

**EVALUACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO DE RIEGO PRESURIZADO PARA EL
DISTRITO DE RIEGO DEL TRIÁNGULO EN NATAGAIMA-TOLIMA.**

**PRESENTADO POR:
DAISY VANNESA RIZO LUGO
CARLOS JAVIER NÚÑEZ NÚÑEZ**

**PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:
INGENIEROS EN AGROECOLOGÍA**

**DIRECTOR:
MARIO DE JESÚS MOLANO COGUA
I. A. M.Sc. RIEGO Y DRENAJE**

**CODIRECTOR:
ALVARO ACEVEDO ÓSORIO
I. A. M.Sc. AGROECOLOGÍA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AGROECOLÓGICA
BOGOTÁ, COLOMBIA**

2014

ÍNDICE

ÍNDICE	I
Índice de Figuras	II
Índice de Tablas	III
Índice de Anexos	IV
AGRADECIMIENTOS	V
Resumen	1
Introducción	2
OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
MARCO TEÓRICO	6
Ciclo hidrológico	6
Proceso de evapotranspiración	7
Importancia del Riego	10
Manejo Sustentable del agua para riego	12
ANTECEDENTES	13
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Ubicación geográfica	16
Fases de ejecución del proyecto	18
Fase 1. Identificación del grupo participante	18
Fase 2. Caracterización de los sistemas de riego	19
Fase 3. Evaluación en campo	19
Evaluación parámetros hidrodinámicos	23
Fase 4. Valoración percepción de los propietarios en cuanto a los sistemas de riego	25
Fase 5. Planteamiento de alternativas con enfoque agroecológico	25
RESULTADOS	26
Fase 1. Identificación del grupo participante	26
Fase 2. Caracterización de los sistemas de riego	26
Fase 3. Evaluación en campo	36
Fase 4. Valoración percepción de los propietarios en cuanto a los sistemas de riego	44
Fase 5. Planteamiento de alternativas con enfoque agroecológico	47
DISCUSIÓN	49
Discusión Fases 1, 2 y 3	49
Discusión Fase 4	58
Discusión Fase 5	59
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
ANEXOS	67
BIBLIOGRAFÍA	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo hidrológico del agua.....	7
Figura 2. Localización geográfica y distribución del Proyecto del DRT.....	17
Figura 3. Diagrama de la organización de las fases para el desarrollo del proyecto	18
Figura 4. Disposición de los recipientes de captura para probar la uniformidad de la distribución en puntos cardenales a lo largo de tres líneas lateral de aspersores y microaspersores.....	21
Figura 5. Tipos de microaspersores de las fincas demostrativas evaluadas.....	27
Figura 6. Partes del Microaspersor Autocompensado, marca AMANCO	27
Figura 7. Partes sistema de riego por microaspersión marca Ein Dor	28
Figura 8. Válvula y aspersor marca VYR.....	28
Figura 9. Estado del lote 1 Altagracia – Palma Alta.....	29
Figura 10. Grafico del estado actual de sistema de riego – Lote 2	29
Figura 11. Estado actual del Lote 3 - Altagracia.....	30
Figura 12. Gráfico del estado actual de sistema de riego - Lote 4.....	30
Figura 13. Gráfico del estado actual de sistema de riego Lote 1 – Santa Lucía	31
Figura 14. Estado actual del sistema Lote 2 – Santa Lucía.....	31
Figura 15. Gráfico del estado actual de sistema de riego Lote 2 – Santa Lucía	32
Figura 16. Sistema de riego modificado directo a la planta Lote 3 – Santa Lucía.....	32
Figura 17. Estado actual del sistema de riego Lote 3- Santa Lucia	33
Figura 18. Estado actual del sistema Lote 4 - Santa Lucía	33
Figura 19. Gráfico del estado actual de sistema de riego Lote 1- El Campamento.	34
Figura 20. Gráfico del estado actual del sistema de riego Lote 2 - El Campamento	34
Figura 21. Esquema de cobertura de cada Microaspersor según catálogo.....	35
Figura 22. Esquema de las dimensiones del Lote 4, limón – Altagracia	35
Figura 23. Esquema de distribución de Lote Limón – El Campamento	36
Figura 24. Esquema de Distribución Lote Mango – Guayaba – Santa Lucía	38
Figura 25. Esquema de la similitud de las desventajas entre propietarios	46
Figura 26. Esquema del área húmeda favorecida por el sistema de riego por microaspersión.....	50
Figura 27. Esquema del área húmeda favorecida por el sistema de riego por aspersión	50
Figura 28. Comparación entre el porcentaje de la longitud del lateral frente a las Pérdida de presión debido a la fricción, con el mismo diámetro de tubería	57
Figura 29. Esquema de líneas laterales establecidas actualmente con el diseño de cultivo propuesto. .	60
Figura 30. Mini aspersor Rotor Rain® Antelco 1/2”	61
Figura 31. Aspersor serie LF™ de Rain Bird®	62
Figura 32. Aspersor Smooth Drive LA Senninger®	62
Figura 33. Esquema de protección contra daños causados al podar, para las bases de los aspersores por medio de guadua	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de resultados, prueba de densidad por medio de picnómetros	23
Tabla 2. Matriz de identificación de los predios a evaluar	26
Tabla 3. Matriz de identificación de los sistemas de riego a evaluar.....	26
Tabla 4. Datos obtenidos de la matriz aplicada para la evaluación de los sistemas de riego en funcionamiento	36
Tabla 5. Rendimiento por punto de laterales Lote 1 Santa Lucía	37
Tabla 6. Rendimiento por punto de laterales Lote 3 Santa Lucía	38
Tabla 7. Rendimiento por punto de laterales Lote 1 El Campamento	39
Tabla 8. Rendimiento por punto de laterales Lote 2 El Campamento	39
Tabla 9. Especificaciones técnicas según catálogo.....	39
Tabla 10. Relación presión caudal (AMANCO).....	40
Tabla 11. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 1 laterales 4, 10 y 12 – Santa Lucía	40
Tabla 12. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 3 laterales 4, 8 y 10 – Santa Lucía.	40
Tabla 13. Especificaciones técnicas según catálogo VYR S.A	41
Tabla 14. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 1 laterales 8, 17 y 26 – El Campamento	41
Tabla 15. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 2 laterales 6, 8 y 10 – El Campamento	42
Tabla 16. Resultados Infiltraciones lotes Altagracia	42
Tabla 17. Resultados Infiltraciones lote Santa Lucía.....	43
Tabla 18. Resultados Infiltraciones lotes El Campamento	43
Tabla 19. Texturas de suelo - Altagracia.	44
Tabla 20. Textura de suelo - Santa Lucía.	44
Tabla 21. Texturas de suelo – El Campamento	44
Tabla 22. Calificación en cuanto a la viabilidad por parte de cada propietario	47
Tabla 23. Matriz de comparación entre el área de humedad real encontrada en campo y la presentada por los catálogos	49
Tabla 24. Propiedades físicas de los suelos en función de la textura.....	50
Tabla 25. Propiedades físicas del suelo - Altagracia	51
Tabla 26. Propiedades físicas del suelo - Santa Lucía	51
Tabla 27. Propiedades físicas del suelo - El campamento	52
Tabla 28. Estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego – Lote 1, Santa Lucía.....	52
Tabla 29. Estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego - Lote 1, El Campamento.	53
Tabla 30. Estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego - Lote 2, El Campamento	53
Tabla 31. Riego según ETo para diseño de Plátano-Cacao	54
Tabla 32. Tasa de aplicación real y volumen, Santa Lucía.....	54
Tabla 33. Tasa de aplicación real y volumen microaspersión, El campamento Lote 1.	55
Tabla 34. Riego según ETo para diseño de limón en El Campamento-El Tambo.....	55
Tabla 35. Tasa de aplicación real y volumen de aspersión, El Campamento Lote 2.....	56
Tabla 36. Evapotranspiración de los cultivos implementados actualmente.....	56
Tabla 37. Precipitación suplementaria general para la región de Natagaima	57
Tabla 38. Especificaciones catálogo de Mini aspersor Rotor Rain® Antelco	61
Tabla 39. Aspersor serie LF™ de Rain Bird®	61
Tabla 40. Especificaciones catálogo de Senninger®	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 1 Santa Lucía.	67
Anexo 2. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 3 Santa Lucía.	68
Anexo 3. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 1 El Campamento	69
Anexo 4. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 2 El Campamento	70
Anexo 5. Plano de distribución de las líneas laterales del sistema de riego, Lote 1 – Altagracia.	71
Anexo 6. Tabla de Coeficiente de Reducción “F” para determinar las pérdidas por fricción en tuberías.....	71
Anexo 7. Matriz de recopilación de la información Diálogo Semi-estructurado Predio Altagracia 1.	72
Anexo 8. Matriz de recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado Predio Altagracia 2.	73
Anexo 9. Matriz de recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado Predio Santa Lucía.	74
Anexo 10. Matriz de recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado Predio El Campamento.	76
Anexo 11. Tabla de inventario microaspersión predio Altagracia - Palma Alta (L1- L3).	77
Anexo 12. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucía - Lote 1.	78
Anexo 13. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucía - Lotes 2 - La Vega.	78
Anexo 14. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucía - Lote3.	79
Anexo 15. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucía - Lote 4.	79
Anexo 16. Tabla de inventario microaspersión predio El Campamento - El Tambo Balocá.	80
Anexo 17. Tabla de inventario aspersión predio El Campamento - El Tambo Balocá.	80
Anexo 18. Tablas de promedio de datos meteorológicos 1963 – 2013.....	81
Anexo 19. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 4– Santa Lucía.	82
Anexo 20. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 10– Santa Lucía	82
Anexo 21. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 14– Santa Lucía.	83
Anexo 22. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 8 – El Campamento.	83
Anexo 23. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 17 – El Campamento.	84
Anexo 24. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 26 – El Campamento.	84
Anexo 25. Tablas de Evaluación con el sistema encendido de Aspersión lateral 6 – El Campamento.....	85
Anexo 26. Tablas de Evaluación con el sistema encendido de Aspersión lateral 8 – El Campamento.....	86
Anexo 27. Tablas de Evaluación con el sistema encendido de Aspersión lateral 10 – El Campamento.....	87
Anexo 28. Tablas de Cálculos para ecuación Penman-Monteith – ETo	87
Anexo 29. Tabla de pruebas de Infiltración Lotes 1(Der) y 2 (Izq) – Altagracia.....	88
Anexo 30. Gráficos de infiltración Acumulada, Instantánea y velocidad de infiltración Lotes 1 y 2.	88
Anexo 31. Tabla de pruebas de Infiltración Lote 4 – Altagracia.	89
Anexo 32. Tabla de pruebas de Infiltración Lote 1 - Santa Lucía.....	89
Anexo 33. Gráficos de infiltración Acumulada, Instantánea y velocidad de infiltración, Lote 4 Altagracia.	90
Anexo 34. Gráficos de infiltración Acumulada, Instantánea y velocidad de infiltración, Lote 1, Santa Lucía.....	90
Anexo 35. Tabla de pruebas de Infiltración Lotes 1 y 2 – El Campamento.....	91
Anexo 36. Gráficos de infiltración Acumulada, Instantánea y velocidad de infiltración, Lote 1 y 2 El Campamento.	91
Anexo 37. Relación Presión Vs Caudal – Lote 1, Santa Lucía.	92
Anexo 38. Relación Presión Vs Caudal – Lote 3, Santa Lucía.	92
Anexo 39. Relación Presión Vs Caudal – Lote 1, El Campamento.	93
Anexo 40. Relación Presión Vs Caudal – Lote 2, El Campamento.	93

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es el resultado de dos años de estudio por el cual agradecemos principalmente a nuestras familias, las cuales nos han apoyado en nuestros logros como en nuestras adversidades, siempre siendo incondicionales; así mismo agradecemos como tesisistas el uno al otro como compañeros y amigos por el trabajo, el apoyo constante, la perseverancia y dedicación. De igual manera a nuestros amigos por brindar su apoyo.

La culminación de esta tesis no hubiese sido posible sin el apoyo de nuestro director de tesis Mario de Jesús Molano Cogua y el codirector Álvaro Acevedo Osorio, así como la compañía y colaboración de los productores Orlando Pamo, Gabriel Peña, Carmen Yate, Jose Cupitra y la señora Helena; también damos nuestros agradecimientos al Grupo semillas por brindarnos su apoyo con nuestra estadía en Natagaima.

EVALUACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO DE RIEGO PRESURIZADO PARA EL DISTRITO DE RIEGO DEL TRIÁNGULO EN NATAGAIMA-TOLIMA.

Daisy Vannesa Rizo Lugo¹, Carlos J. Núñez Núñez²

RESUMEN

Un componente esencial de los sistemas agrícolas productivos es el riego, con el cual se logran los mejores resultados cuando su aplicación es eficiente y adecuada, de no ser así se puede afectar directamente los rendimientos y productividad del sistema (Banco Mundial, 2012). Cuando las características climáticas de una región muestran deficiencia en sus balances hídricos, como es el caso del área del Distrito de Riego del Triángulo del Tolima (DRTT), se requiere en lo posible de la implementación de sistemas de riego eficientes, teniendo en cuenta los cultivos y las características sociales de los agricultores.

Dicho lo anterior se planteó este estudio, partiendo de la pregunta de investigación ¿Son adecuados los sistemas de riego presurizado en las parcelas demostrativas así como los diseños agrícolas propuestos para la zona del DRTT en el municipio de Natagaima - Tolima?, para encontrar solución a este interrogante se formuló el objetivo de “Evaluar la propuesta de riego presurizado establecido en cuatro parcelas demostrativas del DRTT, para generar alternativas bajo el enfoque agroecológico y el conocimiento local que permita optimizar la gestión del agua”.

Con la finalidad de determinar la viabilidad de cada sistema de riego de acuerdo a las condiciones climáticas, requerimientos hídricos del cultivo y condiciones socioeconómicas, se evaluaron los sistemas propuestos en 4 fincas demostrativas, utilizando las metodologías planteadas por la FAO, para el cálculo de las variables de Evapotranspiración de referencia, evapotranspiración de cultivo, coeficientes de cultivo, capacidad de campo, déficit de humedad, lámina de riego, momento de riego, densidad aparente, velocidad de infiltración, precipitación efectiva, frecuencia y tiempo de riegos.

Con la investigación se concluyó que el estado de los sistemas de riego es deficiente, ya que presenta un alto porcentaje de daño en los emisores, ocasionando fallas en su funcionamiento, así como grandes pérdidas por fricción con presiones de operación inapropiadas, provocando un déficit en el cubrimiento del área húmeda de riego; además que los suelos evaluados presentan principalmente textura arcillosa y arenosa con infiltraciones moderadas lo que genera mayor evapotranspiración. La evaluación evidencia que para la zona de estudio el sistema de riego no es apropiado en cuanto al suministro y tiempo de aplicación, como consecuencia de la falta de acompañamiento y capacitación por parte de los promotores de este tipo de proyectos.

Palabras clave: Gestión del agua, Riego, Balance hídrico, Distrito de Riego del Triángulo del Tolima, Enfoque agroecológico, Indígenas, Agroecología.

INTRODUCCIÓN

¿Son adecuados los sistemas de riego presurizado en las parcelas demostrativas así como los diseños agrícolas propuestos para la zona del DRTT en el municipio de Natagaima, Tolima?

El proyecto se desarrolló en el sur del Tolima, municipio de Natagaima, con asentamiento de comunidades indígenas de origen Pijao; actualmente esta zona refleja un modelo económico industrializado (monocultivo en grandes extensiones de tierra), a su vez esto se fortalece con la presencia de la violencia provocando el desplazamiento de poblaciones arraigadas establecidas en territorios de alto interés económico, de lo cual no se puede medir los impactos que se puedan ocasionar ya sean sociales, ambientales y económicos (Raigosa, 2010).

Estas comunidades necesitan del apoyo de diferentes entidades, especialmente del sector académico, que por medio de proyectos pueden colaborar de distintas maneras con la preservación de los recursos y costumbres de la población indígena. En este caso los agricultores de la zona, asociados como Usuarios del Distrito del Triángulo del Tolima (UTRITOL): “Presentan inconformidad con los sistemas de riego implementados en sus fincas como fase demostrativa a replicarse en todos los predios que cubre el distrito; se tiene la incertidumbre de si cumple o no los requerimientos hídricos de las plantas, teniendo en cuenta su estado fenológico y el clima de la zona, así mismo si el diseño agrícola planteado es el adecuado para su agricultura local y si el sistema de riego es viable para cada propietario.”

Dicha fase demostrativa parte del Convenio de Cooperación Tecnológica entre el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE) e IICA en Colombia, el cual comprendió la selección y adecuación para la producción bajo riego de varias “Áreas de Referencia” localizadas dentro del área del Distrito de Riego del Triángulo del Tolima (DRTT); la planeación e implementación de arreglos productivos y financiación del plan Agroproductivo diseñado para la zona seleccionada, lo cual implicó tanto el establecimiento, mantenimiento y/o aprovechamiento de actividades agroproductivas, como la instalación de capacidades para su manejo sostenible y gestión adecuada de riego (Convenio FONADE - IICA, 2010).

Partiendo de la Investigación Cualitativa y aplicando la metodología del muestreo no probabilístico “Bola de nieve” se seleccionaron los cuatro predios ubicados en Natagaima, en que se implementó la fase demostrativa del convenio, en los cuales el sistema predominante es el riego por microaspersión, propuesto con la capacidad de suplir la necesidad hídrica de seis

plantas a su alrededor, pero según los productores este ha presentado problemas técnicos y dificultades con dicho suministro.

Por otro lado, se presentó un inconveniente con la época de siembra siendo en mayo de 2010, cuando comenzaba el verano más fuerte en la zona, lo cual no permitió el desarrollo de los cultivos por escasas del recurso hídrico ya que este se evapora con facilidad, debido a las altas temperaturas. Dejando a los sistemas dependientes del Río Magdalena, el cual en el año (2010) de implementación disminuyó su volumen, así como sus afluentes (IDEAM, 2010), por ende fue muy difícil suplir las necesidades hídricas de las plantas (UTRITOL, 2014).

Observando la problemática anterior, se identificó la necesidad de formular un proyecto de evaluación para observar la viabilidad, ventajas y desventajas de los sistemas demostrativos implementados en el DRTT, teniendo en cuenta el conocimiento local y su cultura, tipos de producción y alternativas para optimizar la gestión del agua en los sistemas productivos.

Con el fin de conocer el funcionamiento de los sistemas de riego a replicar en toda la zona que cubre el distrito, se planteó la idea principal de indagar con base en el conocimiento local algunos sistemas productivos incluidos en el plan agropecuario del DRTT, para encontrar pros y contras de los sistemas; generando así una alternativa sustentable basada en los sistemas productivos de la comunidad y la implementación de prácticas agroecológicas, buscando la eficacia del recurso hídrico, recuperación de suelos, mantenimiento de los ecosistemas e incremento de la biodiversidad.

Para justificar el proyecto a nivel ambiental se tuvo en cuenta la gestión del recurso hídrico y la importancia de la conservación de la agrobiodiversidad, partiendo de que el agua es esencial para el desarrollo socioeconómico y el mantenimiento de ecosistemas saludables, aprender a gestionar adecuadamente los recursos hídricos es fundamental para la reducción de la pobreza, el crecimiento demográfico y la equidad, se ha observado que los medios de subsistencia de las poblaciones más pobres están críticamente relacionados con el acceso a los servicios de agua, lo que denota la importancia de su cuidado y adecuada gestión (Banco Mundial, 2012).

Un sistema diverso, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo, se considera un sistema no degradado, robusto, productivo y rico en biodiversidad, generando una serie de sinergismos que subsidia la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad de un sistema más saludable (Fernández & Muschler, 1999); razón suficiente, para incluir en los proyectos a realizar este tipo de enfoque ambiental, con el fin de dar bases para complementar y

mejorar las prácticas agrícolas, evaluando el sistema actual de riego, favoreciendo la conservación del medio ambiente y agrobiodiversidad, así mismo implementando conocimientos locales para la planificación de sistemas eficientes y autosustentables.

Un componente fundamental para la investigación son las comunidades indígenas de Natagaima – Tolima, teniendo en cuenta el enfoque social e identificando la realidad de nuestro país, se origina la idea de formular un proyecto que potencialice y se adapte a sus particularidades sociales y ambientales, generando estrategias para mejorar su calidad de vida sin afectar su cultura, ni sus creencias (Montero, 2005).

No hay mayor justificación, que las propias palabras del integrante Indígena, el gobernador Germán Cortes Tocarema: *“Somos árbol-hombre, somos gente, somos pueblo, nacidos del fondo de la tierra, árboles caminando por el lugar heredado de nuestros taitas, gente cuidando la armonía y equilibrio natural, pueblo construyendo la casa, para que nuestros hijos vivan felices y de manera natural”*; palabras que incentivan a recoger y aplicar los conocimientos indígenas, aprender de ellos, proteger su cultura, escucharlos y apoyarlos en la conservación de sus tradiciones; rechazando la idea de que son personas con poco conocimiento por querer conservar su cultura ancestral y no adoptar la que por años se les ha impuesto (Ramírez, 2012).

Con las ideas planteadas hasta el momento se justifica ampliamente la elaboración y ejecución de proyectos enfocados a promover las prácticas agroecológicas, rescatando el conocimiento local con el objetivo de evaluar la gestión del agua en cultivos asociados, incentivando la diversidad de especies en los predios y observando como es el comportamiento de las especies conjuntamente en comparación cuando se tiene monocultivo, con la finalidad de generar alternativas viables para el aprovechamiento del recurso hídrico.

Para ello se planteó la evaluación de la propuesta actual de riego presurizado establecido en predios demostrativos del DRTT, con el fin de determinar si este es viable para la zona de Natagaima y para los arreglos productivos implementados, con los resultados obtenidos se determinó que mejoras y/o cambios se pueden realizar mediante alternativas enfocadas en la agroecología y el conocimiento local que permita optimizar la gestión del agua.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General

Evaluar la propuesta de riego presurizado establecido en predios demostrativos del DRTT (Distrito de Riego del Triángulo del Tolima), para generar una alternativa bajo el enfoque agroecológico y el conocimiento local que permita optimizar la gestión del agua.

Objetivos Específicos

- Evaluar la tasa de aplicación y presión de operación frente a los requerimientos hídricos, del sistema de riego presurizado en 4 predios demostrativos, con el fin de determinar si es viable técnicamente implementarlo en el DRTT.
- Valorar la percepción de los propietarios con respecto a los sistemas de riego implementados reflejando su aceptabilidad, teniendo en cuenta la caracterización de los parámetros hidrodinámicos del suelo, clima y la eficiencia de la gestión del agua.
- Formular una alternativa viable para el manejo del recurso hídrico bajo el enfoque agroecológico y el conocimiento local.

MARCO TEÓRICO

Actualmente a las comunidades indígenas se les presentan diferentes tipos de proyectos que pretenden mejorar y optimizar su calidad de vida (Montero, 2005); en este caso, el proyecto se enfoca hacia la optimización del recurso hídrico, teniendo en cuenta como con el transcurso de los años se ha observado que el agua no es un recurso infinito; por esta razón, se comienzan a optimizar los sistemas productivos por medio de la creación e implementación de sistemas de riego que logren el manejo más eficaz del recurso hídrico (Gaete, 2001). En Colombia la evolución del desarrollo del riego se debe en gran parte a que la precipitación muestra una marcada estacionalidad, con al menos, tres meses secos durante el año, lo que hace necesaria la implementación de sistemas de riego eficientes para obtener una buena producción de cultivos permanentes y anuales (FAO, 2014).

Ciclo hidrológico

El ciclo del agua o ciclo hidrológico se define como el proceso mediante el cual se otorga el requerimiento hídrico a los seres vivos (Maderey, 2005).

El ciclo comprende desde la atmósfera el agua en forma de vapor que proviene, casi en su totalidad, del agua evaporada en el mar. Esta humedad se transporta por los diversos sistemas de vientos, hacia los continentes en donde se precipita en forma líquida, sólida o de condensación (rocío y escarcha). Durante la precipitación una pequeña proporción de agua puede retornar a la atmósfera por causa de la evaporación además de la que no llega al suelo; otra parte, es interceptada por la superficie de las plantas desde donde se evapora y retorna a la atmósfera, parte se escurre hacia el suelo y se infiltra (Ver Figura 1) (Maderey, 2005).

El agua que cae directamente al suelo será la que recorra el ciclo hidrológico; una parte de la precipitación puede caer sobre superficies líquidas (ríos, lagos, presas, etc.), otra parte recorrerá por la superficie dando lugar al escurrimiento superficial o escorrentía que llega a los cauces de los ríos, y a través de estos al mar. Una parte de agua se evapora directamente de la superficie del suelo, mientras otra se infiltra, satisface la humedad del suelo y cuando lo satura se produce el flujo subsuperficial que también llega a los cauces de los ríos; es conveniente tener en cuenta que la mayor parte de los movimientos subterráneos del agua son lentos (Ver Figura 1).

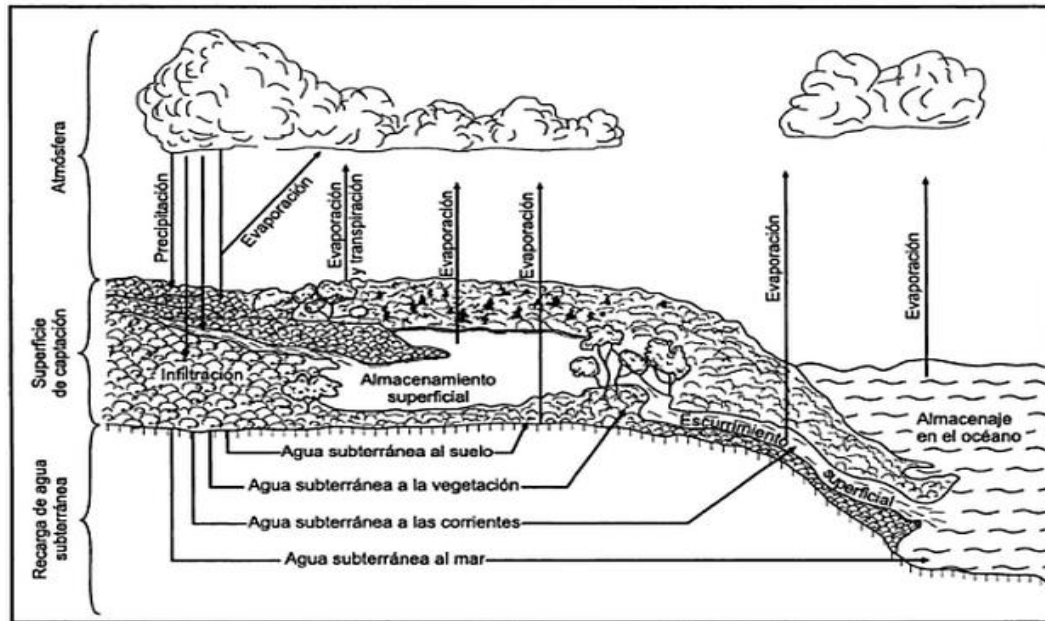


Figura 1. Ciclo hidrológico del agua (Maderey, 2005).

Es importante tener en cuenta que el ciclo no termina con lo anteriormente mencionado, ya que continúa su proceso con el agua que es absorbida por las raíces de las plantas y por el proceso de transpiración vegetal, es devuelta a la atmósfera en forma gaseosa. Finalmente cualquiera que sea la fase del ciclo, siempre al final se tendrá el retorno a la atmósfera por evaporación (Maderey, 2005).

Proceso de evapotranspiración.

La evapotranspiración (ET) es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo, realizando la suma de estos parámetros se obtiene el valor de la ET (FAO, 1977; FAO, 2006).

