68379	614,9838	170,62478	157,02464	23,4	0,65	4,13	6,01

Fuente: Molina et al., 1993.

Cuadro 3. Extracción de nutrientes en fresa (*Fragaria sp.*) por tonelada de fruta.

Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
1 – 1.5 Kg	0.132 Kg	1.66 – 1.99 Kg	0.144 Kg	0.06 Kg

Fuente: Molina, 2018.

2.2.6 Variedades. Las variedades más comunes en la región son las siguientes:

2.2.6.1 Fronteras. Son grandes y vigorosas, aún más que la variedad popular de día corto 'Ventana', la cual se ha usado ya por muchos años. Fronteras demuestra características importantes de resistencia a las enfermedades del suelo. Esta variedad es muy resistente a la marchitez de *Fusarium*, tiene un nivel más alto de resistencia a la marchitez de *Verticillium* y *Phytophthora* que previas variedades de día corto. Basado en inoculaciones controladas, tiene un buen nivel de resistencia a pudrición de corona causado por el patógeno *Macrophomina* (Bolda et al., 2015).

2.2.6.2 Petaluma. Al compararla con la variedad estándar de día corto 'Ventana', 'Petaluma' es una planta moderadamente vigorosa, por lo cual ocuparía menos espacio por planta que 'Ventana'. La fruta es un poco más oscura de color y grande de tamaño que 'Ventana', tiene buen sabor y buenas características de almacenamiento presenta buena resistencia a la marchitez de *Fusarium*. Resistencia a la marchitez de *Verticillium* y *Phytophthora* es sustantivamente más que la de 'Ventana'. Basado en inoculaciones controladas, 'Petaluma' tiene un buen nivel de resistencia a pudrición de corona causado por el patógeno *Macrophomina* (Bolda et al., 2015).

2.2.6.3 Albión. Es la de mejor tamaño, rústica, de hojas gruesas, fruto de color rojo fuerte, grande, cónico, resistente al manipuleo, susceptible al ataque de *Phytophthora*, *Verticillium* y *Colletotrichum* y a bacterias especialmente *Xanthomonas sp.*, variedad con buena producción y muy susceptible al ataque de ácaros. Se debe sembrar a 40-45 cm entre plantas. Producción de 3 a 4 libras por planta en los 18 meses (Eurosemillas, 2020).

2.2.6.4 San Andreas. Es una variedad de día neutro moderado (remontante), de excelente calidad de fruta (similar a Albión), excelente sabor, con poca necesidad de frío en vivero, resistente a enfermedades. La fruta es muy firme, más que Candonga, con color rojo medio brillante y sabor y olor excelente. Sensible a la carencia de Boro. Posiblemente la primera variedad de día neutro que se adapte a los mercados de variedades de día corto. Produce muchos menos estolones que Albión cuando está en producción de fruta. (Eurosemillas, 2020).

2.2.7 Preparación de suelo. El cultivo de fresa requiere una adecuada preparación de suelo, que otorgue las condiciones favorables para el desarrollo de las raíces, circulación de agua y aire, mejorando la capacidad de retención de la humedad del suelo y drenaje.

El cultivo requiere el uso de platabandas o camellones, puesto que permite adecuar el ambiente de aire y humedad en las raíces, sobre todo si la textura no es la adecuada. Así se otorga mayor facilidad para evacuar el exceso de agua por una mala gestión del riego por goteo, que es perjudicial para la planta, disminuir el efecto de asfixia radicular y ayuda a disminuir la incidencia de *Phytophthora sp.* sobre la planta, la que se favorece por el mal drenaje del suelo (Morales et al., 2017).

2.2.8 Época de plantación y establecimiento. La plantación se realiza principalmente en épocas de lluvia, sin embargo, no es una limitante y puede ser sembrada en cualquier período del año.

Se puede sembrar en eras de 70 a 80 cm de ancho y de 40 de altura. La densidad de la plantación varía según la variedad. La distancia entre las hileras es de 30 cm y la distancia sobre hilera es de 25 o 30 cm, alternadas (zig-zag) para permitir mejor desarrollo de raíces y a nivel aéreo mayor ventilación. Por lo tanto, el número de plantas por hectárea varía de 50.000 a 67.000 plantas en doble hilera (Morales et al., 2017).

2.2.9 Coberturas del suelo. Consiste en cubrir las eras con algún material que impida que la fruta tenga contacto directo con el suelo. La cobertura a su vez, cumple otras funciones importantes como evitar el crecimiento de malezas, aumentar la temperatura del suelo, tiene una vida útil de más de un año en el campo. Presenta el inconveniente de que a veces produce calentamiento excesivo, quemando frutas y hojas. Una vez colocado, se marca la distancia de siembra y se abren perforaciones de unos 10 cm de diámetro en cada punto, donde se siembran las plantas (Hurtado, 1996).

Principalmente se maneja plástico plateado/negro por sus beneficios en el desarrollo del cultivo, obteniendo una mayor área foliar, mayor número de coronas y mayor rendimiento (Calderón et al., 2013).

2.2.10 Cosecha y rendimiento. Con buen manejo, la planta se mantiene en producción por un año, aunque siempre debe cambiarse a los dos años de edad. Las variedades que se cultivan, tienen una capacidad de producción entre 30 y 50 ton/ha/año. Con el sistema de siembra de mayo a junio, es de esperar que esas producciones se distribuyan de la siguiente manera: un 60% entre diciembre, enero y febrero; 25% de la producción entre marzo, abril y mayo y el 15% en los meses siguientes hasta octubre. Los primeros meses son más productivos y la fruta es de mejor calidad por su tamaño y uniformidad (Hurtado, 1996).

2.2.11 Enfermedades. Las enfermedades más comunes presentes en el cultivo de la fresa son:

2.2.11.1 Pudrición gris (*Botrytis cinerea*). Es la principal enfermedad de la planta de fresa. Puede atacar a cualquier zona, siendo las flores y frutos los más susceptibles, manifestándose como una pudrición blanda del fruto, con presencia de micelio y conidias de color plumizo; los que caracterizan a la enfermedad (Morales et al., 2017).

2.2.11.2 Peca (*Mycosphaerella fragariae* - *Ramularia tulasnei*). Es una de las enfermedades importantes del follaje en la fresa. La incidencia de la viruela depende de la susceptibilidad de las variedades y las condiciones climáticas, requiere de temperaturas en torno a los 20 a 25°C y la lluvia actúa como agente diseminador del inóculo; además, a mayor cantidad de precipitaciones y humedad relativa, mayor será la incidencia de la enfermedad (Morales et al., 2017). Se inicia en hojas jóvenes como manchas púrpuras circulares. En la medida que avanza el ciclo, las manchas se agrandan y el centro de la lesión toma un color gris claro o blanco característico, quedando los bordes de color rojizo (Gimenez, et al., 2003).

2.2.11.3 Oídio (*Sphaerotheca macularis fsp. fragariae*). El oídio o también llamado mildes polvosos es una de las enfermedades más comunes, difundidas y fáciles de reconocer en las plantaciones de fresa. Este patógeno produce micelio que solo crece sobre la superficie de las plantas, pero sin invadir su interior. (Morales et al., 2017). Su principal síntoma es un polvillo blanco característico que corresponde al micelio y las esporas del hongo aparece sobre la superficie de las hojas. Posteriormente la cara inferior de las mismas, en especial sobre los bordes, toma un tono violáceo. El hongo puede también atacar estolones, flores y frutos en donde se aprecia el polvillo blanco típico. En los frutos, posteriormente a la desaparición del polvillo blanco también se aprecia una coloración violácea (Gimenez, et al., 2003).

2.2.11.4 Mancha angular (*Xanthomonas fragariae*). También llamada mancha aceitosa, es una enfermedad que se ha vuelto recurrente y al igual que antracnosis, se puede transmitir de una planta a otra en época de cosecha, por el manipuleo de las hojas mojadas. El problema se agrava cuando las plantas son muy vigorosas, con mucho follaje, fertilizadas con altas dosis de nitrógeno.

Esta enfermedad causada por una bacteria se caracteriza por producir manchas en la cara inferior de las hojas, que al inicio son pequeñas, de color verde claro, con aspecto húmedo y delimitadas por las nervaduras. Las lesiones se pueden ver

fácilmente a trasluz. Posteriormente las manchas aparecen en la cara superior de la hoja, tomando un color marrón rojizo, a veces con un halo amarillo (Gimenez, et al., 2003).

2.2.11.5 Pudrición de la corona y de fruto (*Phytophthora cactorum*). El agente causal de la pudrición de la corona tiene alta similitud con el patógeno del corazón rojizo. El desarrollo de la enfermedad es favorecido en suelos pesados e inundados; así como por la presencia de malezas, exceso de riego y daño por insectos (Morales et al., 2017).

En la corona produce manchas de color marrón café rojizo a chocolate, que destruyen el tejido central y el vascular, lo cual la distingue de otras enfermedades de corona como Antracnosis y Verticilosis. Cuando ataca al fruto en estado verde, se producen manchas firmes, de color marrón oscuro, que puede tomar todo el fruto. En caso de frutos maduros, se produce un cambio de color hacia el marrón claro, con tonos violáceos o púrpuras en algunas zonas. La podredumbre permanece firme, lo cual es una característica distintiva (Gimenez, et al., 2003).

2.2.11.6 Antracnosis (*Colletotrichum spp.*). Es una de las principales enfermedades en el cultivo de la fresa, con alta incidencia principalmente después de picos productivos y con la ocurrencia de temperaturas altas y precipitaciones. Los síntomas asociados con antracnosis incluyen lesiones en hojas, pecíolos, estolones, podredumbre de corona, podredumbre de fruto y tizón de flores. En fruto produce manchas redondeadas, hundidas, firmes. Son de color marrón claro al inicio de la infección y pueden permanecer así en condiciones de alta humedad. En pecíolos y estolones se manifiesta como manchas oscuras, secas, alargadas, hundidas en el tejido vegetal, con una clara demarcación entre el tejido sano y el enfermo (Gimenez, et al., 2003).

2.2.11.7 Anillo (*Verticillium dahliae*). Enfermedad de menor incidencia y presente principalmente por problemas en suelos desgastados, sin estructura, donde no se agrega materia orgánica ni se hacen rotaciones. Esta enfermedad produce marchitamiento y muerte de las plantas. Las hojas externas se marchitan y presentan zonas marrones en los bordes y entre las nervaduras. Las hojas internas, más nuevas, tienden a permanecer verdes y turgentes. En la corona se puede observar un oscurecimiento de los tejidos vasculares (Gimenez, et al., 2003).

2.2.11.8 Raíces negras (*Pythium spp.*, *Cilindrocarpon spp.*, *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia spp.*). Esta enfermedad aparece normalmente en suelos pesados, sin Estructura, desgastados y con drenaje pobre.

La sintomatología asociada con esta enfermedad causada por el complejo de hongos mencionados incluye la destrucción de las raíces absorbentes, así como el deterioro, pudrición y ennegrecimiento de todo el sistema radicular. Como consecuencia se produce una reducción del vigor y rendimiento de las plantas, y muchas veces termina ocasionando la muerte de las mismas (Gimenez, et al., 2003).

2.2.11.9 Podredumbre de corona (*Rhizoctonia spp.*). Se ha visto que el problema es errático en los años, aunque cada vez con mayor frecuencia está produciendo muerte de plantas en los cultivos.

Es una enfermedad emergente, que produce podredumbre de corona y muerte de plantas, muchas veces asociada a otros problemas de corona como *Phytophthora* y *Antracnosis* y también de raíces negras. La podredumbre aparece en cualquier parte de la corona, casi siempre como una lesión entrante a la misma, que afecta también al tejido vascular en ese sitio. El color de la podredumbre es marrón oscuro. Las raíces también pueden ser afectadas (Gimenez, et al., 2003).

2.2.12 Plagas. Las enfermedades más comunes presentes en el cultivo de fresa son:

2.2.12.1 Chizas (*Phyllophaga spp.*) Son las larvas de escarabajos (se conocen como mojoy en algunas zonas) y se alimentan de raíces, ocasionando daño en las plantas al interferir con la toma de nutrientes. Las heridas ocasionadas a su vez permiten el ingreso de hongos patógenos que afectan la producción y pueden causar la muerte de la planta (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

2.2.12.2 Trozadores (*Spodoptera sp.*) Son plagas que casi siempre aparecen en las primeras etapas de crecimiento, cuando las plantas están formando las primeras hojas. A veces aparecen en el momento de la cosecha, cortan racimos y muerden las frutas que están en contacto con el suelo (Contreras, 2004).

2.2.12.3 Arañita roja (*Tetranychus sp.*) Tanto las ninfas como los adultos ocasionan daño en el cultivo. Se localizan en el envés de las hojas y los síntomas de daño pueden notarse sobre los frutos, los cuales toman un color rojo óxido. Las hojas se tornan pálidas y arrugadas; con ataques fuertes se cubren con telarañas, las cuales dificultan su control ya que sirven de protección (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

2.2.12.4 Thrips (*Frankiniella spp.*). Son insectos pequeños que no sobrepasan los 2 mm, de cuerpo alargado, color amarillento o negruzco; succionan el alimento de las hojas y frutos, ocasionando amarillamientos en la planta, y en las frutas raspaduras. Altas poblaciones pueden inducir pérdida prematura de flores; además son transmisores de virus que afectan la producción (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

2.2.12.5 Babosas (*Milax gagates*). Tienen hábitos nocturnos y en el día se ocultan debajo de residuos de material vegetal, piedras o terrones. Las babosas se desarrollan en el suelo, prefiriendo las condiciones húmedas; atacan el follaje tierno, cortando las plántulas en los semilleros y las recién trasplantadas, consumiendo las hojas y en algunas situaciones los frutos (Cámara de comercio de Bogotá, 2015).

2.2.13 Riego. La fresa está clasificada como una hortaliza de crecimiento bajo y con raíces superficiales (30 cm del perfil del suelo) de crecimiento preferentemente lateral, lo que determina su escasa tolerancia a la falta de agua. El manejo del riego preferentemente es localizado y de alta frecuencia (y bajo volumen por riego). Lo ideal es mantener el nivel de humedad del suelo estable, algo más alto que capacidad de campo. Los riegos deben mojar hasta 30 cm de profundidad.

La sequía es el factor más importante que afecta el rendimiento de los cultivos. El estrés hídrico temprano durante la cosecha reduce el tamaño de los frutos y su rendimiento. El estrés hídrico justo posterior a la cosecha puede retardar la producción de estolones y reducir significativamente la producción de la siguiente estación (Morales et al., 2017).

2.2.13.1 Sistema de riego localizado. Los sistemas de riego localizado se caracterizan por la aplicación de agua de riego en una parte reducida de la superficie del suelo, principalmente la zona de raíces del cultivo (Terán, 2018).

2.2.13.2 Componentes de un sistema de riego por goteo convencional. Principalmente un sistema de riego por goteo está compuesto por cabezal, red de conducción y red de distribución y los emisores finales (goteros) (Terán, 2018).

- **Cabezal:** Es un conjunto de accesorios para suministrar agua a un nivel adecuado de limpieza, caudal y presión. El cabezal está conformado entre otros por: el sistema de bombeo de agua desde la fuente, los filtros y los dispositivos del cabezal como válvulas, reguladores de presión y caudal, medidor del caudal, tanque de fertilización y manómetros (Terán, 2018).

- Red de conducción y distribución: La red de conducción, también llamada tubería principal es de diámetro mayor para llevar más caudal y se conecta directamente con el cabezal. La distribución se divide en subprincipales y estos en múltiples que a su vez se dividen en laterales sobre los que van los goteros. A medida que se va llegando a los goteros los diámetros disminuyen (Terán, 2018).
- Goteros: Es la parte final del sistema. En el caso del cultivo de la fresa se utiliza cinta de riego, con distancias de 10 cm entre goteros y una descarga de 1 litro por hora. Es común encontrar dos líneas de cinta por camellón.

2.2.13.3 Diseño agronómico. Para diseñar un sistema de riego hay que determinar todas las características técnicas del riego. Con el fin de que el reparto de agua sea uniforme y eficiente, se hace en dos etapas: en el diseño agronómico se consideran aquellos aspectos relacionados con el medio (suelos, clima, cultivos, etc) y en el diseño hidráulico se dimensiona la red de distribución (Terán, 2018).

El diseño agronómico tiene por finalidad que la instalación sea capaz de suministrar la calidad suficiente de agua, con un control afectivo de las sales y una buena eficiencia en la aplicación de agua, se desarrolla en dos fases: cálculos de las necesidades de agua y la determinación de los parámetros edafogénicos del riego que se especificados a continuación:

- Lámina de agua en el cultivo. (L) = Dosis Neta: Es la cantidad de agua que requiere cada cultivo para satisfacer sus necesidades hídricas en la formación de tejidos; varía con la etapa vegetativa del cultivo.

El cálculo de lámina de agua en el cultivo se halla mediante la expresión:

$$L = (CC - PMP) * \% \text{ agotamiento} * \frac{D_a}{D_w} * Pr$$

Dónde:

- L = Lámina de agua del cultivo (mm)
- CC = % Capacidad de Campo (decimales)
- PMP = % Punto de Marchitez Permanente (decimales)
- Da = Densidad aparente del suelo (gr/cm³)
- Dw = Densidad del agua (gr/cm³)
- Pr = Profundidad de raíces del cultivo (mm)

La determinación de CC, PMP y la Da se realiza a partir del Cuadro 4. De Hansen, 1980, la cual es conocida como la “Tabla de Carlos Grassi”.

Cuadro 4. Propiedades físicas del suelo según su textura. (Tabla de Carlos Grassi)

TEXTURA DEL SUELO	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN BÁSICA* (mm/h)	VOLUMEN POROSO TOTAL P% (%)	PESO ESPECÍFICO APARENTE PEA (g/cm ³)	CAPACIDAD DE CAMPO HCc (%W)	PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE HPm (%W)	AGUA DISPONIBLE	
						% del Volumen (%v)	Capa de 1 metro (m ³ /Ha/m)
Arenosa	50 (25 - 250)	38 (32 - 42)	1,65 (1,55 - 1,80)	9 (6 - 12)	4 (2 - 6)	8 (6 - 10)	800 (700-1000)
Franco - Arenosa	25 (13 - 76)	43 (40 - 47)	1,50 (1,40 - 1,60)	14 (10 - 18)	6 (4 - 8)	12 (9 - 15)	1200 (500-1500)
Franca	14 (8 - 20)	46 (43 - 49)	1,42 (1,34 - 1,50)	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	17 (14 - 20)	1700 (1400-1900)
Franco - Arcillosa	8,5 (2,5 - 15)	49 (47 - 51)	1,35 (1,30 - 1,40)	27 (23 - 31)	13 (11 - 15)	19 (16 - 22)	1900 (1700-2200)
Arcillo - Arenosa	4 (3 - 5)	51 (49 - 53)	1,30 (1,25 - 1,35)	31 (27 - 35)	15 (13 - 17)	21 (18 - 23)	2100 (1800-2300)
Arcillosa	0,5 (0,1 - 1)	53 (51 - 55)	1,25 (1,20 - 1,30)	35 (35 - 39)	17 (15 - 19)	23 (20 - 25)	2300 (2200-2500)

Fuente: Hansen V.E. Israelsen O.W. & Stringham G.E.-1980. Irrigation, Principles and Practices. Wiley. Citado por: Terán, 2018.

- Volumen de riego (V): Este valor permite definir el tiempo de almacenamiento o reservorio a construir, su capacidad de acuerdo a la frecuencia de riego y el sistema de presión que se llevará al sistema. (gravedad o bombeo).

El volumen en riego localizado se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V = N^{\circ} \text{ Plantas} * \text{Requerimiento hidrico}$$

Dónde:

V = Volumen de riego (m³)

- Tiempo de riego (Tr): Es la dosis de riego calculada para la aplicación y que se suministra al cultivo mediante emisiones finales.

En riego localizado, el tiempo de riego se puede calcular con la expresión:

$$Tr = \frac{Rq \text{ cultivo}}{Q \text{ emisor}}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (horas/día)

Rq cultivo = Requerimiento hídrico del cultivo (litro/día)

Q emisor = Caudal de entrega del emisor (litros/hora)

- Frecuencia de riego: se determina dependiendo del clima, por lo general día de por medio por ser de alta frecuencia (Terán, 2018).

2.2.13.4 Diseño Hidráulico: tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y la optimización del trazado de la misma, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus formas de desarrollo.

Se determina mediante el método de Cristhiansen, que consiste en calcular las pérdidas de carga en las tuberías del sistema, tanto en ramales laterales como en línea principal y compararlos con las pérdidas de carga máxima admisibles del sistema. Se parte de un caudal conocido y se asume el diámetro de la tubería.

Si se tiene que $h < h_{\text{máx adm sist}}$, el diámetro asumido en los cálculos hidráulicos es el adecuado. Se deberá revisar que cumpla con el menor diámetro admisible; Si se tiene que $h > h_{\text{máx adm sist}}$, el diámetro asumido no cumple y deberá ampliarse para disminuir pérdidas.

Cristhiansen indica que el cálculo para ramales y principales se hace mediante:

$$h = 1.2 * J * F * L$$

Donde:

h = pérdida de carga en el lateral, expresada en mca.

J = pérdida de carga unitaria, expresada en mca por m de longitud de tubería.

F = factor F , que depende del número de goteros y de la distancia del primer gotero al origen. Puede ocurrir que esa distancia sea igual ($x=s$) o la mitad ($x=s/2$) que la separación entre goteros.

L = Longitud del lateral, expresada en m.

La pérdida de carga máxima admisible viene dada por la fórmula

$$h \text{ máx} = \frac{0.1 * pw}{x}$$

Donde:

$h \text{ máx}$ = Pérdida de carga máxima admisible del sistema, expresada en mca.

Pw = Presión media de los goteros, expresada en mca.

X = Exponente de descarga de los goteros.

En el Anexo A, se indican el factor F y en el Anexo B, las pérdidas de carga por razonamiento en tuberías de polietileno.

2.2.13.5 Presión por gravedad. Esta medida puede ser calculada como la ganancia o pérdida al multiplicar la altura de la columna de agua (m.c.a) en metros (m) por 0.0979 bares (bar)/metros (en pies por 0.433 libra por pulgada cuadrada - PSI/pie) (Sanchez et al., 2011). dada por la fórmula:

$$\text{Presión por gravedad} = L_{\text{cinta}} * \% \text{Pendiente} * 0.0979$$

Donde:

Presión por gravedad: presión por gravedad, expresada en bares (bar).

L_{cinta} : Longitud de la cinta de riego, expresada en m.

$\% \text{Pendiente}$: Porcentaje de pendiente, expresada en decimales.

Las medidas de conversión de m.c.a y PSI se mostrarán a continuación:

$$1 \text{ m. c. a} = 1.42 \text{ PSI}$$

$$1 \text{ bar} = 14.5 \text{ PSI}$$

2.2.14 Fertirrigación. La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultánea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. Se trata por tanto de aprovechar los sistemas RLAF (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) para aplicar los nutrientes necesarios a las plantas. A pesar de utilizarse en múltiples sistemas RLAF, la técnica de la fertirrigación está totalmente extendida en el caso del riego por goteo. (FERTIRRIGACIÓN, 2015).

2.2.14.1 Componentes del sistema de fertirrigación. Distintos autores indican que el sistema de fertirrigación tiene principalmente dos componentes, el sistema de riego y el sistema de distribución, los cuales pueden estar conformados por diversos equipos y accesorios, dependiendo de la producción con la que se cuente.

- Sistema de riego: en el caso del sistema de riego por goteo, este está compuesto por un cabezal de riego, una red de conducción, una red de distribución y los emisores finales.
- Sistema de distribución: constituido por tanques de fertilización, que son los depósitos donde se preparan las soluciones nutritivas. Varían en número y tamaño según el diseño del sistema de fertirriego para el cultivo dado. Equipos de inyección que permiten la inyección de la solución nutritiva al sistema de distribución. Trabajan con una bomba que eleva la presión de inyección de la solución nutritiva con respecto a la del sistema presurizado. Varían de acuerdo al volumen y tiempo de inyección, pueden ser Venturi o bombas inyectoras (IICA, 2016).
- Solución madre: Al hacer una programación del abonado hay que tener en cuenta la solubilidad de los abonos, la concentración máxima en la solución, su salinidad y la compatibilidad con otros abonos a la hora de mezclarlos. La concentración total de los abonos en el agua de riego no debe superar el 1 por mil, es decir, 1 kilogramo de abono por cada 1000 litros de agua de riego (SIAR, 2005).

2.2.14.2 Manejo de pH. El pH es un parámetro que indica la acidez o basicidad de una solución. Se considera el pH 7 como neutro. El valor de pH óptimo de la solución nutritiva para cualquier tipo de cultivo varía entre 5,5 y 6,5, pues a estos valores existe una mayor asimilación de nutrientes por las raíces, se consigue una óptima dilución y estabilidad de la solución nutritiva y se evitan obturaciones por precipitados.

Valores demasiado altos de pH (>7,5) disminuyen la disponibilidad del fósforo, hierro y zinc para las plantas, además se pueden formar precipitados de carbonatos y ortofosfatos de calcio y magnesio en las tuberías y emisores. Valores demasiado bajos de pH (<5,5) pueden aumentar las concentraciones de aluminio y manganeso hasta niveles tóxicos (SIAR, 2005).

2.2.14.3 Manejo de conductividad eléctrica (C.E). La conductividad eléctrica es una medida de la resistencia que ofrece un conductor al paso de la corriente eléctrica. En una disolución la conductividad es mayor cuanto mayor sea su concentración en sales. Así, la C.E. en fertirrigación se utiliza para dosificar la cantidad de sales fertilizantes que se aportan con el riego (SIAR, 2005).

La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir microSiemens/cm (μ S/cm), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm) (INFOAGRO, 2022).

Es conveniente que los abonos no aumenten en más de 1 dS/m la C.E. el agua, por lo que en caso de poder superar esa cantidad se recomienda fraccionar el abonado. Así, la C.E. del agua una vez incorporado el abono no debería ser mayor de 2-3 dS/m (SIAR, 2005). En el Cuadro 7, se muestra la conductividad eléctrica óptima para fresa.

Cuadro 5. conductividad eléctrica (C.E), optima en fresa.

TIPO DE PRODUCCIÓN	C.E (mS/cm)
Suelos	0.5 – 1
Sustratos Hidroponía	1.5 – 2

Fuente: Molina, 2018.

3 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la presente práctica profesional se presenta a continuación:

3.1 ACTIVIDADES

Para cumplir con el primer objetivo específico que fue *“planificar y establecer el cultivo de fresa de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas y ambientales de la zona”*, se desarrolló la siguiente metodología:

3.1.1 Diagnóstico inicial del manejo en la producción y planeación del cultivo de fresa. Se inicio el proceso con una reunión realizada con el propietario de la finca, en donde se socializo la propuesta para mejorar la unidad productiva. En ese momento se decidió conformar un equipo de trabajo el cual fue integrado por el técnico encargado de la finca, administrador, dueño y pasante.

La primera semana se realizaron visitas en campo para recopilar información del manejo del cultivo en etapas de preparación de suelo, siembra, labores culturales, cosecha y pos cosecha; se efectuó a partir de información primaria aportada por el técnico y por observaciones que se hicieron en campo de las actividades que se estaban realizando en su momento.

Posteriormente se realizaron reuniones con el equipo de trabajo, sobre temas de manejo administrativo, planeación y organización interna de la unidad productiva. A partir de toda la información recopilada se identificaron limitantes y fortalezas con las que contaba en el momento la unidad productiva, consolidando así el objetivo de la práctica profesional.

3.1.2 Planeación de estrategias para el manejo del cultivo. Una vez se realizó el diagnostico, se hicieron reuniones con el equipo de trabajo en donde se plantearon estrategias conjuntas para fortalecer la producción, teniendo en cuenta conceptos técnicos y prácticas que habían dado buenos resultados en la zona.

Se plantearon acciones para mejorar la organización y planeación de actividades de labores culturales, optimizando el manejo de mano de obra y permitiendo que se realizara una intervención más eficaz en las aplicaciones de agroquímicos,

fertilizantes u otros productos, disminuyendo así los excesos o carencias que se pudieron presentar por una mala planificación.

Se proyectaron actividades con programadores y fechas establecidas para cumplir con los tiempos necesarios que requería cada actividad. A partir de ello se decidió realizar un plan de fertilización y de control fitosanitario. Se hizo la toma de muestras de suelos en los diferentes lotes. Se confrontaron resultados y se analizaron con el técnico a fin de decidir un plan de fertilización. Para el plan de control fitosanitario hubo un apoyo con técnicos comerciales a fin de conocer los productos del mercado. Se definió un plan de manejo para residuos sólidos (orgánicos, peligrosos, otros.).

Para cumplir con el segundo objetivo específico que fue *“Implementar un sistema de riego por goteo en el cultivo de fresa (Fragaria sp.), en condiciones de ladera como referente para los demás productores de la región.”*, se desarrolló la siguiente metodología:

3.1.3 Implementación de sistema de riego. Se realizó levantamiento topográfico del predio mediante el uso de ortofoto obtenida mediante dron y equipos topográficos, la cual fue la base para el trazado, diseño e implementación del sistema de riego por goteo en ladera, donde se tuvo en cuenta parámetros técnicos y empíricos, que buscaba la eficiencia en el manejo del recurso hídrico y la implementación de sistemas de fertirriego.

Según levantamiento topográfico se realizó el diseño de camas siguiendo curva de nivel, permitiendo definir los bloques a sembrar.

Se realizó un estudio previo a la implementación del sistema de riego con un diseño agronómico e hidráulico del sistema que corroboraron las dimensiones de tubería y su funcionalidad. El procedimiento y cálculos realizados se explican en los puntos 2.2.13.3 y 2.2.13.4 del marco teórico.

Se tomo el primer bloque de riego como lote experimental, a fin de realizar ensayos y prácticas de implementación del sistema de riego con método tradicional y el método propuesto en la presente práctica. Se confrontaron resultados que demostraron la eficiencia y beneficios del método propuesto, realizando así la posterior implementación del sistema en toda la producción.

Se realizaron varios ensayos en campo, en donde las presiones en distintos puntos del sistema de riego fueron la base de la implementación, por lo cual a partir de manómetros ubicados en el cabezal de cada bloque de riego se midieron presiones, que fueron la guía para el posterior diseño en cada circuito. Luego de varios ensayos se diseñó una metodología y se dedujeron fórmulas basadas en la teoría descrita en el punto 2.2.13.5. del marco teórico y que fueron adaptadas para el presente estudio.

Para el cálculo de ganancia de presiones se tuvieron varios puntos en cuenta en distintas partes del sistema de riego. A continuación, se describe la metodología que se realizó en cada uno de ellos.

3.1.3.1 Cálculo de ganancia de presión en cada circuito. Para calcular la ganancia de presión en cada circuito se procedió a medir el desnivel en dos puntos específicos: la cota del manómetro ubicado en el inicio del bloque de riego en donde se encuentra el circuito, figura 5 y 6. y la cota del inicio del circuito, figura 7 y 8.

Figura 5. Ubicación de manómetro en el inicio del bloque de riego.

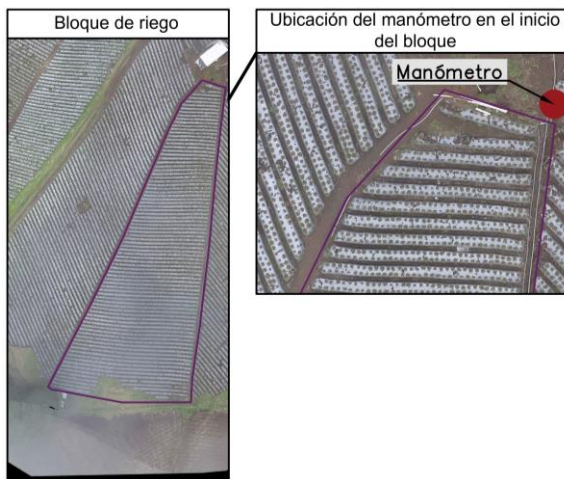


Figura 6. Medición de cota de manómetro ubicado al inicio del bloque de riego.



Figura 7. Ubicación inicio de circuito.
C: Circuito.

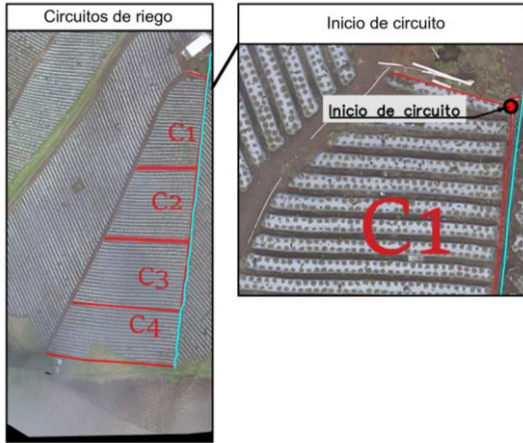


Figura 8. Medición de cota al inicio del circuito.



A partir de la información recolectada se realizó el cálculo de ganancia de presión en cada circuito con la siguiente formula:

$$P1 = (M - C) * 1.42$$

$$P2 = Pm + P1$$

Donde:

P1: presión en el inicio de circuito, expresada en PSI.

M: Cota en el inicio de cada bloque, expresada en m.c.a.

C: Cota del inicio del circuito, expresada en m.c.a.

1.42: Factor de conversión de m.c.a a PSI.

P2: Presión ganada en cada circuito, expresada en PSI.

Pm: Presión del sistema en el manómetro, al inicio del bloque.

3.1.3.2 Cálculo de presión necesaria para funcionamiento del lateral de riego. Para realizar este cálculo se tuvo en cuenta uno de los laterales de riego, figura 9. En este caso fue el lateral más crítico, el cual fue el que presentó las mayores dificultades hidráulicas en el funcionamiento, con mayor diferencia negativa de alturas (lateral subiendo). Este se tomó de referencia para el resto del lote.

Figura 9. Lateral de riego.



Una vez se identificó el lateral crítico, se calculó el porcentaje de pendiente que tenía y su longitud, que para el presente estudio fue la misma que la de la cinta de riego.

A partir de la siguiente formula se calculó la presión necesaria para el funcionamiento del lateral de riego.

$$P3 = Lcinta * \%Pendiente * 0.0979 * 14.5$$

Donde:

P3: presión necesaria para funcionamiento del lateral, expresada en PSI.

L cinta: Longitud de la cinta de riego, expresada en m.

%Pendiente: Porcentaje de pendiente en el lateral, expresada en decimales.

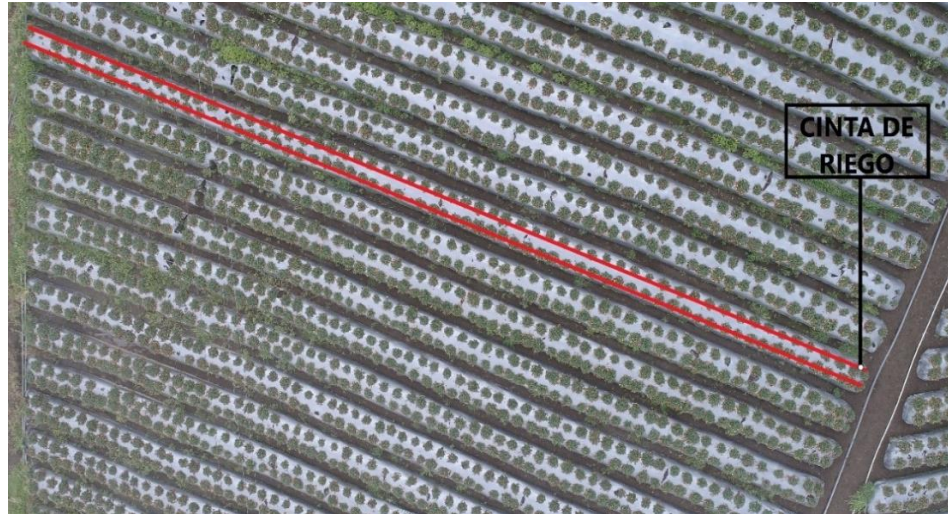
Según (Sanchez et al., 2011), el factor 0.0979 es el factor de conversión para que el resultado de en bares.

14.5: factor de conversión para pasar de bar a PSI

3.1.3.3 Cálculo de número de plantas por camellón (crítico). Para este cálculo se tuvo en cuenta el camellón en el que se encontraba el lateral crítico, que fue tomado de referencia para los cálculos del resto del lote.

Para los cálculos del número de plantas se tuvo en cuenta el número de plantas por metro lineal de cinta de riego y el diseño de doble cinta por camellón, figura 10.

Figura 10. Diseño de doble cinta por camellón.



A partir de la siguiente formula se calculó el número de plantas para el camellón en donde se encontraba el lateral crítico.

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ Plantas por camellón (crítico)} \\ = \# \text{plantas por metro de cinta} * L_{\text{cinta}} * 2 \text{ (doble cinta x camellón)} \end{aligned}$$

Donde:

L cinta: Longitud de la cinta de riego, expresada en m.

El resultado que se obtuvo anteriormente quedó como constante para los cálculos del número de plantas por circuito en el resto del lote.

3.1.3.4 Cálculo de plantas por circuito dependiendo de la presión. Para este cálculo se tuvo en cuenta los datos obtenidos anteriormente.

A partir de la siguiente formula se calculó el número de plantas necesarias para cada circuito de riego, dependiendo de las presiones encontradas en el lote.

$$N^{\circ} \text{ Plantas por circuito} = \frac{P2 * N^{\circ} \text{ Plantas por camellón (critico)}}{P3}$$

Donde:

P2: presión ganada en cada circuito, expresada en PSI.

P3: presión necesaria para funcionamiento del lateral, expresada en PSI.

Una vez se realizaron los cálculos, se implementó el sistema de riego en aproximadamente 4,3 hectáreas. se hicieron diferentes aforos en las líneas de distribución de tal manera que permitió balancear el sistema en su funcionamiento hidráulico.

3.1.4 Implementación sistema de fertirriego. Para la implementación se diseñó un sistema de fertirrigación mediante inyección por bombeo, donde se usó tubería de pvc de diámetro ½". Dentro de la finca a este método fue denominado "Fumiducto", el cual permitió cubrir los diferentes circuitos (móvil).