La evaporación (Ev) representa la cantidad de agua que, en forma de calor latente, se transfiere a la atmósfera proveniente del suelo y las masas de agua. En un suelo con cubierta vegetal, existe además otra aportación de agua a la atmósfera, la transpiración (T) de las plantas. En ellas se dan tres caminos para perder vapor de agua, con base a lo cual se distinguen tres tipos de T: estomática, cuticular y lenticular. Dado que la cutícula presenta un fuerte carácter hidrófobo, y que las lenticelas son mucho menos abundantes que las estomas, la T estomática es la responsable de la mayor parte del agua transpirada (Botella & Campos, 1993).

Medición de ET

Actualmente existen modelos capaces de reproducir el complejo proceso de evapotranspiración a escala regional, donde se sustituye la temperatura de superficie obtenida por teledetección, por la temperatura aerodinámica, y se estima la evapotranspiración como término residual de la ecuación de balance de energía. Su aplicación se ve limitada por la falta de instrumentación específica en las diferentes estaciones distribuidas a escala mundial (Rivas, 2004).

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético con características específicas. El concepto de evapotranspiración de referencia se introdujo para estudiar la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independientemente del tipo y desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo (FAO, 2006).

Los únicos factores que afectan la ETo son los parámetros climáticos. Por lo tanto, ETo es también un parámetro climático que puede ser calculado a partir de datos meteorológicos. ETo expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas. Desde el punto de vista, el método FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método de determinación de ETo con parámetros climáticos. Este método ha sido seleccionado, ya que aproxima de una manera cercana la ETo de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos (FAO, 2006).

Transpiración.

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua a través de los estomas, que son pequeñas aberturas en las hojas por donde atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales (FAO, 2006).

La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo (FAO, 2006).

Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes (FAO, 2006).

Unidades en las que se expresa la ET.

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua pérdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, día, 10 días, mes o incluso un completo período de cultivo o un año. Como una hectárea tiene una superficie de 10 000 m² y 1 milímetro es igual a 0,001 m, una pérdida de 1 mm de agua corresponde a una pérdida de 10 m³ de agua por hectárea. Es decir 1 mm día⁻¹ es equivalente a 10 m³ ha⁻¹ día⁻¹ (FAO, 2006).

Factores que afectan la evapotranspiración.

El clima, las características del cultivo, el manejo y el medio de desarrollo son factores que afectan la evaporación y la transpiración.

- **Variables climáticas**

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o). La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) representa la pérdida de agua de una superficie cultivada en condiciones estándar (FAO, 2006).

- **Factores de cultivo**

El tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo deben ser considerados cuando se evalúa la evapotranspiración de cultivos que se desarrollan en grandes áreas y bien manejadas. Las diferencias en resistencia a la transpiración, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo y las características radiculares del cultivo dan lugar a diferentes niveles de ET en diversos tipos de cultivos aunque se encuentren bajo condiciones ambientales idénticas. La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) se refiere a la demanda evaporativa de la atmósfera sobre cultivos que crecen en grandes áreas bajo condiciones óptimas de agua en el suelo, con características adecuadas tanto de manejo como ambientales, y que alcanzan la producción potencial bajo las condiciones climáticas dadas (FAO, 2006).

Relación Agua-Planta

Como lo refiere Leitón (1985) es conveniente mencionar que la relación derivada al considerar el agua y la planta es meramente fisiológica, pero de gran importancia para todo lo referente con cualquier método de aplicación de riego. El agua procedente de la precipitación es incorporada al suelo de una forma “rápida”, dependiendo fundamentalmente de las características del suelo.

Además, se considera que la planta absorbe del suelo el agua que le es necesaria para las múltiples funciones, penetrando por presión osmótica a través de una membrana celular, de permeabilidad diferencial. En la mayoría de cultivos, el agua es absorbida por medio de las raíces, por ello es necesario un óptimo desarrollo del sistema radicular como apropiadas condiciones del suelo para el mismo. La difusión es uno de los factores de obtención de agua por parte de la planta; la cual consta del movimiento molecular debido a su energía genética, que varía con el tipo de cultivo y con la época de crecimiento, desde el 60% en árboles frutales hasta el 90% en hortalizas, encontrándose en mayor cantidad en etapa de floración (Leitón, 1985).

Importancia del Riego.

El agua como un recurso, es un factor limitante para la expansión de áreas agrícolas bajo riego, tanto en el país como en el mundo, aspecto que limita con la obtención de alimentos. En la actualidad este recurso se ve afectado gravemente de dos maneras: la primera la amenaza natural de reducciones de suministro y la segunda el constante crecimiento de las áreas urbanas, lo que

indica crecimiento en la demanda, obligando a que el recurso deje de ser para fines agrícolas. Ante este panorama es imperativo realizar una buena gestión del recurso hídrico bajo riego, del cual depende la factibilidad de continuar con las actuales áreas de cultivo (Howell, 2001).

Se requiere de un manejo eficiente de los sistemas de riego, teniendo en cuenta que son un parámetro de gran importancia en los diferentes sistemas productivos, ya que si no se aplica de manera uniforme, algunas áreas tendrán demasiada agua y otras muy poca generando el desperdicio o déficit de esta, viéndose reflejado en el crecimiento y desarrollo de la planta. La uniformidad en los sistemas de riego es de gran cuidado porque en algunos casos también se realiza la fertilización por este medio, lo que puede generar alteraciones en el desarrollo y producción de las plantas por exceso o por falta del nutrientes aplicados (Smajstrla *et al*, 1997).

Las propiedades hidráulicas son determinantes en una producción, actualmente se deben realizar estudios químicos al agua, para observar su calidad, contenido de metales pesados, concentraciones de algún residuo químico o por el estilo. Es importante saber el tipo de caudal que se tiene y los tipos de sistemas de riego que se están utilizando para observar cómo se realiza la distribución de agua hacia el cultivo (Smajstrla *et al*, 1997).

Muchas entidades se preocupan por el manejo de los recursos hídricos, así mismo no escatiman en invertir en actividades de este tipo, como es el caso del Banco Mundial, que tiene un lema con respecto al tema del agua “Apoyar una mejor prestación de servicios y ordenación de recursos hídricos a través del perfeccionamiento de los conocimientos técnicos, formación de instituciones e impulso a las políticas públicas” (Banco Mundial, 2012).

El riego puede ser definido como la aplicación artificial de agua para suplir al suelo de la humedad requerida por las plantas de cultivo. La importancia del riego está condicionada con la demanda y necesidad del mismo, en función a las limitaciones climáticas de la zona, será determinante en toda aquella región, donde el agua aportada por las lluvias no compense la consumida por el cultivo. A continuación se presenta algunas ventajas que proporciona la práctica de riego:

- Asegura la continuidad en la explotación agrícola.
- Permite establecer cultivos, cuando las condiciones para el crecimiento no son las más adecuadas, facilitando las labores culturales.

- El control de enfermedades en el cultivo es más fácil y económico. En época seca la incidencia de enfermedades es menor, y el número de aplicaciones de un producto para lograr su control es menor y más eficaz.
- La calidad del producto obtenido es superior en todo aspecto, con lo que se consigue mejor aceptación en el mercado.

Por cuanto el suministro de agua al suelo está debidamente programado y se convierte en un factor de producción fácilmente manejable, permitiendo diseñar con mayor seguridad las prácticas requeridas por el cultivo (Leitón, 1985).

Manejo Sustentable del agua para riego

Es esencial que los ciudadanos de todo el mundo tomen conciencia de la importancia de mantener limpias las aguas y gestionar responsablemente los recursos hidrológicos disponibles (Moreira, 2012). La producción de alimentos continúa siendo la actividad principal, sobre la que se basa en gran parte el crecimiento económico, su diversificación y desarrollo. Esto requiere el manejo sustentable de los recursos hídricos y un uso más eficiente, en particular en agricultura, al ser el mayor usuario de agua dulce (Proyecto KASWARM , 2009).

Riego por Microaspersión

Se puede considerar como una lluvia artificial, a través de la cual se riega un cultivo (ya sea monocultivo o policultivo) para su crecimiento y producción, con la ventaja de que esta lluvia es controlada para su manejo, tanto en tiempo como en intensidad. En este sistema el agua es llevada a presión hasta los distribuidores o microaspersores, diseñados a trabajar a diferentes presiones (Leitón, 1985).

El riego es benéfico en la agricultura por las siguientes razones (Kumar & Goh, 2000):

1. Cultivos asociados: En cultivos anuales bajo condiciones de secano el rendimiento puede ser de una o dos toneladas por hectárea en zonas de buena precipitación o puede ser inferior a una tonelada en zonas más secas. El riego hace posible el crecimiento de más de un cultivo en un año, incluso tres o cuatro cultivos pueden estar creciendo cuando el agua está disponible todo el año.

2. Operación agrícola oportuna: Las operaciones agrícolas a menudo se retrasan, debido a que la lluvia es incierta y desigual en la agricultura de secano. Los cultivos dependen en gran medida de la oportuna preparación del terreno, la siembra, la fertilización, el deshierbe y otras

labores culturales. Con el agua de riego a la orden, los agricultores pueden programar las operaciones agrícolas de una manera planificada y en tiempo óptimo.

3. Abonos verdes: El riego propicia las condiciones para el desarrollo de plantas, aumentando y manteniendo el contenido orgánico en zonas planas, lo que es difícil, debido a la prevalencia de las altas temperaturas particularmente durante el verano. Los abonos verdes se vuelven esenciales para proporcionar más materia orgánica y mejorar la fertilidad del suelo. (Kumar & Goh, 2000).

ANTECEDENTES

Un buen manejo del riego consiste en optimizar la distribución espacial y temporal del agua aplicada con el objeto de incrementar la producción y calidad de los cultivos, para lograrlo en zonas con climas agrestes se requiere de la implementación de sistemas diseñados para mantener un adecuado nivel de humedad tanto a la planta como al suelo (Fares & Alva, 2000).

En enero de 2010, el Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE) suscribió junto con IICA en Colombia, el Convenio de Cooperación Tecnológica No. 2100780, cuyo título objeto fue “El diseño e implementación de la fase demostrativa del Plan Agroproductivo del Distrito de Riego del Triángulo del Tolima” (Convenio FONADE - IICA, 2010).

El alcance del Convenio comprendió la selección y adecuación para la producción bajo riego, de una o varias “Áreas de Referencia” localizadas dentro del área irrigable del Distrito de Riego del Triángulo del Tolima (DRTT); la concertación y definición, en detalle, de los elementos productivos (renglones y/o arreglos), tecnológicos, financieros, operativos, sociales, comerciales, ambientales e institucionales del plan Agroproductivo a implementar en las áreas seleccionadas; y la implementación del plan Agroproductivo definido, lo cual implicó tanto el establecimiento, mantenimiento y/o aprovechamiento de actividades agroproductivas, como la instalación de capacidades para manejo sostenible de actividades agroproductivas y uso adecuado de riego (Convenio FONADE - IICA, 2010).

Etapas de ejecución

De acuerdo al proceso de selección de áreas de referencia para la implementación de la Fase demostrativa del plan agro-productivo del DRTT, se realizó en dos etapas (Convenio FONADE - IICA, 2010):

- La primera etapa correspondió a “Estudios, diseños, construcción y puesta en marcha de sistemas de riego predial (goteo, microaspersión y aspersión)”. Compuesta por 32 has dispersas en 9 sitios, Convenio 2100780-10, a ejecutarse de Enero de 2010 a Junio de 2012.
- La segunda etapa, objeto de los presentes pliegos de condiciones correspondió a “Estudios, diseños, construcción y puesta en marcha de sistemas de riego predial (goteo, microaspersión y aspersión)” Compuesta por 33.688 has. dispersas en 9 sitios, Convenio 2122710-12, a ejecutarse de Octubre de 2012 a Septiembre de 2013.

Estudios Socioeconómicos a comunidades indígenas asentadas en el área del Distrito de Riego del Triángulo del Sur del Tolima.

En Colombia, los pueblos indígenas en su mayoría habitan en territorios rurales, de allí proviene el sistema sobre el cual se establece que la ocupación histórica del territorio, la conservación de usos, costumbres y la condición de ser grupos prehispánicos, son los principales rasgos que caracterizan una colectividad humana como étnica (Arango & Sánchez, 2004). Al indagar sobre su ubicación, se encontró que se hallan agrupados en 81 familias lingüísticas distribuidas en gran parte del país; según Incoder (2004) ocupan más de 30 millones de hectáreas, con una población aprox. de 658.000 personas residentes en 754 resguardos, datos DANE (2004) (Arango & Sánchez, 2004). De los cuales 80 resguardos con población descendiente de los Pijaos, situados en los municipios de Coyaima, Natagaima y Ortega en el Tolima (Montero, 2005).

Según el estudio socioeconómico, jurídico y de tenencia de tierra realizado por Incoder en el 2009 refleja que las familias indígenas ubicadas en el Sur del Tolima poseen pequeños lotes para el cultivo y la ganadería, en la mayoría de casos heredados por padres o abuelos; cultivando principalmente Plátano cachaco, cuya hoja es aprovechada para la venta, igualmente se siembra maíz, frijol, yuca, árboles frutales, productos para el consumo familiar y en ocasiones para la venta.

La principal actividad económica en las comunidades es la agrícola, a la cual dedican la mayor parte de su tiempo. La actividad económica es de subsistencia, lo que quiere decir que el producto de las actividades agropecuarias es destinado exclusivamente para el sostenimiento familiar (INCODER, 2009).

ESTUDIOS SIMILARES

El trabajo realizado por Orozco, 2010 permitió identificar que para calcular el “Uso eficiente del agua de riego” requirió de la implementación del método Penman-FAO para el cálculo de la Evapotranspiración y para estimar la infiltración en los suelos aplico la metodología de Kostiakov, 1932.

Por otro lado Guzmán, 2010 aplico la metodología de la FAO para determinar la productividad de agua en el cultivo de banano, con lo cual concluyó que si se aplican las tasas de agua con respecto al K_c , según el periodo del cultivo, los rendimientos de este pueden ser mayores.

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Este trabajo se realizó en 4 predios ubicados en el municipio de Natagaima, siendo parte de los municipios beneficiados por el DRTT, junto con Coyaima y Purificación, proyecto de estrategia nacional que contribuye a mejorar las condiciones de vida de una zona considerada deprimida pero con un alto potencial productivo que beneficiará más de 20.000 ha por donde cruzarán los canales de distribución; con la presencia de 19.995 pobladores rurales, en su mayoría indígenas (17.502) y pequeños propietarios (Conpes, 2005). Reconociendo de esta manera que el agua es esencial para el desarrollo socioeconómico y para el mantenimiento de ecosistemas saludables (Banco Mundial, 2012).

Como complemento al distrito, entre los años 2006 y 2008 el IICA desarrolló un proyecto con el título: “Revisión y Actualización del Plan Agroproductivo y Evaluación del Proyecto de Adecuación de Tierras del Triángulo del Tolima” con la participación del socio natural UTRITOL, donde se propuso un plan de producción con diversos arreglos productivos, con base en los siguientes renglones: frutales (mango yulima, mango hilacha, guayaba, papaya, melón, patilla), hortalizas (pimentón, berenjena, ají, ahuyama, flor de jamaica), forestales (eucalipto, acacia y teca), cacao, plátano (hartón y cachaco), maíz y frijol; verificando bajo unas condiciones biofísicas el comportamiento agronómico, hídrico, y económico de unos cultivos con diferentes tipos de sistemas de riego presurizado, en diferentes zonas del DRTT (Ver Figura 2).

Se seleccionaron cerca de 34.000 ha donde se establecieron diferentes arreglos productivos en un total de 42 lotes (distribuidos en 19 predios), previa concertación de los mismos con los beneficiarios de los predios seleccionados y el aval de UTRITOL. La mayor área la ocupa la asociación entre Plátano- Cacao- Acacia (40%), seguido de mango (yulima e hilacha) (25%), limón (común y Tahití) (17%) y plátano (11%). En menor área se encuentran la guayaba pera, la papaya maradol y el pimentón Natalie. Se ejecutó un plan de acompañamiento para tres componentes: riego, social y productivo (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2010).

Caracterización del Distrito.

- **Datos generales del Distrito de Riego del Triángulo Tolima**

La población indígena en el área del distrito corresponde a 17.502 personas que equivalen a 88% de los pobladores de la zona (Incoder, 2011).

- **Localización y extensión**

El proyecto está ubicado en el sur del departamento del Tolima en jurisdicción de los municipios anteriormente mencionados (Conpes, 2005). Beneficiará 7.540 predios y la ubicación de 19.995 personas, conformadas por 17.502 indígenas, organizados en 33 cabildos y 2.493 campesinos. La fuente de abastecimiento del Distrito es el Río Saldaña, del cual se proyecta captar un caudal máximo de 30 m³/segundo (Incoder, 2011).

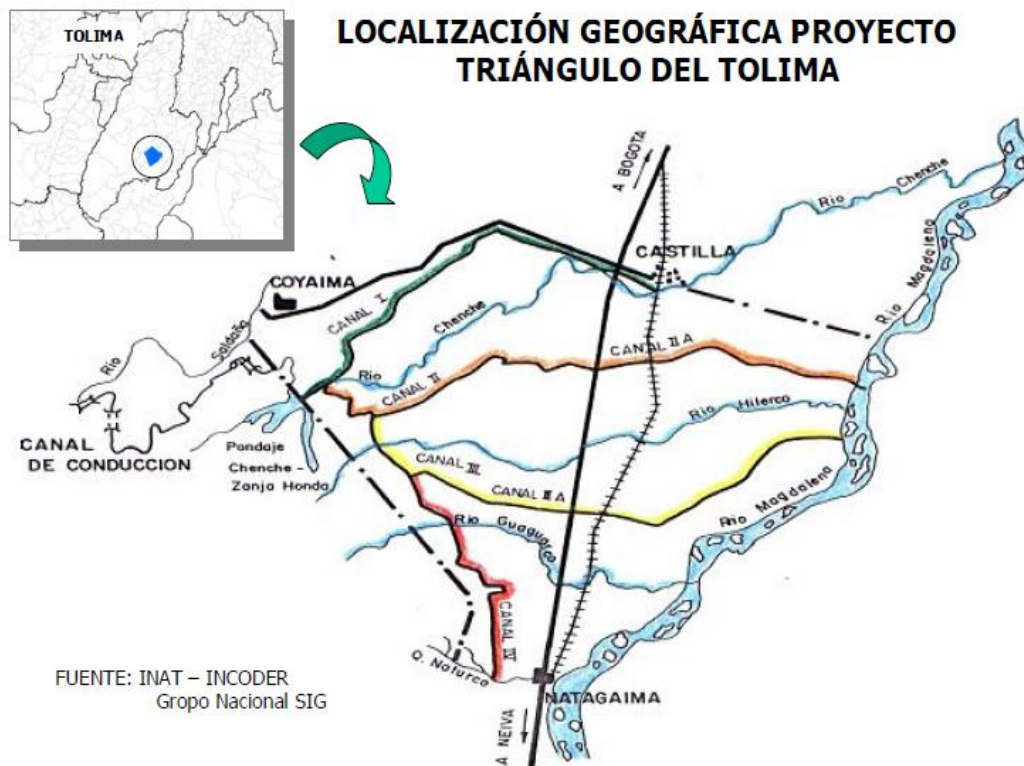


Figura 2. Localización geográfica y distribución de los canales principales del Proyecto del DRTT en el Sur del Tolima, municipios de Coyaima, Natagaima y Purificación (Conpes 2005).

- **Actividades Ambientales**

De acuerdo a los compromisos que adquiere el proyecto con la licencia ambiental se establece la inversión del 3% del valor del proyecto para adquisición de áreas protectoras estratégicas, la inversión del 1% del valor del proyecto en actividades de recuperación, preservación y vigilancia de las cuencas del Río Saldaña, así como el desarrollo de un programa de reforestación tipo protector en áreas de influencia del proyecto. Esto se está

haciendo en convenio de Fonade con la Corporación Autónoma Regional del Tolima – Cortolima; al igual que el Plan de Ordenamiento de Cuencas del Río Saldaña (Incoder, 2011).

FASES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

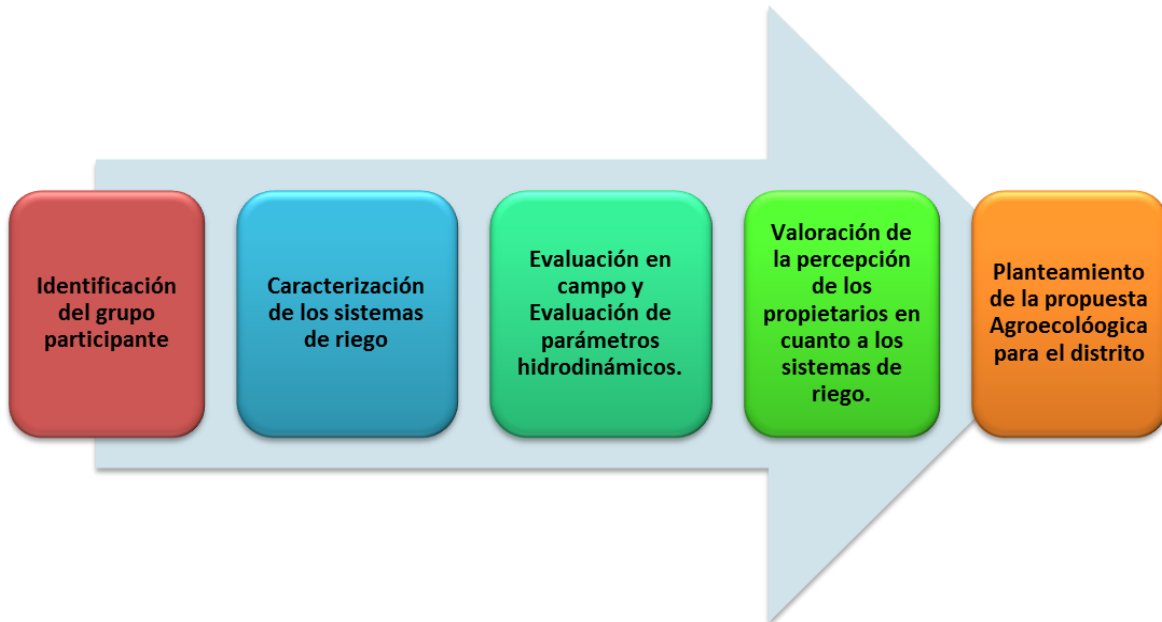


Figura 3. Diagrama de la organización de cada una de las fases para el desarrollo del proyecto (Rizo, 2013).

FASE 1. IDENTIFICACIÓN DEL GRUPO PARTICIPANTE

Aplicando la metodología del muestreo no probabilístico “Bola de nieve”, el cual es propicio para investigaciones de carácter social y en especial para situaciones o estudios que tienen entre sus objetivos indagar sobre una problemática social, su procedimiento se inicia partiendo de la idea de una “Bola de nieve” que representa la identificación de un elemento o individuo necesario para la investigación y este conduce a otros (Toro & Parra, 2006).

De esta manera se contactó al exsecretario de UTRITOL, el cual facilitó el contacto e identificación con los propietarios de los cuatro predios ubicados en Natagaima, en que se implementó la fase demostrativa del convenio, quienes presentaban molestias con el sistema de riego propuesto en la fase demostrativa a implementar en el DRTT, compuesta por 19 predios de los cuales el 31% no están en funcionamiento, en vista de lo anterior surgió la pregunta ¿Del porqué de este considerable porcentaje de predios que no continuaron con el uso del sistema instalado?. Establecido el contacto se realizó una visita previa a cada predio para presentar el proyecto y conocer los sistemas a evaluar.

FASE 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Posteriormente, se efectuó un diagnóstico mediante un inventario completo de cada línea del sistema de riego en su estado actual, identificando tipo de riego, condiciones y características del equipo de riego en cada predio. Esta información se tabuló, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Información del predio: Número del lote, marca, modelo y tipo de sistema de riego.
- Estado de los sistemas de riego en el momento de la evaluación:
 - Microaspersor completos: Microaspersor que cuenta con todas sus partes y está en óptimo estado.
 - Microaspersor caído: Es aquel que se encuentra en buen estado, pero por alguna razón no se encuentra en la posición adecuada.
 - Ausencia de Microaspersor: Como bien se indica es aquel que no está y por ende hace falta en el sistema.
 - Manguera del Microaspersor: Ausencia y daño.
 - Cabezal: Ausencia de este en el Microaspersor.
 - Base del Microaspersor: Ausencia o daño.
 - Línea perforada o cortada.

FASE 3. EVALUACIÓN EN CAMPO

Para la evaluación en campo de los sistemas de riego se seleccionaron tres líneas al azar, tratando de escoger una al iniciar el sistema, una central y al finalizar, a cada línea a evaluar se le realizó una adecuada limpieza, identificando cada uno de los componentes de dicho sistema. Por otro lado fue necesario buscar los catálogos de las empresas de donde provienen los diferentes sistemas de riego implementados.

Datos de las pruebas de campo del sistema fijo de riego.

Para ejecución de las pruebas de campo se emplearon los siguientes materiales:

1. Un medidor de presión (0-60 psi), también llamado manómetro seco o de glicerina.
2. Un cronómetro.
3. Recipientes de plástico para recolectar el agua.
4. Probeta de 500 ml o jeringa que marque volumen de agua recolectada en los recipientes.
5. Sonda de suelo o barreno.

6. Metro o decámetro para medir distancias en la disposición de la red del recipiente colector.
7. Matriz de evaluación de riego para cada lateral de microaspersión o aspersión.
8. Información del rendimiento de los microaspersores y aspersores sobre la relación entre el caudal, la presión y diámetro mojado según las especificaciones técnicas de los fabricantes.

El procedimiento que se implementó para la recolección de datos requirió de la duración en tiempo de riego real, conocer el espaciamiento de los aspersores o microaspersores (dependiendo del sistema de riego) a lo largo de las líneas laterales, la medición del volumen de agua recolectada en los recipientes de captura en el lugar de la prueba, duración del tiempo de captura del agua y el registro de la presión en los aspersores o microaspersores evaluados. La prueba se realizó seleccionando un lateral al principio, otro al medio y al final de cada sistema; en cada lateral la evaluación se realizó en el primer tercio de longitud (A), en el medio del lateral (B) y el último tercio de longitud (C).

En cada punto de evaluación se distribuyeron en forma de cruz varios recipientes de captura de la precipitación del emisor, teniendo en cuenta la dirección del origen de la línea como el norte, la vegetación aledaña al recipiente debió ser eliminada para evitar que interfiriera con la captura de agua. Para aspersión se establecieron 32 recipientes de captura por cada aspersor a una distancia de 0.5 m entre recipientes tomando como eje central el mismo, con el objeto de capturar la precipitación dentro del radio húmedo del emisor. En el caso de microaspersión, a cada microaspersor se le ubicó un recipiente de captura para cada punto cardinal, iniciado junto a la base y los demás a una distancia de 0,2 m sumando un total de 5 recipientes por punto cardinal (Ver la red de puntos de la Figura 4).

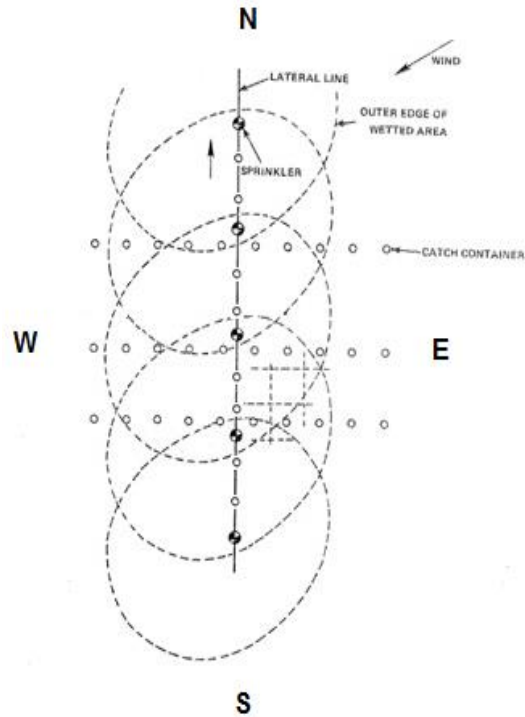


Figura 4. Disposición de los recipientes de captura para probar la uniformidad de la distribución en puntos cardinales a lo largo de tres líneas laterales de aspersores y microaspersores escogidas para la ejecución de la prueba (Adaptado de SCS National Engineering Handbook, 1980).