Se realizaron aforos al sistema de riego y al sistema de fertirrigación, a continuación, se detalla la metodología ejecutada.

3.1.4.1 Aforos sistema de riego. Se realizaron aforos a las cintas de riego en distintos puntos de cada circuito, para ello se utilizó una copa que se ubicó en uno de los goteros de la cinta, figura 11 y posteriormente en una jeringa de 50cc se midió la cantidad de agua descargada en un minuto, figura 12.

Figura 11. Descarga de cinta de riego.



Figura 12. Medición de descarga de un gotero en un minuto.

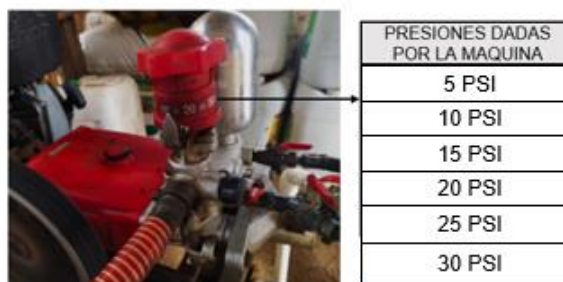


3.1.4.2 Aforos sistema de fertirriego. Se realizó un aforo de descarga de la solución madre, figura 13. Para ello se utilizó un recipiente de volumen conocido y se tomó tiempo de descarga en un minuto para presiones de 5, 10 y 15, figura 14. (rango que se manejó para tubería PCV de ½" y topografía del terreno).

Figura 13. Aforo de descarga solución madre.



Figura 14. Presiones dadas por la máquina de bombeo.



Una vez realizados los aforos, para corroborar si la cantidad de descarga por planta era la adecuada, se procedió a realizar ensayos haciendo mediciones con el conductímetro, figura 15. Para esto se tenían rangos específicos, los cuales se detallan en el Cuadro 5, del punto 2.2.14.3 del marco teórico.

Figura 15. Medición con conductímetro.



4 RESULTADOS

4.1 PLANIFICACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria sp.*)

Los resultados que se obtuvieron a partir de la socialización, el diagnóstico y las estrategias para el manejo del cultivo que permitió el logro del primer objetivo específico el cual fue “*planificar y establecer el cultivo de fresa (Fragaria sp.) de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas y ambientales de la zona*”, son los siguientes:

En la columna izquierda de manejo inicial se describe el estado a partir del cual se plantearon las actividades que estaban contenidas en la propuesta de trabajo para la práctica profesional en la finca Campamento, vereda El Líbano, municipio de Sotará. En la columna derecha se indica los avances y el estado final logrado en cada una de las actividades de planeación, establecimiento y labores culturales desarrolladas en la unidad productiva y que permitió al propietario definir con criterio técnico mejorar el sistema productivo del cultivo de fresa (*Fragaria sp.*). En el Cuadro 6. se sintetizan los resultados.

Cuadro 6. Resultados comparativos de labores culturales, manejo inicial y actual.

MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
SELECCIÓN DEL TERRENO	
El lote se escogía dependiendo del área que se iba a sembrar y el uso que tenía en el momento. Por lo general se realizaban rotaciones con lotes que se encontraban en pastoreo o habían tenido un ciclo de papa.	Ídem, figura 16.

Figura 16. Imagen satelital Google Earth, finca Campamento - Lote 1 antes de siembra.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
PREPARACIÓN DEL TERRENO	
Se realizaba una arada profunda de 30 a 40 cm, posteriormente se aplicaba cal en una relación de 500 kg/ha de 15 a 30 días antes de la construcción de los camellones.	Ídem, figura 17 y 18.

Figura 17. Terreno arado.



Figura 18. Labores de encalado.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
CONSTRUCCIÓN DE CAMELONES	
Los camellones se armaban <i>sin ningún rigor de topografía</i> , algunas veces los realizaban en sentido contrario a la pendiente, con el suelo húmedo para facilitar la construcción, figura 19. Los camellones se armaban de 70 cm de ancho por el largo que se deseara, dejando 30 cm de calle entre ellas, con una altura de 40 – 50 cm.	Los camellones se armaron <i>de acuerdo a un trazado realizado a partir de la topografía del lote</i> , que fue tomada mediante el uso de dron, siguiendo la curva a nivel. Se dejaron las mismas dimensiones que se venían trabajando, figura 20 y 21.

Figura 19. Camas sin ningún rigor de topografía, en contra de la pendiente.



Figura 20. Camas armados siguiendo curvas a nivel.



Figura 21. Trazado y construcción de camas.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
EMPLASTICADO	
<p>Una vez contruidos los camellones se procedía a emplasticar, esto con el fin de generar ventajas para el cultivo respecto al suelo desnudo.</p> <p>Se cubrían las camas con plástico negro o plástico plateado/negro, se rodeaba con pita la parte baja del camellón y se aseguraba el plástico con ganchos de cosedora y alambre en la parte inferior.</p>	<p><i>Se trabajo con plástico plateado/negro por los beneficios especificados en el punto 2.2.9 del marco teórico y se realizó el mismo proceso que se venía trabajando para esta actividad, figuras 22, 23 y 24.</i></p>

Figura 22. Emplasticado de camellones.



Figura 23. Fijación del plástico con ganchos de cosedora y alambre.



Figura 24. Lote con labor de emplasticado finalizada.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
DENSIDAD DE SIEMBRA	
<p>Posteriormente se realizaba el ahoyado en el plástico dependiendo de la densidad con la que se iba a sembrar, en este caso se realizaba con una distancia de siembra de 30 a 35 cm entre hileras y 35 a 40 cm entre plantas a dos hileras por camellones, con un diseño al tresbolillo, figura 25. <i>Para tener una densidad de 60.000 plantas por hectárea.</i></p>	<p>Teniendo en cuenta las condiciones medioambientales de la zona de alta pluviosidad, la observación en campo del entrelace de plantas por la baja distancia de siembra que dificultaba las labores culturales e incrementaba el riesgo de problemas fitosanitarios, se decidió implementar una distancia de siembra de 30 a 35 cm entre hileras y 40 a 50 cm entre plantas figura 26. <i>Para una densidad de 50.000 plantas por hectárea</i>, a dos hileras por camellón, con un diseño al tresbolillo.</p> <p>Esta nueva densidad se manejó con el propósito de permitir a la planta tener un mejor espacio para su desarrollo, generando una mayor aireación y disminuyendo problemas fitosanitarios, además se evitó competencia por nutrientes y espacio entre plantas.</p> <p>Con estas densidades se observó que la recolección de fruta se realizó de una mejor manera; los frutos entre plantas no se unían y mostraron un mejor desarrollo y sanidad. A pesar de que se disminuyó considerablemente el número de plantas por hectárea, <i>la producción no se afectó toda vez que se disminuyeron problemas fitosanitarios y el proceso de recolección de fruta mejoró.</i></p>

Figura 25. Densidad de 60.000 plantas por hectárea.



Figura 26. Densidad de 50.000 plantas por hectárea.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
SISTEMA DE RIEGO	
<p>Se utilizaba riego por goteo, con su respectivo reservorio. El diseño iba con una doble cinta por camellón de diámetro 16 mm, agro tubo de diámetro 1 1/2" para la línea principal y sus respectivos circuitos de riego, los cuales no obedecerían a un diseño topográfico previo. su instalación era netamente empírica. Se encontraron circuitos que iban bajando y/o subiendo, figura 27, sin datos de descargas o presiones. El sistema era utilizado solamente para riego, no había planes de fertirrigación.</p>	<p>A partir de levantamiento topográfico se diseñó espacialmente los 12 bloques de riego, cada uno con su respectiva línea principal, con circuitos en el sentido de la pendiente y laterales transversales a esta, figura 28.</p> <p>Se logro concertar con los encargados del cultivo que siempre los circuitos y sus laterales de riego siguieran la curva de nivel o bajando y en casos extremos subiendo alturas promedio hasta de 1 metro.</p>

Figura 27. Sistema de riego con circuitos a favor y en contra de la pendiente.



Figura 28. Sistema de riego con sus respectivos circuitos en el sentido de la pendiente y laterales transversales a esta.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
SIEMBRA	
<p>Se utilizaba planta madre traída de Canadá y las variedades dependían de la disponibilidad que tenía el vivero al cual se le compraba. Se utilizaban plantas frigo conservadas, por lo cual apenas las plantas llegan a campo era recomendable sembrarlas o pasar el menor tiempo posible desde su llegada a los lotes y la siembra para asegurar una mejor adaptación.</p> <p>Una vez en campo se revisaban y se desinfectaban mediante inmersión con una solución de fungicida y nematicida según lo recomendado por el técnico. Posteriormente se realizaban hoyos de 20 – 30 cm de profundo, se incorporaba materia organica y/o micorrizas. se sembraban las plantas evitando el doblez en su raíz, asegurando que la corona quedara a nivel de la superficie del terreno, evitando que estuviera descubierta o que los nuevos brotes quedaran enterrados, generando la muerte de la planta.</p>	<p>Conociendo la adaptación y producción de las variedades establecidas y con la intención de mejorar productividad se decidió explorar nuevo material genético de acuerdo a la disponibilidad en el mercado canadiense o argentino. Se realizó el mismo proceso de siembra que se venía trabajando, figuras 29,30,31,32.</p> <p>Se observó el desarrollo de algunas variedades y su adaptación:</p> <p><i>Variedad San Andreas:</i> tuvo una excelente adaptación, se observó una tolerancia a condiciones medioambientales adversas como vientos, uno de los principales problemas en la zona; esto por su porte medio y su buen desarrollo foliar permitiendo que sus daños fueran bajos. Esta variedad mostro una menor exigencia en su manejo y requerimientos nutricionales a comparación con la variedad Petaluma. La fruta tuvo buena consistencia y una buena producción. Figura 33.</p> <p><i>Variedad Petaluma:</i> Su adaptación a la zona fue buena, toleró los vientos. Esta variedad mostro una mayor exigencia en su manejo y sus requerimientos nutricionales para poder lograr producciones buenas y mostrar su potencial genético, además se observó que se debe sembrar en densidades como la que se estableció en la presente práctica, no se recomienda con densidades mayores por lo que su producción podría disminuir. Figura 34.</p> <p><i>Variedad Albión:</i> Se adapto muy bien al medio; toleró menos vientos que la San Andreas. Su principal característica que la hizo llamativa al mercado fue su excelente calidad de fruta, con buena consistencia, firmeza y sabor. Figura 35.</p>

	<p><i>Variedad Monterrey:</i> Su adaptación fue menor comparada con las anteriores variedades, a pesar de ser más vigorosa que la Albión, los resultados no fueron los esperados en las condiciones medioambientales que se tienen en la zona. Figura 36.</p>
--	---

Figura 29. Desinfección de plántulas.



Figura 30. Aplicación de micorrizas.



Figura 31. Siembra de plántulas.



Figura 32. Corona a nivel de la superficie del terreno.



Figura 33. Variedad San Andreas.



Figura 34. Variedad Petaluma.



Figura 35. Variedad Albión.



Figura 36. Variedad Monterrey.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
DESHOJE	
Esta labor se realizaba dependiendo de la formación de la planta, generalmente de una a dos veces en etapa vegetativa y etapa productiva. Se quitaban hojas viejas, enfermas o quebradas de la planta, permitiendo una mejor aireación y estimulación en la formación de nuevos brotes. Se realizaba con tijeras o de forma manual.	Ídem, figura 37.

Figura 37. Labor de deshoje.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
ESTOLÓN	
En la primera etapa del cultivo se genera formación de estolones que puede ir del primer al cuarto mes; si esta etapa no culmina la planta no genera botones florales de producción. Por ello se procedía a quitar el estolón una o dos veces con el fin de incentivar la formación de botones florales. Se realizaba con tijeras o de forma manual.	Ídem, figura 38.

Figura 38. Corte de estolón.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
DESFLORE	
<p>En los primeros cuatro meses se pueden generar flores, sin embargo, las características y su tamaño pequeño indican que no están listas para producción, por ello se procedía a quitarlas. Después del cuarto o quinto mes, en donde la planta presentaba buen porte y tenía de 3 a 4 coronas formadas comenzaban a salir las flores de producción y son estas las que se mantenían. Esta labor se realizaba de forma manual.</p>	<p>Ídem, figura 39.</p>

Figura 39. Labor de desflore.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
CONTROL DE ARVENSES	
Se aplicaba herbicidas en calles y alrededor del lote para contralar arvenses cuando estaban en etapas avanzadas, principalmente pasto kikuyo. Generalmente se realizaba una vez en atapa vegetativa y 2 o más veces en etapa productiva, dependiendo de cómo se encontraba el lote.	Cuando comenzaron las primeras apariciones de arvenses se realizó un control manual en las calles evitando uso de herbicidas. Solo fue utilizado el método químico cuando se encontraban arvenses en etapas avanzadas alrededor del lote, figura 40.

Figura 40. Control manual de arvenses.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
NUTRICIÓN	
No se realizaba ningún tipo de recomendación dependiendo de los requerimientos del cultivo o análisis de suelos. Las cantidades aplicadas de productos dependían de la recomendación del técnico según el diagnóstico y la experiencia que él había adquirido en campo. Se realizaban fertilizaciones foliares cada una o dos semanas, una aplicación en drench cada 15 o 20 días y una aplicación de fertilizantes granulares cada 3 meses en periodo vegetativo y productivo. No estaba establecido un plan de nutrición, por lo que podían variar los tiempos de aplicación y los productos.	Se elaboró un plan de nutrición de común acuerdo con el técnico encargado, a partir de la literatura encontrada sobre la extracción de nutrientes del cultivo de fresa (Molina et al., 1993), cuadro 2 del marco teórico y la proyección de producción en toneladas por hectárea (Molina, 2018), cuadro 3 del marco teórico con ajustes que dependieron de lo observado en campo y la experiencia que había adquirido el técnico a lo largo de los años, Anexo C.

Se decidió realizar análisis de suelos con base a lo planeado, sin embargo, después de varias discusiones con el equipo de trabajo, se decidió no tomarlo en cuenta en el plan propuesto, debido a inconformidad con la información que se recibió del laboratorio, expresando que, a pesar de tomar varias muestras en lotes con suelos relativamente distintos, los resultados llegaron casi iguales. En el numeral 4.1.1, se amplía a detalle la información.

Para esta actividad se realizaron planillas que permitieron llevar un registro y seguimiento de los productos aplicados con su respectiva dosificación, figura 41 y 42.

Figura 41. Planilla de registro de fertilización.

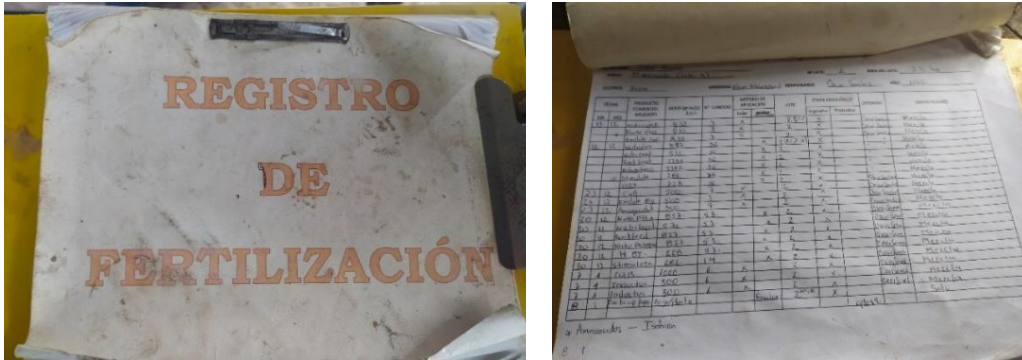


Figura 42. Seguimiento en registros.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
MANEJO FITOSANITARIO	
<p><i>No se contaba con un plan fitosanitario establecido</i>, sin embargo, algunas veces se realizaban aplicaciones de productos preventivos. Las aplicaciones de fungicidas en tiempo de invierno eran las más comunes, realizando aplicaciones hasta 2 veces por semana.</p> <p>Dependiendo del desarrollo y los problemas fitosanitarios que presentaba el cultivo, el técnico realizaba las recomendaciones según su diagnóstico, decidiendo productos, dosificaciones e intervalos entre aplicaciones.</p>	<p><i>Se elaboró un plan de control fitosanitario</i>, a partir de reuniones de recolección de información acerca de productos que se utilizaron y su manejo con técnicos comerciales. una vez se recolecto la información se logró concertar con el técnico de la finca y se armó un plan que permitió realizar rotación de los distintos ingredientes activos de acuerdo a las necesidades que se tenían, así como el manejo adecuado de las dosificaciones que permitieron prevenir resistencias por sobredosis de productos, Anexo D.</p> <p>Para esta actividad se realizaron planillas que permitieron llevar un registro y seguimiento de los productos aplicados con su respectiva dosificación, figura 43.</p> <p>Se organizó un espacio específico para productos agroquímicos, organizándolos según su categoría y uso, figura 44.</p>

Figura 43. Planilla de registro de control fitosanitario.



Figura 44. Bodega de insumos.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
MANEJO DE RESIDUOS	
<p>Los recipientes de los agroquímicos eran recogidos, sin embargo, por falta de empresas que los recolectaran y les dieran un buen manejo la decisión que muchas veces tomaban era la quema, generando contaminación.</p> <p>La fruta que es descartada en campo se llevaba a un hueco distanciado del lote, en donde se hacía una aplicación de cal; una vez se llenaba era tapado.</p>	<p>Hubo un acercamiento con la alcaldía del municipio para solicitar una solución, en donde se decide con la secretaria de agricultura realizar rutas de recolección de residuos de agroquímicos y plástico en la zona cada cierto tiempo, figura 45.</p> <p>Con los residuos de cosecha y deshoje se decidió seguir con el manejo que se llevaba, con huecos alejados del cultivo y desinfección con cal. Se realizaron revisiones los días de cosecha, garantizando que no quedaran residuos en el lote y recolectándolos en canastillas para facilitar su traslado, figura 46.</p>

Figura 45. Recolección de residuos de agroquímicos y plástico a cargo de La Alcaldía de Sotará.



Fuente: Alcaldía de Sotará, 2020.

Figura 46. Manejo de residuos de cosecha y deshoje.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
COSECHA	
<p>La recolección de fruta podía variar según la etapa productiva en la que se encontraba el cultivo, esta recolección se realizaba una o dos veces a la semana. La fruta se recolectaba a $\frac{3}{4}$ de maduración o la llamada "fruta pintona". Normalmente nadie está atento de dirigir la cosecha.</p>	<p>Se organizó un grupo de cosecha con una persona encargada de estar pendiente de una buena recolección y proceso de cosecha, cosechando fruta a $\frac{3}{4}$ de maduración como lo exigía el mercado, figura 48.</p>

Se recolectaba fruta con problemas fitosanitarios y era separada para posteriormente hacerle un manejo de residuos de cosecha, sin embargo se evidencio que dejaban fruta en proceso de descomposición cerca del cultivo que generaban focos de infección, figura 47.

Se realizaron inspecciones para que no quedara fruta en descomposición y/o sobremadura en el lote.

Figura 47. Fruta con problemas fitosanitarios cerca del lote.



Figura 48. Grupo de cosecha.