Para el registro del volumen de agua en los recipientes, se realizó la conversión de dicho volumen (ml o cm³) a milímetros por hora (mm/h), además de sumar los datos de las capturas de cada punto cardinal lo que representó un riego completo.

Con el fin de determinar si los emisores están operando adecuadamente, el sistema de aspersión se evaluó mediante el coeficiente de uniformidad Cu propuesto por Christiansen (1942), como forma de comparar los diferentes perfiles o patrones de aspersión con el fin de evaluar el efecto que tiene la separación entre aspersores sobre la distribución de agua. El Cu se define como:

$$Cu = 1 \left(- \frac{\sum X}{N * m} \right)$$

Dónde:

Cu = Coeficiente de uniformidad

X = Desviaciones absolutas con respecto a la media (m).

$\sum X$ = Suma de desviaciones.

m = Valor medio de todas las observaciones.

N = Numero de observaciones.

En el diseño de riego por aspersión son aceptables generalmente valores que oscilen entre un coeficiente de uniformidad igual a 0.8 a 0.95 (SCS National Engineering Handbook, 1980).

Antes de comenzar la evaluación se dejó en funcionamiento 20 minutos el sistema para que se estabilizara, luego se detuvo la rotación de los aspersores en el sitio de prueba para evitar la entrada de agua en los recipientes antes de iniciar el registro de captura.

Para observar las diferencias de presión entre cada tercio de los laterales, se requirió adaptar un manómetro a la base de cada microaspersor evaluado; en el caso de los aspersores se utilizó un aspersor que poseía un manómetro de glicerina ya instalado; los datos obtenidos se registraron en la matriz de evaluación (Ver Anexos). De acuerdo con la presión obtenida en campo, se estimó el caudal a partir de la información de los fabricantes (Catálogos de aspersores y microaspersores).

La duración de la prueba es del 10% del tiempo real de riego. Se deben tener en cuenta las capturas anormalmente bajas o altas.

Evaluación Presión VS. Caudal

Para la evaluación de las pérdidas por fricción se aplicó la ecuación de Hazen-Williams (1903) con la corrección para salidas múltiples propuesta por Olsen (1980) (ver anexo 7).

$$hf = \frac{k * (Q / C)^{1.852}}{D^{4.87}} * L * F$$

Dónde:

hf = Pérdidas por fricción ,kPa, (psi)

Q = Caudal a través del lateral en m³/h (GPM)

k = 4.55, para las unidades inglesas definidas

k = 1.11x10¹⁰ para unidades internacionales definidas.

C = Coeficiente de fricción que depende del material de la tubería y de sus características.

D = Diámetro interno de la tubería en mm (in).

F = Coeficiente de reducción de múltiples salidas.

EVALUACIÓN PARÁMETROS HIDRODINAMICOS

Calculo de la Densidad Aparente

Para determinar este parámetro se implementaron dos métodos:

- 1) El método de campo utilizando plástico propuesto por Cisneros (2005), el cual se realizó con las dimensiones de 20x20x20 cm.
- 2) Método de los cilindros de volumen conocido propuesto por Flores & Alcala (2010).

Para el cálculo de la densidad aparente de estos métodos se utilizó la siguiente ecuación:

$$\rho_{\alpha} = \frac{P_{SS}}{V}$$

Dónde:

ρ_{α} = Densidad aparente en g/cm³

V = Volumen de la cavidad o agujero

P_{SS} = Peso seco a 105°C

Cálculo de la Densidad Real

Para el cálculo de la densidad real se aplicó la metodología propuesta por Flores & Alcalá (2010), utilizando la siguiente Tabla 1 y las ecuaciones indicadas.

Matriz de resultados Prueba de densidad por medio de picnómetros		
	Nombre de la muestra:	
	Fecha:	
No	Descripción	Unidad
1	$Pw_2 = Pt - Pps - Pss$	gr
2	Pt = Peso de picnómetro + agua + suelo	gr
3	Ppw = Peso picnómetro + agua	gr
4	Pps = Peso de picnómetro seco	gr
5	$\rho_r = Pss/V$	gr/cm ³

Tabla 1. Matriz de resultados, prueba de densidad por medio de picnómetros.

Dónde:

ρ_r = Densidad real o peso específico

ρ_w = Densidad del agua es 1 gr/cm³

Pps= Peso de picnómetro seco

Ppw= Peso picnómetro +agua

Pss= Peso suelo seco

Pt= Peso de picnómetro + agua + suelo

Peso del agua picnómetro lleno

$Pw_1 = Ppw - Pps$

Peso del agua del picnómetro con suelo

$Pw_2 = Pt - Pps - Pss$

Peso del agua desalojada por el suelo

$Pw = Pw_1 - Pw_2$

Volumen agua desalojada por el suelo

$V = Pw / \rho_{agua}$

Cálculo de la porosidad del suelo

Se utilizó la metodología propuesta por Malagón (1974), aplicando la siguiente ecuación:

$$P_t = 1 - \frac{\rho_\alpha}{\rho_s} 100$$

P_t = Porosidad total en %

ρ_α = Densidad aparente del suelo g/cm³

ρ_s = Densidad de las partículas del suelo, densidad real g/cm³.

Cálculo de la infiltración del suelo

Para el cálculo de este parámetro hidrodinámico se implementó la metodología referida por Molano (1987). Aplicando la ecuación empírica de Kostiakov (1932) citada por Molano C. M. (1986), Philip (1954), Taylor & Ashcroft (1972) para el cálculo de la infiltración acumulada “i”:

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

Dónde:

i = Infiltración acumulada por cada fracción unitaria de área de suelo (L)

c' , α = Son parámetros que dependen del suelo y de sus condiciones físicas a dimensionales.

t = Tiempo (T).

Según Molano (1986) derivando la ecuación de la infiltración acumulada se tiene una nueva ecuación para determinar los diferentes valores de la infiltración instantánea o velocidad de infiltración.

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

$$\frac{\partial i}{\partial t} = c' \alpha t^{\alpha-1}$$

$$I = c' \alpha t^{\alpha-1}$$

I = Infiltración Instantánea (L T⁻¹)

c', α = Son parámetros que dependen del suelo y de sus condiciones físicas adimensionales.

t = Tiempo (T).

Tanto Taylor (1964), como la mayoría de los investigadores han aceptado que esta ecuación es apropiada para los datos experimentales en períodos cortos, es decir para periodos que no superen las 3 horas de registros.

FASE 4. VALORACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LOS PROPIETARIOS EN CUANTO A LOS SISTEMAS DE RIEGO

Para la ejecución de esta fase se utilizó la herramienta Diálogo Semi-estructurado propuesto por Geilfus (1997), con la cual se obtuvo la percepción de cada propietario con respecto al sistema de riego implementado por predio evaluado reflejando la aceptación y/o adopción del mismo, para su ejecución se establecieron temas puntuales requeridos para el proyecto como información sobre los cultivos de los cuales dependía la economía de cada predio antes de implementar la fase demostrativa del convenio, así mismo se reflejaron ventajas y desventajas, capital invertido y calificación cuantitativa expresada por propietario.

FASE 5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS CON ENFOQUE AGROECOLÓGICO.

- **Paso 1:** Se analizaron los resultados preliminares con los cuales se identificaron alternativas a proponer de riego y en cuanto al diseño agrícola.
- **Paso 2:** Se establecieron las posibles mejoras a generar con las alternativas propuestas en comparación con lo encontrado en cada predio.

RESULTADOS

FASE 1. IDENTIFICACIÓN DEL GRUPO PARTICIPANTE

Como se planteó en la metodología se escogieron 4 predios a evaluar, en el municipio de Natagaima, representados en la Tabla 2.

Tabla 2. Matriz de identificación de los predios a evaluar (Núñez & Rizo, 2014)

Vereda	Nombre del predio	Area	Lote	Cultivos
		ha	No.	
Palma Alta	Altagracia 1	1,66	1	Cacao, Plátano.
	altagracia 2	3,05	2,3 4	Limón
La Vega	Santa Lucía	5,00	1	Plátano, Cacao,
			2	Sin Uso
			3	Mango Guayaba
			4	Plátano, Cacao
El Tambo Balocá	El Campamento	4,85	1	Plátano Cacao
			2	Limón

FASE 2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

En los predios observados se identificaron dos sistemas de riego presurizados: Aspersión y Microaspersión; siendo este último predominante, ya que solo un predio cuenta con Aspersión como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz de identificación de los sistemas de riego a evaluar (Núñez & Rizo, 2014)

Nombre del predio	Lote	Equipos			Estado Equipo
	No.	Sistema	Marca	Modelo	
Altagracia 1	1	Microaspersión	EIN DOR (Fig. 5)	831	Fig. 9
Altagracia 2	2,3				Fig. 11 y Fig. 12
	4				Fig. 13
Santa Lucía	1	Microaspersión	AMANCO (Fig. 5)	MFNAI	Fig. 15
	2				Fig. 16
	3				Fig. 19
	4				Fig. 20
El Campamento	1	Microaspersión	AMANCO	MFNAI	Fig. 21
	2	Aspersión	VYR (Fig. 8)	VYR- 803AG	Fig. 23

La ejecución del inventario contó con un previo reconocimiento de cada componente del sistema de riego, el cual se compone de una bomba de ACPM, sistema de filtración con filtros de arena y malla, emisores de riego de diferente modelo (Ver Figuras 6, 7 y 8) y tubería de conducción hidráulica. Se observó que el sistema de riego presentó las características



Figura 5. Tipos de microaspersores de las fincas demostrativas evaluadas (Der. EIN DOR, Izq. AMANCO) (Núñez & Rizo,2014).



Figura 6. Partes del Microaspersor Autocompensado, marca AMANCO (Núñez & Rizo,2014).

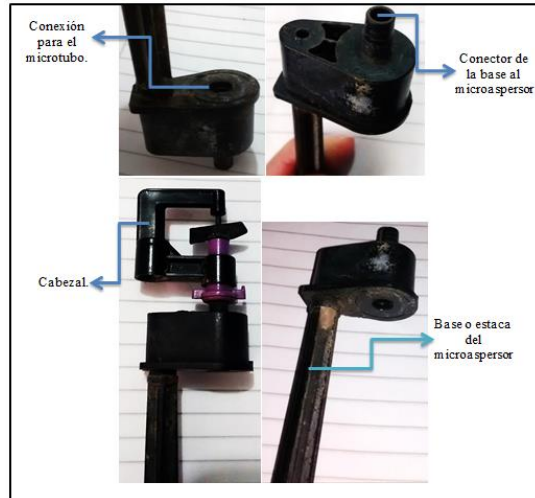


Figura 7. Partes sistema de riego por microaspersión marca Ein Dor (Núñez & Rizo,2014).



Figura 8. Válvula y aspersor marca VYR (Núñez & Rizo, 2014)



Figura 9. Tanques de filtración (Núñez & Rizo, 2014).

Los resultados encontrados mediante el inventario realizado en cada predio se presentan desde la Figura 9 a la 20, en las que se observa de manera cuantitativa (en porcentaje) las

características del estado actual de cada sistema de riego; sin embargo, los lotes 1 y 3 del predio Altagracia y el lote 4 del predio Santa Lucía no fueron inventariados, debido a las condiciones en que se encontraba el sistema (ausencia de manejo e intervención), lo cual dificultó e impidió su ejecución (Ver Figuras 9, 11 y 14). Por otro lado, el lote 3 de Santa Lucía presentó una adecuación del sistema, aplicando el riego directo a la planta por medio del microtubo como se observa en la Figura 16.



Figura 10. Estado del lote 1 Altagracia – Palma Alta (Núñez & Rizo, 2014).

% Estado Físico del Sistema Lote 2 Altagracia – Palma Alta.

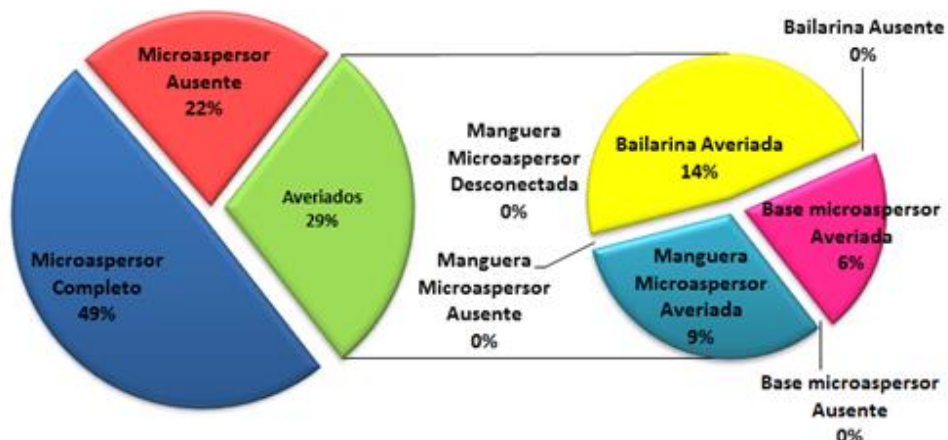


Figura 11. Grafico del estado actual de sistema de riego – Lote 2 (Núñez & Rizo, 2014).



Figura 12. Estado actual del Lote 3 - Altagracia, obsérvese la ausencia de mantenimiento y crecimiento excesivo de las arvenses además de ramas caídas (Núñez & Rizo, 2014).

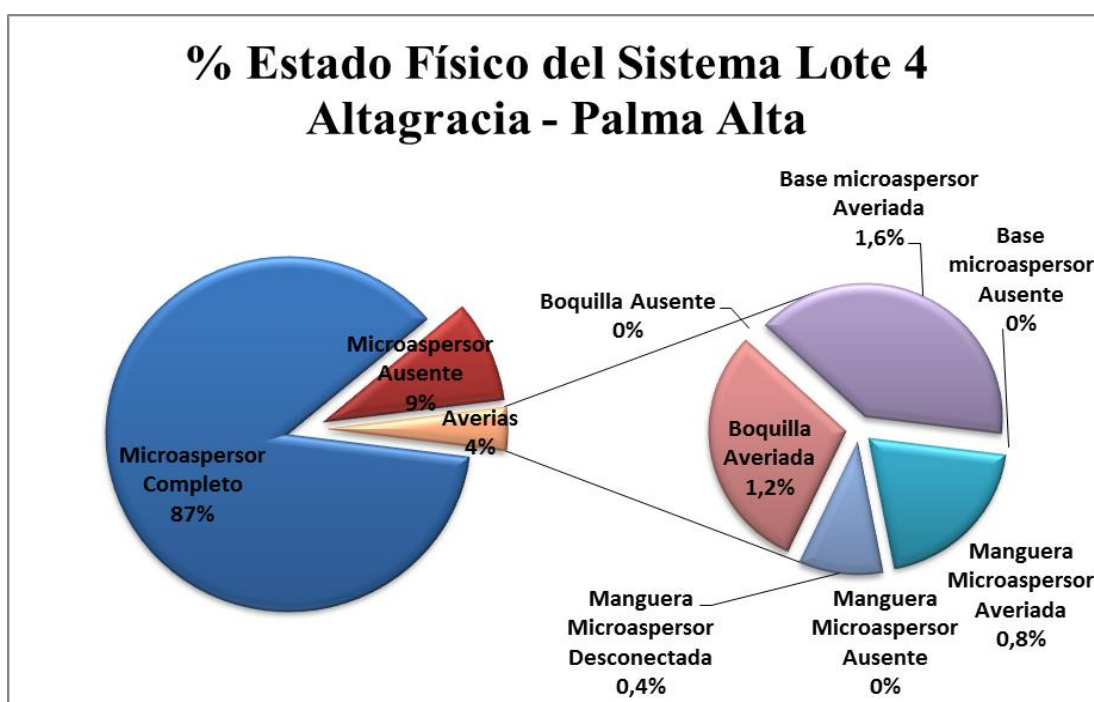


Figura 13. Gráfico del estado actual de sistema de riego en porcentaje para cada condición en que se encontró el Lote 4 (Núñez & Rizo, 2014)

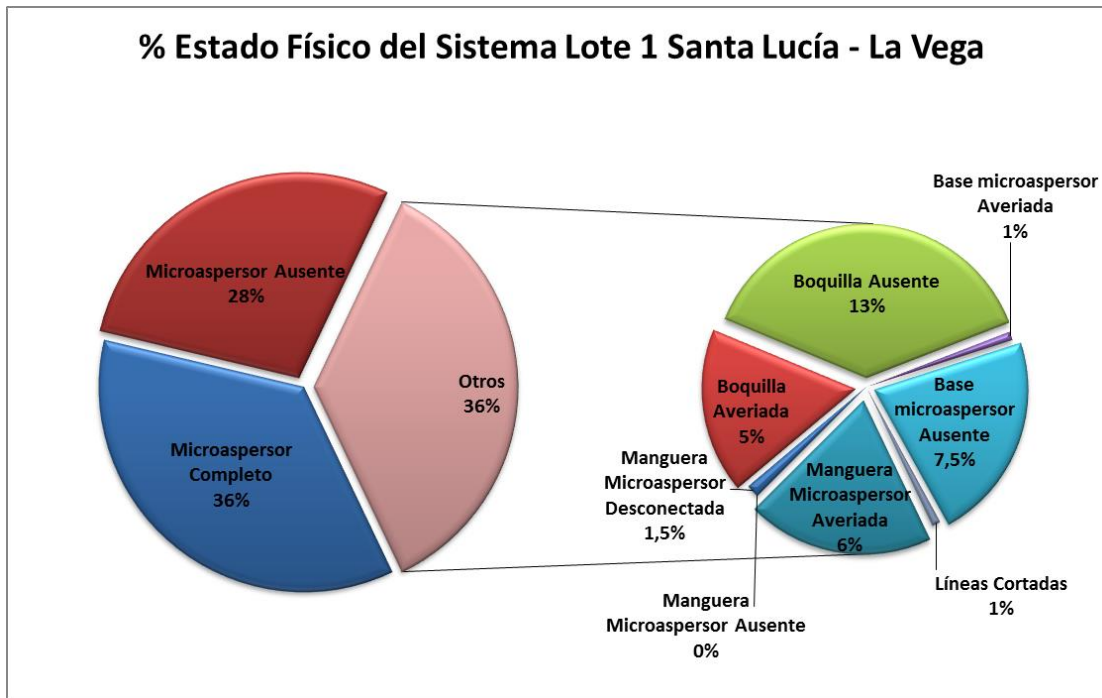


Figura 14. Gráfico del estado actual de sistema de riego en porcentaje para cada condición en que se encontró el Lote 1 – Santa Lucía (Núñez – Rizo, 2014).



Figura 15. Estado actual del sistema, Lote 2 – Santa Lucía, obsérvese el crecimiento excesivo del pasto y daño en las bases de los microaspersores (Núñez & Rizo, 2014).

% Estado Físico del Sistema Lote 2 Santa Lucía – La Vega.

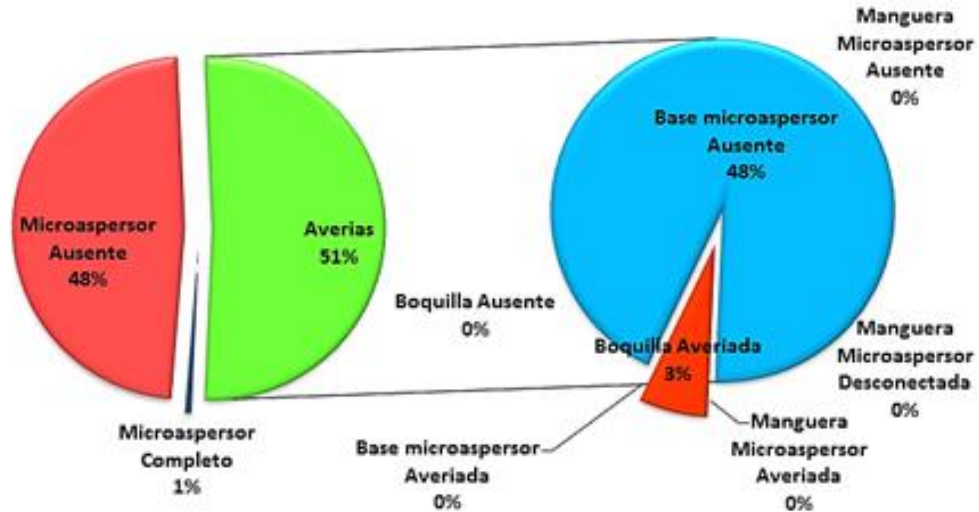


Figura 16. Gráfico del estado actual de sistema de riego en porcentaje para cada condición en que se encontró el Lote 2 – Santa Lucía (Núñez & Rizo, 2014).



Figura 17. Sistema de riego modificado directo a la planta - Lote 3 – Santa Lucía (Núñez & Rizo, 2014).

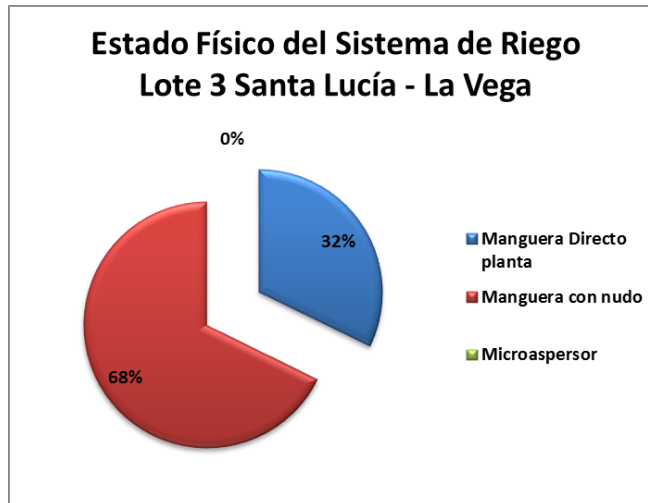


Figura 18. Estado actual del sistema de riego Lote 3- Santa Lucía (Núñez & Rizo, 2014).



Figura 19. Estado actual del sistema Lote 4 - Santa Lucía, obsérvese la densidad de las arvenses, lo que dificultó el inventario (Núñez & Rizo, 2014).

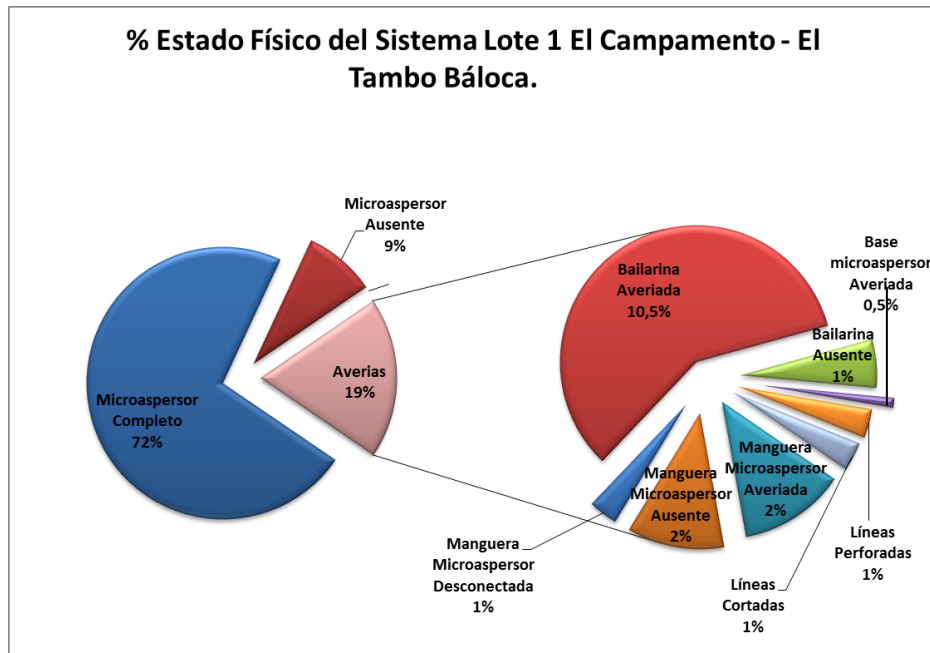


Figura 20. Gráfico del estado actual de sistema de riego Lote 1- El Campamento (Núñez – Rizo, 2014).

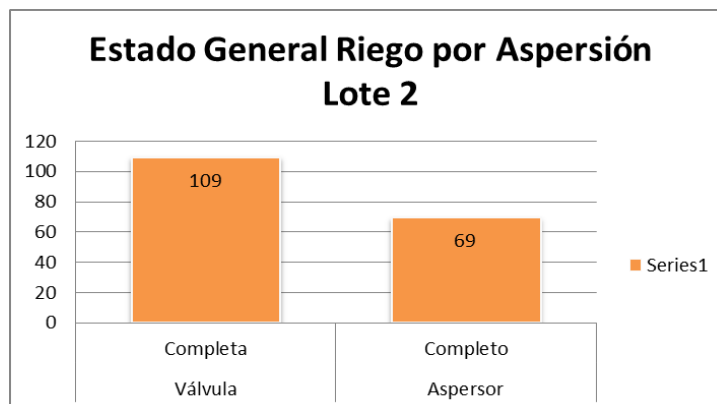


Figura 21. Gráfico del estado actual del sistema de riego Lote 2 - El Campamento (Núñez & Rizo, 2014).

Para completar esta fase se requirió conocer las dimensiones del cultivo con cada sistema de riego; el sistema de riego por Microaspersión beneficia el arreglo Plátano-Cacao a una distancia de 1,5 m entre plantas, entre surcos 3 m, de línea a línea de riego 6 m y entre microaspersores de 4,5 m como se representa en la Figura 21. Aunque el lote 4 de Altagracia posee un diseño de microaspersor por cada árbol de limón sembrados en tresbolillo a 7 m, representados en la Figura 22.

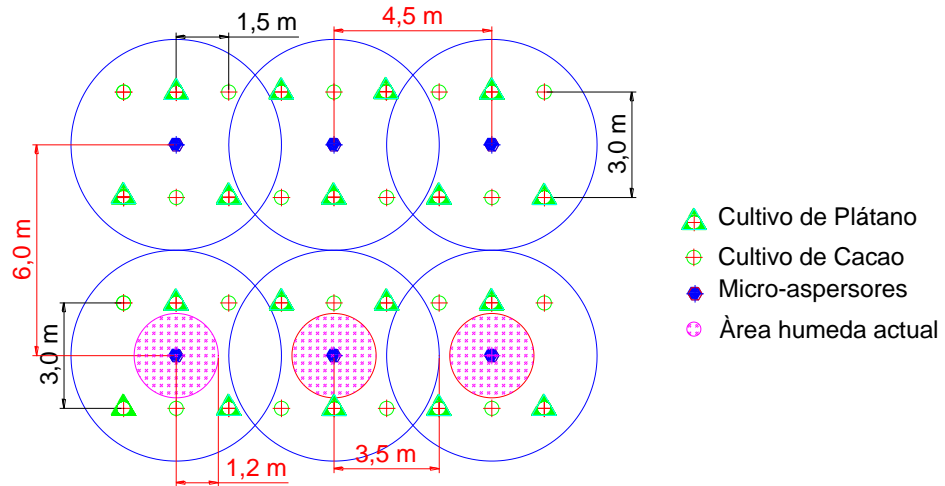


Figura 22. Esquema de cobertura de cada Microaspersor según catálogo y lo encontrado en campo (Adaptado del Convenio FONADE - IICA, 2010).

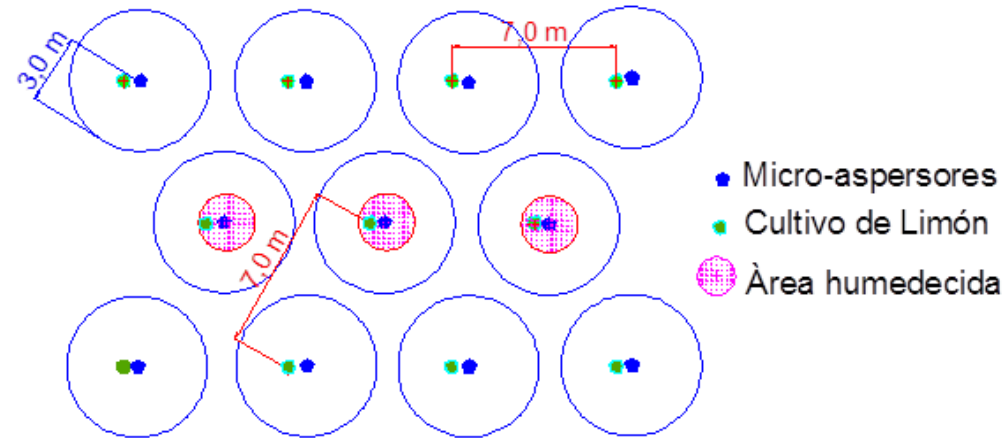


Figura 23. Esquema de las dimensiones del Lote 4, limón – Altagracia (Núñez & Rizo, 2014).

Por otro lado, el riego por aspersión se instaló para beneficiar el lote 2 del predio El Campamento con árboles de limón establecidos con una distancia en tresbolillo de 7 m; los aspersores se ubicaron en un arreglo rectangular de 14 x 12,12 m (Ver Figura 23).

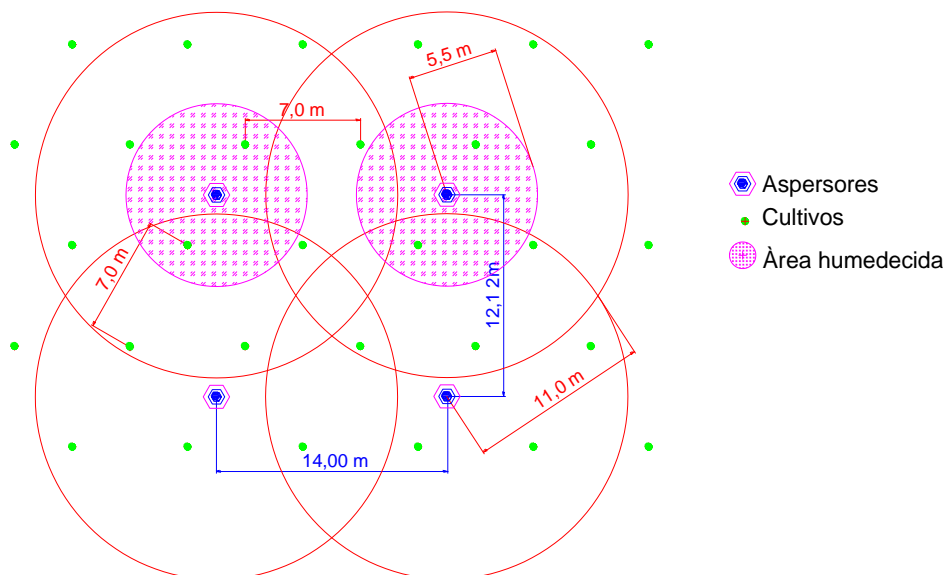


Figura 24. Esquema de distribución de Lote Limón – El Campamento (Núñez & Rizo, 2014).

FASE 3. EVALUACIÓN EN CAMPO

Evaluación de pruebas de campo con el sistema de riego en funcionamiento

La evaluación del sistema en funcionamiento se realizó en los predios de Santa Lucía y El Campamento como se representa en la Tabla 4, ya que en el predio de Altagracia no fue posible por las condiciones ya referidas (Ver Figura 9), en los demás lotes (2, 3 y 4) no fue posible poner en funcionamiento el sistema por circunstancias externas al proyecto.

Tabla 4. Datos obtenidos de la matriz aplicada para la evaluación de los sistemas de riego en funcionamiento (Núñez & Rizo, 2014).

Lugar	Lote No.	Sistema	Espaciamento m x m	Equipos			Presion psi	Precipitación mm/h
				Laterales No.	*			
Santa Lucía La Vega	1	Microaspersión	4,5 x 6 m	4	A	24	3,38	
					B	21	5,45	
					C	20	3,90	
				10	A	24	4,00	
					B	19	1,82	
					C	19	3,83	
				14	A	20	3,87	
					B	17	3,31	
					C	15	3,01	

Santa Lucía La Vega	3	Microaspersión modificado (microtubo)**	10 x 12 m	4	A	10	0,58
					B	7	0,61
					C	7	1,84
				8	A	8	0,50
					B	8	1,84
					C	7	1,84
				10	A	9	2,40
					B	8	2,00
					C	8	0,96
El tambo	1	Microaspersión	4,5 x 6 m	8	A	10	3,27
					B	10	3,31
					C	10	1,20
				17	A	11	0,90
					B	11	0,86
					C	11	1,49
				26	A	11	4,01
					B	11	1,62
					C	11	2,39
El tambo	2	Aspersión	12,12 x 14 m	10	A	40	3,38
					B	34	5,45
					C	34	3,90
				8	A	45	4,00
					B	38	1,82
					C	36	3,83
				6	A	38	3,87
					B	36	3,31
					C	37	3,01
<p>*Cada lateral se evaluó la presión de operación y la precipitación en tres puntos, el primero corresponde al segunda salida desde el origen del lateral, la segundo en justo el medio y el tercero en la penúltima salida correspondiéndoles a las letras A;B;C respectivamente.</p> <p>**La lectura de este lote se ejecutó de la siguiente manera: Para cada punto se dejó llenar un vaso de 280 ml y se tomó el tiempo de llenado, realizando el respectivo cálculo para el tiempo de riego real.</p>							

Predio Santa Lucía – La Vega

Lote 1.

La presión de salida del sistema fue de 60 psi, con un registro de lectura de presión en los microaspersores evaluados de 19,8 psi en promedio para las tres líneas laterales. En la Tabla 5 se presentan los datos recolectados del punto de mayor y menor rendimiento de cada lateral.

Tabla 5. Rendimiento por punto de laterales lote 1 Santa Lucía (Núñez & Rizo, 2014).

Lateral	Punto de mayor caudal	Precipitación	Lateral	Punto de menor caudal	Precipitación
		ml/h			ml/h
4	A	4,42	4	C	4,46
10	A	10,52	10	C	3,25
14	A	13,95	14	C	10,57

Lote 3.

- Este lote presentó una condición especial, ya que el propietario optó por modificar el sistema de riego alterando las especificaciones del fabricante, aplicando riego solo con el microtubo directo a la planta (Ver Figura 16).
- Presenta una asociación entre mango y guayaba, con dimensiones de siembra de 10 metros entre plantas y ente surcos 12 metros (Ver Figura 24).

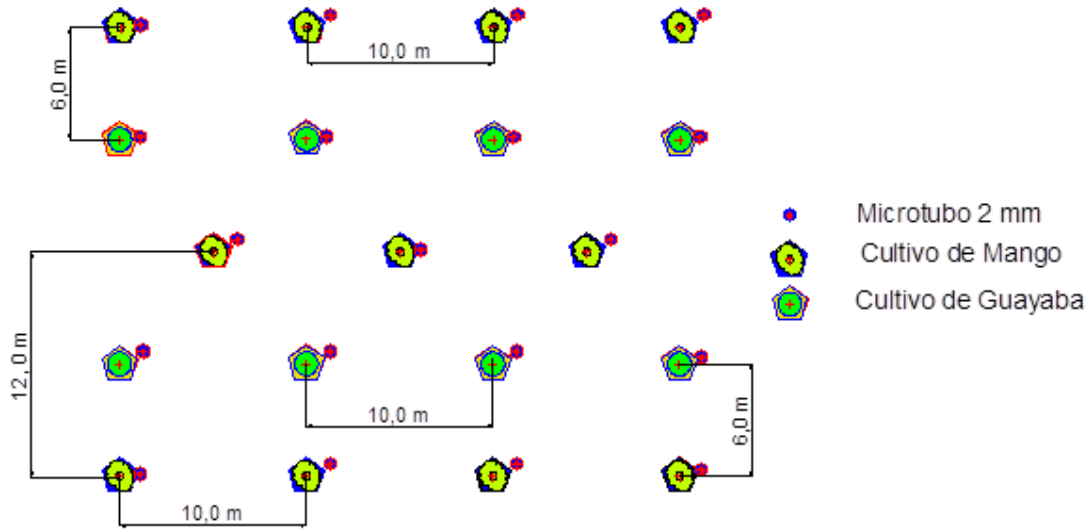


Figura 25. Esquema de Distribución Lote Mango - Guayaba (Núñez & Rizo, 2014).

- La presión de salida del sistema fue de 60 psi, con un registro de presión en los microaspersores evaluados de 8 psi promedio para las tres líneas laterales. En la Tabla 6 se presentan los datos recolectados del punto de mayor y menor rendimiento de cada lateral, con una alteración en el lateral 10 siendo el punto central el de mayor rendimiento y el punto inicial el de menor rendimiento.

Tabla 6. Rendimiento por punto de laterales lote 3 Santa Lucía (Núñez & Rizo, 2014).

Lateral	Punto de mayor caudal	Volumen aplicado	Lateral	Punto de menor caudal	Volumen aplicado
		lph			lph
4	A	77,5	4	C	24,58
8	A	77,51	8	C	21
10	B	50,41	10	A	40,3

- Se observó que la modificación del sistema presentó un mayor caudal con respecto a los lotes en que el sistema de riego por microaspersión funcionaba normalmente.

Predio El Campamento –El Tambo Balocá

Lote 1.

- La presión de salida del sistema fue de 60 psi, con un registro de la lectura de presión en los microaspersores evaluados de 10,96 psi en promedio para las tres líneas laterales. En la Tabla 7 se presentan los datos recolectados del punto de mayor y menor rendimiento de cada lateral, con alteraciones en todos los laterales, siendo el central en el lateral 8 el de mayor rendimiento, en el lateral 17 y 26 el de menor rendimiento; y el punto final en el lateral 17 como el de mayor rendimiento.

Tabla 7. Rendimiento por punto de laterales lote 1 El Campamento (Núñez & Rizo, 2014).

Lateral	Punto de mayor caudal	Precipitación	Lateral	Punto de menor caudal	Precipitación
		ml/h			ml/h
8	B	12,75	8	C	4,65
17	C	5,75	17	B	3,33
26	A	15,46	26	B	6,25

Lote 2.

- Cuenta con sistema de riego por aspersión para el cultivo de limón (Ver Figura 23).
- El sistema presentó una presión de salida de 60 psi, la lectura registrada en los aspersores evaluados fue de 37,6 psi en promedio para las tres líneas laterales.

Tabla 8. Rendimiento por punto de laterales Lote 2 El Campamento. (Núñez, 2014)

Lateral	Punto de mayor caudal	Precipitación	Lateral	Punto de menor caudal	Precipitación
		ml/h			ml/h
6	A	14,9	6	A	11,6
8	A	15,42	8	A	7
10	B	20,9	10	B	13,02

Evaluación de las pérdidas por fricción

Tabla 9. Especificaciones técnicas según catálogo (AMANCO, 2010; EIN DOR, 2010).

Predio	Lote	Microaspersor	Modelo	Boquilla				Presión de operación psi
				Color	Diámetro mm	Tasa de flujo LPH	Diámetro de mojado m	
Altagracia	1 y 2	EIN DOR	831	Morado	1	50	6,8	29
	4			Azul celeste	0,8	35	5,7	29
Santa Lucía	1 Y 3	AMANCO	MFNAI	Beige	1,1	46	7	20
El Campamento	1							

Microaspersores AMANCO modelo MNFAI:

Según especificaciones del fabricante el microaspersor de este modelo presenta la siguiente relación:

Tabla 10. Relación presión caudal (AMANCO, 2010).

Q	Lph	37	46	55	62	68
P	Psi	15	20	30	35	40

Predio Santa Lucía- La Vega

Este predio cuenta con microaspersores AMANCO modelo MNFAI, el sistema presenta la siguiente relación de caudal-presión y pérdidas por fricción.

Lote 1:

Este lote presentó las siguientes lecturas de presión en cada punto de su respectivo lateral (Ver anexo 37).

Tabla 11. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 1 laterales 4, 10 y 12 – Santa Lucía (Núñez, 2014).

Lateral 4					Lateral 10				
Long m	56	Long ft	183,736		Long m	67,25	Long ft	220,647	
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)	Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	24	49,61	0,22	0,04502	A	24	49,61	0,22	0,04987
B	21	45,83	0,20		B	19	43,19	0,19	
C	20	44,52	0,20		C	19	43,19	0,19	
Promedio		46,66	0,21		Promedio		45,33	0,20	

Lateral 14				
Long m	44,75	Long ft	146,825	
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	20	44,52	0,20	0,02810
B	17	40,43	0,18	
C	15	37,54	0,17	
Promedio		40,83	0,18	

Lote 3:

Este lote presentó las siguientes lecturas de presión en cada tercio de su respectivo lateral (Respectivas gráficas se pueden observar en anexo 38).

Tabla 12. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 3 laterales 4, 8 y 10 – Santa Lucía (Núñez, 2014).

Lateral 4					Lateral 8				
Long m	69,5	Long ft	228,0295		Long m	69,5	Long ft	228,03	
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)	Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	10	29,51	0,13	0,01809	A	8	25,85	0,11	0,0174
B	7	23,88	0,11		B	8	25,85	0,11	
C	7	23,88	0,11		C	7	23,88	0,11	
Promedio		25,75	0,11		Promedio		25,19	0,11	

Lateral 10				
Long m		Long ft		
69,5		228,03		
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	9	27,72	0,12	0,0190
B	8	25,85	0,11	
C	8	25,85	0,11	
Promedio		26,47	0,12	

Predio El Campamento - El Tambo Balocá

Tabla 13. Especificaciones técnicas según catálogo VYR S.A (2010).

Lote	Aspersor	Modelo	Boquilla				Presión de operación psi
			Color	Diámetro mm	Tasa de flujo lph	Diámetro de mojado m	
2	VYR	VYR-803AG	Naranja	3,5	599	22	50

Este predio cuenta con microaspersores AMANCO modelo MNFAI y sistema de aspersión con aspersores VYR 803-AG, con la presión de salida de la bomba del sistema de riego de 60 psi. El sistema presenta la siguiente relación de caudal-presión y pérdidas por fricción (Respectivas gráficas se pueden observar en anexos 39 y 40).

Lote 1:

Este lote presenta sistema por microaspersión con las siguientes lecturas de presión en cada tercio de su respectivo lateral.

Tabla 14. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 1 laterales 8, 17 y 26 – El Campamento (Núñez, 2014).

Lateral 8					Lateral 17				
Long m		Long ft			Long m		Long ft		
31,25		102,5313			42,5		139,44		
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)	Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	10	29,51	0,13	0,0110	A	11	31,22	0,14	0,0162
B	10	29,51	0,13						
C	10	29,51	0,13						
Promedio		29,51	0,13		Promedio		31,22	0,14	

Lateral 26				
Long m		Long ft		
56		183,736		
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	11	31,22	0,14	0,0214
B	11	31,22	0,14	
C	11	31,22	0,14	
Promedio		31,22	0,14	

La presión de este lote es constante en cada lateral evaluado, lo cual indica que se encontraba en buen estado, sin embargo, presenta una presión por debajo de los parámetros que el fabricante recomienda, generando operación inadecuada del sistema de riego.

Lote 2:

Este lote presenta sistema por aspersión con las siguientes lecturas de presión en cada punto de su respectivo lateral teniendo en cuenta como longitud la altura del aspersor.

Tabla 15. Presión, caudal y pérdidas por fricción Lote 2 laterales 6, 8 y 10 – El Campamento (Núñez, 2014).

Lateral 6					Lateral 8				
Long m	2	Long ft	6,562		Long m	2	Long ft	6,562	
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)	Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	38	504,99	2,22	0,0178	A	45	558,21	2,46	0,0192
B	36	489,07	2,15		B	38	504,99	2,22	
C	37	497,07	2,19		C	36	489,07	2,15	
Promedio		497,04	2,19		Promedio		517,42	2,28	

Lateral 10				
Long m	2	Long ft	6,562	
Punto	P (psi)	Q (lph)	Q (Gpm)	hf (psi)
A	40	520,58	2,29	0,0172
B	34	472,78	2,08	
C	34	472,78	2,08	
Promedio		488,71	2,15	

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS MEDIANTE PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS

Infiltración de los suelos

Predio Altagracia - Palma Alta

Los resultados en cuanto a infiltración de estos predios se evidencian por lote, presentando las siguientes características (Ver Anexo 31, 32, 33 y 35):

Tabla 16. Resultados Infiltraciones lotes Altagracia (Núñez & Rizo, 2014).

<p>Lote 1: Con los datos obtenidos este lote presenta una infiltración del siguiente orden:</p> $i = 3,0565t^{0,3699}$ $I = 1,13t^{0,3699-1}$ $Ib = 33,22 \text{ mm/h}$ <p>Esta <i>Ib</i> es característica de suelos Franco arenosos.</p>	<p>Lote 2: Las pruebas realizadas arrojan infiltraciones de los siguientes valores:</p> $i = 2,40015t^{0,1417}$ $I = 0,34t^{0,1417-1}$ $Ib = 3,35 \text{ mm/h}$ <p>Esta <i>Ib</i> es característica de suelos Arcillo arenosos.</p>	<p>Lote 4: Las infiltraciones obtenidas son del siguiente orden:</p> $i = 2,8436t^{0,07653}$ $I = 0,2176t^{0,07653-1}$ $Ib = 1,57 \text{ mm/h}$ <p>Esta <i>Ib</i> es característica de suelos Arcillo arenosos.</p>
---	--	--

Predio Santa Lucia - La Vega

Los resultados de este predio se evidencian en cuanto a infiltración presentando las siguientes características (Ver Anexo 34 y 36):

Tabla 17. Resultados Infiltraciones lote Santa Lucía (Núñez & Rizo, 2014).

<p>Lote 1: Las infiltraciones obtenidas son del siguiente orden:</p> $i = 1,874865t^{0,52305}$ $I = 0,98t^{0,52305-1}$ $Ib = 59,97 \text{ mm/h}$ <p>Esta <i>Ib</i> es característica de suelos Franco arenosos.</p>
--

Predio: El Campamento-El Tambo

Los resultados de este predio se evidencian por cada lote en cuanto a infiltración presentando las siguientes características (Ver Anexo 37 y 38):

Tabla 18. Resultados Infiltraciones lotes El Campamento (Núñez & Rizo, 2014).

<p>Lote 1: Las infiltraciones son las siguientes:</p> $i = 0,93793t^{0,75543}$ $I = 0,708t^{0,75543-1}$ $Ib = 131,83 \text{ mm/h}$ <p>Esta <i>Ib</i> es característica de suelos Arenosos.</p>	<p>Lote 2: Las infiltraciones obtenidas son del siguiente orden:</p> $i = 1,1650t^{0,40873}$ $I = 0,6744t^{0,40873-1}$ $Ib = 16,84 \text{ mm/h}$ <p>Esta <i>Ib</i> es característica de suelos Franco arcillosos.</p>
---	--

Características físicas del suelo

De las muestras de suelo recolectadas por lote de cada predio, aplicando las diferentes metodologías establecidas se determinaron los parámetros físicos e hidrodinámicos, obteniendo los resultados representados en las Tablas 24, 25 y 26 presentadas en la discusión, obteniendo como resultado los diferentes tipos de suelo mostrados a continuación, predominando la textura arcillo arenosa:

Tabla 19. Texturas de suelo - Altagracia (Núñez, 2014).

Lote	Textura Suelo
1	Arcillo arenosa
	Arenosa
2	Arcillosa
	Franco arcillosa
3	Arcillo arenosa

Tabla 20. Textura de suelo - Santa Lucía (Núñez, 2014).

Lote	Textura Suelo
1	Franco arenosa
	Arcillosa
3	Arcillosa
	Franco

Tabla 21. Texturas de suelo – El Campamento (Núñez, 2014).

Lote	Textura Suelo
1	Franco arcillosa
	Arenosa
2	Franco arenosa
	Arenosa
	Franco

FASE 4. VALORACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DE LOS PROPIETARIOS EN CUANTO A LOS SISTEMAS DE RIEGO

Al momento de realizar la recolección de información el primer paso propuesto fue lograr establecer contacto con los técnicos del proyecto pero desafortunadamente esto no se pudo realizar, ya que estos no manifestaron interés en que externos intervinieran, aunque se prosiguió con el estudio debido a que los agricultores lo solicitaron y en consecuencia quedó como única alternativa efectuar la evaluación desde el enfoque observado por cada productor.

Como resultado de la entrevista semiestructurada se obtiene que la economía de cada predio dependía principalmente del cultivo del arroz antes de la implementación de las fases demostrativas del convenio, aunque en algunos predios del cultivo de algodón. Así mismo, con cada productor se identificaron las diferentes ventajas y desventajas, siendo predominantes estas últimas en cuanto al tiempo que lleva en funcionamiento del sistema de riego en cada predio; de igual forma se indago sobre los tipos de sistemas de riego implementados antes del convenio, siendo en su mayoría riego por gravedad y en algunos predios riego por inundación.

Para expresar las desventajas identificadas por cada propietario, a cada una se le asignó una letra (De la “A” a la “M”) y se representó cada predio con una convención como se puede observar posteriormente en la Figura 25, como se presentaron desventajas similares, se unificaron con el fin de determinar los problemas en común de cada sistema de riego, representados por la unión vertical de las convenciones de cada predio (Ver Figura 25).

Desventajas planteadas por los propietarios:

- A. La altura de la base del Microaspersor es muy corta, ya que al realizar las podas de arvenses puede ocasionarse daño en este.
- B. El mantenimiento de los microaspersores es complicado, ya que estos poseen demasiadas partes para su limpieza.
- C. No se cumplió con el orden del diseño productivo propuesto, ya que las siembras tenían que realizarse en un orden adecuado para cada especie.
- D. La asistencia técnica es muy costosa y no da buenas recomendaciones, solo se basa en que se está haciendo un mal manejo.
- E. El filtro de la bomba se obstruye por algas y sólidos en suspensión que se encuentran en el agua para el suministro de riego.
- F. Para época de verano el riego por microaspersión no es eficiente, ya que la llovizna es muy débil y no moja lo suficiente el suelo.
- G. La producción no fue la esperada, al no suplir las necesidades de las plantas en cuanto al riego.
- H. Se implementó una variedad de plátano no probada en las condiciones de la zona.
- I. En época de verano las fuentes de agua disminuyen su volumen.
- J. El Microaspersor no suministra el agua suficiente para las plantas según el arreglo establecido en el proyecto (6 plantas).
- K. La siembra se realizó en el comienzo de un verano muy fuerte, lo cual afectó mucho al cultivo al no tener el abastecimiento de agua necesario, indicando que la época para la ejecución esta fase no fue la adecuada.
- L. El crecimiento de las plantas de plátano no completaba su ciclo, ya que el vástago no soportaba el peso de los racimos y se quebraba.
- M. La “lluvia” de los microaspersores se ve muy afectada por el viento.

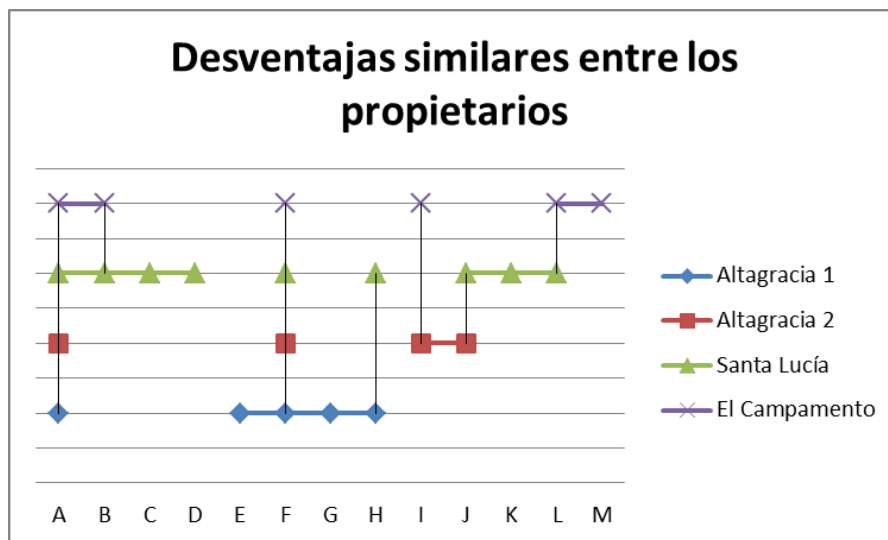


Figura 26. Esquema de la similitud de las desventajas entre propietarios (Núñez & Rizo, 2014).

En cuanto a ventajas los propietarios concordaron que lo bueno del diseño hidráulico de riego es que en caso de lograr su buen funcionamiento se obtiene un riego uniforme, generando un abastecimiento homogéneo en cada lote; por otro lado se opinó que el diseño agrícola es una alternativa rentable y viable solo si se implementa con una adecuada planeación de siembra como se había propuesto inicialmente, para generar un ambiente adecuado de sombra. Del riego por microaspersión se resumió en que economiza bastante agua y que teniendo un microaspersor por planta su funcionamiento en una zona cálida como lo es Natagaima sería mejor.

Por otro lado se indagó también sobre la inversión realizada para la implementación del sistema de riego por microaspersión, el cual vario entre los 15 a los 50 millones de pesos subsidiados por el convenio, aunque en caso de necesitar mano de obra extra cada propietario debía asumir este costo, esta inversión se dividió entre el pago de insumos agroquímicos, materiales, plántulas y mano de obra. En el caso del predio El Campamento donde se tenía implementado un lote con riego por aspersion tuvo un valor de 15 millones de pesos su establecimiento, adicionalmente se realizó una inversión en una bomba de ACPM nueva de 10 HP, ya que la bomba otorgada inicialmente es de gasolina y requería de un mayor consumo de combustible, así que por economía se optó por adquirir otra.

Finalmente cada propietario dio su apreciación en cuanto a cada sistema de riego por medio de una calificación cuantitativa con un intervalo entre 0 a 10 siendo este último la calificación más favorable como se muestra en la Tabla 22. Claramente se refleja una calificación baja en cuanto al sistema de microaspersión por los diferentes problemas que presenta, observando la

variación con la calificación en Altagracia 2 por el hecho que este lote poseía un microaspersor por planta en el cultivo de limón; en cuanto al sistema por aspersión la calificación no es muy favorable, ya que el productor refiere que algunos árboles reciben demasiado riego y a otros no se les proporciona el suficiente.

Tabla 22. Calificación en cuanto a la viabilidad (en una escala de 0 a 10, Siendo 0 negativo y 10 positivo) por parte de cada propietario (Núñez & Rizo, 2014).

Predio	Sistema de riego	Calificación
Altagracia 1	Microaspersión	4
Altagracia 2	Microaspersión	8,5
Santa Lucía	Microaspersión	2
El campamento	Microaspersión	4
	Aspersión	6

FASE 5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS CON ENFOQUE AGROECOLÓGICO.

Dadas las dificultades identificadas con las evaluaciones y las pruebas por lateral de riego realizadas, se optó por recomendar diferentes sistemas con cualidades que podrían ser beneficiosas para estos cultivos, tales como el riego por aspersión de bajo volumen y riego subfoliar. Esta propuesta es de importancia para los agricultores, ya que estos tipos de riego se pueden adaptar a los cultivos de la zona, porque son sistemas versátiles, que se ajustan a las necesidades y condiciones de cada agricultor.