MANEJO INICIAL	MANEJO ACTUAL
POSTCOSECHA	
<p><i>La fruta era trasladada a una bodega especial en canastillas, el traslado se realizaba por caballos y/o por trabajadores si la cantidad de fruta era poca, figura 49.</i></p>	<p><i>La fruta se trasladó hacia la bodega en cable aéreo, permitiendo que el tiempo de llegada fuera menor, generando que la actividad de clasificación terminara temprano, optimizando los así los tiempos de entrega, figura 50.</i></p>
<p>Se tenía adecuado un espacio para la selección y clasificación de la fruta, en extra, que generalmente era la utilizada para contenedores de 1 o 2 kg, primera, segunda, tercera y mixta que eran enviadas en canastillas de 25 lb. Esta actividad requería especial cuidado y era realiza por mujeres de la zona.</p>	<p>La selección y clasificación de la fruta se realizó de acuerdo a como se venía trabajando inicialmente, figura 51.</p>

Figura 49. Acarreo de una canastilla de fruta de forma manual.



Figura 50. Transporte de fruta en cable aéreo.



Figura 51. Labor de clasificación realizada por mujeres de la zona.



4.1.1 Plan nutricional y fitosanitario. La parte nutricional del cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) en la finca Campamento se venía manejado de acuerdo a las indicaciones del técnico encargado en la unidad productiva, basado en la experiencia adquirida en cultivos similares de la zona norte del municipio de Sotará, donde existen plantaciones como base de sustento diario de las comunidades. También se recibí asesoría por parte de técnicos comerciales que surten de agroquímicos al sector.

No se manejaba un plan de fertilización adaptado a los requerimientos del cultivo o al análisis de suelos. Las cantidades aplicadas de productos dependían de la recomendación del técnico según el diagnóstico y la experiencia que él había adquirido en campo. Se realizaban fertilizaciones foliares cada una o dos semanas, una aplicación en drench cada 15 o 20 días y una aplicación de fertilizantes granulares cada 3 meses en periodo vegetativo y productivo. No estaba establecido un plan de nutrición, por lo que podían variar los tiempos de aplicación, las cantidades y los productos. Esta práctica agrícola es común entre los productores de fresa de la zona y ha trascendido por varios años.

En harás de cambiar esta “costumbre agrícola” y después varias reuniones de intercambio de experiencias con el equipo de trabajo, de revisión de literatura y convencimiento al técnico encargado de la producción, se planteó como propósito elaborar un plan de nutrición, mediante una tabla según la literatura encontrada sobre la extracción de nutrientes del cultivo de fresa (Molina et al., 1993) cuadro 2 del marco teórico y la proyección de producción en toneladas por hectárea (Molina, 2018) cuadro 3. del marco teórico, con ajustes dependiendo de lo que se observó en campo y la experiencia adquirida por el técnico a lo largo de los años, Anexo C.

Se decidió realizar análisis de suelos con base a lo planeado, sin embargo, de acuerdo a varias discusiones con el equipo de trabajo, se optó por no tenerlo en cuenta en el plan propuesto, debido a inconformidad con la información que se recibió del laboratorio, donde se expresó que, a pesar de haber tomado varias muestras en lotes con suelos relativamente distintos, los resultados llegaron casi iguales. Por temas económicos dentro de la producción no se realizaron nuevos análisis y, por lo tanto, se manejó el plan nutricional de forma experimental sin análisis de suelo, siguiendo el comportamiento de la planta con base a observaciones que se realizaron en campo. Se realizó una comparación con el manejo inicial y se dedujo que éste aparentemente tenía un exceso de nitrógeno, evidenciando en la planta un incremento significativo del área foliar y poca formación de flores, en comparación con el manejo con el plan nutricional propuesto, donde las plantas se observaron homogéneas y con un buen comportamiento en su ciclo fenológico, figura 52.

La implementación del plan nutricional propuesto y que se adoptó en el presente estudio, permitió un incremento promedio en producción del 42,8% en general y hasta un 100%, en la variedad Petaluma según datos que se obtuvieron de la persona encargada de cosecha; se pasó de 70 ton/ha a 100 ton/ha en todo el ciclo productivo y a 140 ton/ha en la variedad Petaluma. También se observó en ocasiones, que el calibre de fruta obtenida con este plan fue mayor al tradicional, lo cual en términos económicos implicó mayores ingresos al productor, inclusive con rendimientos alrededor de un 50%.

Figura 52. Aspecto del cultivo con aplicaciones de fertilizantes en etapa de floración. Imagen A. sin plan nutricional con aparente exceso de N, con área foliar significativa sin floración. Imagen B. con plan nutricional propuesto. Obsérvese la floración.



Cabe resaltar que, dentro del desarrollo de la presente práctica profesional, fue posible implementar el manejo adecuado a la dosificación. En la parte tradicional el referente se realizaba por volumen alusivo a “una caneca”, recipiente plástico de 200 litros, en el cual se preparaba la solución a aplicar. Este sistema utilizaba la caneca como referente para la recomendación y adición de un numero de kilogramos o centímetro cubico de un determinado producto de una casa comercial. Así por ejemplo era posible adicionar 2 kilogramos de un producto A para una aplicación en un día determinado en una caneca que abarque 1 ha, sin embargo, esa dosificación podía ser excesiva o carente para dicha área, ya que este método se basa en la cantidad de canecas que el productor aplique. Esto puede variar dependiendo de la descarga de aplicación, la unidad productiva y/o la destreza de las personas encargadas de esta actividad.

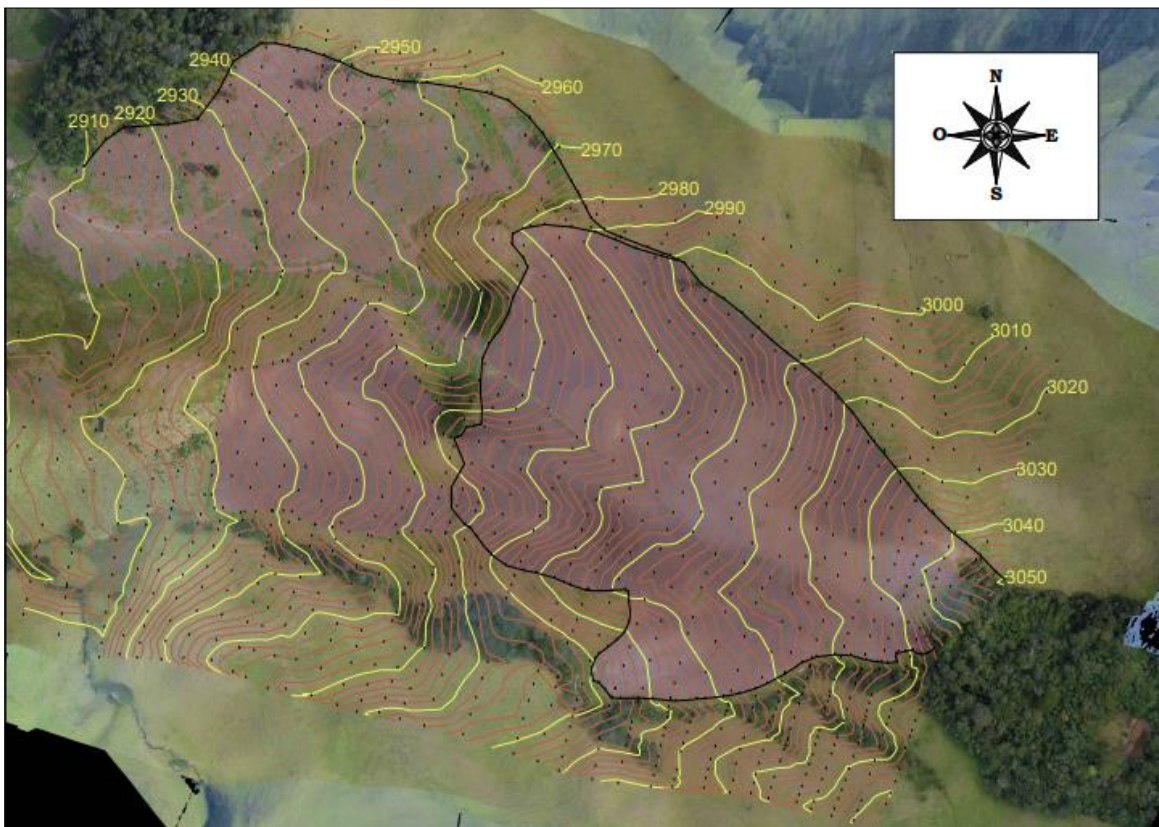
En el plan de manejo que se propuso, o método actual, la aplicación tuvo como referente la hectárea. Dependiendo de los requerimientos por hectárea se preparaba la solución en la cantidad de agua necesaria para cubrir dicha área, con las cantidades de fertilizante necesarios teniendo en cuenta las etapas del cultivo y/o productos para control fitosanitario adecuados, revisando siempre los parámetros de las fichas técnicas de cada uno de los productos utilizados.

4.2 SISTEMA DE RIEGO Y FERTIRRIGACIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del sistema de riego y fertirrigación para el segundo objetivo específico que fue “*Implementar un sistema de riego por goteo en el cultivo de fresa (Fragaria sp.), en condiciones de ladera como referente para los demás productores de la región.*”, son los siguientes:

4.2.1 Levantamiento topográfico inicial y trazado. Se realizó levantamiento topográfico del predio mediante el uso de ortofoto obtenida mediante dron, figura 53. con el fin de tener una base para realizar el trazado de las camas siguiendo curvas de nivel en el software AutoCAD y posterior implementación del sistema de riego, teniendo en cuenta diferencias de alturas presentes en el terreno necesarias para el manejo de presiones del sistema a implementar.

Figura 53. Levantamiento topográfico a partir de ortofoto tomada con dron Phantom 4pro y procesada mediante el software PIX4D, finca Campamento – Lote 1, con curvas de nivel.



A partir del levantamiento topográfico, se realizó el trazado de las camas en el lote, siguiendo curvas de nivel que permitieron que las diferencias de alturas entre ellas no fueran muy altas, obteniendo una buena funcionalidad del sistema de riego, figura 54.

Figura 54. Trazado de camas siguiendo curvas a nivel.



4.2.2 Diseño del sistema de riego. Se realizó el diseño agronómico e hidráulico previo a la implementación del sistema de riego, corroborando dimensiones de tubería y su funcionalidad. Para ello se enumeraron 12 bloques de riego que se ubicaron en el lote como se muestra en la figura 55.

Los bloques de riego se diseñaron asegurando que las longitudes de las camas no excedieran los 70 metros, para generar una mejor homogeneidad en el sistema. Cada bloque de riego estaba compuesto por una tubería principal (tubería que lleva el agua a cada bloque) que parte desde el reservorio; los circuitos de riego que derivan de la tubería principal y sus respectivos laterales, figura 56. En el numeral 4.2.3 de resultados se habla a detalle de los diferentes componentes del sistema.

Figura 55. Ubicación de 12 bloques de riego en el lote.

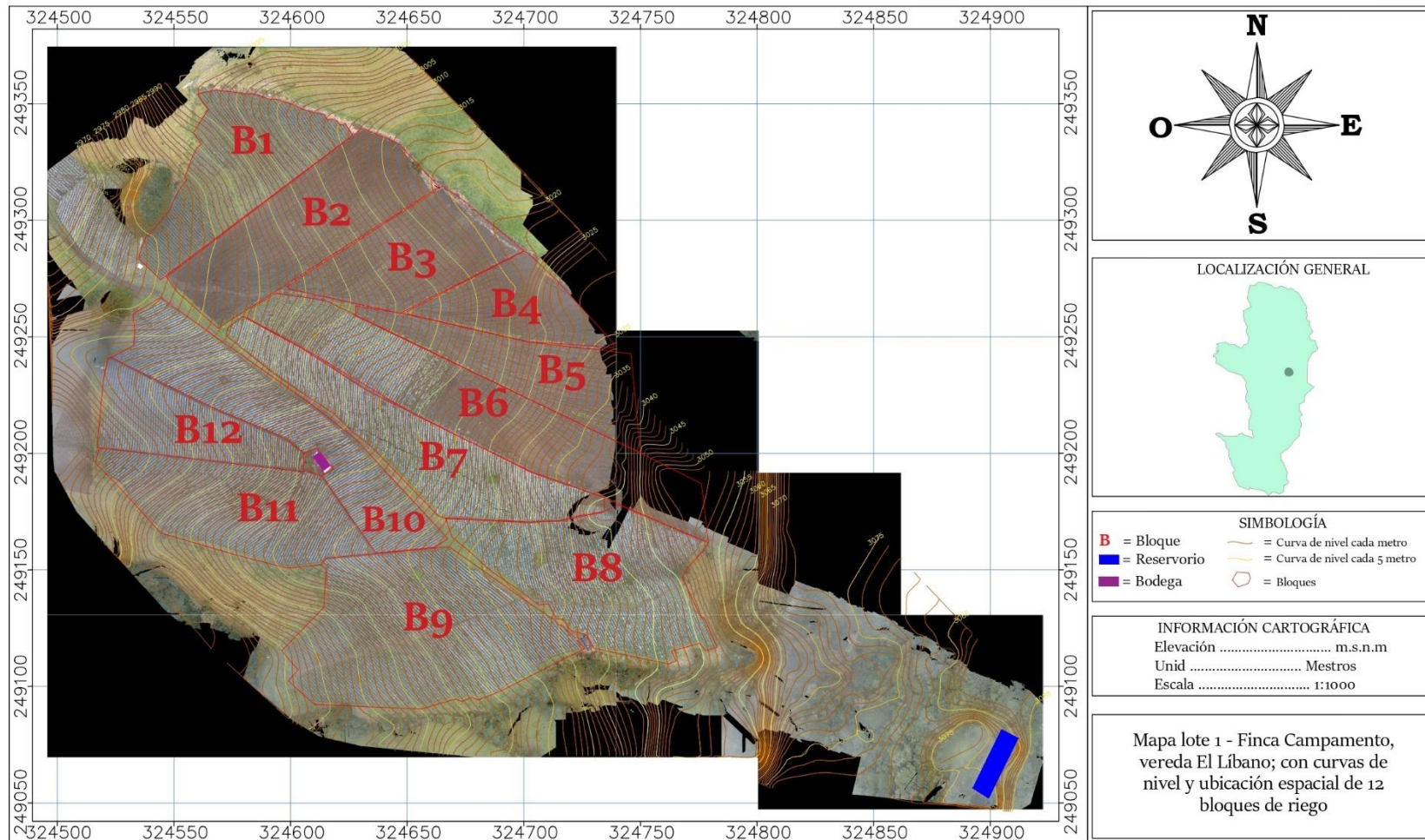
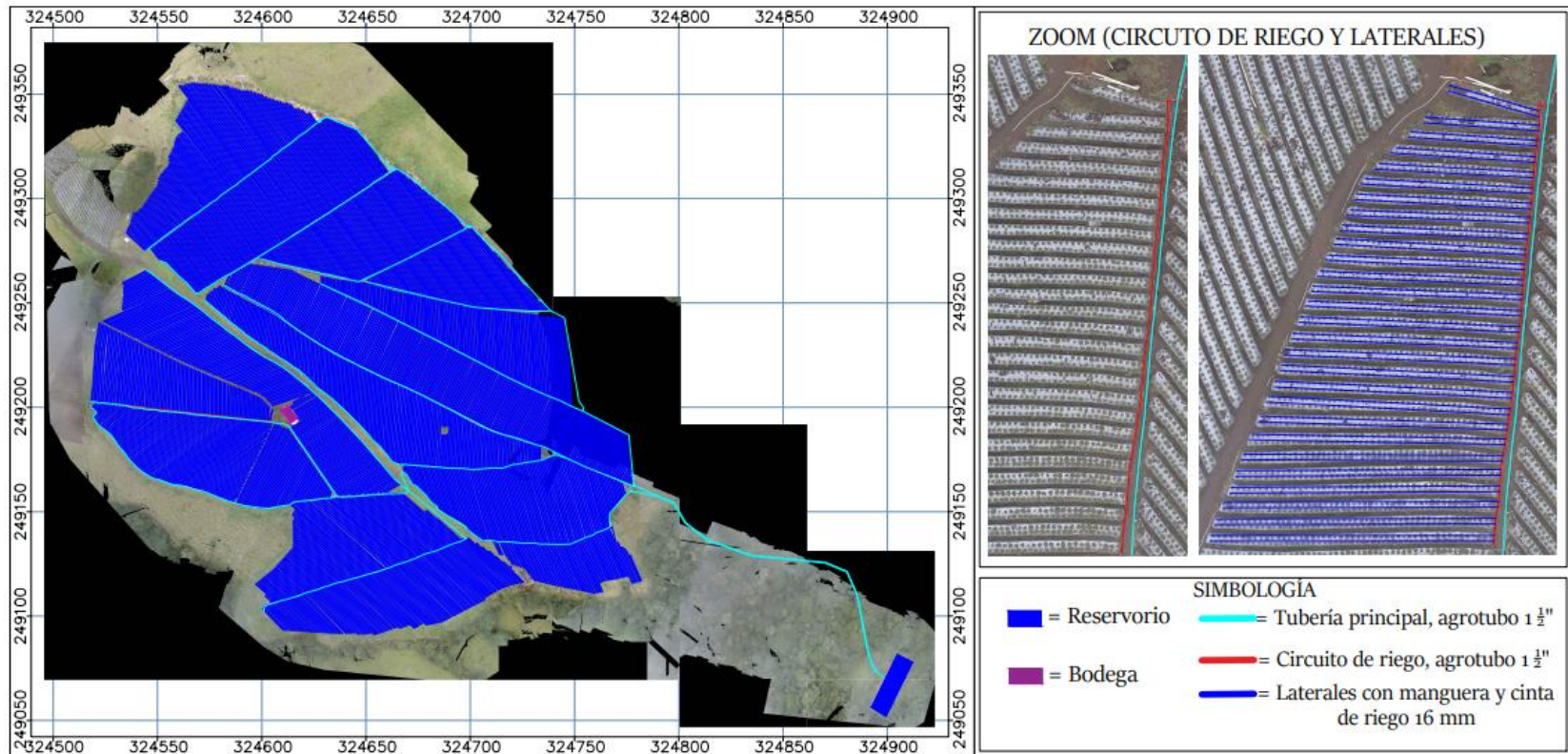


Figura 56. Recorrido tubería principal, circuito de riego y laterales.



Se implemento un bloque de riego experimental, figura 57. con el fin de demostrar en la práctica las características y beneficios del sistema de riego propuesto, figura 58. en comparación al sistema de riego tradicional, figura 59. Luego de un mes de capacitación con el técnico encargado y a partir de aforos en cada uno de los circuitos, se determinó que el sistema propuesto presento mayor homogeneidad en las descargas de la cinta, a comparación del tradicional que tenía variaciones altas entre la primera descarga en el inicio del circuito y al finalizar, generando que la implementación de sistema de fertirrigación no fuera posible en las condiciones que presentaba ese sistema. Por lo anterior, se decidió implementar el sistema de riego en la producción con la metodología propuesta en la presente práctica.

Figura 57. Bloque experimental. Bloque 1.



Figura 58. Sistema de riego tradicional. Circuito subiendo, en contra de la pendiente.