Según Peláez (1997) el riego de bajo caudal y subfoliar, cuando son planificados adecuadamente, producen resultados superiores con respecto a otros sistemas de riego, ya que aumentan el contacto del agua con todo el sistema radicular de la planta, al aumentar el volumen de suelo mojado las raíces activas, ya que aprovechan mejor la fertilidad natural del suelo. La versatilidad de estos sistemas consiste en que se puede manejar el agua en pequeñas dosis, favoreciendo a una menor evapotranspiración y consumo de agua.

Al implementar un sistema de riego de mayor altura se puede generar un mayor aprovechamiento del espacio, aumento de la cobertura vegetal (por medio de los cultivos transitorios) para protegerlos de la erosión, generar mayor retención de humedad en los suelos y reducción en el crecimiento de arvenses, ya que esto ha sido un problema al no permitir realizar un riego equitativo al cultivo.

Así mismo, se recomienda como alternativa iniciar un proceso de transición agroecológica mediante la reducción principalmente de agroquímicos, la implementación de prácticas de conservación de suelos, el aprovechamiento de residuos de cosecha y la incorporación de cultivos transitorios, el cual parte del diseño actual de plátano – cacao pero intercalando entre las calles yuca, maíz y frijol. Los cultivos transitorios se escogieron teniendo en cuenta lo expresado por los productores, de que anteriormente a los monocultivos de arroz y al convenio estos eran los principales cultivos que caracterizaban las producciones en asociación para autoconsumo y comercialización.

Por otro lado se quiere probar el efecto de la yuca como desintoxicante del suelo, ya que posee la propiedad de captar los nutrientes acumulados en el mismo (Salazar, Mosquera, & Ararat, 2004), se quiere implementar cada cuatro eras entre las calles de plátano – cacao para limpiar y después de su cosecha renovar nutrientes por medio de maní forrajero. Con las eras en asocio de maíz y frijol se quiere aportar nitrógeno al suelo. Como estrategias de conservación de suelos se propone como alternativa realizar zanjas de captación de agua entre 50 a 80 cm de profundo alrededor de cada lote en donde haya cultivos establecidos.

Finalmente se propone realizar una evaluación de resultados en cuanto a cambios y mejoras aplicando las alternativas propuestas, de la misma manera recolectar información para obtener una retroalimentación del proceso a futuro por parte de cada productor.

DISCUSIÓN

Para la realización respectiva de la discusión de este proyecto, se requirió dividirla en dos partes, la primera en cuanto al sistema de riego como tal, del estado en que se encontró y de su funcionamiento; en la segunda se presenta la valoración de la percepción con respecto al sistema de riego por parte de los propietarios.

DISCUSIÓN FASES 1, 2 Y 3

Mediante la fase de diagnóstico y evaluación en campo se evidenció que el sistema de microaspersión está funcionando en condiciones diferentes a las presentadas por el fabricante debido al alto porcentaje de daño de los emisores, ocasionando fallas en su funcionamiento óptimo. En la Tabla 23 se observa el área húmeda según las especificaciones de cada fabricante en este caso AMANCO y VYR, que al compararse con los resultados obtenidos en campo refleja deficiencia en el riego.

Tabla 23. Matriz de comparación entre el área de humedad real encontrada en campo y la presentada por los catálogos (Núñez, 2014).

Fabricante	Diámetro mojado m	Área Húmedad m ²	Área Húmedad según Keller m ²	Área Húmedad Real m ²
AMANCO	7	38,4	25	4,52
VYR	22	380,1	No aplica	95

El área húmeda recomendada no cumple los cubrimientos mínimos para sistemas localizados de microaspersión ubicados en los predios de Santa Lucía y El Campamento como lo refiere Keller (1990), ya que no alcanza ni el 65% del área destinada a humedecer por este tipo de riego. Según el diseño propuesto inicialmente como se evidencia en la Figura 26, cada microaspersor debía cubrir el área representada en el círculo azul, sin embargo, en el momento de la evaluación se observó que el área regada es la representada en color rosa de la misma figura.

Así mismo se compararon los resultados obtenidos en el sistema de riego por aspersión, implementado para el cultivo de limón en el predio El Campamento se evidencia que así como el sistema por microaspersión, este tampoco cumple con el cubrimiento presentado en las especificaciones del catálogo VYR (2010), como se representa en la Figura 27, representada con

el círculo rojo el área según catálogo, frente al área real identificada con el círculo rosa en la misma figura.

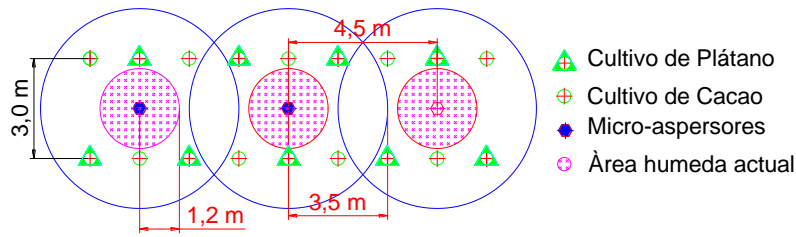


Figura 27. Esquema del área húmeda favorecida por el sistema de riego por microaspersión y establecida según catálogo (Núñez & Rizo, 2014).

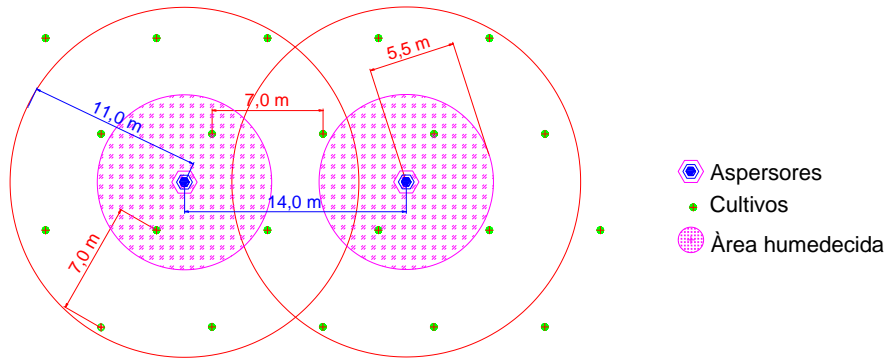


Figura 28. Esquema del área húmeda favorecida por el sistema de riego por aspersión y establecida según catálogo (Núñez & Rizo, 2014).

De acuerdo con las muestras de suelo recolectadas en campo se comparó los resultados obtenidos con los datos presentados en la Tabla 24 propuesta por Israelsen & Hansen (1965), por medio de la cual se determinó el tipo de textura de suelo presente en cada predio.

Tabla 24. Propiedades físicas de los suelos en función de la textura (Israelsen & Hansen, 1965).

Textura	Veloc. Infil. mm/h	Porosidad %	P. ESP. Aparent. gr/cm ³	Capac. Campo % Wc	March. % Perma % Wm
Arenoso	50 (20-255)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,8)	9 (6-12)	4 (2-6)
Franco arenoso	25 (13-76)	43 (40-47)	1,5 (1,4-1,6)	14 (10-18)	6 (4-8)
Franco	13 (8-20)	47 (43-49)	1,4 (1,35-1,5)	22 (18-26)	10 (8-12)
Franco arcilloso	8 (2,5-15)	49 (47-51)	1,35 (1,3-1,4)	27 (23-31)	13 (11-15)
Arcilloso arenoso	2,5 (0,3-5)	51 (49-53)	1,3 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)
Arcilloso	5 (0,1-10)	53 (51-55)	1,25 (1,2-1,3)	35 (31-39)	17 (15-19)

Predio Altagracia - Palma Alta

Tabla 25. Propiedades físicas del suelo - Altagracia (Núñez, 2014).

Lote	Prueba	Densidad aparente media pa (g/cm ³)	% ²H con base peso seco medio	% Humedad volumétrica media	% Porosidad media	Densidad real pr (g/cm ³)
1	Infiltración	1,22	30,2	26,51	26,51	2,46
	Capacidad de campo	2,1	22,27	10,6	14,57	
2	Infiltración	1,22	30,2	26,51	50,8	2,5
	Capacidad de campo	1,32	20,73	15,18	47,06	
4	Infiltración	1,3	34,97	26,84	48,82	2,55
	Capacidad de campo	1,3	22,88	17,64	48,73	

Según la tabla de Israelsen & Hansen (1965) cada prueba realizada en el lote 1 presentó una porosidad por debajo del 38% por fuera del estándar.

Predio Santa Lucia – La Vega

Tabla 26. Propiedades físicas del suelo - Santa Lucia (Núñez, 2014).

Lote	Prueba	Densidad aparente media pa (g/cm ³)	% ²H con base peso seco medio	% Humedad volumétrica media	% Porosidad media	Densidad real pr (g/cm ³)
1	Infiltración	1,4	20,99	14,98	46,35	2,61
	Capacidad de campo	1,04	38,3	37,21	59,91	
	Microaspersión L4	1,16	34,71	29,86	55,46	
	Microaspersión L9	1,16	26,84	23,5	55,39	
	Microaspersión L12	1,24	22,81	18,42	52,62	
3	Infiltración	1,27	35,05	27,71	49,16	2,5
	Capacidad de campo	1,18	24,65	22,18	52,84	
	Riego L3	1,29	24,05	20,08	48,88	
	Riego L6	1	28,46	28,42	60,07	
	Riego L11	1,36	20,07	14,69	45,39	

Predio El Campamento- El Tambo Balocá

Tabla 27. Propiedades físicas del suelo - El campamento (Núñez, 2014).

Lote	Prueba	Densidad aparente media pa (g/cm3)	% °H con base peso seco medio	% Humedad volumétrica a media	% Porosidad media	Densidad real pr (g/cm3)
1	Infiltración	1,35	31,64	23,86	48,98	2,65
	Capacidad de campo	1,36	18,68	13,99	48,51	
	Microaspersión L8	1,52	18,03	11,78	41,64	
	Microaspersión L19	1,43	16,83	11,69	45,87	
	Microaspersión L26	1,34	18,96	14,06	49,27	
2	Infiltración	1,46	21,44	14,7	43,08	2,57
	Capacidad de campo	1,56	12,25	7,85	39,02	
	Aspersión L6	1,31	28,11	21,41	48,93	
	Aspersión L8	1,48	17,85	12,04	42,36	
	Aspersión L10	1,5	21,1	14,02	14,44	

Por otro lado, se realizó la comparación de los datos obtenidos de las muestras de suelo en cuanto a Infiltración Básica (*Ib*), Lámina neta (*Ln*), Lámina aplicada (*La*), Lámina aplicada Total (*LaT*) y Volumen aplicado (*Va*) en cada punto de los lateral evaluados en cada lote para determinar las características del sistema de riego.

Predio Santa Lucia-La Vega

Lote 1

Tabla 28. Estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego – Lote 1, Santa Lucía (Núñez, 2014).

Tabla de estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego						
Ib mm/h	Lateral	Punto	Ln mm/h	La mm/h	LaT mm/3h	Va litros/3h
59,97	4	A	0,38	1,28	3,84	12
		B	0,24	0,882	2,46	7,75
		C	0,23	0,77	2,3	7,22
	10	A	0,54	1,81	5,4	17,13
		B	0,18	0,6	1,8	5,7
		C	0,16	0,56	1,68	5,3
	14	A	0,72	1,91	5,74	18
		B	0,57	1,91	5,74	18
		C	0,54	1,82	5,48	17,21

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (1986) cita al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en cuanto a la clasificación de la infiltración básica, correspondiendo para este lote a una infiltración moderada para suelos Franco arenosos.

Predio El Campamento

Lote 1

Presenta riego por microaspersión.

Tabla 29. Estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego - Lote 1, El Campamento (Núñez, 2014).

Tabla de estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego						
Ib mm/h	Lateral	Punto	Ln mm/h	La mm/h	LaT mm/3h	Va litros/3h
131,83	8	A	1	3,33	10	31,4
		B	1	3,33	10	31,4
		C	0,36	1,2	3,36	11,3
	17	A	0,27	1	3	9,42
		B	0,25	0,83	2,49	7,81
		C	0,33	1,1	3,3	10,36
	26	A	0,97	3,23	9,7	30,45
		B	1	3,33	10	31,4
		C	0,71	2,36	7	22,23

De acuerdo a lo citado por el ICA (1986) la infiltración básica de este lote es rápida para suelos Arenosos, el riego para este lote es del promedio de 1,49 mm/h por cada microaspersor.

Lote 2

Presenta riego por aspersión.

Tabla 30. Estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego - Lote 2, El Campamento (Núñez, 2014).

Tabla de estimación de Parámetros Hidrodinámicos para riego						
Ib mm/h	Lateral	Punto	Ln mm/h	La mm/h	LaT mm/3h	Va litros/3h
16,84	6	A	1,16	3,86	11,6	36,42
		B	1	3,33	10	31,4
		C	0,9	3	9	28,39
	8	A	1,2	4	12	37,68
		B	0,54	1,8	5,4	16,95
		C	1,14	3,8	11,4	35,79
	10	A	1	3,33	10	31,4
		B	1,6	5,43	16,29	51,15
		C	1,1	3,66	11	34,54

La infiltración básica se clasifica como moderadamente lenta, sin embargo, el suelo presenta textura Arenosa y Franco arenosa, indicando compactación en el suelo.

La Lámina neta y Lámina aplicada Total son inferiores a la Infiltración básica (*Ib*) para todos los laterales y por consiguiente a todos los lotes evaluados, lo cual indica que cumple con los requisitos de un sistema de riego, sin embargo, no aplica el riego suficiente y la precipitación aplicada está por debajo en el caso de microaspersión para la evapotranspiración que se presenta en la zona.

Para realizar el diseño de riego es necesario tener en cuenta los valores de la ETo adicionando un incremento del 10% sobre el valor de esta, con el fin de obtener capacidad de campo a disposición del cultivo para el sistema de riego por microaspersión. El volumen por área a aplicar se realiza con base al 65% de área propuesto por Keller (1990) para el conjunto de 6 plantas según lo descrito anteriormente, además de obtener el volumen bruto a una eficiencia del 90%. Los datos son los siguientes:

Tabla 31. Riego según ETo para diseño de Plátano-Cacao (Núñez, 2014).

Mes	Eto	Riego+10%	Volumen a regar/área	Volumen riego bruto
	mm/día	mm/día	Litros	Litros
Enero	5,37	5,91	103,74	115,27
Febrero	5,70	6,27	110,06	122,29
Marzo	5,62	6,18	108,49	120,54
Abril	5,39	5,93	104,02	115,58
Mayo	5,52	6,07	106,50	118,34
Junio	6,25	6,88	120,70	134,11
Julio	7,56	8,32	145,94	162,15
Agosto	8,06	8,86	155,57	172,85
Septiembre	7,25	7,98	139,99	155,54
Octubre	5,88	6,47	113,49	126,10
Noviembre	4,75	5,23	91,73	101,92
Diciembre	4,81	5,29	92,87	103,19

Los sistemas de riego en funcionamiento evaluados con el arreglo asociado de Plátano-Cacao presenta el mismo modelo de microaspersor, los datos correspondientes a la tasa de aplicación real y volumen medios para tres horas son los siguientes para cada predio:

Santa Lucia-La Vega

Tabla 32. Tasa de aplicación real y volumen, Santa Lucía (Núñez, 2014).

Tasa de aplicación real (mm/3h)	Volumen aplicado (litros/3h)
6	23,4

Este predio realiza riego cada 7 días durante dos horas por lote, lo cual indica que no cubre las necesidades hídricas máximas basadas en la ETo para estos días según mes.

El Campamento-El Tambo

Tabla 33. Tasa de aplicación real y volumen microaspersión, El campamento Lote 1 (Núñez, 2014).

Tasa de aplicación real (mm/3h)	Volumen aplicado (litros/3h)
6,34	28,53

En este predio también realiza riego cada 7 días durante tres horas para cada lote, presentándose la misma condición anterior basada en requerimientos hídricos de los cultivos. Como se observa en el anterior cuadro el volumen de riego a aplicar es bastante alto en comparación al otorgado por el sistema de riego por microaspersión, lo cual indica la deficiencia de aplicación para suplir de agua al arreglo asociado para los días en que no se realiza el riego en el momento de la evaluación, además de no cumplir con los requisitos óptimos de operación.

Para el sistema de riego por aspersion para limón en el predio de El Campamento-El Tambo se debe realizar un riego con aplicaciones descritas en la Tabla 34 basadas en la ETo para un volumen por área a aplicar para el conjunto de 10 plantas según lo descrito anteriormente, además de obtener el volumen bruto a una eficiencia del 90%.

Tabla 34. Riego según ETo para diseño de limón en El Campamento-El Tambo (Núñez, 2014).

Mes	Eto	Volumen a regar/área	Volumen riego bruto
	mm/día	Litros	Litros
Enero	5,37	263,32	292,58
Febrero	5,70	279,35	310,39
Marzo	5,62	275,36	305,95
Abril	5,39	264,03	293,37
Mayo	5,52	270,33	300,36
Junio	6,25	306,35	340,39
Julio	7,56	370,42	411,58
Agosto	8,06	394,86	438,73
Septiembre	7,25	355,32	394,80
Octubre	5,88	288,06	320,06
Noviembre	4,75	232,83	258,70
Diciembre	4,81	235,74	261,93

El sistema de riego por aspersion para este lote no cumple el requerimiento de aplicación diaria para cada día, el cual no realiza riego en cuanto a volumen bruto basado en la ETo, indicando déficit de aplicación también para este sistema. La tasa de aplicación real y volumen aplicado medio para este sistema es del siguiente orden:

Tabla 35. Tasa de aplicación real y volumen de aspersión, El Campamento Lote 2(Núñez, 2014).

Tasa de aplicación real (mm/3h)	Volumen aplicado (litros/3h)
11,18	1032,75

Con base en la tabla 34 la tasa de aplicación y volumen bruto no es suficiente para las necesidades diarias requeridas por el cultivo ya que la tasa de aplicación real es de 1,5 mm/día y volumen aplicado es de 147,5 litros/día.

Como se observa en la tabla 35 el volumen de riego a aplicar es considerablemente alto en comparación al descargado por el sistema de riego por aspersión, lo cual indica la deficiencia de aplicación de riego para suplir de agua para el cultivo de limón en los días en que no se realiza el riego, además de no cumplir con los requisitos óptimos de operación.

Requerimientos hídricos de los cultivos según ETc

Para cada especie encontrada en la evaluación de los predios que el sistema de riego interviene, se realizó el respectivo cálculo de los requerimientos hídricos basados en la ETo y el Kc de cada una. La estimación de la evapotranspiración para los cultivos implementados actualmente en los predios evaluados presentan los siguientes valores:

Tabla 36. Evapotranspiración de los cultivos implementados actualmente (Núñez, 2014).

Mes	ETc mm/día						
	Plátano	Cacao	Limón	Mango	Maderable	Guayaba	Patilla
Enero	6,169	5,363	3,457	3,705	3,457	3,751	5,094
Febrero	6,522	5,667	3,643	3,904	3,643	3,957	5,382
Marzo	6,541	5,698	3,713	3,979	3,713	4,012	5,417
Abril	6,013	5,205	3,278	3,514	3,278	3,589	4,936
Mayo	6,245	5,418	3,453	3,700	3,453	3,763	5,142
Junio	7,527	6,590	4,404	4,718	4,404	4,714	6,277
Julio	9,465	8,331	5,720	6,128	5,720	6,063	7,953
Agosto	10,315	9,106	6,344	6,795	6,344	6,688	8,703
Septiembre	8,963	7,875	5,361	5,743	5,361	5,700	7,512
Octubre	6,843	5,961	3,884	4,162	3,884	4,197	5,667
Noviembre	5,379	4,666	2,974	3,187	2,974	3,241	4,428
Diciembre	5,427	4,705	2,990	3,204	2,990	3,262	4,465

De acuerdo a la estimación de la precipitación de lluvia efectiva y teniendo en cuenta las costumbres de la predominancia de cultivos anuales como perennes, se debe aplicar en general para la región de Natagaima una precipitación de riego adicional al régimen de lluvias del orden que se evidencia en la Tabla 37.

Tabla 37. Precipitación suplementaria general para la región de Natagaima (Núñez, 2014).

Mes	Precipitación riego mm
Enero	86,746
Febrero	71,916
Marzo	75,191
Abril	59,397
Mayo	75,898
Junio	138,854
Julio	199,459
Agosto	217,977
Septiembre	152,191
Octubre	79,179
Noviembre	36,998
Diciembre	50,864

Los resultados obtenidos de presión y pérdidas por fricción presentados en las tablas 11, 12, 14 y 15 presentadas anteriormente en los resultados, no cumplen con lo referido según SCS National Engineering Handbook (1980) en cuanto a la pérdida de presión debido a la fricción en el lateral (de un mismo tamaño de tubería) para un campo plano es de aproximadamente el 20 % de la distancia desde la entrada hasta el extremo terminal como se ve representado en la Figura 28; al comparar los resultados obtenidos con esta figura se evidencia que las pérdidas son mayores a las referidas, además las presiones no son óptimas y presentan valores por debajo de la presión de salida de la bomba.

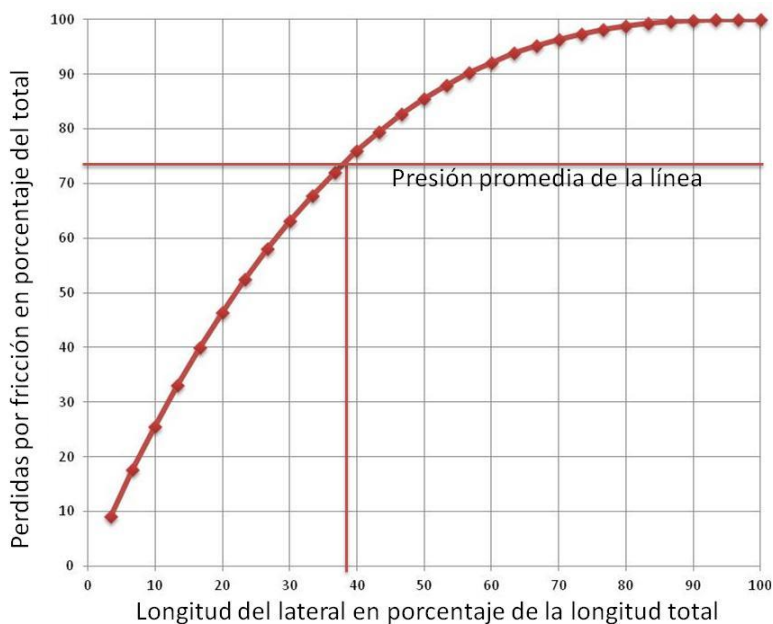


Figura 29. Comparación entre el porcentaje de la longitud del lateral frente a las Pérdida de presión debido a la fricción, con el mismo diámetro de tubería (SCS National Engineering Handbook, 1980).

DISCUSIÓN FASE 4

Se puede observar como con los años se ha ido cambiado a la agricultura tradicional y de conservación por una industrializada y extensiva dependiente de agroquímicos (FAO, 2008), dicho lo anterior se puede entender un poco más a los productores de los predios evaluados, quienes concuerdan: “Que la agricultura hoy en día es una actividad económica que no es rentable, ya que genera demasiados costos principalmente por la dependencia de agroquímicos, donde el que termina perdiendo es el agricultor a pesar de ser el que trabaja y genera la producción”.

Los propietarios concuerdan que muchas veces por falta de apoyo económico prefieren dejar de producir y arrendar sus tierras para la producción de cultivos de grandes extensiones en arroz o algodón, sin importar los impactos que esto traiga. Por lo que se refiere al convenio se destaca que es una buena iniciativa, ya que de alguna manera el apoyo económico incentivó a los agricultores a creer de nuevo en sus predios, pero se falló en el acompañamiento, más que el sistema no funcionara, se refleja falta de enseñanza de cómo emplear y mantener adecuadamente el sistema de riego.

Con respecto a la valoración de la percepción de los propietarios en cuanto al sistema de riego se puede destacar que el diseño de las fases demostrativas mantiene algunas de las variedades de la zona como cítricos, cacao y plátano, como se mostró en el estudio socioeconómico del Sur del Tolima realizado por el Incoder (2009), sin embargo, no se tuvo en cuenta cultivos de importancia para las comunidades locales como lo son el maíz y la yuca.

Estos proyectos deberían contribuir con la recuperación del conocimiento local, más que buscar diseños que generen capital, lo idóneo sería promover diseños más acordes a su agricultura y cultura, donde se fomente la creación de policultivos y el sustento de las familias (Ramírez, 2012), como lo presenta esta investigación actualmente los propietarios de los predios evaluados continúan produciendo para generar ingresos y alimentación para autoconsumo principalmente.

A pesar de que los propietarios concuerdan que la agroecología es una excelente alternativa para mejorar sus predios, no la aplican del todo, porque observan claramente que con las producciones convencionales se generan una ganancia rápida en comparación con un proceso de transición agroecológica que da resultados lentamente y por etapas (Altieri 2002; León, 2009), aunque no se tiene en cuenta que los modelos convencionales tienen mayores costos sociales y

económicos, además que requieren de constante intervención por los cambios que generan en el ecosistema (Altieri, 1992; Bustamante & Grez, 1995; Moratto *et al.*, 2005).

La entrevista semiestructurada pudo reflejar que antes de la implementación de las fases demostrativas la economía de cada predio dependía principalmente del cultivo de arroz mecanizado en monocultivo como es característica del departamento del Tolima; en el año 2010 el Incoder identificó que los municipios con mayor rendimiento fueron Natagaima (6.74 Ton/Ha) y Purificación (6.08 Ton/Ha), así mismo se hace verídico lo que indicó el DANE en 2013, siendo este uno de los departamentos que más participa en la producción nacional de arroz con un promedio de 28,9%, así mismo que la producción de arroz mecanizado corresponde al 94% de la producción total del país.

DISCUSIÓN FASE 5

Se plantea una propuesta al productor donde se pone primero las necesidades más no se impone los cultivos, dependiendo de lo que necesite cada agricultor

Se propone cambiar el riego de microaspersión marca AMANCO[®] por un sistema de riego de bajo volumen marca Antelco[®] o Rain Bird[®] o por riego subfoliar de la marca Senninger[®], ya que son emisores menos complejos, facilitando su mantenimiento y mejorando la distribución del agua para los cultivos; así mismo se plantea como alternativa la incorporación de mayor diversificación de cultivos aportando a la alimentación familiar además de generar un ingreso constante mediante un diseño productivo adicional al existente (Plátano – Cacao) intercalando entre surcos Yuca, Maíz y Frijol.

Para el diseño se propone implementar sólo yuca a una distancia de 0,6 m en tresbolillo para la primer línea después de su cosecha se propone incorporar maní forrajero; la segunda línea se le establecerá sólo maíz a una distancia entre plantas de 0,4 m; Yuca y Maíz (asociado) con distancia entre plantas de yuca a 0,6 m, distancia entre maíz y yuca a 0,5m con el siguiente patrón de maíz-yuca-maíz para la tercer línea; la cuarta línea se implementa el mismo patrón de la primer línea ; para la quinta línea se establecerá maíz asociado con frijol a una distancia de 0,4 m entre plantas como se evidencia en la Figura 29.

Se propone en las eras de solo yuca al momento de su cosecha implementar Como lo expresa Rojas (2007) maní forrajero perenne (*Arachis pintoii*), con el cual debido a su alta capacidad de fijación de nitrógeno, rápida degradación de su hojarasca, estimulo sobre la

diversidad biológica del suelo y mejoría en el contenido de materia orgánica del suelo, se quiere que con su presencia permita la recuperación de los suelos degradados; además de aprovechar su capacidad de establecer relaciones simbióticas con rizobios nativos que podrían ser introducidos al cultivo.

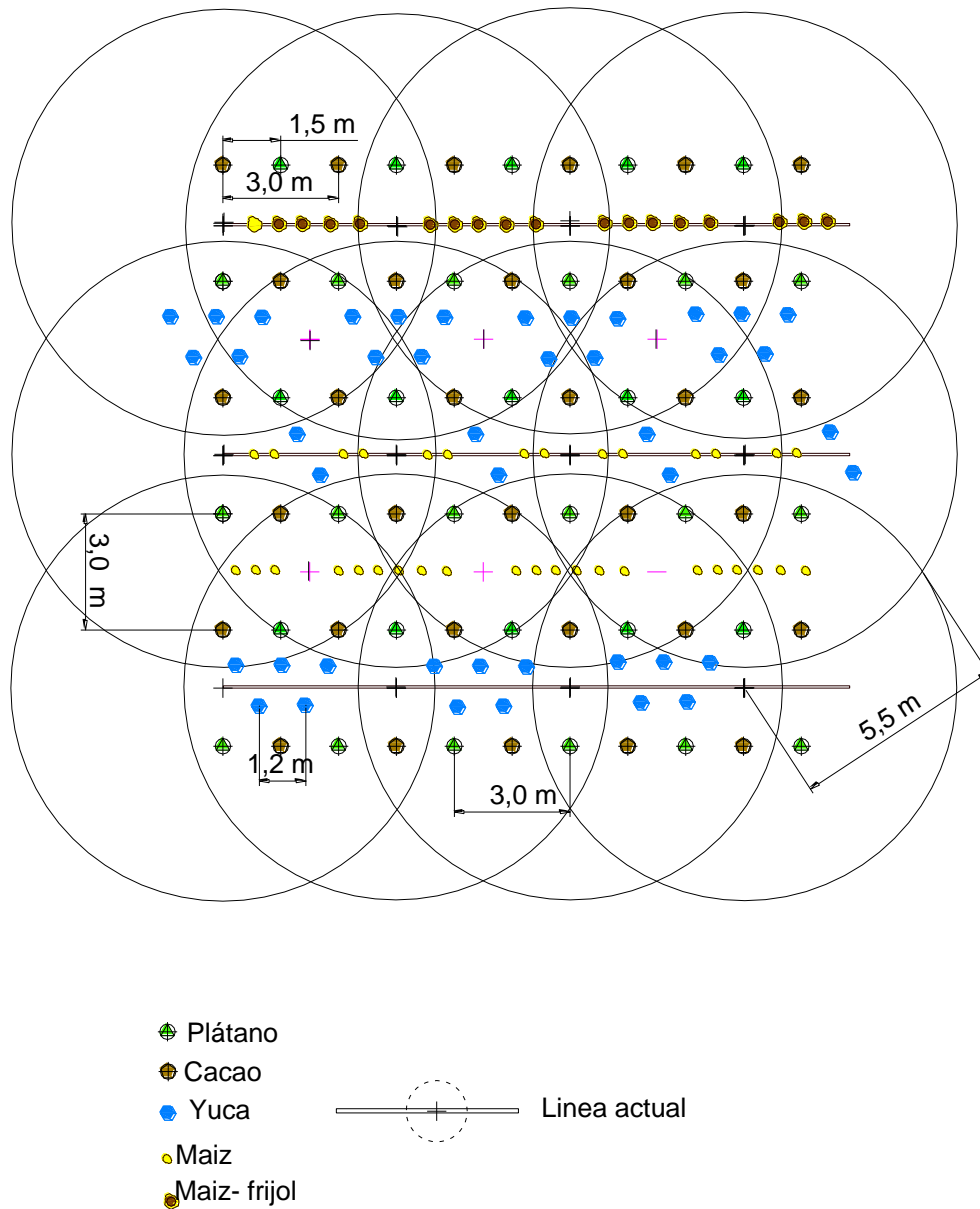


Figura 30. Esquema de líneas laterales establecidas actualmente con el diseño de cultivo propuesto (Núñez & Rizo, 2014).
Propuesta de riego

El diseño original de riego propuesto inicialmente presenta la característica de que cada tercer surco hay una línea de riego por microaspersión con las dimensiones que se evidenció en la evaluación realizada. Con el fin de aprovechar el suelo y espacio se presenta la alternativa de cubrir en un 100% el área productiva del lote, con un sistema de riego por aspersión de bajo volumen o riego subfoliar para el caso de Plátano-Cacao conservando el diseño hidráulico establecido inicialmente.

Riego por aspersión de bajo volumen

Para este tipo de riego se presenta el mini aspersor Rotor Rain® de **Antelco**®, rosca de ½” M NPT, con las siguientes características, presentado una hf para el lateral de mayor longitud (Ver Tabla 38); se puede evidenciar su sencillez en la Figura 30.

Tabla 38. Especificaciones catálogo de Mini aspersor Rotor Rain® Antelco (ANTELCO, 2014)

Mini Aspersor	Modelo	Boquilla					hf psi
		Color	Diámetro mm	Tasa de flujo lph	Diámetro mojado mm	Presión de operación psi	
Antelco	Rotor Rain	Amarillo	2	183	11	21,75	0,35



Figura 31. Mini aspersor Rotor Rain® Antelco 1/2” (ANTELCO, 2014).

Aspersor de bajo volumen serie LF800 de **Rain Bird**®, rosca de ½” NPT con las siguientes características, con una hf para el lateral de mayor longitud (Ver Tabla 39 y Figura 31).

Tabla 39. Aspersor serie LF™ de Rain Bird® (Rain Bird, 2013).

Aspersor Bajo Volumen	Serie	Deflector		Boquilla					hf psi
		Color	Ángulo Grados	Color	Diámetro mm	Tasa de flujo lph	Diámetro de mojado m	Presión de operación psi	
Rain Bird	LF800	Amarillo	6	Azul	1,98	200	13,8	25	1,15



Figura 32. Aspersor serie LF™ de Rain Bird® (Rain Bird, 2013).

Riego subfoliar

Para este tipo de riego se propone el aspersor de no impacto Smooth Drive™ de Senninger® Modelo de Ángulo Bajo (LA) de 14” de base blanca, con rosca de ½” MNPT con las siguientes características, con una hf para el lateral de mayor longitud (Ver Tabla 40 y Figura 32).

Tabla 40. Especificaciones catálogo de Senninger® (SENNINGER, 2013)

Aspersor de no impacto	Serie	Modelo	Boquilla				hf psi	
			Color	Diámetro mm	Tasa de flujo lph	Diámetro de mojado mm		Presión de operación psi
Senninger	Smooth Drive	LA 14" Base blanca	Dorada	2,38	277	18,5	25	3,9



Figura 33. Aspersor Smooth Drive LA Senninger® (Senninger, 2013).

Protección de emisores propuestos

Según lo observado en el momento de la evaluación y lo argumentado por los propietarios, los microaspersores se ven severamente afectados en el momento de la poda de las arvenses presentando daño en diferentes partes. Para esto como medida de mitigación de daño directo en los aspersores y/o microaspersores se propone con materiales propios de la zona como guadua realizarles una “columna hueca” para la protección de los mismos. Con fragmentos de guaduas de 40 cm de largo con un diámetro de 10-20 cm, se rodea el tipo de riego a implementar, enterrándolas 10 cm y dejando el resto expuesto para su fin. La estructura presenta las características de la Figura 33.

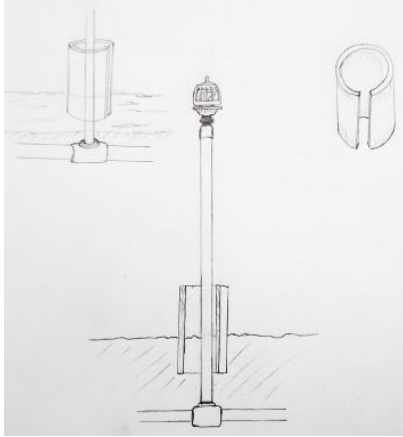


Figura 34. Esquema de protección contra daños causados al podar, para las bases de los aspersores por medio de guadua. (Núñez, 2014).

CONCLUSIONES

- Todos los sistemas se encontraron en condiciones de falta de mantenimiento, generando una falla en los resultados en cuanto al funcionamiento y suministro requerido de agua.
- Por parte de los propietarios se refleja inconformidad hacía el proceso que ha llevado a cabo el convenio, principalmente porque los diferentes cultivos no han tenido su mejor desarrollo, debido a que el diseño agrícola de Plátano-Cacao hasta el momento no refleja buenos resultados, ya que el desarrollo vegetativo del plátano se ve afectado por la factura del vástago, el cual no logra ser grosor suficiente para soportar el peso del racimo.
- Según las especificaciones técnicas de los sistemas de riego, estos tienen la capacidad de suplir las necesidades hídricas de una asociación de cultivos en condiciones óptimas y cuentan con las cualidades indicadas para las condiciones climáticas de Natagaima, sin embargo, los sistemas evaluados están funcionando fuera de estas especificaciones, generando un suministro inadecuado de agua que solo cubre un 24,9 % en aspersión y un 11,7 % del 65 % del área húmeda requerida en microaspersión.
- Según los cálculos estimados el mes de Agosto presenta la mayor evapotranspiración con un valor de 8,06 mm/día, para suplir esta necesidad en el sistema de microaspersión es necesario aplicar una lámina bruta de 178,59 litros/día y para aspersión se requiere aplicar 438,73 litros/día. Sin embargo, por el estado de los sistemas de riego no se cumple con las tasas de aplicación.
- Conforme a los resultados obtenidos se puede concluir que los sistemas observados, aun no son aptos para replicarse en el DRTT, ya que se evidencia falta de capacitación, acompañamiento y asesoría en cuanto al manejo, mantenimiento y cómo realizar los riegos según las condiciones climáticas presentes.

RECOMENDACIONES

1. Generar sistemas de aplicación de agua pero teniendo en cuenta las necesidades de la comunidad, sistemas versátiles que se ajusten a las necesidades individuales para cada predio.
2. Para lograr el éxito del DRTT se requiere de un estudio más detallado para la implementación de nuevas fincas demostrativas, donde se invierta más tiempo con el agricultor, siendo constante hasta que comprenda, se adapte y maneje el proceso a implementar o implementado enfatizando desde el punto de vista del manejo de aguas.
3. Se recomienda llegar a un consenso con los agricultores de la región sobre el tipo de sistema de cultivos a sembrar y formular sistemas específicos, teniendo en cuenta cada una de las necesidades.
4. Es necesario crear diseños específicos para cada tipo de predio, ya que se presenta una heterogeneidad en las características de los suelos lo que dificulta el desarrollo óptimo de algunos cultivos.
5. Es recomendable para la realización de próximas fases, efectuar un seguimiento y acompañamiento riguroso de los predios involucrados, ejecutando las respectivas correcciones (en caso de ser necesarias) y brindar soluciones efectivas donde se guíe al agricultor para buscar la optimización de su predio.
6. Se recomienda la adopción e implementación progresiva de prácticas agroecológicas con el fin de realizar un proceso de transición adecuado para mejorar las condiciones del predio.
7. Se debe seleccionar sistemas que cubran el 100% del terreno como es el caso de riego por aspersión, evaluando la mejor opción: riego subfoliar portátil, riego subfoliar permanente, riego de bajo volumen y riego por aspersión tradicional.
8. En el caso de riego por goteo se debe evaluar la opción de riego subsuperficial que eventualmente evitaría el daño del sistema, además disminuye las pérdidas por evaporación de esta zona debido a las altas temperaturas.

9. Se recomienda realizar una evaluación integral del sistema de riego localizado por microtubo para determinar su eficiencia según las condiciones y características de esta zona.
10. Se debe mejorar el sistema de filtración dada la calidad de agua disponible para el riego con alto contenido de sólidos en suspensión y algas que obstruyen los emisores.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 1 Santa Lucía (SCS National Engineering Handbook, 1980).

Matriz para la evaluación de riego para Microaspersor y Aspersor lateral.																																																											
1. Predio: Santa Lucia-La Vega					Lote: 1																																																						
2. Cultivo: Plátano-cacao																																																											
3. Tipo de Riego: Microaspersión																																																											
4. Espaciamiento de riego 4,5 m por 6 m, Duración del riego 2 hr																																																											
5. Tasa de descarga de aspersión 0,2 Gpm y 46 lph a 20 psi, boquilla 1,1 mm																																																											
6. Lateral evaluados No: 4, 10 y 14																																																											
7. Presión real del Microaspersor o Aspersor: Presión de cada lateral y tercio del lateral extremo de riego.																																																											
Lateral 4 <table border="1"> <tr><th>Presión A (psi)</th><th>Presión B (psi)</th><th>Presión C (psi)</th></tr> <tr><td>24</td><td>21</td><td>20</td></tr> </table>					Presión A (psi)	Presión B (psi)	Presión C (psi)	24	21	20	Lateral 14 <table border="1"> <tr><th>Presión A (psi)</th><th>Presión B (psi)</th><th>Presión C (psi)</th></tr> <tr><td>20</td><td>17</td><td>15</td></tr> </table>					Presión A (psi)	Presión B (psi)	Presión C (psi)	20	17	15																																						
Presión A (psi)	Presión B (psi)	Presión C (psi)																																																									
24	21	20																																																									
Presión A (psi)	Presión B (psi)	Presión C (psi)																																																									
20	17	15																																																									
Lateral 10 <table border="1"> <tr><th>Presión A (psi)</th><th>Presión B (psi)</th><th>Presión C (psi)</th></tr> <tr><td>24</td><td>19</td><td>19</td></tr> </table>					Presión A (psi)	Presión B (psi)	Presión C (psi)	24	19	19																																																	
Presión A (psi)	Presión B (psi)	Presión C (psi)																																																									
24	19	19																																																									
8. Datos de la prueba de la red de recipientes en unidades de ml. Volumen/profundidad 38,48 ml/cm. Espaciado entre recipientes 0,2 m Test: Duración 12 min = 0,2 hr																																																											
9. Registro de datos de recipientes de captura:																																																											
Lateral 4					Lateral 10																																																						
<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml A</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>11,8</td><td>59</td><td>5,8</td><td>29</td><td>9,5</td><td>47,5</td><td>2,6</td><td>13</td></tr> </table>					ml A								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	11,8	59	5,8	29	9,5	47,5	2,6	13	<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml A</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>2,1</td><td>10,5</td><td>18,7</td><td>93,5</td><td>8,4</td><td>42</td><td>12,9</td><td>64,5</td></tr> </table>					ml A								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	2,1	10,5	18,7	93,5	8,4	42	12,9	64,5
ml A																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	11,8	59	5,8	29	9,5	47,5	2,6	13																																																			
ml A																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	2,1	10,5	18,7	93,5	8,4	42	12,9	64,5																																																			
<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml B</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>0,3</td><td>1,5</td><td>5,8</td><td>29</td><td>7,9</td><td>39,5</td><td>5</td><td>25</td></tr> </table>					ml B								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	0,3	1,5	5,8	29	7,9	39,5	5	25	<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml B</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>1,4</td><td>7</td><td>10,1</td><td>50,5</td><td>0,7</td><td>3,5</td><td>1,8</td><td>9</td></tr> </table>					ml B								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	1,4	7	10,1	50,5	0,7	3,5	1,8	9
ml B																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	0,3	1,5	5,8	29	7,9	39,5	5	25																																																			
ml B																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	1,4	7	10,1	50,5	0,7	3,5	1,8	9																																																			
<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml C</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>12,5</td><td>61,25</td><td>2,5</td><td>12,5</td><td>0,5</td><td>2,5</td><td>2,6</td><td>13</td></tr> </table>					ml C								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	12,5	61,25	2,5	12,5	0,5	2,5	2,6	13	<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml C</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>0,5</td><td>2,5</td><td>0,5</td><td>2,5</td><td>8,3</td><td>41,5</td><td>3,7</td><td>18,5</td></tr> </table>					ml C								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	0,5	2,5	0,5	2,5	8,3	41,5	3,7	18,5
ml C																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	12,5	61,25	2,5	12,5	0,5	2,5	2,6	13																																																			
ml C																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	0,5	2,5	0,5	2,5	8,3	41,5	3,7	18,5																																																			
Lateral 14																																																											
<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml A</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>23,5</td><td>117,5</td><td>5,1</td><td>25,5</td><td>13,9</td><td>69,5</td><td>13,3</td><td>66,5</td></tr> </table>					ml A								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	23,5	117,5	5,1	25,5	13,9	69,5	13,3	66,5																														
ml A																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	23,5	117,5	5,1	25,5	13,9	69,5	13,3	66,5																																																			
<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml B</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>15,5</td><td>77,5</td><td>8,5</td><td>42,5</td><td>18,5</td><td>92,5</td><td>1,8</td><td>9</td></tr> </table>					ml B								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	15,5	77,5	8,5	42,5	18,5	92,5	1,8	9																														
ml B																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	15,5	77,5	8,5	42,5	18,5	92,5	1,8	9																																																			
<table border="1"> <tr><th colspan="8">ml C</th></tr> <tr><th>N</th><th>ml/h</th><th>E</th><th>ml/h</th><th>S</th><th>ml/h</th><th>W</th><th>ml/h</th></tr> <tr><td>Total</td><td>11,5</td><td>57,5</td><td>8,5</td><td>42,5</td><td>8,9</td><td>44,5</td><td>13,4</td><td>67</td></tr> </table>					ml C								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	11,5	57,5	8,5	42,5	8,9	44,5	13,4	67																														
ml C																																																											
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																																				
Total	11,5	57,5	8,5	42,5	8,9	44,5	13,4	67																																																			
10. Comentarios: Ver Anexo 20, 21 y 22, los datos resaltados allí corresponden a que en el momento de lectura el volumen de agua del recipiente era menor a 1 ml por lo cual no fue posible su registro.																																																											

Anexo 2. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 3 Santa Lucía (SCS National Engineering Handbook, 1980).

Matriz para la evaluación de riego para Microaspersor y Aspersion lateral.					
1. Predio: Santa Lucía			Lote: 3		
2. Cultivo: Mango, Guayaba					
3. Tipo de Riego: Riego modificado de Microaspersión					
4. Espaciamiento de riego 10 m por 12 m, Duración del riego 0.5 hr					
5. Tasa de descarga de aspersion 0,2 Gpm y 46 lph a 20 psi, boquilla 1,1 mm					
6. Lateral No: 4, 8 y 10					
7. Presión real del Microaspersor o Aspersion: Presión de cada punto del lateral del extremo del riego					
Lateral 4			Lateral 10		
Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)	Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)
10	7	7	9	8	8
Lateral 8					
Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)			
8	8	7			
8. Datos de la prueba de la red de recipientes en unidades de ml. Volumen/profundidad 28 ml/cm. Test de Duración: Variable.					
9. Registro de datos de recipientes de captura:					
Lateral 4					
ml/30' A	ml/h	ml/30' B	ml/h	ml/30' C	ml/h
12292,6	24585,2	12923,6	25847,2	38796,2	77538,4
Lateral 8					
ml/30' A	ml/h	ml/30' B	ml/h	ml/30' C	ml/h
10500	21000	38769,2	7538,4	38769,2	77538,4
Lateral 10					
ml/30' A	ml/h	ml/30' B	ml/h	ml/30' C	ml/h
50400	100800	42000	84000	20160	40320
10. Comentarios: La lectura de este lote se ejecutó de la siguiente manera: Para cada punto se dejó llenar un vaso de 280 ml y se tomó el tiempo de llenado, realizando el respectivo cálculo para el tiempo de riego real.					

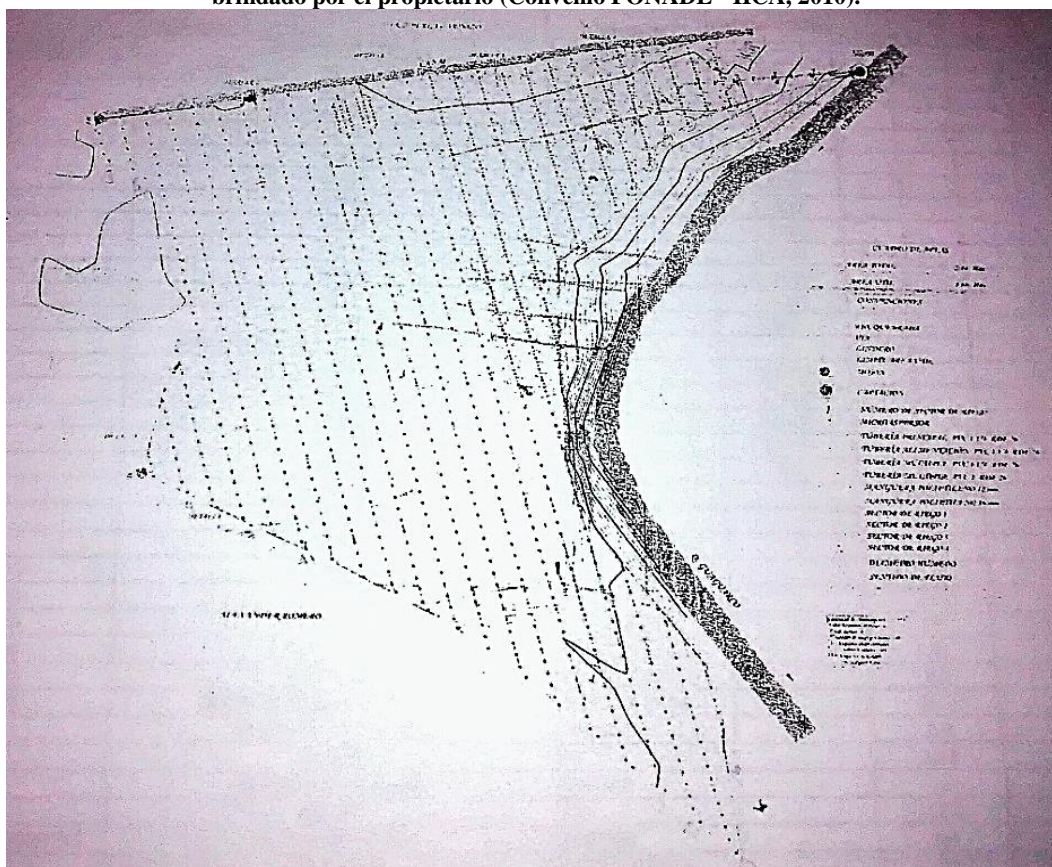
Anexo 3. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 1 El Campamento (SCS National Engineering Handbook, 1980).

Matriz para la evaluación de riego para Microaspersor y Aspersor lateral.																										
1. Predio: El Campamento – El Tambo					Lote: 1																					
2. Cultivo: Plátano-cacao																										
3. Tipo de Riego: Microaspersión																										
4. Espaciamiento de riego 4,5 m por 6 m, Duración del riego 3 hr																										
5. Tasa de descarga de aspersión 0,2 Gpm y 46 lph a 20 psi, boquilla 1,1 mm																										
6. Lateral No: 8, 17 y 26																										
7. Presión real del Microaspersor o Aspersor: Presión de cada lateral y punto del lateral extremo de riego.																										
Lateral 8					Lateral 26																					
Presión A (Psi)			Presión B (Psi)			Presión C (Psi)			Presión A (Psi)																	
10			10			10			11																	
Lateral 17																										
Presión A (Psi)			Presión B (Psi)			Presión C (Psi)																				
11			11			11																				
8. Datos de la prueba de la red de recipientes en unidades de ml. Volumen/profundidad 38,48 ml/cm. Espaciado entre recipientes 0,2 m Test: Duración 18 min = 0,3 hr																										
9. Registro de datos de recipientes de captura:																										
Lateral 8					Lateral 17																					
ml A									ml A																	
N			ml/h			E			ml/h			S			ml/h			W			ml/h					
Total			14			46,6			15,5			51,6			25			83,3			21			70		
ml B									ml B																	
N			ml/h			E			ml/h			S			ml/h			W			ml/h					
Total			18			60			23			76,6			18			60			17,5			58,3		
ml C									ml C																	
N			ml/h			E			ml/h			S			ml/h			W			ml/h					
Total			5,5			18,3			10,7			35,6			3,2			10,6			8,5			28,3		
Total			2,1			7			11			36,6			5,2			17,3			2,6			8,6		
Total			3,7			12,3			2,6			8,6			13			43,3			0,7			2,3		
Total			2,9			9,6			19			63,3			7			23,3			5,6			18,6		
Lateral 26																										
ml A									ml A																	
N			ml/h			E			ml/h			S			ml/h			W			ml/h					
Total			37,5			125			23,8			79,3			24			80			7,5			25		
ml B									ml B																	
N			ml/h			E			ml/h			S			ml/h			W			ml/h					
Total			2,9			9,6			10,5			35			9			30			15,1			50,3		
ml C									ml C																	
N			ml/h			E			ml/h			S			ml/h			W			ml/h					
Total			6,5			21,6			36			120			4,8			16			7,9			26,3		
10. Comentarios: Ver Anexo 23, 24 y 25.																										

Anexo 4. Matriz para la Evaluación de riego por laterales – Lote 2 El Campamento (SCS National Engineering Handbook, 1980).

Matriz para la evaluación de riego para Microaspersor y Aspersor lateral.																																																	
1. Predio: El campamento – El Tambo	Lote: 2																																																
2. Cultivo: Limón																																																	
3. Tipo de Riego: Aspersión																																																	
4. Espaciamiento de riego 12 m por 12 m, Duración del riego 3 hr																																																	
5. Tasa de descarga de aspersión 2,64 Gpm y 599 lph a 50 psi, boquilla 3,5 mm																																																	
6. Lateral No: 10, 8 y 6																																																	
7. Presión real del Microaspersor o Aspersor: Presión de cada lateral y punto del lateral extremo de riego.																																																	
Lateral 10	Lateral 6																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Presión A (Psi)</th> <th style="width: 33%;">Presión B (Psi)</th> <th style="width: 33%;">Presión C (Psi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">40</td> <td style="text-align: center;">34</td> <td style="text-align: center;">34</td> </tr> </tbody> </table>	Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)	40	34	34	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Presión A (Psi)</th> <th style="width: 33%;">Presión B (Psi)</th> <th style="width: 33%;">Presión C (Psi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">38</td> <td style="text-align: center;">37</td> <td style="text-align: center;">37</td> </tr> </tbody> </table>	Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)	38	37	37																																				
Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)																																															
40	34	34																																															
Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)																																															
38	37	37																																															
Lateral 8																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Presión A (Psi)</th> <th style="width: 33%;">Presión B (Psi)</th> <th style="width: 33%;">Presión C (Psi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="text-align: center;">38</td> <td style="text-align: center;">36</td> </tr> </tbody> </table>	Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)	45	38	36																																											
Presión A (Psi)	Presión B (Psi)	Presión C (Psi)																																															
45	38	36																																															
8. Datos de la prueba de la red de recipientes en unidades de ml. Volumen/profundidad: 38,48 ml/cm. Espaciado entre recipientes 0,5 m Test: Duración 18 min = 0,3 hr																																																	
9. Registro de datos de recipientes de captura:																																																	
Lateral 10	Lateral 8																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml A</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>23,5</td> <td>78,3</td> <td>31,1</td> <td>103,6</td> <td>49,1</td> <td>163,6</td> <td>37 123,3</td> </tr> </tbody> </table>	ml A								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	23,5	78,3	31,1	103,6	49,1	163,6	37 123,3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml A</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>26</td> <td>86,6</td> <td>62,5</td> <td>208,3</td> <td>32,7</td> <td>109</td> <td>45,4 151,3</td> </tr> </tbody> </table>	ml A								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	26	86,6	62,5	208,3	32,7	109	45,4 151,3
ml A																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	23,5	78,3	31,1	103,6	49,1	163,6	37 123,3																																										
ml A																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	26	86,6	62,5	208,3	32,7	109	45,4 151,3																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml B</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>68,8</td> <td>229,3</td> <td>38</td> <td>126,6</td> <td>60</td> <td>200</td> <td>59,9 199,6</td> </tr> </tbody> </table>	ml B								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	68,8	229,3	38	126,6	60	200	59,9 199,6	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml B</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>16,7</td> <td>55,6</td> <td>23,8</td> <td>79,3</td> <td>15,6</td> <td>52</td> <td>19,7 65,6</td> </tr> </tbody> </table>	ml B								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	16,7	55,6	23,8	79,3	15,6	52	19,7 65,6
ml B																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	68,8	229,3	38	126,6	60	200	59,9 199,6																																										
ml B																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	16,7	55,6	23,8	79,3	15,6	52	19,7 65,6																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml C</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>59,1</td> <td>197</td> <td>26,2</td> <td>87,3</td> <td>27,1</td> <td>90,3</td> <td>50,5 168,3</td> </tr> </tbody> </table>	ml C								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	59,1	197	26,2	87,3	27,1	90,3	50,5 168,3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml C</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>47,6</td> <td>158,6</td> <td>42,2</td> <td>140,6</td> <td>37,1</td> <td>123,6</td> <td>32,5 108,3</td> </tr> </tbody> </table>	ml C								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	47,6	158,6	42,2	140,6	37,1	123,6	32,5 108,3
ml C																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	59,1	197	26,2	87,3	27,1	90,3	50,5 168,3																																										
ml C																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	47,6	158,6	42,2	140,6	37,1	123,6	32,5 108,3																																										
Lateral 6																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml A</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>40</td> <td>133,3</td> <td>44</td> <td>113,3</td> <td>47,5</td> <td>158,3</td> <td>39,5 131,6</td> </tr> </tbody> </table>	ml A								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	40	133,3	44	113,3	47,5	158,3	39,5 131,6																									
ml A																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	40	133,3	44	113,3	47,5	158,3	39,5 131,6																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml B</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>29,5</td> <td>98,3</td> <td>42,3</td> <td>141</td> <td>34</td> <td>113,3</td> <td>32 106,6</td> </tr> </tbody> </table>	ml B								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	29,5	98,3	42,3	141	34	113,3	32 106,6																									
ml B																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	29,5	98,3	42,3	141	34	113,3	32 106,6																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="8" style="text-align: center;">ml C</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>ml/h</th> <th>E</th> <th>ml/h</th> <th>S</th> <th>ml/h</th> <th>W</th> <th>ml/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Total</td> <td>27,9</td> <td>93</td> <td>35,9</td> <td>119,6</td> <td>32,3</td> <td>107,6</td> <td>29,2 97,3</td> </tr> </tbody> </table>	ml C								N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h	Total	27,9	93	35,9	119,6	32,3	107,6	29,2 97,3																									
ml C																																																	
N	ml/h	E	ml/h	S	ml/h	W	ml/h																																										
Total	27,9	93	35,9	119,6	32,3	107,6	29,2 97,3																																										
10. Comentarios: Ver las tablas detalladas de los registros de captura en los Anexos 26, 27, 28.																																																	

Anexo 5. Plano de distribución de las líneas laterales del sistema de riego, Lote 1 – Altigracia. Esquema topográfico brindado por el propietario (Convenio FONADE - IICA, 2010).