Figura 59. Sistema de riego propuesto. Circuitos siguiendo pendiente, laterales transversales a esta.



A partir de la metodología propuesta en el numeral 3.1.3 de metodología, se determinó los circuitos para cada bloque y el número de plantas comprendido en cada uno de ellos. A continuación, se describen cada uno de los cálculos realizados.

- Cálculo de presión necesaria para funcionamiento del lateral de riego crítico. En el cuadro 7 se describen los datos del lateral denominado crítico ubicado en el bloque 12, Circuito 3.

Cuadro 7. Datos del lateral crítico.

Datos del lateral crítico	
L cinta (m)	31,5
%Pendiente	0,18
N° plantas por metro de cinta	4

Se remplazaron lo valores en la fórmula de cálculo de presión necesaria para funcionamiento del lateral de riego, que se muestra a continuación.

$$P3 = Lcinta * \%Pendiente * 0.0979 * 14.5$$

$$P3 = 31,5 m * 0,18 * 0.0979 * 14.5$$

$$P3 = 8 PSI$$

- Cálculo de número de plantas por camellón (crítico). Este cálculo se realizó a partir de los datos que se obtuvieron anteriormente y que se muestran a continuación.

$$\begin{aligned} N^{\circ} \text{ Plantas por camellón (crítico)} \\ = \#plantas \text{ por metro de cinta} * Lcinta * 2 \text{ (doble cinta x camellón)} \end{aligned}$$

$$N^{\circ} \text{ Plantas por camellón (crítico)} = 4 \text{ plantas/m de cinta} * 31,5 m * 2$$

$$N^{\circ} \text{ Plantas por camellón (crítico)} = 252 \text{ plantas}$$

A partir de los cálculos realizados anteriormente, se infiera que con 8 PSI se pueden regar 252 plantas. Este resultado quedó como constante para los cálculos del número de plantas por circuito del resto del lote.

- A partir de la anterior información, se calculó el número de plantas necesarias para cada circuito de riego:

$$N^{\circ} \text{ Plantas por circuito} = \frac{P2 * 252 \text{ plantas}}{8 \text{ PSI}}$$

Donde: P2 = presión ganada en cada circuito, expresada en PSI y calculada anteriormente. En el cuadro 8 se sintetizan los resultados en cada uno de los circuitos.

- Cálculos y datos obtenidos para el circuito crítico (Bloque 12; Circuito 3):

$$P1 = (M - C) * 1.42$$

$$P1 = (3005 - 2990) * 1.42 = 21.3 \text{ PSI}$$

$$P2 = Pm + P1$$

Donde: Pm = Presión del sistema en el manómetro, al inicio del bloque.

$$P2 = 42 + 21.3 = 63.3 \text{ PSI}$$

$$N^{\circ} \text{ Plantas pora circuito critico} = \frac{63.3 \text{ PSI} * 252 \text{ plantas}}{8 \text{ PSI}}$$

$$N^{\circ} \text{ Plantas por circuito critico} = 1994 \text{ plantas}$$

Observaciones: La experiencia en campo demostró que este número puede variar en más o menos en 20 plantas sin afectar las presiones del circuito.

En el cuadro 8. se especifica el resultado del número de plantas por circuito, donde B significa bloque y C circuito de riego.

Cuadro 8. Resultados conteo número de plantas por circuito.

B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS
1	1	2486	2	1	1775	3	1	1858	4	1	1480
	2	2766		2	2489		2	2027		2	1750
	3	2998		3	2512		3	2153		3	1964
	4	2506		4	2755		4	2288		4	1872
	5	2286		5	3005		5	2345		5	1504
	6	2274		6	3216		6	1992			
			7	2799							
TOTAL PLTAS		15316	TOTAL PLTAS		18551	TOTAL PLTAS		12663	TOTAL PLTAS		8570
B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS
5	1	910	6	1	572	7	1	561	8	1	1568
	2	1103		2	790		2	783		2	1674
	3	1354		3	879		3	829		3	1710
	4	1496		4	1027		4	919		4	1856
	5	1610		5	1148		5	1267		5	1978
	6	1784		6	1241		6	1385		6	2053
	7	1867		7	1450		7	1545		7	2187
	8	1891		8	1507		8	1756		8	2236
	9	1978		9	1618		9	1921		9	2364
	10	2014		10	1786		10	2063		10	2547
				11	2156		11	2109		11	2692
				12	1550		12	2386		12	2823
				13	1377		13	2665		13	3006
							14	2808			
							15	2609			
TOTAL PLTAS		16007	TOTAL PLTAS		17101	TOTAL PLTAS		25606	TOTAL PLTAS		28694
B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS	B	C	N° PLANTAS
9	1	1650	10	1	1389	11	1	1458	12	1	1613
	2	1784		2	1465		2	1621		2	1798
	3	1898		3	1634		3	1784		3	2006
	4	1978		4	1854		4	1872		4	2229
	5	2112		5	2003		5	1987			
	6	2248		6	2123		6	2115			
	7	2402		7	2254		7	2245			
	8	2576		8	2402		8	2397			
	9	2699		9	2612						
	10	2763									
	11	2922									
	12	3112									
	13	3287									
TOTAL PLTAS		31431	TOTAL PLTAS		17736	TOTAL PLTAS		15479	TOTAL PLTAS		7646

Observaciones: La tabla anterior se obtuvo después de un minucioso trabajo en campo por la cuadrilla, en un tiempo de 30 días, donde se hizo un conteo general del número de plantas en el lote y posteriormente el número de plantas por circuito.

4.2.2.1 Diseño agronómico. Se realizaron los cálculos para el diseño agronómico en un sistema de riego por goteo con la metodología referida en el numeral 2.2.13.3 del marco teórico. En el cuadro 9 se muestran los resultados obtenidos.

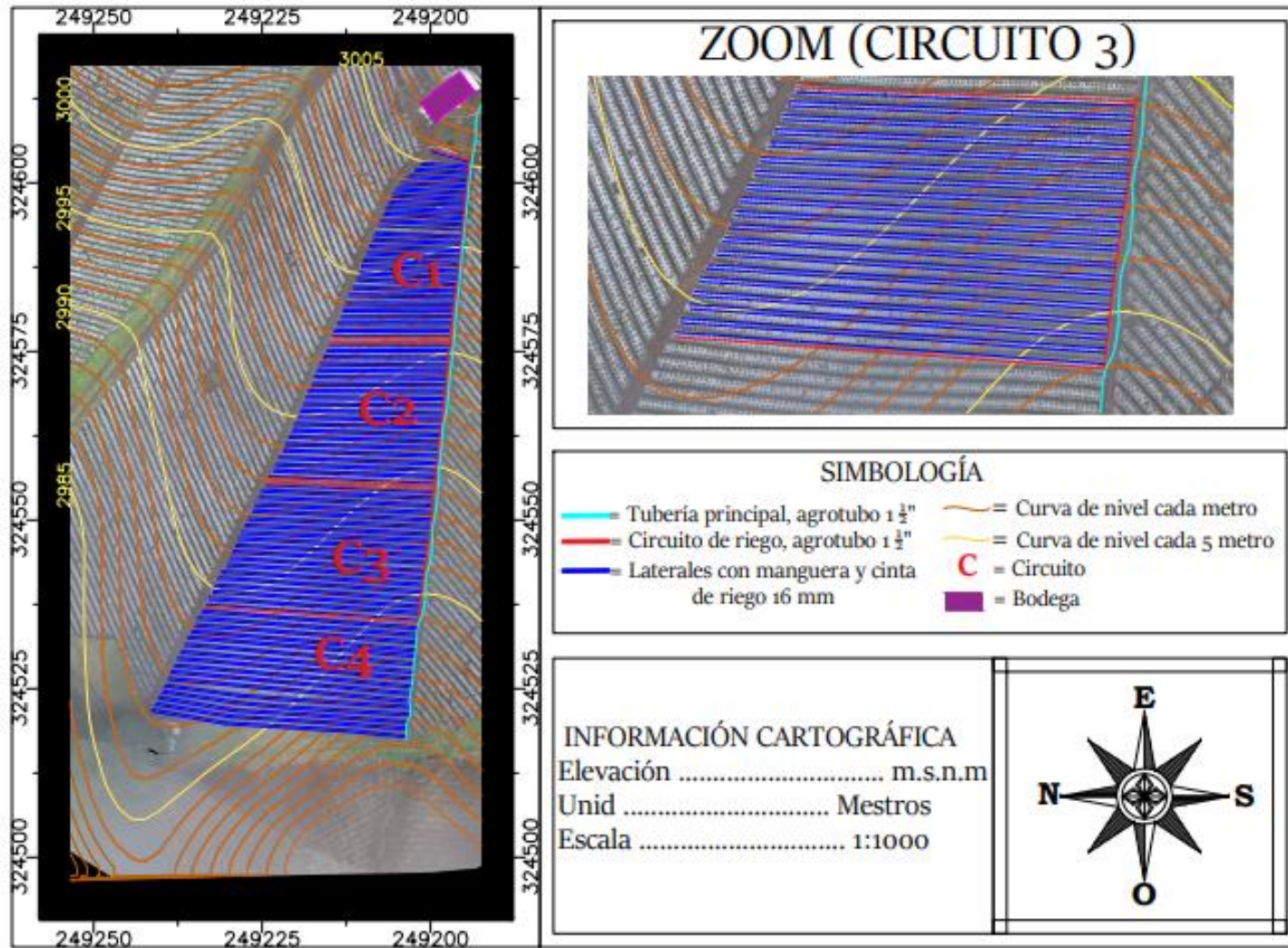
Cuadro 9. Resultados diseño agronómico.

Datos	
Suelo	Franco - Arenoso
Temperatura promedio (°C)	14
Humedad Relativa (%)	70
% Agotamiento	50
Profundidad de Raíces (mm)	250
Área (Hectáreas)	4,3
Densidad el agua (g/cm ³)	1
N° plantas por Hectárea	50000
Requerimiento Hídrico (L/día)	0,8
Q Emisor (LPH)	1,2
Goteros por planta (de acuerdo a la humedad proporcionada por las dos cintas).	5
Resultados	
ET_o =	1,593 mm/día (Método de García López)
L =	15 mm
V =	119.671 Litros/Ha/Día 514.587 Litros/lote/Día
T.R =	8 Minutos

Observaciones: El tiempo de riego diario calculado fue de 8 minutos. Se realizaron ajustes a estos tiempos que dependieron de la climatología de la zona. En la zona de estudio se registran altos valores de precipitación, lo que conllevó a suspender en algunas ocasiones el riego por completo y solo realizar aplicaciones de fertirrigación.

4.2.2.2 Diseño Hidráulico. El diseño se realizó para el bloque 12 y su circuito número 3, figura 60. considerados como los puntos más críticos y en donde se tenían menor presión y la diferencia de alturas de laterales era mayor (subiendo). Para los bloques restantes, se hizo el chequeo hidráulico encontrando que para cada uno de ellos los diámetros diseñados cumplían hidráulicamente. Es preciso anotar que las calidades y diámetros de tubería se encontraban en bodega para el momento del inicio del presente estudio. Por lo tanto, se realizó el chequeo para dichas dimensiones.

Figura 60. Bloque y circuito crítico.



Siguiendo la metodología propuesta por Christiansen referida en el numeral 2.2.13.4 del marco teórico se realizaron los siguientes cálculos:

- Datos fabricante para cinta emisora, figura 61.

Figura 61. Datos fabricante cinta de riego, diámetro 16 mm.



Observaciones: Los datos de caudal corroborados en campo de la cinta emisora fueron iguales a Q Gotero (Litros por hora - LPH) = 1,2 LPH

Cuadro 10. Resultados diseño de laterales.

Datos	
Q Gotero (LPH)	1,2
Pw (mca)	7,14
Desnivel máx de laterales (m)	5,6
Diseño Laterales	
L=	31,5
F=	0,351
Q lateral =	0,105 LPS
J=	0,06965
h lateral =	0,924 mca
h máx. adm. sistema =	67,428 mca
h máx. adm. lateral =	28,114
h máx. adm. lateral	> h lateral
28,114	> 0,924
Funciona con cinta de diámetro 16 mm	

Cuadro 11. Diseño tubería principal del circuito

Diseño Principal del Circuito		
L=	20,8	
F=	0,3554	N° salidas = 38
Q Principal =	3,6 LPS	(Litros por segundo)
J=	0,35685	Diametro tubería= 1 1/2" (40mm)
h principal =	3,166 m.c.a	
h máx. adm. sistema =	67,428 m.c.a	
h máx. adm. principal =	66,504	
h máx. adm. Principal > h principal 66,504 > 3,166		
Funciona con el diámetro 1 1/2"		

Cuadro 12. Diseño tubería principal del bloque.

Diseño Principal del Bloque		
L=	70,9	
F=	0,486	N° salidas = 4
Q Principal =	12,6 LPS	
J=	0	Diametro tubería= 1 1/2" (40mm)
h principal =	0,000 m.c.a	
h máx. adm. sistema =	67,428 m.c.a	
h máx. adm. principal =	64,262	
h máx. adm. Principal > h principal 0,000 > 0,000 <div style="background-color: red; color: black; padding: 2px; display: inline-block;"> No Funciona </div>		

Observaciones: Según Christiansen, para sistemas con tuberías de 40 mm (las existentes en bodega de la finca Campamento), el caudal máximo a transportar es de 2,8 LPS. En este caso el caudal del bloque es de 12,6 LPS, valor que superaba ampliamente a 2,8 LPS y que permitió inferir que no era posible realizar el riego a un bloque completo con las actuales tuberías existentes. Si fuese necesario humedecer el bloque eran requeridos diámetros superiores a 40 mm, los cuales el propietario no podía suministrar.

4.2.3 Implementación del sistema de riego. A partir de los cálculos realizados se comenzó a implementar el sistema de riego en campo, a continuación, se especifica los resultados en cada parte del sistema.

4.2.3.1 Reservorio. A partir de diseño agronómico, se determinó que el volumen de riego máximo para el lote es de 514.587 Litros/lote/Día. Con la anterior información se construyó un reservorio de 672 m³, con capacidad de 621.600 litros (este valor tiene en cuenta el volumen muerto), realizado con maquinaria (retroexcavadora y acabados manuales) figura 62, recubierto con plástico evitando infiltraciones de agua y con malla en la parte superior impidiendo que cayeran residuos de hojarasca y otras impurezas al reservorio, figura 63.

La tubería de salida fue un tubo sanitario de diámetro 2" y se ubicó a 30cm del fondo para generar un volumen muerto de 50,4 m³ destinado a sedimentos.

Figura 62. Dimensiones del reservorio.



El agua se traía desde una quebrada cercana, a través de un tubo de polietileno de 1" de diámetro con un aforo de entrada al reservorio de 60 litros por minuto (1 LPS). el tiempo de llenado fue de 7 días. Es de resaltar que para la recolección de agua se tenía permiso a través de la Concesión de aguas Superficiales con la Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC, que fue diligenciada por el dueño.

Figura 63. Aspecto de reservorio de agua en proceso de llenado. Protección con malla.



4.2.3.2 Filtros. Dada la baja turbiedad de la fuente se decidió dejar dos salidas del reservorio y se implementaron filtros de anillos, uno por cada salida, figura 64. Esto con el fin de asegurar la buena calidad física del agua de riego que evito que los goteros sufrieran taponamientos. Se ubicó una válvula antes y después del filtro, en cada tubería para facilitar la limpieza y flujo de agua desde el reservorio.

Figura 64. Filtro de anillos. Detalle válvulas de control.



4.2.3.3 Cabezal de riego. La tubería que se instaló desde el reservorio fue de polietileno, con dimensión de 3" y se redujo en la cabecera del lote a 1 ½", figura 65. La cual fue la instalada en la red de conducción y distribución.

En la cabecera se ubicó un manómetro que nos indicaba una presión de 42 PSI, figura 66. dato que fue tomado como referencia para realizar los cálculos para la implementación del sistema de riego.

Figura 65. Reducción en tubería de 3" a 1 ½"



Figura 66. Manómetro en cabecera de bloque, marcando presión de 42PSI.



4.2.3.4 Red de conducción y distribución. Se instaló tubería de polietileno de 1 ½" y se replanteo en campo el trazado para verificar los bloques de riego a implementar, figura 67.

Figura 67. Topografía en terreno con Teodolito.



4.2.3.5 Cabezal de cada bloque de riego. El cabezal de cada bloque era compuesto por un manómetro que indicaba la presión y una válvula de control de flujo en PVC, figura 68.

Figura 68. Cabezal de bloques de riego, detalle manómetro y válvula de control.

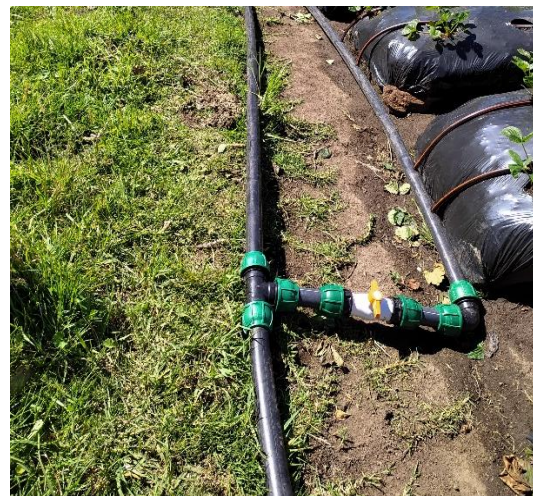


4.2.3.6 Circuitos de riego. Cada circuito fue conformado por tubería de diámetro 1 ½", una válvula de control, uniones rápidas figura 69. y los respectivos laterales siguiendo la pendiente, figura 70.

Figura 69. Circuitos de riego, detalle la válvula de control, uniones rápidas



Figura 70. Laterales del circuito siguiendo pendiente.



4.2.3.7 Laterales. Los laterales fueron compuestos por mangueras de polietileno de 16 mm, que permitieron la conexión del circuito con la cinta de riego a través de conectores cinta manguera y arrancadores figura 71. Se utilizó cinta de riego de 16 mm con goteros cada 10cm con diseño de doble cinta por camellón, figura 72.

Figura 71. Uniones cinta manguera y arrancadores 16 mm.



Figura 72. Laterales de riego.



4.2.3.8 Ventosas y válvulas de control. Para que el sistema tuviera un normal funcionamiento fue necesario evacuar el aire de la tubería mediante ventosas sencillas y válvulas de control, por lo tanto, se instalaron en las partes más críticas, figura 73.

Figura 73. Ventosas y válvulas de control (ventosa manual).



4.2.3.9 Canales para conducción de aguas de escorrentía. Se construyeron canales que permitían transportar el agua de escorrentía de manera transversal a los camellones, de tal manera que no generaban daños a los mismos, figura 74. Dichos canales en su recorrido tenían cambio de dirección que permitieron disminuir la energía erosiva evitando la destrucción de los camellones.

Figura 74. Acequia en bloques de riego.



En las camas por los cuales hacia el recorrido el canal, se realizó adaptaciones a los laterales de riego reemplazando la cinta por manguera de 16 mm, figura 75, evitando roturas y con ello el desperdicio de agua y/o fertilizantes.

Figura 75. Adaptación de laterales.



Estos canales fueron de gran importancia en terrenos pendientes como el trabajado en la presente práctica. Los malos drenajes causaban daños en cultivos que no contaban con estos diseños, figura 76. Generando pérdidas económicas.

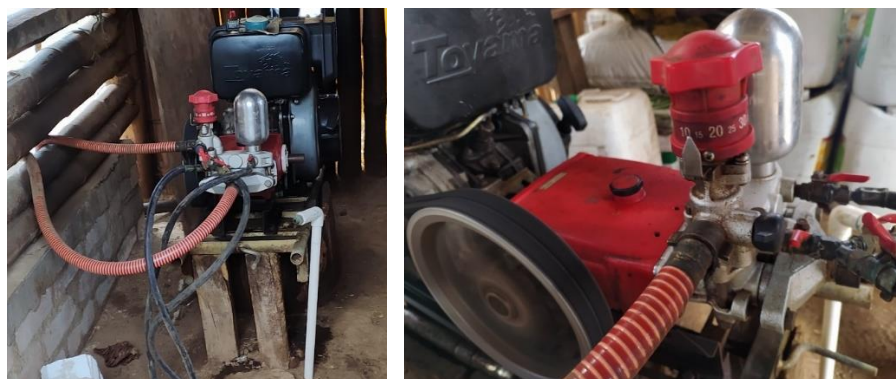
Figura 76. Daños en camellones por mal drenaje.



4.2.4 Implementación de sistema de fertirrigación. Una vez realizado el sistema de riego se comenzó a implementar el método de fertirrigación. A continuación, se especifica los resultados en cada parte del mismo, sus respectivos aforos y cantidades de solución madre (mezcla concentrada de fertilizantes) que fueron requeridas para su buen funcionamiento.

4.2.4.1 Máquina de bombeo. Se tenía una máquina Diesel ubicada de manera fija en la bodega, figura 77. Que facilitaba su manejo, acceso a los productos y al tanque de mezcla.

Figura 77. Motobomba Diesel.



4.2.4.2 Tanque de mezcla. Se construyó un tanque en concreto, enchapado en cerámica figura 78, con el fin de facilitar lavado, preparación de aplicaciones y manejo de los residuos de las diferentes mezclas. El tanque fue previamente aforado, con capacidad para 5.200 litros (26 canecas de 200 litros).

Figura 78. Tanque de mezcla en concreto, enchapado en cerámica.



4.2.4.3 Fumiducto. Es un sistema de tuberías de ½" PVC que se distribuía a través del lote figura 79, partiendo desde la bodega, en donde se conectaba a la máquina de bombeo, figura 80. Tenía varias salidas en diferentes puntos estratégicos del lote en forma de T, que permitían dos conexiones de manguera estacionaria, figura 81. facilitando el manejo de mangueras y equipos para las aplicaciones de productos.

Figura 79. Tubería de fumiducto de diámetro ½" en PVC.



Figura 80. Conexión máquina de bombeo a tubería.



Figura 81. Punto de conexión a mangueras, en forma de T.



4.2.4.4 Sistema de inyección. Para el sistema de inyección se realizó una adaptación que tenía un arrancador, ubicado en el circuito de riego, figura 82, una llave mariposa 16 mm y una unión para manguera estacionaria, figuras 83.

Figura 82. Arrancador ubicado en el circuito de riego, después de válvula de control.



Figura 83. Adaptación para sistema de inyección, detalle llave mariposa y unión manguera estacionaria.



Para medir presión se realizó una adaptación con un manómetro y una llave de paso a la “manguera estacionaria” que se encargaba de transportar el producto, figura 84.

Figura 84. Adaptación con manómetro.



4.2.4.5 Solución madre. Se preparaban soluciones concentradas con los productos que se requerían, para posteriormente realizar la inyección al sistema de riego, figura 85.

Figura 85. Preparación de solución madre. Mezcla final, con acondicionador de suelos de origen orgánico que le da la coloración café.



4.2.4.6 Fertilización. Para realizar la fertilización se tenía una persona encargada de manejar la máquina y monitorear la presión con la que se enviaba el producto, figura 86, y la persona encargada de realizar la inyección de la solución, que monitoreaba que se mantuviera la presión adecuada, figura 87.

Se manejaron 3 presiones diferentes para aplicación de la solución 5, 10 y 15 PSI que dependían de los desniveles de alturas de los circuitos.

Figura 86. Encargado de monitorear la presión en la máquina de bombeo.

Figura 87. Encargado de realizar la inyección de la solución.



4.2.4.7 Aforos. A partir de la metodología propuesta en el numeral 3.1.4.1 y 3.1.4.2, se presentan a continuación los resultados obtenidos.

Luego de haber realizado los respectivos aforos y corroborar valores con el conductímetro en los diferentes circuitos, se determinó que se debía realizar una inyección de 15 cc de mezcla por planta al sistema de riego, para garantizar que el producto llegara en las cantidades requeridas por la planta.

El cálculo realizado fue el siguiente:

$$\text{Litros de solución madre por circuito} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas del circuito} * 15 \text{ cc (descarga necesaria por planta)}}{1.000}$$

Ejemplo, para bloque 1, circuito 1.

$$\text{Litros de solución madre Bloque 1, Circuito 1} = \frac{2.486 \text{ plantas} * 15 \text{ cc}}{1.000} = 37.3 \text{ Lts}$$

Cuadro 13. Resultados de aforos sistema de fertirrigación (B, bloque de riego y C, circuito)

B	C	N° PLANTAS	TIEMPO LLENADO CINTA (min)	DESCARGA CINTA (cc/min)	LITROS DE SOLUCIÓN MADRE	PRESIÓN (PSI) DE MAQUINA	TIEMPO DE DESCARGA DE SOLUCION (min)
1	1	2486	2:50	17,2	37,3	10	2:00
	2	2766	2:00	12,2	41,5	10	2:00
	3	2998	2:00	13,6	45,0	10	2:40
	4	2506	1:20	14,8	37,6	10	2:50
	5	2286	1:41	17,0	34,3	5	3:00
	6	2274	1:36	12,3	34,1	5	3:00
Total plantas		15316					
2	1	1775	1:40	12,8	26,6	10	3:00
	2	2489	1:40	12,0	37,3	10	3:00
	3	2512	1:40	12,5	37,7	10	3:05
	4	2755	1:40	12,0	41,3	10	3:00
	5	3005	1:40	12,0	45,1	5	3:05
	6	3216	1:40	12,5	48,2	5	3:00
	7	2799	1:40	12,5	42,0	5	2:47
Total plantas		18551					

B	C	N° PLANTAS	TIEMPO LLENADO CINTA (min)	DESCARGA CINTA (cc/min)	LITROS DE SOLUCIÓN MADRE	PRESIÓN (PSI) DE MAQUINA	TIEMPO DE DESCARGA DE SOLUCION (min)
3	1	1858	1:18	14,3	27,9	15	2:30
	2	2027	1:06	17,6	30,4	15	2:50
	3	2153	1:06	18,0	32,3	10	3:00
	4	2288	1:10	18,0	34,3	10	3:20
	5	2345	1:22	17,0	35,2	10	3:30
	6	1992	2:00	17,0	29,9	10	3:00
Total plantas		12663					
4	1	1480	2:30	24,3	22,2	10	2:20
	2	1750	1:00	18,3	26,3	10	2:35
	3	1964	1:12	17,0	29,5	10	3:00
	4	1872	0:58	17,5	28,1	10	2:40
	5	1504	0:50	21,0	22,6	10	2:15
Total plantas		8570					
5	1	910	1:00	21,0	13,7	10	3:00
	2	1103	1:05	20,5	16,5	10	3:00
	3	1354	1:12	19,8	20,3	10	3:05
	4	1496	1:17	14,8	22,4	10	3:00
	5	1610	1:18	13,3	24,2	10	3:05
	6	1784	1:24	20,8	26,8	10	3:00
	7	1867	1:27	19,3	28,0	10	3:05
	8	1891	1:39	17,3	28,4	10	3:00
	9	1978	1:44	21,0	29,7	10	3:05
	10	2014	1:49	22,8	30,2	10	3:00
Total plantas		16007					
6	1	572	1:05	22,0	8,6	10	3:05
	2	790	1:20	21,8	11,9	10	3:00
	3	879	1:06	21,8	13,2	10	3:05
	4	1027	2:17	21,9	15,4	10	3:00
	5	1148	1:06	21,3	17,2	10	3:05
	6	1241	0:58	22,6	18,6	10	3:00
	7	1450	1:56	22,2	21,8	10	3:05
	8	1507	0:51	20,3	22,6	10	3:00
	9	1618	1:10	22,6	24,3	10	3:05
	10	1786	1:15	20,2	26,8	10	3:00
	11	2156	1:20	20,6	32,3	10	3:05
	12	1550	1:00	22,2	23,3	10	3:00
	13	1377	0:50	20,6	20,7	10	3:05
Total plantas		17101					

B	C	N° PLANTAS	TIEMPO LLENADO CINTA (min)	DESCARGA CINTA (cc/min)	LITROS DE SOLUCIÓN MADRE	PRESIÓN (PSI) DE MAQUINA	TIEMPO DE DESCARGA DE SOLUCION (min)
7	1	561	0:57	21,9	8,4	10	3:05
	2	783	0:57	22,8	11,7	10	3:00
	3	829	1:40	22,3	12,4	10	3:05
	4	919	1:40	22,9	13,8	15	3:00
	5	1267	1:42	22,8	19,0	15	3:05
	6	1385	1:42	20,5	20,8	15	3:00
	7	1545	1:50	22,3	23,2	15	3:05
	8	1756	1:09	20,7	26,3	15	3:00
	9	1921	1:36	21,3	28,8	15	2:50
	10	2063	1:40	22,0	30,9	10	3:05
	11	2109	1:40	22,5	31,6	10	3:15
	12	2386	2:02	22,1	35,8	10	3:35
	13	2665	2:00	21,8	40,0	10	4:00
	14	2808	3:36	22,9	42,1	10	4:20
	15	2609	2:30	22,9	39,1	10	4:00
Total plantas		25606					
8	1	1568	0:58	21,0	23,5	10	3:05
	2	1674	1:08	22,9	25,1	10	3:00
	3	1710	1:11	20,8	25,7	10	3:05
	4	1856	1:14	21,6	27,8	15	3:00
	5	1978	1:27	22,9	29,7	15	3:05
	6	2053	1:31	22,7	30,8	15	3:00
	7	2187	1:47	22,4	32,8	15	3:05
	8	2236	1:50	22,2	33,5	15	3:00
	9	2364	1:53	22,4	35,5	15	2:50
	10	2547	2:04	22,3	38,2	10	3:05
	11	2692	2:28	20,4	40,4	10	3:15
	12	2823	3:03	21,7	42,3	10	3:35
	13	3006	3:13	22,0	45,1	10	4:00
Total plantas		28694					
9	1	1650	1:01	20,5	24,8	10	3:00
	2	1784	1:22	20,9	26,8	10	3:00
	3	1898	1:28	21,6	28,5	10	3:05
	4	1978	1:41	21,9	29,7	15	3:00
	5	2112	1:47	21,6	31,7	15	3:05
	6	2248	1:53	21,0	33,7	15	3:00
	7	2402	2:00	21,7	36,0	15	3:05
	8	2576	2:03	21,8	38,6	15	3:00
	9	2699	2:22	21,0	40,5	15	2:50
	10	2763	2:37	20,7	41,4	10	3:05
	11	2922	2:42	20,8	43,8	10	3:00
	12	3112	3:12	20,1	46,7	10	3:00
	13	3287	3:13	21,5	49,3	10	3:00
Total plantas		31431					

B	C	N° PLANTAS	TIEMPO LLENADO CINTA (min)	DESCARGA CINTA (cc/min)	LITROS DE SOLUCIÓN MADRE	PRESIÓN (PSI) DE MAQUINA	TIEMPO DE DESCARGA DE SOLUCION (min)
10	1	1389	0:57	21,8	20,8	10	3:00
	2	1465	1:26	21,7	22,0	10	3:00
	3	1634	1:29	21,2	24,5	10	3:05
	4	1854	1:52	21,6	27,8	15	3:00
	5	2003	2:21	20,1	30,0	15	3:05
	6	2123	2:24	20,5	31,8	15	3:00
	7	2254	2:30	20,9	33,8	15	3:05
	8	2402	2:54	20,2	36,0	15	3:00
	9	2612	3:10	21,6	39,2	15	2:50
Total plantas		17736					
11	1	1458	1:00	20,4	21,9	10	3:00
	2	1621	1:11	20,6	24,3	10	3:00
	3	1784	1:49	20,7	26,8	10	3:05
	4	1872	2:05	21,6	28,1	15	3:00
	5	1987	2:21	21,9	29,8	15	3:05
	6	2115	2:29	21,6	31,7	15	3:00
	7	2245	2:39	20,7	33,7	15	3:05
	8	2397	2:48	21,8	36,0	15	3:00
Total plantas		15479					
12	1	1613	2:30	21,4	24,2	10	3:00
	2	1798	1:00	20,6	27,0	10	3:00
	3	2006	1:12	21,7	30,1	10	3:05
	4	2229	0:58	21,8	33,4	15	3:00
Total plantas		7646					

Cuadro 14. Resultados aforo de máquina.

AFORO MAQUINA	
PSI	DESCARGA (Litros por minuto - LPM)
5	10
10	12
15	17

4.3 OTRAS ACTIVIDADES

En el transcurso de la práctica profesional se realizaron actividades de extensión rural con el intercambio de experiencias sobre el cultivo de fresa, figura 88.

Figura 88. Visitas a la finca Campamento, intercambio de experiencias sobre el cultivo de fresa.



Se tuvo una visita de técnicos del país de Chile, donde se intercambiaron experiencias del cultivo de fresa sobre, manejo técnico, planes de nutrición y fertirrigación. Expresaron que las condiciones climáticas que se encuentran en Colombia son distintas y se pensaría que no es apto para producciones de fresa, sin embargo, se puede producir a lo largo de todo el año, lo que no es posible en Chile, ya que su clima se destaca por ser mediterráneo, lo que genera que se den las 4 estaciones a lo largo del año, limitando producciones en tiempo de invierno. Resaltaron que las topografías presentes muestran grandes diferencias de altura, algo poco visto en las producciones de Chile, donde el desnivel no supera el 5%, por ende, los sistemas de riego son sistematizados de una mejor manera; destacaron que el sistema de riego que fue implementado en la finca Campamento, en condiciones de ladera fue un gran avance y cumple con las condiciones para realizar planes de fertirrigación. Asesoraron acerca del proceso de fertirrigación y la importancia de que se tuvieran herramientas de medición como: pH-metro, conductímetro y tensiómetro como primordial, para realizar seguimientos de las aplicaciones, con la cantidad correcta de nutrientes a la planta. Lo cual fue una guía impórtate para el desarrollo de la presente práctica.

La parcela demostrativa fue visitada por estudiantes del programa de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad del Cauca y de productores de la región, en donde se compartió la experiencia del sistema de riego en ladera implementado, los procesos de fertirrigación, manejo del cultivo, mejoras en producción, mejoras en eficiencia y mayores rentabilidades del cultivo en la región. Al analizar los costos se mostró que, a partir de un buen manejo de las producciones de fresa, se pueden generar rendimientos hasta de un 50% en un año productivo y que con la implementación de sistemas de fertirrigación se puede generar un ahorro alrededor del 26 % en costos de mano de obra, comparado con el sistema de riego tradicional.

4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el siguiente análisis económico se describen los costos de implementación del sistema de riego con fertirrigación, los costos de mano de obra del sistema de fertirrigación y sistema tradicional drench, costos de producción y las ganancias que se obtuvieron.

4.4.1 Costos implementación sistema de riego con fertirrigación. En el cuadro 15. se presentan los costos de implementación del sistema de riego con fertirrigación que se realizó en el presente estudio. En el anexo E. se especifican a detalle los valores de cada ítem.

Cuadro 15. Costos sistema de riego con fertirrigación.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL PARA 4,3 HAS	VALOR TOTAL POR HA
1	Reservorio de 672 m3 con capacidad para 621.600 litros (para 4,3 hectáreas de cultivo)	\$ 8.118.000	\$ 1.887.907
2	Sistema de riego	\$ 59.304.633	\$ 13.791.775
3	Adaptaciones sistema de inyección fertirriego	\$ 5.139.919	\$ 1.195.330
4	Motobomba	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000
5	Tanque de mezcla 5200 litros (para 4,3 hectáreas de cultivo)	\$ 3.547.450	\$ 824.988
	COSTOS TOTALES	\$ 78.460.002	\$ 20.050.000

4.4.2 Costos de mano de obra sistema de fertirrigación y sistema tradicional drench. Se tuvieron en cuenta las siguientes especificaciones:

- La actividad de fertirrigación fue realizada por 2 personas (una que controlaba la motobomba y otra que hacía la aplicación en campo), las cuales para 1 hectárea se demoraban un tiempo estimado de medio día laboral (total para la actividad 1 jornal). La fertirrigación era realizada 2 veces a la semana.
- La actividad de aplicación tradicional en drench era realizada por 8 personas, las cuales para 1 hectárea se demoraban un tiempo estimado de un día laboral (total para la actividad 8 jornales). Esta se realizaba cada 15 días.

En el cuadro 16. se presentan los costos de mano de obra en el uso del sistema de fertirrigación, incluyendo adaptaciones necesarias para esta actividad, frente al sistema tradicional Drench. En el anexo F. se especifican a detalle los valores de cada ítem.

Cuadro 16. Costos de mano de obra en el uso del sistema de fertirrigación, frente al sistema tradicional Drench a un año.

COSTOS EN UN AÑO (52 Semanas)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL POR HA	VALOR TOTAL POR PARA 4,3 HAS
1	FERTIRRIGACIÓN 2 VECES A LA SEMANA				
1,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con fertirriego en 1 Ha.	52	\$ 35.000	\$ 1.820.000	\$ 7.826.000
1,2	Costos adaptaciones sistema de inyección fertirriego para 1 Ha.	1	\$ 1.195.330	\$ 1.195.330	\$ 5.139.919
1,3	Motobomba Diesel 3x3 10hp instalada	1	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000
	TOTAL			\$ 5.365.330	\$ 15.315.919

2	MANEJO TRADICIONAL EN DRENCH CADA 15 DIAS				
2,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con manejo tradicional en drench para 1 Ha.	208	\$ 35.000	\$ 7.280.000	\$ 31.304.000
Ahorro				\$ 1.914.670	\$ 15.988.081
% Ahorro				26,3	
Ahorro en SMMLV para el año 2022.				1,9	16

Al comparar los costos de mano de obra en el uso del sistema de fertirrigación, incluyendo los costos de implementación del mismo, frente al sistema tradicional drench, del cuadro podemos deducir que: Los costos de mano de obra con el sistema de fertirrigación fueron menores, indicando una disminución de \$1.914.670 por hectárea, lo que significa un ahorro del 26.3%.

4.4.3 Costos de producción. En el cuadro 17, se presentan los costos de producción en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) para el presente estudio, teniendo en cuenta la etapa de implementación del cultivo y la de producción por separado, para tener una mejor perspectiva de cada uno de los costos. En el anexo G. se especifican a detalle los valores de cada ítem.

Cuadro 17. Costos de producción en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*).