Anexo 6. Tabla de Coeficiente de Reducción “F” para determinar las pérdidas por fricción en tuberías con múltiples salidas (Olsen, 1980).

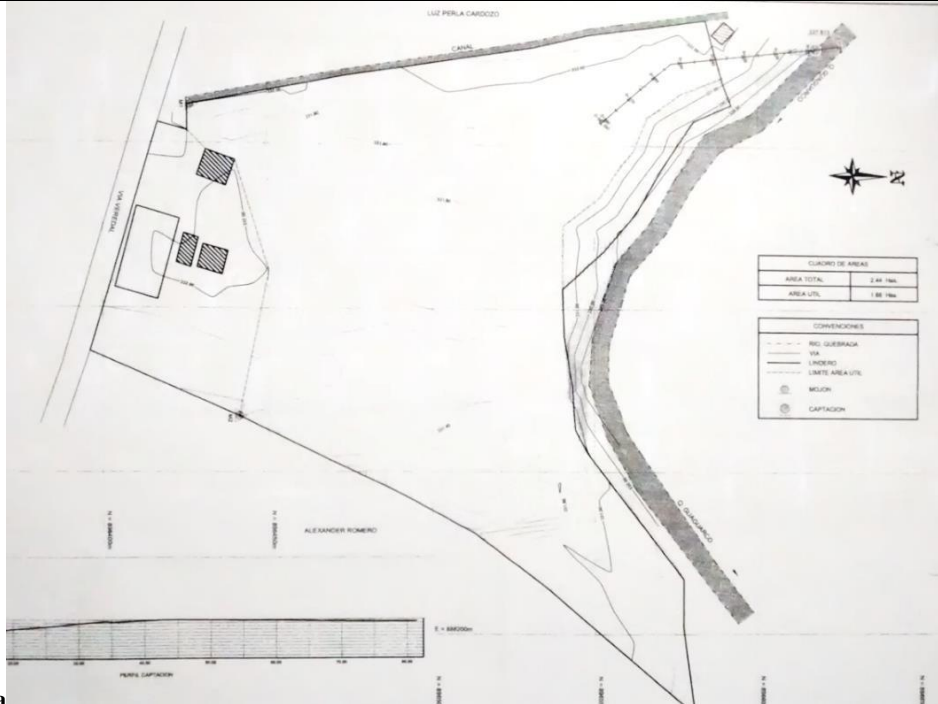
Número de salidas	$F^{1/}$ (end)	$F^{2/}$ (mid)	Número de salidas	$F^{1/}$	$F^{2/}$
1	1,00	1,00	8	0,42	0,38
2	0,64	0,52	9	0,41	0,37
3	0,53	0,44	10-11	0,4	0,37
4	0,49	0,41	12-14	0,39	0,37
5	0,46	0,40	15-19	0,38	0,36
6	0,44	0,39	20-34	0,37	0,36
7	0,43	0,38	>35	0,36	0,36

1/ Se utiliza estos coeficientes cuando el primer aspersor se localiza a un espaciamiento de la línea principal.

2/ Estos coeficientes se usan cuando el primer aspersor se localiza a $\frac{1}{2}$ del espaciamiento con respecto a la línea principal

Anexo 7. Matriz de recopilación de la información Diálogo Semi-estructurado Predio Altagracia.

Matriz de Recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado para el predio Altagracia 1- Palma Alta.
Antes del proyecto, ¿De qué cultivos dependía la economía de su predio? De los cultivos de Arroz y algodón.



Mapa

Figura 35. Esquema de campo finca Altagracia - Palma Alta (Planos brindados por el propietario).

Menciones las desventajas y ventajas, que cree más relevantes de la fase demostrativa del Convenio:

Desventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Los microaspersores tienen una base muy corta, cuando se realiza la poda los destruyen. - El filtro de la bomba se obstruye por algas. - En época de verano no es eficiente el riego. - La producción no fue la esperada, al no suplir las necesidades de las plantas en cuanto al riego. - Se impuso una variedad de plátano no probada en esas condiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gracias al sistema puede realizar riego uniforme en el lote. - El sistema es útil cuando las plantas tienen una altura adecuada.

¿Qué tipo de riego implementaba anteriormente? Por inundación y riego por gravedad.

¿Durante cuánto tiempo mantenía encendido el sistema de riego y cada cuánto lo repetía? Este productor encendía el sistema de riego por 3 horas cada 15 días, viéndose favorecido por la arborización que tiene como barrera viva alrededor del predio. Pero en los días de demasiada temperatura se realizaba semanal.

¿Cuál fue el valor de la inversión total en su predio? La inversión fue de 15 millones de pesos, divididos entre el pago de insumos, materiales, plántulas y mano de obra.

¿Qué calificación le otorga al sistema de riego de acuerdo a la viabilidad que cree que tenga el convenio en su predio? 4

Anexo 8. Matriz de recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado Predio Altagracia 2.

Matriz de Recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado para el predio Altagracia 2 – Palma Alta.

Antes del proyecto, ¿De qué cultivos dependía la economía de su predio? De los cultivos de Arroz y algodón.

Mapa:

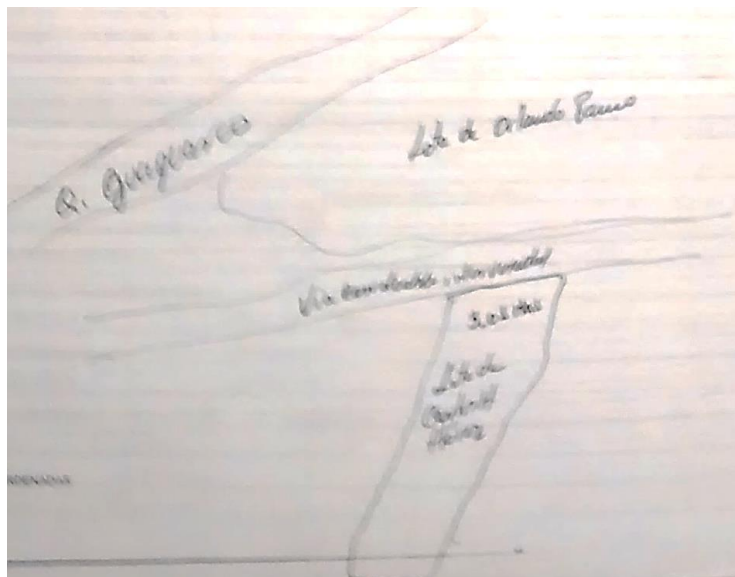


Figura 36. Esquema de campo Altagracia. Elaborado por el propietario (Núñez & Rizo, 2014).

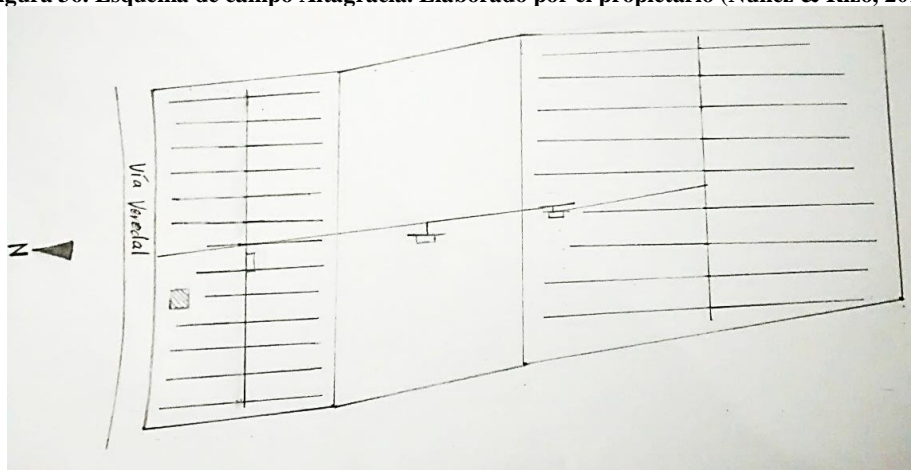


Figura 37. Esquema de campo Altagracia 2 - Palma Alta (Núñez & Rizo, 2014).

Menciones las desventajas y ventajas, que cree más relevantes de la fase demostrativa del Convenio:

Desventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Para época de verano el riego por microaspersión no es eficiente, ya que la llovizna es muy débil y no moja lo suficiente el suelo. - La altura de la base del Microaspersor es muy corta, lo que genera que al realizar las podas de arvenses se pueda ocasionar daño en este. - En época de verano las fuentes de agua disminuyen su volumen. - El Microaspersor no suministra el agua suficiente 	<ul style="list-style-type: none"> - El riego por microaspersión en el cultivo del limón funciona cuando el Microaspersor es por planta. - Economiza y hace uso eficiente del agua.

para las plantas según el arreglo establecido en el proyecto (6 plantas).

¿Qué tipo de riego implementaba anteriormente? Riego por gravedad.

¿Durante cuánto tiempo mantenía encendido el sistema de riego y cada cuanto lo repetía? En temporada de verano se encendía el sistema de riego 3 veces por semana por 3 horas, con una hora de descanso entre riegos por lote. En épocas de lluvia el riego se realizaba cada 15 días dependiendo de la frecuencia de esta.

¿Cuál fue el valor de la inversión total en su predio?

El costo de la instalación y adecuación del sistema de riego fue financiado en su totalidad por parte del IICA, al igual que el mantenimiento y las prácticas culturales en el cultivo pero en algunas ocasiones se requirió de mano de obra adicional que fue costada por parte del propietario.

La inversión fue de 26 millones de pesos, divididos entre el pago de insumos, materiales, plántulas y mano de obra.

¿Qué calificación le otorga al sistema de riego de acuerdo a la viabilidad que cree que tenga el convenio en su predio? 8,5

Anexo 9. Matriz de recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado Predio Santa Lucía.

Matriz de Recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado para el predio Santa Lucía – La vega.

Antes del proyecto, ¿De qué cultivos dependía la economía de su predio? Arroz.

Mapa:



Figura 40. Esquema de campo elaborado por el propietario finca Santa Lucía- Vereda La Vega (Núñez & Rizo, 2014).

Menciones las desventajas y ventajas, que cree más relevantes de la fase demostrativa del Convenio:

Desventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> - No se cumplió con el orden del diseño productivo propuesto, ya que las siembras tenían que realizarse en un orden adecuado para cada especie. - La siembra se realizó en el comienzo de un verano muy fuerte, lo cual afectó mucho al cultivo al no tener el abastecimiento de agua adecuado, indicando que la época para esta fase no fue la adecuada. - El sistema de microaspersión no funcionó para el 	<ul style="list-style-type: none"> - La idea que se propuso como diseño productivo establecido es buena, ya que la asociación es rentable y cumple con una adecuada estratificación. - En cuanto al sistema de riego el diseño es óptimo ya que abarca todos los lotes y ayuda al abastecimiento hídrico homogéneo en el todo el terreno.

arreglo productivo, porque el objetivo establecido era que cada Microaspersor regara 6 plantas pero no se dio esta condición.

- La altura de la base del Microaspersor es muy corta, lo que genera que al realizar las podas de arvenses se pueda ocasionar daño en este.
- La humedad del suelo después de riego en verano lo máximo que se mojaban eran 2 cm.
- El crecimiento de las plantas de plátano no completaba su ciclo, ya que el vástago no soportaba el peso de los racimos.
- La asistencia técnica es muy costosa y no da buenas recomendaciones, solo se basa en que se está haciendo un mal manejo.
- El mantenimiento de riego por microaspersión es complejo y muy riguroso, por esta razón se requiere de un mantenimiento casi constante.
- Los microaspersores tienen una base muy corta, cuando se realiza la poda los destrazan.

¿Qué tipo de riego implementaba anteriormente? Riego por gravedad e inundación.

¿Durante cuánto tiempo mantenía encendido el sistema de riego y cada cuanto lo repetía?

El sistema de riego se encendía por 2 horas semanalmente, aunque si el verano era muy fuerte, se realizaba días antes de cumplir la semana.

¿Cuál fue el valor de la inversión total en su predio? La inversión fue de 50 millones de pesos, divididos entre el pago de insumos, materiales, plántulas y mano de obra.

¿Qué calificación le otorga al sistema de riego de acuerdo a la viabilidad que cree que tenga el convenio en su predio? 2

Anexo 10. Matriz de recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado Predio El Campamento - El Tambo, Balocá.

Matriz de Recopilación de la información del Diálogo Semi-estructurado para el predio El campamento – El Tambo.

Antes del proyecto, ¿De qué cultivos dependía la economía de su predio? Arroz y maíz.

Mapa:

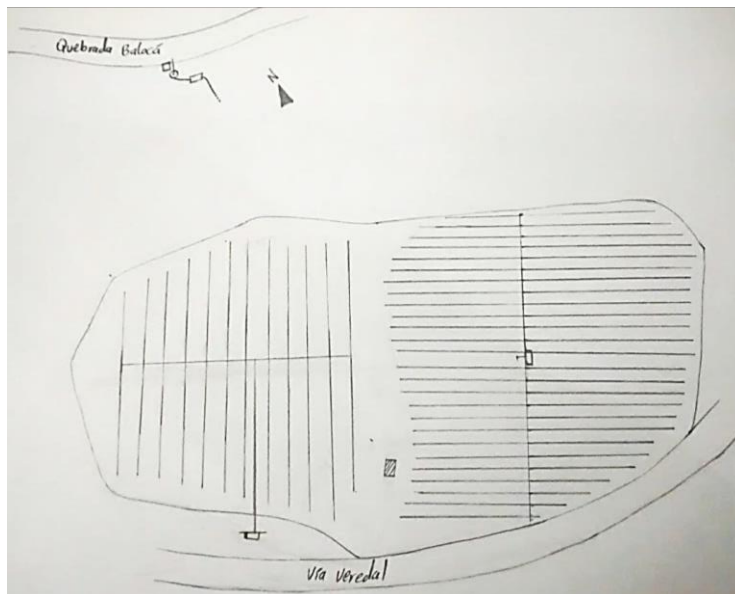


Figura 35. Esquema de campo predio “El Campamento”, El Tambo, Báloca (Núñez,2014)

Menciones las desventajas y ventajas, que cree más relevantes de la fase demostrativa del Convenio:

Desventajas	Ventajas
<ul style="list-style-type: none"> - El mantenimiento de los microaspersores es riguroso, ya que estos poseen demasiadas partes para realizarles la limpieza. - La base de los microaspersores es muy corta, lo cual dificulta la aspersión adecuada cuando las plantas emergentes crecen a su misma o mayor altura, además al momento de realizar la poda de estas los microaspersores en muchos casos son estropeados. - La “lluvia” de los microaspersores se ve muy afectada por el viento. - El crecimiento de las plantas de plátano no completaba su ciclo, ya que el vástago no soportaba el peso de los racimos. 	<ul style="list-style-type: none"> - El riego por aspersión ha demostrado ser eficiente para el cultivo de limón. - Hay disponibilidad de agua para todo el sistema productivo.

¿Qué tipo de riego implementaba anteriormente? Riego por gravedad.

¿Durante cuánto tiempo mantenía encendido el sistema de riego y cada cuanto lo repetía?

Se encendía 3 horas semanalmente, aunque todo dependía de que tan alta estuviera la temperatura. En épocas de lluvia se utilizaba el sistema cuando pasaban 2 días sin llover seguidos.

¿Cuál fue el valor de la inversión total en su predio? La inversión para este predio fue alrededor de 30 millones de pesos, aunque tuvieron que invertir en una bomba de ACPM nueva de 10 HP, la bomba otorgada por el proyecto inicialmente es de gasolina lo cual indica mayor costo en combustible.

¿Qué calificación le otorga al sistema de riego de acuerdo a la viabilidad que cree que tenga el convenio en su predio? **4** microaspersión, 6 aspersión.

Anexo 11. Tabla de inventario microaspersión predio Altagracia - Palma Alta (L2- L4).

Lote: 2																
Cultivos: Plátano (Cachaco); Cacao;Limón																
Tipo de riego																
Microaspersión		Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	Total
Microaspersor	Completo	12	15	14	13	12	13	1	17	15	12	16	14	19	173	
	Ausente	7	4	6	6	6	3	25	3	1	6	4	6	1	78	
	Averiado	7	1	5	6	2	5	0	5	10	2	6	6	6	61	
	Caído	0	3	1	1	6	2	0	0	2	3	0	4	0	22	
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cortadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Manguera Microaspersor	Averiada	0	4	7	3	5	0	0	6	0	0	2	5	0	32	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Desconectada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bailarina	Averiada	9	2	3	8	5	8	0	1	4	2	3	2	1	48	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Base microaspersor	Averiada	2	0	10	1	5	0	0	0	0	3	0	0	0	21	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Lote: 4															
Cultivos: Limón															
Tipo de riego															
Microaspersión		Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Total			
Microaspersor	Completo	14	19	22	26	27	27	28	28	26	217				
	Ausente	9	5	5	2	1	1	0	0	0	23				
	Averiado	5	4	1	0	0	0	0	0	0	10				
	Caído	4	5	6	4	2	2	0	0	1	24				
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Cortadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Manguera Microaspersor	Averiada	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2				
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	Desconectada	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1				
Boquilla	Averiada	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3				
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Base microaspersor	Averiada	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4				
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

Anexo 12. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucia - Lote 1.

Lote: 1																									
Cultivos: Plátano (Cachaco); Cacao																									
Tipo de riego Microaspersión	Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	Total
	Microaspersor	Completo	4	12	17	22	19	11	10	11	6	18	16	7	5	10	16	13	12	7	3	0	0	0	0
Ausente		2	2	1	1	1	4	11	9	8	3	6	12	14	8	8	9	15	15	21	31	31	31	31	82
Averiado		6	4	0	2	5	10	4	5	6	9	3	6	1	2	1	8	3	8	7	0	0	0	0	63
Caído		1	2	1	9	5	9	3	3	7	7	2	6	4	4	4	2	1	0	1	0	0	0	0	71
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cortadas	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Manguera Microaspersor	Averiado	0	1	2	2	1	2	5	4	2	6	0	3	3	1	1	1	4	2	3	0	0	0	0	43
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Desconectada	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Boquilla	Averiado	4	4	1	0	2	5	0	0	3	3	0	2	9	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	38
	Ausente	1	0	0	2	0	1	9	9	11	7	2	8	3	9	4	6	4	4	3	0	0	0	0	83
Base microaspersor	Averiado	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Ausente	1	2	2	2	6	9	4	3	2	1	8	3	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	48

Anexo 13. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucia - Lotes 2.

Lote: 2															
Cultivos: Reposo (pastoreo)															
Tipo de riego Microaspersión	Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	Total	
	Microaspersor	Completo	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4
Ausente		30	30	30	18	17	29	30	30	30	30	29	30	333	
Averiado		0	0	0	11	10	1	0	0	0	0	1	0	23	
Caído		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cortadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Manguera Microaspersor	Averiado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Desconectada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Boquilla	Averiado	0	0	0	11	10	1	0	0	0	0	1	0	23	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Base microaspersor	Averiado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ausente	30	30	30	18	17	29	30	30	30	30	29	30	333	

Anexo 14. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucia - Lote3.

Lote: 3															
Cultivos: Mango (Hilacha, Tomy); Guayaba															
Tipo de riego															
Microaspersión	Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	Total	
Microaspersor	Completo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ausente*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Averiado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Caído	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
	Cortadas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3	
Manguera	Manguera	0	14	0	14	0	14	6	15	14	15	14	14	120	
	Manguera con	31	17	31	17	31	17	25	16	17	16	17	17	252	
	Microaspersor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Desconectada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Boquilla	Averiada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Base	Averiada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
	Cortadas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3	

Anexo 15. Tabla de inventario microaspersión predio Santa Lucia - Lote 4.

Lote: 4															
Cultivos: Plátano (Hartón, cachaco)															
Tipo de riego															
Microaspersión	Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	Total	
Microaspersor	Completo	0	1	0	0	0	0	0	0	7	12	0	0	20	
	Ausente	27	29	27	30	26	29	30	24	18	12	30	27	309	
	Averiado	3	0	3	0	4	1	0	6	5	6	0	3	31	
	Caído	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Cortadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Manguera	Averiada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Desconectada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Boquilla	Averiada	3	0	3	0	4	1	0	6	5	6	0	3	31	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Base	Averiada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 16. Tabla de inventario microaspersión predio El Campamento - El Tambo Balocá.

Lote: 1																													
Cultivo: Plátano (Cachaco, Dominico hartón); Cacao																													
Tipo de riego																													
Microaspersión		Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26	Total
Microaspersor	Completo	1	2	5	5	6	10	12	11	15	12	14	15	17	15	14	15	13	16	12	15	14	19	17	17	17	22	331	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	1	1	2	5	0	0	0	1	1	1	0	1	6	3	3	0	5	4	5	0	39	
	Averiado	1	1	1	0	1	1	1	2	0	1	1	2	2	3	4	3	6	3	4	4	7	6	3	4	3	3	67	
	Caído	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	12
Líneas	Perforadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3
	Cortadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Manguera	Averiada	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	1	4	11
	Ausente	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	2	0	0	1	0	10
	Desconectada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3
Bailarina	Averiada	1	0	0	0	1	1	1	2	0	1	1	2	2	3	2	3	4	2	2	3	4	4	1	4	3	4	51	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	1	0	0	5	
Base microaspersor	Averiada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
	Ausente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 17. Tabla de inventario aspersión predio El Campamento - El Tambo Balocá.

Lote: 2														
Cultivos: Limón														
Tipo de riego														
Aspersión		Estado	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	Total
Válvula	Completa	1	7	9	9	13	13	13	12	10	10	12	109	
	Averiada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aspersor	Completo	1	5	5	7	10	7	8	7	5	8	6	69	
	Averiado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo 18. Tablas de promedio de datos meteorológicos 1963 – 2013, Estación Anchique (Tolima).