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL POR PLANTA	VALOR TOTAL POR HA	VALOR TOTAL PARA 4,3 HAS
1	Costos de implementación (Primeros 5 meses)	\$ 2.300	\$ 115.000.000	\$ 494.500.000
2	Costos en producción a 1 año	\$ 1.560	\$ 78.000.000	\$ 335.400.000
COSTOS TOTALES		\$ 3.860	\$ 193.000.000	\$ 829.900.000

Elaboró: Karol Marcela Salazar, *Sofia Calderon, **Damian Legarda, 2022.

4.4.4 Ganancias. En el cuadro 18, se presentan las ganancias en la producción durante la etapa productiva de 1 año además de los 0,42 años de etapa de implementación, figura 4. en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) para el presente estudio. Estas equivalen a la diferencia entre las ventas y costos totales.

Cuadro 18. Ganancias totales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL, POR PLANTA	TOTAL, POR HA	TOTAL, PARA 4,3 HAS
1	PRODUCCIÓN TOTAL EN KG			
1,1	Producción de fruta	2	100.000	430.000
2	VENTAS POR KG (Precio 1 kg de fresa en fresco = \$ 2.800)			
2,1	Venta de fruta en fresco	\$ 5.600	\$ 280.000.000	\$ 1.204.000.000
3	GANANCIAS			
3,1	Ganancias totales	\$ 1.740	\$ 87.000.000	\$ 374.100.000

Elaboró: Karol Marcela Salazar, *Sofia Calderon, **Damian Legarda.

Del anterior cuadro podemos deducir que: las ganancias para una hectárea en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) del presente estudio están alrededor de los \$87.000.000, lo que significa ganancias de aproximadamente el 31%.

* Estudiante de Ingeniería Agropecuaria, Universidad del Cauca.

** Técnico encargado finca Campamento, Líbano – Sotará.

5 CONCLUSIONES

La densidad de siembra es un factor importante en los cultivos de fresa (*Fragaria* sp.) en zonas de altas pluviosidades. La disminución de 60.000 a 50.000 plantas por hectárea permitió un mejor desarrollo de la planta, disminución de problemas fitosanitarios y un mejor manejo en labores de cosecha, obteniendo así frutas de mejor calidad, sin afectar la producción, factor importante que permitió llegar a rendimientos de hasta del 50%.

A partir de la exploración de nuevo material genético, se concluye que, para las condiciones medioambientales de la zona de estudio, las variedades San Andreas y Petaluma son las de mejor adaptación, obteniendo producciones con aumentos hasta del 42,8% y buena calidad de fruta llamativa al mercado. Se resalta que la variedad Petaluma requiere mayor exigencia en su manejo y requerimientos nutricionales en comparación con San Andreas, que se mostró un poco más rustica en estos aspectos.

A partir de las practicas implementadas en el cultivo y descritas en el presente estudio (Planeación, organización, plan de fertirrigación, nutricional, fitosanitario y manejo pos-cosecha), se logró un aumento en los rendimientos del cultivo de fresa llegando a 100 ton/ha, superando en un 316% los rendimientos nacionales (24 ton/ha), en un 165% al departamento de Caldas que registra el mayor rendimiento nacional (37,71 ton/ha) y en un 509% al departamento del Cauca (16,41 ton/ha).

La metodología propuesta en el presente estudio para el diseño e implementación de sistemas de riego en ladera crean las condiciones adecuadas de funcionamiento, permitiendo no solo un apropiado riego, sino la implementación de planes de fertirrigación en zonas con topografías pronunciadas.

El intercambio de experiencias entre productores, estudiantes y profesionales del sector agrario es fundamental en la transferencia de conocimientos y tecnologías a partir de la academia y las labores empíricas, con nuevas prácticas que conlleven a mejoras en producción, en eficiencia y generen mayores rentabilidades en cultivos de la región.

Los sistemas de fertirrigación generan al productor un ahorro en mano de obra del 26,3% respecto al sistema tradicional drench, disminuyendo los costos en mano de obra en \$1.914.670 pesos por hectárea, y que en SMMLV colombianos para el año

2022, serian un ahorro de 1.9 SMMLV. En el área total cultivada en la presente práctica de 4,3 hectáreas el ahorro fue de 15.9 SMMLV colombianos.

Los costos de producción en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*) ascienden a los 193 SMMLV colombianos por hectárea para el año 2022, siendo un cultivo que requiere alta inversión. Con el manejo adecuado y prácticas como las realizadas en el presente estudio, las ganancias alcanzan aproximadamente los 87 SMMLV colombianos, lo que significa ganancias de aproximadamente el 31%.

6 RECOMENDACIONES

Dado que en los cultivos tradicionales de fresa (*Fragaria spp.*), que se han llevado a cabo durante varios años en la zona norte del municipio de Sotará y área de influencia del presente estudio, se realizan sin mayores consideraciones técnicas, se recomienda que para la implementación de nuevas áreas de producción se adopten las siguientes consideraciones:

- Definir variedades que se adapten a la zona de implementación, sus consideraciones técnicas y la disponibilidad de plántulas madre en el mercado internacional.
- Determinar densidades de siembra que no sobrepasen las 55.000 plantas por hectárea, lo recomendado para zonas de altas pluviosidades según el presente estudio es de 50.000 plantas por hectárea.
- Definir planes nutricionales y fitosanitarios acorde a las necesidades de la planta y las condiciones medioambientales de la zona; tomar en cuenta el propuesto en el presente estudio.
- Seguir la metodología propuesta en el presente estudio para el diseño e implementación de sistemas de riego y fertirrigación en cultivos bajo condiciones de ladera.
- Realizar análisis físico-químico de suelo y agua, que permitan tener mayores consideraciones técnicas en la implementación de sistemas de fertirrigación generando mayor precisión y eficiencia en el cultivo.
- Implementar barreras vivas al redor de los lotes que permitan proteger al cultivo contra la acción del viento y control de erosión del suelo, así como una transición para realizar sistemas integrados de producción con rotación e implementación de nuevos procesos productivos acorde a las condiciones medioambientales de la zona.
- Realizar estudios de validación científica para la metodología implementada en la presente práctica profesional.
- Implementación de estaciones meteorológicas en la región para tener parámetros técnicos y datos acertados acerca de las condiciones climatológicas de la región, logrando optimizar las distintas producciones.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE SOTARÁ, CAUCA. SECRETARIA DE PLANEACIÓN. sitio Oficial de Sotará Cauca, Colombia [en línea]. Sotará, Cauca: 2022 [citado el 10 de enero de 2022]. Disponible en internet en: <http://www.sotara-cauca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

_____. CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Manual Fresa. Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial [en línea]. Bogotá, Colombia: 2015. p. 13-14 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://www.ccb.org.co/content/download/13732/file/Fresa.pdf>

BOLDA, Mark.; DARA, Surendra.; FALLON, Julie.; SÁNCHEZ Misael y PETERSON, Kevin. Manual de Producción de Fresa para los Agricultores de la Costa Central [en línea]. Universidad de California, Extensión Cooperativa del Condado de Santa Bárbara. Segunda edición en español, California: 2015. p 12 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://cesantabarbara.ucanr.edu/files/228580.pdf>

BONET, Julio. Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en *Fragaria* diploide para la mejora de cultivo de fresa [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Bellaterra – Barcelona: 2010. p 5-6 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/42009/jbg1de1.pdf;jsessionid=C07A5C343F669A506A6BA8E6CBE843A3?sequence=1>

CALDERÓN, Luz; ANGULO, Diana; RODRÍGUEZ, Daniel; GRIJALBA y Carlos. PÉREZ, María. Evaluación de materiales para el acolchado de La Fresa cultivada bajo invernadero. En: Revista Facultad De Ciencias Básicas [en línea]. vol. 9, No. 1. Universidad Militar Nueva Granada. Cajicá, Cundinamarca: marzo de 2013. p 8-19. [Citado: enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/352>

CONTRERAS, R.M. Guía para el diagnóstico y control de enfermedades de plantas. Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras, Segunda edición 2004. 98p.

COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE FRESA DE SOTARÁ – FRESOTA. Cauca, Sotará: 2020. [Citado el 15 de julio de 2020].

CÓRTEZ, Ronny. Propuesta técnica-ambiental para asegurar la inocuidad de fresas cultivadas en Cartago, Costa Rica [en línea]. Tesis Mg. Universidad para la Cooperación Internacional. San José, Costa Rica: junio, 2011. p 110-111 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <http://www.uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGMIA72.pdf>

_____. EUROSEMILLAS. Variedades de fresa. En: eurosemillas.com [en línea]. [Citado: 20, septiembre, 2020]. Disponible en internet: <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa/item/26-monterrey.html>

FERRIOL, Xenia. Propiedades nutritivas y otras curiosidades de la fresa. En: Revista CitriFrut [En línea], vol 27, No. 2. La Habana, Cuba: 2010, p. 72 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifruta/Citrus%20202010/RCA11_27_2_%202010.pdf

_____. FERTIRRIGACIÓN. Noticias e información técnica para producir más y menor. [Citado: 15, diciembre, 2021]. Disponible en internet en: <https://www.fertirrigacion.com/que-es-la-fertirrigacion/>

GIMENEZ, Gustavo.; PAULLIER, Jorge.; MAESTO, Diego. Identificación y manejo de las principales enfermedades y plagas en el cultivo de frutilla [en línea]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) – Boletín N° 82 ISBN 9974-38-180-0. Santiago, Chile: 2003. p 9-31 [Citado: Junio, 2022]. Disponible en internet: <http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/111219240807161309.pdf>

HURTADO, M. Productor de fresas. Revista For-export, 1996. 11p.
LÓPEZ, José. El cultivo de la fresa en Huelva. En: Junta de Andalucía. Consultoría de Agricultura y Pesca de España. La fresa en Huelva. España, 2008. 103-177p.

_____. INFOAGRO. Conductividad eléctrica. En: InfoAgro.com [en línea]. [Citado: 8, enero, 2022]. Disponible en internet en: https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53

_____. INGENIERÍA AGRÍCOLA. La frutilla, manejo básico del cultivo [en línea]. 2008 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://www.ingenieriaagricola.cl>

_____. INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA – IICA. Manual Práctico de Fertirrigación [en línea]. Costa Rica: 2016. p 16-17 [Citado: enero, 2022]. Disponible en internet: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6947>

MÁRQUEZ, Morela. La gestión administrativa de las empresas agropecuarias de los municipios San Fernando y Biruaca del Estado Apure, en Venezuela. En: Revista Mexicana de Agronegocios [en línea], vol. VI, No. 10. Torreón, México: enero – junio, 2002, p. 324-335 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://www.redalyc.org/pdf/141/14101002.pdf>

MENDIETA, Antonio. Distribución Espacial de Nutrientos en la Solución del Suelo para la Producción Intensiva de Fresa [en línea]. Colegio de Postgraduados. Estado de México, México: 2011. 6-7p [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://mx.123dok.com/document/dy4g040y-distribucion-espacial-de-nutrientos-en-la-solucion-del-suelo-para-la-produccion-intensiva-de-fresa.html>

MENÉNDEZ, Juan. *Fragaria vesca*. En: Asturnatura.com [en línea]. España: 19, noviembre, 2007. [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <http://www.asturnatura.com/especie/fragaria-vesca.html>

_____. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR. Cadena Nacional de la Fresa [en línea]. Bogotá, Colombia: julio, 2021, p. 2-9 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

_____. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL - MADR. Cadena Nacional de la Fresa [en línea]. Bogotá, Colombia: octubre, 2018, p. 2-10 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/2018-10-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf#search=fresa>

MOLINA, Eloy. Fertilización de Fresa [en línea]. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Costa Rica: 2018. p 4 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/FERTILIZACION%20DE%20FRESAS%20018.pdf>

MOLINA, Eloy.; SALAS, Rafael y CASTRO, Aquiles. Curva de Crecimiento y Absorción de Nutrientos en Fresa (*Fragaria x ananasa* cv. Chandler) en Alajuela. En: Revista Agronomía Costarricense [en línea]. vol. 17, No. 1. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos – Universidad de Costa Rica. Costa Rica: 1993. p 67 -73 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: https://www.mag.go.cr/rev_agr/v17n01_067.pdf

MORALES, Carmen.; RIQUELME, Juan.; FRANCE, Andrés.; PEDREROS, Alberto.; URBE, Hamil y ABARCA, Patricio. Manual de manejo agronómico de la frutilla [en línea]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) – Boletín N° 17 ISSN 0717 – 4829. Santiago, Chile: 2017. p 24-82 [Citado: enero, 2022]. Disponible en internet: <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf>

PATIÑO, Diana.; GARCÍA, Eliana.; BARRERA, Elizabeth y QUEJADA, Orlando. Manual Técnico del Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas [en línea].

Gobernación de Antioquia, secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Editorial Francisco Vélez. Medellín, Colombia: 2014. p 9-14 [citado enero, 2022]. Disponible en internet en: <https://www.slideshare.net/GiusmaryVitulli1/fresa-bpa-1>

SANCHEZ, Tatiana.; SIMONNE, Eric and OZORES-HAMPTON, Monica. A glossary of drip irrigation terms and their translations in english [online]. IFAS Extension. Horticultural Sciences Department, program area: Agriculture Water. University of Florida: 2011. Disponible en internet en: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/hs1192>

_____. SERVICIO DE ASESORAMIENTO AL REGANTE DE CASTILLA, LA MANCHA – SIAR. Fertirrigación. Hoja Informativa N° 11. Universidad Castilla-La Mancha [en línea]. España: 2005. p 1-8 [Citado: enero, 2022]. Disponible en internet en: https://docplayer.es/11583015-Siar-castilla-la-mancha.html#tab_1_1_2

TERÁN, Felipe. Riegos y drenajes para Ingenieros Agropecuarios. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán: mayo, 2018. 149-172p.

ANEXOS

Anexo A. Tabla Factor F.

FACTOR F

NUMERO DE SALIDAS	$x = S$	$x = S/2$	NUMERO DE SALIDAS	$x = S$	$x = S/2$
1	1,000	1,000	17	0,380	0,362
2	0,639	0,518	18	0,379	0,361
3	0,535	0,441	19	0,377	0,361
4	0,486	0,412	20	0,376	0,360
5	0,457	0,397	22	0,374	0,359
6	0,435	0,387	24	0,372	0,359
7	0,425	0,381	26	0,370	0,358
8	0,415	0,377	28	0,369	0,357
9	0,409	0,374	30	0,368	0,357
10	0,402	0,371	35	0,365	0,356
11	0,397	0,369	40	0,364	0,355
12	0,394	0,367	50	0,361	0,354
13	0,391	0,366	60	0,359	0,353
14	0,387	0,365	80	0,357	0,352
15	0,384	0,364	100	0,356	0,352
16	0,382	0,363	>100	0,351	0,351

Fuente: Terán, 2018.

Anexo B. Tabla de pérdidas de carga por razonamiento. Tubería goteo.

PERDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO EN TUBERIA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (en mca/1.000 m) (Prandtl-Colebrook)

CAUDAL litros/seg.	DIAMETROS NOMINAL E INTERIOR (en mm)							
	12(10,3)	16(13,2)	20(16)	25(21)	32(28)	40(35,2)	50(44)	63(55,4)
0,02	14,30	4,47	5,81					
0,04	46,40	14,40	11,58	1,63				
0,06	93,29	28,76	19,00	3,22				
0,08	153,99	47,29	27,89	5,25	2,36			
0,10	227,68	69,65	38,29	7,69	1,98	0,68		
0,12	313,98	95,78	50,08	10,53	2,71	0,92		
0,14	412,67	125,44	63,28	13,74	3,52	1,20		
0,16		158,77	77,77	17,33	4,43	1,51	0,53	
0,18		195,43	93,57	21,26	5,43	1,84	0,65	
0,20		235,46	110,76	25,55	6,52	2,21	0,77	
0,22		278,92	129,16	30,18	7,69	2,60	0,91	
0,24		325,55	148,75	35,15	8,94	3,02	1,06	
0,26		375,51	169,65	40,47	10,28	3,47	1,21	0,41
0,28		428,74	191,84	46,08	11,69	3,95	1,37	0,47
0,30		485,10	215,14	52,06	13,19	4,45	1,55	0,52
0,32			239,73	58,31	14,77	4,98	1,73	0,58
0,34			265,53	64,90	16,42	5,53	1,92	0,65
0,36			292,42	71,80	18,15	6,11	2,12	0,72
0,38			320,52	79,02	19,96	6,71	2,33	0,79
0,40			349,81	86,54	21,84	7,34	2,55	0,86
0,42			380,31	94,37	23,80	7,99	2,77	0,93
0,44			412,00	102,53	25,83	8,67	3,00	1,01
0,46			444,70	110,96	27,93	9,37	3,25	1,09
0,48			478,69	119,66	30,11	10,10	3,49	1,17
0,50				128,69	32,36	10,85	3,75	1,26
0,54				147,68	37,08	12,42	4,29	1,44
0,60				178,26	44,69	14,95	5,16	1,73
0,64				200,15	50,11	16,75	5,78	1,93
0,70				235,07	58,77	19,62	6,76	2,26
0,74				259,77	64,88	21,65	7,46	2,49
0,80				298,95	74,56	24,86	8,55	2,85
0,84				326,47	81,35	27,10	9,32	3,11
0,90				369,85	92,03	30,63	10,53	3,51
0,94				400,14	99,47	33,10	11,37	3,79
1,00				447,63	111,14	36,95	12,68	4,22
1,10					131,89	43,79	15,01	4,99
1,20					154,24	51,15	17,52	5,82
1,30					178,19	59,02	20,20	6,71
1,40					203,71	67,41	23,05	7,64
1,50					230,80	76,29	26,06	8,64
1,60					259,43	85,67	29,25	9,69
1,70					289,62	95,55	32,59	10,79
1,80					321,32	105,92	36,10	11,94
1,90						116,77	39,77	13,15
2,00						128,10	43,60	14,40
2,10						139,92	47,60	15,71

Continuación

CAUDAL litros/seg.	DIAMETROS NOMINAL E INTERIOR (en mm)							
	12(10,3)	16(13,2)	20(16)	25(21)	32(28)	40(35,2)	50(44)	63(55,4)
2,20						152,22	51,75	17,07
2,30						164,99	56,05	18,49
2,40						178,23	60,51	19,95
2,50						191,94	65,13	21,46
2,60						206,13	69,91	23,02
2,70						220,77	74,83	24,63
2,80						235,89	79,91	26,29
2,90							85,15	28,00
3,00							90,53	29,76
3,50							119,71	39,27
4,00							152,61	49,97
4,50							189,18	61,83
5,00								74,84
5,50								88,99
6,00								104,27
6,50								120,76
7,00								138,15

Fuente: Terán, 2018.

Anexo C. Plan de fertilización en Fresa (*Fragaria sp.*)

PLAN DE FERTILIZACIÓN EN FRESA									
Plantas por hectarea	50.000								
Relación	5 plantas/m2								
ABSORCIÓN EN mg/planta									
SEMANA	N	CaO	K2O	MgO	P2O5	Fe	Cu	Zn	Mn
1	14,93	19,936	38,837	14,773	9,172	1,31	0,06	0,12	0,34
3	45,36	46,936	59,286	25,948	28,548	1,44	0,1	0,2	0,64
5	61,33	65,497	99,858	18,702	26,645	4,2	0,2	0,24	0,72
8	115,7	33,422	124,97	16,049	26,232	2,73	0,09	0,34	0,87
11	265,13	165,66	248,24	59,837	48,589	4	0,26	0,8	2,71
14	457,45	275,02	513,35	159,48	157,05	8,57	0,32	0,78	4,17
16	642,16	396,5	635,25	103,77	178,21	8,95	0,39	1,47	2,85
18	745,03	661,27	951,36	201,46	216,28	17,51	0,54	1,35	7,1
22	699,67	663,17	656,1	149,42	276,15	33,71	0,51	3,31	6,68
24	918,14	789,89	967,86	159,1	321,5	44,16	0,59	5,55	7,91
26	595,41	891,29	746	180,47	213,25	30,05	0,98	3,3	11,55
28	1037,72	1398,3	1209,9	315,05	331,64	79,76	1,73	6,46	18,21
30	644,09	853,68	614,98	170,62	157,02	23,4	0,65	4,13	6,01
Fuente: Molina et al., 1993.									

Continuación,

ABSORCIÓN EN Kg/Ha									
SEMANA	N	CaO	K2O	MgO	P2O5	Fe	Cu	Zn	Mn
1	0,7465	0,9968	1,9419	0,7386	0,4586	0,0655	0,003	0,006	0,017
3	2,268	2,3468	2,9643	1,2974	1,4274	0,072	0,005	0,01	0,032
5	3,0665	3,2748	4,9929	0,9351	1,3322	0,21	0,01	0,012	0,036
8	5,785	1,6711	6,2485	0,8025	1,3116	0,1365	0,0045	0,017	0,0435
11	13,2565	8,2828	12,412	2,9919	2,4294	0,2	0,013	0,04	0,1355
14	22,8725	13,751	25,668	7,9742	7,8524	0,4285	0,016	0,039	0,2085
16	32,108	19,825	31,763	5,1887	8,9106	0,4475	0,0195	0,0735	0,1425
18	37,2515	33,063	47,568	10,073	10,814	0,8755	0,027	0,0675	0,355
22	34,9835	33,158	32,805	7,4709	13,807	1,6855	0,0255	0,1655	0,334
24	45,907	39,494	48,393	7,9551	16,075	2,208	0,0295	0,2775	0,3955
26	29,7705	44,564	37,3	9,0237	10,662	1,5025	0,049	0,165	0,5775
28	51,886	69,917	60,496	15,753	16,582	3,988	0,0865	0,323	0,9105
30	32,2045	42,684	30,749	8,5312	7,8512	1,17	0,0325	0,2065	0,3005
TOTAL NUTRIENTES REQ	312,106	313,03	343,3	78,735	99,514	12,99	0,321	1,4025	3,488

Continuación,

REQUERIMIENTOS ETAPA VEGETATIVA (Kg/Ha)									
APLICACIONES	N	CaO	K2O	MgO	P2O5	Fe	Cu	Zn	Mn
1 APLICACIÓN	6,081	6,61844	9,89908	2,97114	3,21823	0,3475	0,018	0,028	0,085
2 APLICACIÓN	5,785	1,67111	6,24853	0,80247	1,3116	0,1365	0,0045	0,017	0,0435
3 APLICACIÓN	13,2565	8,28278	12,4121	2,99186	2,42943	0,2	0,013	0,04	0,1355
4 APLICACIÓN	22,8725	13,7508	25,6677	7,97415	7,85238	0,4285	0,016	0,039	0,2085
5 APLICACIÓN	32,108	19,8252	31,7626	5,18871	8,9106	0,4475	0,0195	0,0735	0,1425
6 APLICACIÓN	37,2515	33,0633	47,568	10,0732	10,8138	0,8755	0,027	0,0675	0,355
7 APLICACIÓN	34,9835	33,1584	32,8049	7,47095	13,8073	1,6855	0,0255	0,1655	0,334
8 APLICACIÓN	45,907	39,4945	48,3928	7,95508	16,0751	2,208	0,0295	0,2775	0,3955
9 APLICACIÓN	29,7705	44,5644	37,3002	9,02367	10,6625	1,5025	0,049	0,165	0,5775
10 APLICACIÓN	32,2045	42,6842	30,7492	8,53124	7,85123	1,17	0,0325	0,2065	0,3005
TOTAL NUTRIENTES REQ. ETAPA VEGETATIVA	260,22	243,113	282,805	62,9824	82,9321	9,0015	0,2345	1,0795	2,5775
Nota	Una aplicación se realiza cada 15 día.								
Nota	Para el manejo de fertirrigación se dividen los requerimientos de cada aplicación por el número de veces que se realizara esta actividad en los 15 días.								

Continuación,

EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN Kg/Ha								
N	CaO	K2O	MgO	P2O5	Fe	Cu	Zn	Mn
150	14,4	199	6	13,2				
Fuente: Molina, 2018.								

Ton. Fruta esperada en el ciclo productivo	100	Meta propuesta para el cultivo de fresa en El Libano, Sotará							
Aplicaciones totales etapa productiva	26								
	N	CaO	K2O	MgO	P2O5	Fe	Cu	Zn	Mn
REQ. POR APLICACIÓN	5,769230769	0,55385	7,65385	0,23077	0,50769				
REQUERIMIENTOS ETAPA PRODUCTIVA									
APLICACIONES	N	CaO	K2O	MgO	P2O5	Fe	Cu	Zn	Mn
11-18 APLICACIÓN	37,97373077	43,238	38,403	8,76201	8,35892	1,17	0,0325	0,2065	0,3005
19-21 APLICACIÓN	57,65523077	70,471	68,1497	15,9834	17,0895	3,988	0,0865	0,323	0,9105
22-29 APLICACIÓN	37,97373077	43,238	38,403	8,76201	8,35892	1,17	0,0325	0,2065	0,3005
30-32 APLICACIÓN	57,65523077	70,471	68,1497	15,9834	17,0895	3,988	0,0865	0,323	0,9105
33-36 APLICACIÓN	37,97373077	43,238	38,403	8,76201	8,35892	1,17	0,0325	0,2065	0,3005
TOTAL NUTRIENTES REQ. ETAPA PRODUCTIVA	1105,406	1287,59	1176,96	271,141	269,716	47,328	1,169	6,068	11,473

Elaboró: Plan nutricional elaborado por Karol Marcela Salazar, *Sofia Calderón & **Damian Legarda, 2021.

* Estudiante de Ingeniería Agropecuaria, Universidad del Cauca.

** Técnico encargado finca Campamento, Líbano – Sotará.

Anexo D. Plan Fitosanitario.

PLAN FITOSANITARIO EN FRESA - INGREDIENTES ACTIVOS	
1	2
Acondicionador de agua Adherente agrícola Propineb Procloraz	Acondicionador de agua Adherente agrícola Fosfitos Procimidona Carbendazim
3	4
Acondicionador de agua Adherente agrícola Procymidone Metiram	Acondicionador de agua Adherente agrícola Fosfitos Benomyl Fludioxonil + Ciprodinil
5	6
Acondicionador de agua Adherente agrícola Boscalid Clorotalonil	Acondicionador de agua Adherente agrícola Fosfitos Metiram + Pyraclostrobin Pyrimethanil
7	8
Acondicionador de agua Adherente agrícola Tiabendazol Captan	Acondicionador de agua Adherente agrícola Fosfitos Iprodione + Carbendazim Tebuconazole + Azoxistrobin

Elaboró: Plan fitosanitario elaborado por Karol Marcela Salazar, *Sofia Calderón & **Damian Legarda, 2021.

* Estudiante de Ingeniería Agropecuaria, Universidad del Cauca.

** Técnico encargado finca Campamento, Líbano – Sotará.

Anexo E. Costos sistema de riego con fertirrigación.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	RESERVORIO DE 672 M3 CON CAPACIDAD PARA 621.600 LTS (Para 4,3 Hectareas de cultivo)				
1,1	Excavación con retroexcavadora en material común	m3	672	\$ 9.000	\$ 6.048.000
1,2	Plástico negro para reservorio x 10 metros de ancho Calibre 8, incluye instalación	m	60	\$ 33.350	\$ 2.001.000
1,3	Tubo sanitario 2" x 6 mteros tipo pesado, incluye instalación	Unid	1	\$ 69.000	\$ 69.000
	SUBTOTAL				\$ 8.118.000
2	SISTEMA DE RIEGO PARA 1 HA				
2,1	Localización y replanteo	Ha	1	\$ 300.000	\$ 300.000
2,2	Filtro de anillos de 2"	Unid	1	\$ 101.000	\$ 101.000
2,3	Union pvc 2"	Unid	1	\$ 4.000	\$ 4.000
2,4	Reducción de 2" a 1" 1/2"	Unid	1	\$ 4.500	\$ 4.500
2,5	Agrotubo Diámetro 1" 1/2"	mL	760	\$ 2.950	\$ 2.242.000
2,6	Cinta de riego con espaciamento entre goteros de 10cm y caudal 1 LPS Calibre 8mm	mL	16667	\$ 425	\$ 7.083.475
2,7	Manguera de riego Calibre 16 mm	mL	330	\$ 475	\$ 156.750
2,8	Arrancador 16 mm dentado	Unid	660	\$ 750	\$ 495.000
2,9	Conector cinta manguera 16 mm	Unid	660	\$ 750	\$ 495.000
2,10	Llave de paso PVC de 1 1/2" lisa	Unid	17	\$ 13.500	\$ 229.500
2,11	Te rapida de agrotubo 1 1/2"	Unid	17	\$ 47.000	\$ 799.000
2,12	Codo rapida de agrotubo 1 1/2"	Unid	17	\$ 26.000	\$ 442.000
2,13	Union rapida de agrotubo 1 1/2"	Unid	21	\$ 28.500	\$ 598.500
2,14	Ventosa 1 1/2"	Unid	3	\$ 43.000	\$ 129.000
2,15	Manometro de glicerina 0-100 psi	Unid	3	\$ 55.000	\$ 165.000
2,16	Collarin de 1 1/2" a 1/2"	Unid	3	\$ 10.500	\$ 31.500
2,17	Buching metalico 1/2" a 1/4"	Unid	3	\$ 1.850	\$ 5.550
2,18	Neumaticós usados	Unid	5	\$ 1.000	\$ 5.000
2,19	Mano de obra, instalación accesorios	Global	1	\$ 505.000	\$ 505.000
	SUBTOTAL				\$ 13.791.775
3	ADAPTACIONES SISTEMA DE INYECCIÓN FERTIRRIEGO PARA 1 HA				
3,1	Tubo PVC presión 1/2" x 6 metros	Unid	29	\$ 13.500	\$ 391.500
3,2	Unión PVC presión 1/2"	Unid	33	\$ 350	\$ 11.550
3,3	Codo PVC presión 1/2"	Unid	10	\$ 650	\$ 6.500
3,4	Te PVC presión 1/2"	Unid	15	\$ 850	\$ 12.750
3,5	Buje soldado PVC de 1/2" a 3/4	Unid	1	\$ 650	\$ 650

3,6	Llave de paso PVC de 1/2" lisa	Unid	10	\$ 3.400	\$ 34.000
3,7	Llave de paso bronce 3/4	Unid	10	\$ 13.000	\$ 130.000
3,8	Pegante PVC en humedo x 1/4 galón	Unid	1	\$ 57.000	\$ 57.000
3,9	Acople roscado hembra para manguera estacionaria	Unid	19	\$ 6.000	\$ 114.000
3,10	Acople roscado macho para manguera estacionaria	Unid	3	\$ 6.000	\$ 18.000
3,11	Mini valvula detada 16 mm	Unid	17	\$ 2.500	\$ 42.500
3,12	Arrancador 16 mm dentado	Unid	17	\$ 750	\$ 12.750
3,13	Manguera de riego Calibre 16 mm	mL	1,2	\$ 375	\$ 450
3,14	Manguera para estacionaria	mL	1,2	\$ 3.900	\$ 4.680
3,15	Alambre dulce	Kg	1	\$ 6.000	\$ 6.000
3,16	Manometro de glicerina 0-30 psi	Unid	1	\$ 31.000	\$ 31.000
3,17	Llave de paso para manguera de estacionaria	Unid	1	\$ 11.000	\$ 11.000
3,18	Ye para manguera estacionaria	Unid	1	\$ 11.000	\$ 11.000
3,19	Mano de obra, instalación accesorios	Global	1	\$ 300.000	\$ 300.000
	SUBTOTAL				\$ 1.195.330
4	MOTOBOMBA				
4,1	Motobomba Diesel 3x3 10hp	Unid	1	\$ 2.150.000	\$ 2.150.000
4,2	Mano de obra, instalación motobomba	Global	1	\$ 200.000	\$ 200.000
	SUBTOTAL				\$ 2.350.000
5	TANQUE DE MEZCLA 5200 LTS (Para 4,3 Hectareas de cultivo)				
5,1	Mixto	m3	2,52	\$ 100.000	\$ 252.000
5,2	Cemento	Bulto	18	\$ 28.000	\$ 504.000
5,3	Acero	Kg	280	\$ 5.820	\$ 1.629.600
5,4	Formaleta, tabla 3 metros	Unid	20	\$ 8.000	\$ 160.000
5,5	Bastidores 4*4	Unid	8	\$ 4.000	\$ 32.000
5,6	Puntillas 2 1/2"	Caja	1	\$ 3.000	\$ 3.000
5,7	Alambre dulce	Kg	2	\$ 6.000	\$ 12.000
5,8	Tubo sanitario 2" x 6 mteros tipo pesado	Unid	1	\$ 63.000	\$ 63.000
5,9	Codo sanitario 2"	Unid	1	\$ 8.000	\$ 8.000
5,10	Rejilla 2" plastica	Unid	1	\$ 12.000	\$ 12.000
5,11	Llave de paso 2" PVC	Unid	1	\$ 19.540	\$ 19.540
5,12	Impermeabilizante, para mortero	Galón	1	\$ 52.310	\$ 52.310
5,13	Mano de obra, construcción tanque de mezcla en concreto reforzado	Unid	1	\$ 800.000	\$ 800.000
	SUBTOTAL				\$ 3.547.450
COSTOS TOTALES PARA 1 HA					\$ 20.050.000

Elaboró: elaboración propia, 2022.

Anexo F. Costos de mano de obra en el uso del sistema de fertirrigación, frente al sistema tradicional Drench.

COSTOS DE JORNALES EN 15 DIAS (2 Semanas)				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	FERTIRRIGACIÓN			
1,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con fertirriego en 1 ha	2	\$ 35.000	\$ 70.000
1,2	Costos adaptaciones sistema de inyección fertirriego para 1 Ha	1	\$ 45.974	\$ 45.974
1,2	Motobomba Diesel 3x3 10hp instalada	1	\$ 90.385	\$ 90.385
	VALOR TOTAL			\$ 206.359
2	MANEJO TRADICIONAL EN DRENCH			
2,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con manejo tradicional en drench para 1 ha	8	\$ 35.000	\$ 280.000
	Ahorro			\$ 73.641
	% Ahorro			26,3

COSTOS EN UN AÑO (52 Semanas)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL POR HA	VALOR TOTAL POR PARA 4,3 HAS
1	FERTIRRIGACIÓN 2 VECES A LA SEMANA				
1,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con fertirriego en 1 ha	52	\$ 35.000	\$ 1.820.000	\$ 7.826.000
1,2	Costos adaptaciones sistema de inyección fertirriego para 1 Ha	1	\$ 1.195.330	\$ 1.195.330	\$ 5.139.919
1,2	Motobomba Diesel 3x3 10hp instalada	1	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000
	TOTAL			\$ 5.365.330	\$ 15.315.919
2	MANEJO TRADICIONAL EN DRENCH CADA 15 DIAS				
2,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con manejo tradicional en drench para 1 ha	208	\$ 35.000	\$ 7.280.000	\$ 31.304.000
	Ahorro			\$ 1.914.670	\$ 15.988.081
	% Ahorro			26,3	
	Ahorro en SMMLV			1,9	15,99

Elaboró: elaboración propia, 2022.

Anexo G. Costos de producción en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*).

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN (PRIMEROS 5 MESES)			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (Plantas por ha)	VALOR TOTAL POR PLANTA	VALOR TOTAL POR HA
Plantulas	50000	\$ 1.000	\$ 50.000.000
Preparación del terreno	50000	\$ 87	\$ 4.350.000
Riegos con fertirrigación	50000	\$ 401	\$ 20.050.000
Siembra y resiembra	50000	\$ 140	\$ 7.000.000
Productos para fertilización	50000	\$ 273	\$ 13.650.000
Productos para control fitosanitario y arvenses	50000	\$ 100	\$ 5.000.000
Mano de obra mas alimentación	50000	\$ 299	\$ 14.950.000
TOTAL		\$ 2.300	\$ 115.000.000

COSTOS EN PRODUCCIÓN A 1 AÑO			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (Plantas por ha)	VALOR TOTAL POR PLANTA	VALOR TOTAL POR HA
Productos para fertilización	50000	\$ 660	\$ 33.000.000
Productos para control fitosanitario y arvenses	50000	\$ 240	\$ 12.000.000
Mano de obra mas alimentación	50000	\$ 660	\$ 33.000.000
TOTAL		\$ 1.560	\$ 78.000.000

COSTOS TOTALES			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (Plantas por ha)	VALOR TOTAL POR PLANTA	VALOR TOTAL POR HA
Costos totales de la producción	50000	\$ 3.860	\$ 193.000.000

COSTOS DE JORNALES EN 15 DIAS (2 Semanas)				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	FERTIRRIGACIÓN			
1,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con fertirriego en 1 ha	2	\$ 35.000	\$ 70.000
1,2	Costos adaptaciones sistema de inyección fertirriego para 1 Ha	1	\$ 45.974	\$ 45.974

1,2	Motobomba Diesel 3x3 10hp instalada	1	\$ 90.385	\$ 90.385
VALOR TOTAL				\$ 206.359
2	MANEJO TRADICIONAL EN DRENCH			
2,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con manejo tradicional en drench para 1 ha	8	\$ 35.000	\$ 280.000
Ahorro				\$ 73.641
% Ahorro				26,3

COSTOS EN UN AÑO (52 Semanas)					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL POR HA	VALOR TOTAL POR PARA 4,3 HAS
1	FERTIRRIGACIÓN 2 VECES A LA SEMANA				
1,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con fertirriego en 1 ha	52	\$ 35.000	\$ 1.820.000	\$ 7.826.000
1,2	Costos adaptaciones sistema de inyección fertirriego para 1 Ha	1	\$ 1.195.330	\$ 1.195.330	\$ 5.139.919
1,2	Motobomba Diesel 3x3 10hp instalada	1	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000	\$ 2.350.000
	TOTAL			\$ 5.365.330	\$ 15.315.919
2	MANEJO TRADICIONAL EN DRENCH CADA 15 DIAS				
2,1	Jornales para aplicación de fertilizantes con manejo tradicional en drench para 1 ha	208	\$ 35.000	\$ 7.280.000	\$ 31.304.000
Ahorro				\$ 1.914.670	\$ 15.988.081

Elaboró: Costos elaborados por Karol Marcela Salazar, *Sofia Calderón & **Damian Legarda, 2021.

* Estudiante de Ingeniería Agropecuaria, Universidad del Cauca.

** Técnico encargado finca Campamento, Líbano – Sotará.