	Tº máx °c			Tº mín °c			Tº media °c			Punto rocío	Precipitación mm		
	Medios	Máx	Mín	Medios	Máx	Mín	Medios	Máx	Mín	°C 3/	Medios	Máx	Mín
Enero	36,6	40	33,8	20,3	23	17	27,7	31,1	26,1	22,2	96,3	259,2	9
Febrero	37,6	42,8	36	20,4	22,4	15	27,9	31,1	25,8	22,4	112,7	288,4	20
Marzo	37,3	40,6	34	20,6	22,6	18	27,7	30,6	26,3	22,4	150,3	340,3	7,9
Abril	36,9	40	34,8	20,9	22,8	19,4	27,3	29	25,9	22,5	195,1	544,6	46
Mayo	36,5	39	34	20,8	22,2	18,2	27,4	29,4	26	22,4	133,5	328,5	608
Junio	37,4	40,4	34,6	20,6	22,8	17,2	28,1	30,1	26,4	21,6	53,3	206	608
Julio	38,3	41	36,2	20,7	22	19	28,9	30,3	26,8	20,4	37,1	117,6	0
Agosto	39,2	41,6	35	20,3	23,2	13,4	29,8	31,5	27,4	20,1	33,7	180,6	0
Septiembre	39,4	42	37	20,5	22,9	15,4	29,4	31,3	26,5	21,1	73,6	328,7	4
Octubre	38	41,2	34,4	20	22,8	15	27,7	30,7	26	22,2	211,2	478,4	34,5
Noviembre	34,6	40	32	19,9	21,6	14,6	26,7	29,2	25,7	22,5	261	642,8	39,6
Diciembre	35,1	37	32,6	20,4	22	13,6	26,9	30	25,5	22,5	147,1	335,9	27,9
Promedio	37,242			20,450			27,958			21,9		642,8	
TOTAL											1504,9		

	% HR			Evaporación mm						Vientos medios m/			Brillo solar hr	
	Medios	Máx	Mín	Medios	Máx	Mín	Día Media	Día Máx	Medios	Máx	Mín	Mes	Día	
Enero	72	82	55	151,6	218	97,2	4,890	7,032	1,7	2,5	0,5	216,5	6,984	
Febrero	72	81	58	146,7	202,4	89	5,239	7,229	1,9	3,2	0,5	178	6,357	
Marzo	73	83	54	148,5	195,1	107,4	4,790	6,294	2	3	0,9	175,8	5,671	
Abril	75	82	65	124,3	163,1	65,9	4,143	5,437	1,9	2,8	1	164,5	5,483	
Mayo	74	83	65	141,3	191,8	79,4	4,558	6,187	2,3	3,6	1,1	184,5	5,952	
Junio	68	82	54	155,9	252,8	86,3	5,029	8,427	3	5,3	0,4	185,9	6,197	
Julio	60	77	51	193,9	259,6	71,5	6,255	8,374	3,9	5,4	1,8	200,2	6,458	
Agosto	56	71	44	203,2	262,9	134,8	6,555	8,481	3,9	5,6	1,6	208,6	6,729	
Septiembre	61	74	46	182,9	243,6	106,9	6,097	8,120	3	4,5	1,8	189	6,30	
Octubre	72	82	55	140	191,8	113,2	4,516	6,187	2,1	2,7	1	190,6	6,148	
Noviembre	78	85	60	108,8	144,6	69,7	3,627	4,820	1,8	2,4	0,8	186,4	6,213	
Diciembre	77	84	60	120,5	177,6	72,8	3,887	5,729	1,7	2,4	0,6	199,4	6,432	
Promedio	69,833				262,9		4,966	6,860	2,433				6,244	
TOTAL				1817,6	2503,3							2279,4		

Anexo 19. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 4– Santa Lucía, La Vega.

ml 1/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
2	0,515	10	1,5	0,015	7,5	1,8	0,315	9	1,2	0,285	6			
3,1	1,615	15,5	1,8	0,315	9	2,4	0,915	12	0,5	0,985	2,5			
2	0,515	10	1,1	0,385	5,5	2	0,515	10	0,2	1,285	1			
2,1	0,615	10,5	0,8	0,685	4	1,5	0,015	7,5	0,2	1,285	1			
2,6	1,115	13	0,6	0,885	3	1,8	0,315	9	0,5	0,985	2,5			
Suma	11,8	4,375	59	5,8	2,285	29	9,5	2,075	47,5	2,6	4,825	13	ml	mm/h Total
Prom. ml	2,36	0,875	11,8	1,16	0,457	5,8	1,9	0,415	9,5	0,52	0,965	2,6	1,485	1,930

ml 2/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0,3	0,65	1,5	0,5	0,45	2,5	1	0,05	5	1	0,05	5			
0	0,95	0	2	1,05	10	1,9	0,95	9,5	1,5	0,55	7,5			
0	0,95	0	0,8	0,15	4	0	0,95	0	0,5	0,45	2,5			
0	0,95	0	0,5	0,45	2,5	0,5	0,45	2,5	1,5	0,55	7,5			
0	0,95	0	2	1,05	10	4,5	3,55	22,5	0,5	0,45	2,5			
Suma	0,3	4,45	1,5	5,8	3,15	29	7,9	5,95	39,5	5	2,05	25	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,06	0,89	0,3	1,16	0,63	5,8	1,58	1,19	7,9	1	0,41	5	0,950	1,234

ml 3/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
1	0,1075	5	1,5	0,6075	7,5	0,5	0,3925	2,5	0,5	0,3925	2,5			
0,5	0,3925	2,5	1	0,1075	5	0	0,8925	0	0,1	0,7925	0,5			
2,5	1,6075	12,5	0	0,8925	0	0	0,8925	0	1,5	0,6075	7,5			
7	6,1075	35	0	0,8925	0	0	0,8925	0	0,2	0,6925	1			
1,25	0,3575	6,25	0	0,8925	0	0	0,8925	0	0,3	0,5925	1,5			
Suma	12,25	8,5725	61,25	2,5	3,3925	12,5	0,5	3,9625	2,5	2,6	3,0775	13	ml	mm/h Total
Prom. ml	2,45	1,7145	12,25	0,5	0,6785	2,5	0,1	0,7925	0,5	0,52	0,6155	2,6	0,893	1,160

Anexo 20. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 10– Santa Lucía, La Vega.

ml 1/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
1	1,105	5	2	0,105	10	0,7	1,405	3,5	2,1	0,005	10,5			
1	1,105	5	3,6	1,495	18	0,5	1,605	2,5	3	0,895	15			
0	2,105	0	2,5	0,395	12,5	0	2,105	0	3	0,895	15			
0,1	2,005	0,5	2,6	0,495	13	0	2,105	0	3	0,895	15			
0	2,105	0	8	5,895	40	7,2	5,095	36	1,8	0,305	9			
Suma	2,1	8,425	10,5	18,7	8,385	93,5	8,4	12,315	42	12,9	2,995	64,5	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,42	1,685	2,1	3,74	1,677	18,7	1,7	2,463	8,4	2,58	0,599	12,9	2,105	2,735

ml 2/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0,5	0,2	2,5	2	1,3	10	0,7	0	3,5	1,2	0,5	6			
0,1	0,6	0,5	6	5,3	30	0	0,7	0	0,5	0,2	2,5			
0,1	0,6	0,5	1	0,3	5	0	0,7	0	0,1	0,6	0,5			
0,1	0,6	0,5	0,5	0,2	2,5	0	0,7	0	0	0,7	0			
0,6	0,1	3	0,6	0,1	3	0	0,7	0	0	0,7	0			
Suma	1,4	2,1	7	10,1	7,2	50,5	0,7	2,8	3,5	1,8	2,7	9	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,28	0,42	1,4	2,02	1,44	10,1	0,14	0,56	0,7	0,4	0,54	1,8	0,700	0,910

ml 3/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0,1	0,55	0,5	0,3	0,35	1,5	1,5	0,85	7,5	0,5	0,15	2,5			
0,3	0,35	1,5	0,1	0,55	0,5	3,3	2,65	16,5	3	2,35	15			
0	0,65	0	0	0,65	0	1	0,35	5	0	0,65	0			
0,1	0,55	0,5	0	0,65	0	1	0,35	5	0,1	0,55	0,5			
0	0,65	0	0,1	0,55	0,5	1,5	0,85	7,5	0,1	0,55	0,5			
Suma	0,5	2,75	2,5	0,5	2,75	2,5	8,3	5,05	41,5	3,7	4,25	18,5	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,1	0,55	0,5	0,1	0,55	0,5	1,66	1,01	8,3	0,74	0,85	3,7	0,650	0,845

Anexo 21. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 14– Santa Lucía, La Vega.

ml 1/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0	2,79	0	0,2	2,59	1	0,2	2,59	1	0,2	2,59	1			
0	2,79	0	0	2,79	0	0	2,79	0	0	2,79	0			
6,5	3,71	32,5	0	2,79	0	0	2,79	0	13,1	10,31	65,5			
17	14,21	85	4,8	2,01	24	4,2	1,41	21	0	2,79	0			
0	2,79	0	0,1	2,69	0,5	9,5	6,71	47,5	0	2,79	0			
Suma	23,5	26,29	118	5,1	12,87	25,5	14	16,29	69,5	13,3	21,27	66,5	ml	mm/h Total
Prom. ml	4,7	5,258	23,5	1,02	2,574	5,1	2,8	3,258	13,9	2,66	4,254	13,3	2,790	3,625

ml 2/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0	2,215	0	0	2,215	0	0,5	1,715	2,5	1,8	0,415	9			
0	2,215	0	0	2,215	0	0	2,215	0	0	2,215	0			
0,1	2,115	0,5	0	2,215	0	0	2,215	0	0	2,215	0			
0,4	1,815	2	1,5	0,715	7,5	3,5	1,285	17,5	0	2,215	0			
15	12,785	75	7	4,785	35	14,5	12,285	72,5	0	2,215	0			
Suma	15,5	21,145	77,5	8,5	12,145	42,5	18,5	19,715	92,5	1,8	9,275	9	ml	mm/h Total
Prom. ml	3,1	4,229	15,5	1,7	2,429	8,5	3,7	3,943	18,5	0,4	1,855	1,8	2,215	2,878

ml 3/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0,5	1,615	2,5	0	2,115	0	0	2,115	0	0,5	1,615	2,5			
0	2,115	0	0	2,115	0	0	2,115	0	0,1	2,015	0,5			
0	2,115	0	1	1,115	5	8,9	6,785	44,5	1	1,115	5			
2	0,115	10	7,5	5,385	37,5	0	2,115	0	11,8	9,685	59			
9	6,885	45	0	2,115	0	0	2,115	0	0	2,115	0			
Suma	11,5	12,845	57,5	8,5	12,845	42,5	8,9	15,245	44,5	13,4	16,545	67	ml	mm/h Total
Prom. ml	2,3	2,569	11,5	1,7	2,569	8,5	1,78	3,049	8,9	2,68	3,309	13,4	2,115	2,748

Anexo 22. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 8 – El Campamento.

ml 1/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
2	1,775	6,67	1	2,775	3,33	1	2,775	3,33	3,5	0,275	11,7			
2	1,775	6,67	0,5	3,275	1,67	3,5	0,275	11,7	6,5	2,725	21,7			
4	0,225	13,3	1	2,775	3,33	3,5	0,275	11,7	0,5	3,275	1,67			
3,5	0,275	11,7	5,5	1,725	18,3	5,5	1,725	18,3	4	0,225	13,3			
2,5	1,275	8,33	7,5	3,725	25	12	7,725	38,3	6,5	2,725	21,7			
Suma	14	5,325	46,7	15,5	14,275	51,7	25	12,775	83,3	21	9,225	70	ml	mm/h Total
Prom. ml	2,8	1,065	9,33	3,1	2,855	10,3	5	2,555	16,7	4,2	1,845	14	3,775	3,270

ml 2/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
5,5	1,675	18,3	6,5	2,675	21,7	4	0,175	13,3	2,5	1,325	8,33			
1,5	2,325	5	3,5	0,325	11,7	2,5	1,325	8,33	4	0,175	13,3			
2	1,825	6,67	2,5	1,325	8,33	2,5	1,325	8,33	1,5	2,325	5			
2,5	1,325	8,33	3	0,825	10	3,5	0,325	11,7	2	1,825	6,67			
6,5	2,675	21,7	7,5	3,675	25	5,5	1,675	18,3	7,5	3,675	25			
Suma	18	9,825	60	23	8,825	76,7	18	4,825	60	18	9,325	58,3	ml	mm/h Total
Prom. ml	3,6	1,965	12	4,6	1,765	15,3	3,6	0,965	12	3,5	1,865	11,7	3,825	3,313

ml 3/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
1,5	0,105	5	0,2	1,195	0,67	1,5	0,105	5	1,5	0,105	5			
0,5	0,895	1,667	1,5	0,105	5	0,5	0,895	1,67	1	0,395	3,33			
0,5	0,895	1,667	0,5	0,895	1,67	0,1	1,295	0,33	2	0,605	6,67			
1,5	0,105	5	0,5	0,895	1,67	0,1	1,295	0,33	1,5	0,105	5			
1,5	0,105	5	8	6,605	26,7	1	0,395	3,33	2,5	1,105	8,33			
Suma	5,5	2,105	18,33	11	9,695	35,7	3,2	3,985	10,7	8,5	2,315	28,3	ml	mm/h Total
Prom. ml	1,1	0,421	3,667	2,1	1,939	7,13	0,64	0,797	2,13	1,7	0,463	5,67	1,395	1,208

Anexo 23. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 17 – El Campamento.

ml 1/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
1,5	0,455	5	1,5	0,455	5	1	0,045	3,33	0,5	0,545	1,67			
0	1,045	0	0	1,045	0	0	1,045	0	0,1	0,945	0,33			
0	1,045	0	0	1,045	0	0	1,045	0	0	1,045	0			
0,1	0,945	0,33	1,5	0,455	5	0,2	0,845	0,67	0	1,045	0			
0,5	0,545	1,67	8	6,955	26,7	4	2,955	13,3	2	0,955	6,67			
Suma	2,1	4,035	7	11	9,955	36,7	5,2	5,935	17,3	2,6	4,535	8,67	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,42	0,807	1,4	2,2	1,991	7,33	1	1,187	3,47	0,52	0,907	1,73	1,045	0,905

ml 2/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
1	2,22E-16	3,33	1	2,22E-16	3,33	1	2,22E-16	3,33	0,5	0,5	1,67			
1,5	0,5	5	0,1	0,9	0,33	3,5	2,5	11,7	0	1	0			
0,8	0,2	2,67	0	1	0	2	1	6,67	0	1	0			
0,3	0,7	1	0	1	0	1,5	0,5	5	0	1	0			
0,1	0,9	0,33	1,5	0,5	5	5	4	16,7	0,2	0,8	0,67			
Suma	3,7	2,3	12,3	2,6	3,4	8,67	13	8	43,3	0,7	4,3	2,33	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,74	0,46	2,47	0,52	0,68	1,73	2,6	1,6	8,67	0,1	0,86	0,47	1	0,866

ml 3/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
1,5	0,225	5	1,5	0,225	5	2,5	0,775	8,33	1,3	0,425	4,33			
0,5	1,225	1,667	0,5	1,225	1,67	0,5	1,225	1,67	1	0,725	3,33			
0,5	1,225	1,667	1	0,725	3,33	1	0,725	3,33	0,3	1,425	1			
0,1	1,625	0,333	6	4,275	20	1	0,725	3,33	1	0,725	3,33			
0,3	1,425	1	10	8,275	33,3	2	0,275	6,67	2	0,275	6,67			
Suma	2,9	5,725	9,667	19	14,725	63,3	7	3,725	23,3	5,6	3,575	18,7	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,58	1,145	1,933	3,8	2,945	12,7	1,4	0,745	4,67	1,12	0,715	3,73	1,725	1,494

Anexo 24. Tablas de Evaluación con el sistema encendido lateral 26 – El Campamento.

ml 1/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
23,5	18,86	78,3	3	1,64	10	1,5	3,14	5	2	2,64	6,67			
0	4,64	0	0,5	4,14	1,67	0,1	4,54	0,33	0,1	4,54	0,33			
0	4,64	0	18,3	13,66	61	0,4	4,24	1,33	0	4,64	0			
0,5	4,14	1,67	1	3,64	3,33	5,5	0,86	18,3	0,4	4,24	1,33			
13,5	8,86	45	1	3,64	3,33	17	11,86	55	5	0,36	16,7			
Suma	37,5	41,14	125	23,8	26,72	79,3	24	24,64	80	7,5	16,42	25	ml	mm/h Total
Prom. ml	7,5	8,228	25	4,76	5,344	15,9	4,8	4,928	16	1,5	3,284	5	4,64	4,019

ml 2/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0,3	1,575	1	5,5	3,625	18,3	2,5	0,625	8,33	1,5	0,375	5			
0	1,875	0	0	1,875	0	0,5	1,375	1,67	0,1	1,775	0,33			
0	1,875	0	0	1,875	0	0	1,875	0	0	1,875	0			
0,1	1,775	0,33	0,5	1,375	1,67	1	0,875	3,33	1,5	0,375	5			
2,5	0,625	8,33	4,5	2,625	15	5	3,125	16,7	12	10,125	40			
Suma	2,9	7,725	9,67	10,5	11,375	35	9	7,875	30	15	14,525	50,3	ml	mm/h Total
Prom. ml	0,58	1,545	1,93	2,1	2,275	7	1,8	1,575	6	3	2,905	10,1	1,875	1,624

ml 3/3													Precipitación	Tasa de aplicación real
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h			
0,5	2,26	1,667	1	1,76	3,33	1,80	0,96	6	2,50	0,26	8,33			
0,5	2,26	1,667	1	1,76	3,33	1,00	1,76	3,33	0,30	2,46	1			
0,5	2,26	1,667	0	2,76	0	1,00	1,76	3,33	0,10	2,66	0,33			
1	1,76	3,333	3	0,24	10	0,50	2,26	1,67	0,50	2,26	1,67			
4	1,24	13,33	31	28,24	103	0,50	2,26	1,67	4,50	1,74	15			
Suma	6,5	9,78	21,67	36	34,76	120	4,8	9	16	7,9	9,38	26,3	ml	mm/h Total
Prom. ml	1,3	1,956	4,333	7,2	6,952	24	0,96	1,8	3,2	1,58	1,876	5,27	2,76	2,391

Anexo 25. Tablas de Evaluación con el sistema encendido de Aspersión lateral 6 – El Campamento.

mm 1/3														Precipitación	Tasa de aplicación real		
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h						
8	3,53	26,67	5	0,53	16,67	4,5	0,03	15,00	3,5	0,97	11,67						
4	0,47	13,33	3	1,47	10,00	4,5	0,03	15,00	3	1,47	10,00						
2,5	1,97	8,33	3,5	0,97	11,67	5	0,53	16,67	2,5	1,97	8,33						
3,5	0,97	11,67	4	0,47	13,33	4,5	0,03	15,00	2,5	1,97	8,33						
4,5	0,03	15,00	4	0,47	13,33	4,5	0,03	15,00	3	1,47	10,00						
2,5	1,97	8,33	3	1,47	10,00	4,5	0,03	15,00	4	0,47	13,33						
4,5	0,03	15,00	3	1,47	10,00	5	0,53	16,67	5	0,53	16,67						
5,5	1,03	18,33	5	0,53	16,67	6	1,53	20,00	8,5	4,03	28,33						
5	0,53	16,67	3,5	0,97	11,67	9	4,53	30,00	7,5	3,03	25,00						
Suma	40,00	10,53	133,33	34,00	8,36	113,33	47,50	7,25	158,33	39,50	15,92	131,67			ml	mm/h Total	
Prom. ml	4,44	1,17	14,81	3,78	0,93	12,59	5,28	0,81	17,59	4,39	1,77	14,63				4,472	
Prom Total Recipiente	4,47	Suma desviaciones	42,0555556	No. Recipientes	36											134,166667	
Cu	0,73878537													40,25	3,874		

mm 2/3														Precipitación	Tasa de aplicación real		
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h						
11,5	7,67	38,33	4,8	0,97	16,00	3,5	0,33	11,67	13,5	9,67	45,00						
2	1,83	6,67	2	1,83	6,67	2,5	1,33	8,33	2	1,83	6,67						
2	1,83	6,67	2,5	1,33	8,33	2,5	1,33	8,33	2	1,83	6,67						
2,5	1,33	8,33	2,5	1,33	8,33	3	0,83	10,00	2,5	1,33	8,33						
3	0,83	10,00	4	0,17	13,33	4	0,17	13,33	2,5	1,33	8,33						
4	0,17	13,33	5,5	1,67	18,33	5	1,17	16,67	3,5	0,33	11,67						
3	0,83	10,00	7	3,17	23,33	5	1,17	16,67	2	1,83	6,67						
1,5	2,33	5,00	7,5	3,67	25,00	3,5	0,33	11,67	2	1,83	6,67						
0	3,83	0,00	6,5	2,67	21,67	5	1,17	16,67	2	1,83	6,67						
Suma	29,50	20,64	98,33	42,30	16,82	141,00	34,00	7,83	113,33	32,00	21,79	106,67			ml	mm/h Total	
Prom. ml	3,28	2,29	10,93	4,70	1,87	15,67	3,78	0,87	12,59	3,56	2,42	11,85				3,828	
Prom Total Recipiente	3,83	Suma desviaciones	67,0777778	No. Recipientes	36											114,833333	
Cu	0,51322367													34,45	3,316		

mm 3/3														Precipitación	Tasa de aplicación real		
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h	Vol. Aforado					
11,3	7,82	37,67	4,5	1,02	15,00	3	0,48	10,00	11	7,52	36,67	0,29					
1,7	1,78	5,67	2,2	1,28	7,33	2,1	1,38	7,00	2,5	0,98	8,33	0,06					
2	1,48	6,67	2,1	1,38	7,00	2,5	0,98	8,33	2	1,48	6,67	0,05					
2	1,48	6,67	1,8	1,68	6,00	3,2	0,28	10,67	2,1	1,38	7,00	0,05					
2,7	0,78	9,00	3,5	0,02	11,67	3,5	0,02	11,67	2,5	0,98	8,33	0,06					
3,5	0,02	11,67	5	1,52	16,67	4,7	1,22	15,67	3	0,48	10,00	0,08					
3	0,48	10,00	6,5	3,02	21,67	5	1,52	16,67	1,8	1,68	6,00	0,05					
1,2	2,28	4,00	4	0,52	13,33	4	0,52	13,33	2,3	1,18	7,67	0,06					
0,5	2,98	1,67	6,3	2,82	21,00	4,3	0,82	14,33	2	1,48	6,67	0,05					
Suma	27,90	19,10	93,00	35,90	13,26	119,67	32,30	7,22	107,67	29,20	17,16	97,33	0,76	ml	mm/h Total		
Prom. ml	3,10	2,12	10,33	3,99	1,47	13,30	3,59	0,80	11,96	3,24	1,91	10,81	0,08		3,481		
Prom Total Recipiente	3,48	Suma desviaciones	56,7444444	No. Recipientes	36											104,416667	
Cu	0,54713133													31,325	3,015		

Anexo 26. Tablas de Evaluación con el sistema encendido de Aspersión lateral 8 – El Campamento.

mm 1/3														Precipitación	Tasa de aplicación real	
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h					
5,5	0,87	18,33	5,5	0,87	18,33	11,5	6,87	38,33	12	7,37	40,00					
5	0,37	16,67	5,5	0,87	18,33	3,5	1,13	11,67	3,6	1,03	12,00					
2,5	2,13	8,33	5	0,37	16,67	3	1,63	10,00	4	0,63	13,33					
2,5	2,13	8,33	4,7	0,07	15,67	2	2,63	6,67	4,5	0,13	15,00					
3	1,63	10,00	6,5	1,87	21,67	2,3	2,33	7,67	4	0,63	13,33					
1,7	2,93	5,67	9,7	5,07	32,33	3	1,63	10,00	5	0,37	16,67					
1,6	3,03	5,33	9	4,37	30,00	3,2	1,43	10,67	4,7	0,07	15,67					
2	2,63	6,67	9,1	4,47	30,33	3,2	1,43	10,67	3,6	1,03	12,00					
2,2	2,42777778	7,33333333	7,5	2,87	25,00	1	3,63	3,33	4	0,63	13,33					
Suma	26,00	18,14	86,67	62,50	20,85	208,33	32,70	22,69	109,00	45,40	11,88	151,33	ml	mm/h Total		
Prom. ml	2,89	2,02	9,63	6,94	2,32	23,15	3,63	2,52	12,11	5,04	1,32	16,81	4,628	4,009		
Prom Total Recipiente	4,63	Suma desviaciones	73,5666667	No. Recipientes	36										138,833333	
Cu	0,55842337													41,65		

mm 2/3														Precipitación	Tasa de aplicación real	
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h					
1,1	1,01	3,67	2,5	0,39	8,33	1,5	0,61	5,00	2,5	0,39444444	8,33333333					
1,7	0,41	5,67	10,6	8,49	35,33	1,9	0,21	6,33	1,5	0,60555556	5					
1,6	0,51	5,33	0,3	1,81	1,00	1,6	0,51	5,33	1,5	0,60555556	5					
1,5	0,61	5,00	1	1,11	3,33	1,5	0,61	5,00	2	0,10555556	6,66666667					
3	0,89	10,00	2,7	0,59	9,00	1,8	0,31	6,00	2,1	0,00555556	7					
2,4	0,29	8,00	2	0,11	6,67	2	0,11	6,67	2,5	0,39444444	8,33333333					
1,6	0,51	5,33	1,4	0,71	4,67	2,7	0,59	9,00	2,6	0,49444444	8,66666667					
2,2	0,09	7,33	1,6	0,51	5,33	1,6	0,51	5,33	2,5	0,39444444	8,33333333					
1,6	0,51	5,33	1,7	0,41	5,67	1	1,11	3,33	2,5	0,39444444	8,33333333					
Suma	16,70	4,82	55,67	23,80	14,12	79,33	15,60	4,54	52,00	19,70	3,39	65,67	ml	mm/h Total		
Prom. ml	1,86	0,54	6,19	2,64	1,57	8,81	1,73	0,50	5,78	2,19	0,38	7,30	2,106	1,824		
Prom Total Recipiente	2,11	Suma desviaciones	26,8666667	No. Recipientes	36										63,1666667	
Cu	0,64555849													18,95		

mm 3/3														Precipitación	Tasa de aplicación real	
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h	vol. Aforado				
11,8	7,37	39,33	10,7	6,27	35,67	10,3	5,87	34,33	7,5	3,07	25,00	0,19				
9,3	4,87	31,00	8,6	4,17	28,67	6,1	1,67	20,33	5,5	1,07	18,33	0,14				
8,7	4,27	29,00	7,5	3,07	25,00	5,7	1,27	19,00	4,7	0,27	15,67	0,12				
6,1	1,67	20,33	6	1,57	20,00	4,8	0,37	16,00	5,1	0,67	17,00	0,13				
5	0,57	16,67	5,3	0,87	17,67	5,3	0,87	17,67	4,4	0,03	14,67	0,11				
4,2	0,23	14,00	2,6	1,83	8,67	3,5	0,93	11,67	3,2	1,23	10,67	0,08				
2,5	1,93	8,33	1,5	2,93	5,00	1,4	3,03	4,67	2,1	2,33	7,00	0,05				
0	4,43	0,00	0	4,43	0,00	0	4,43	0,00	0	4,43	0,00	0,00				
0	4,43	0,00	0	4,43	0,00	0	4,43	0,00	0	4,43	0,00	0,00				
Suma	47,60	29,77	158,67	42,20	29,57	140,67	37,10	22,87	123,67	32,50	17,53	108,33	0,84	ml	mm/h Total	
Prom. ml	5,29	3,31	17,63	4,69	3,29	15,63	4,12	2,54	13,74	3,61	1,95	12,04	0,09	4,428	3,836	
Prom Total Recipiente	4,43	Suma desviaciones	99,7444444	No. Recipientes	36										132,833333	
Cu	0,37425066													39,85		

Anexo 27. Tablas de Evaluación con el sistema encendido de Aspersión lateral 10 – El Campamento.

mm 1/3													Precipitación	Tasa de aplicación real	
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h				
5	1,09	16,67	5	1,09	16,67	7,6	3,69	25,33	4	0,09	13,33				
4,5	0,59	15,00	3,5	0,41	11,67	3	0,91	10,00	3,5	0,41	11,67				
2,5	1,41	8,33	2,8	1,11	9,33	5,5	1,59	18,33	2,5	1,41	8,33				
3	0,91	10,00	3	0,91	10,00	6,7	2,79	22,33	3,5	0,41	11,67				
2,5	1,41	8,33	3,5	0,41	11,67	5,5	1,59	18,33	5	1,09	16,67				
2,5	1,41	8,33	3	0,91	10,00	5,5	1,59	18,33	4,5	0,59	15,00				
1	2,91	3,33	3	0,91	10,00	5,5	1,59	18,33	4	0,09	13,33				
1,5	2,41	5,00	3	0,91	10,00	6,3	2,39	21,00	5	1,09	16,67				
1	2,91	3,33	4,3	0,39	14,33	3,5	0,41	11,67	5	1,09	16,67				
Suma	23,50	15,04	78,33	31,10	7,04	103,67	49,10	16,56	163,67	37,00	6,28	123,33	ml	mm/h Total	
Prom. ml	2,61	1,67	8,70	3,46	0,78	11,52	5,46	1,84	18,19	4,11	0,70	13,70	3,908	3,386	
Prom Total Recipiente	3,91	Suma desviaciones	44,9166667	No. Recipientes	36									117,25	
Cu	0,68076285											35,175			

mm 2/3													Precipitación	Tasa de aplicación real	
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h				
14,5	10,59	48,33	9,5	5,59	31,67	9,5	5,59	31,67	23,3	19,39	77,67				
14,5	10,59	48,33	4,6	0,69	15,33	5,5	1,59	18,33	5,5	1,59	18,33				
4,5	0,59	15,00	4,5	0,59	15,00	4,5	0,59	15,00	6	2,09	20,00				
5,7	1,79	19,00	5	1,09	16,67	6	2,09	20,00	7	3,09	23,33				
7,3	3,39	24,33	5,3	1,39	17,67	6,5	2,59	21,67	3	0,91	10,00				
7,5	3,59	25,00	3	0,91	10,00	7	3,09	23,33	4,5	0,59	15,00				
3,6	0,31	12,00	2,4	1,51	8,00	7	3,09	23,33	6	2,09	20,00				
5,8	1,89	19,33	2	1,91	6,67	7,5	3,59	25,00	2,6	1,31	8,67				
5,4	1,49	18,00	1,7	2,21	5,67	6,5	2,59	21,67	2	1,91	6,67				
Suma	68,80	34,24	229,33	38,00	15,89	126,67	60,00	24,83	200,00	59,90	32,98	199,67	ml	mm/h Total	
Prom. ml	7,64	3,80	25,48	4,22	1,77	14,07	6,67	2,76	22,22	6,66	3,66	22,19	6,297	5,455	
Prom Total Recipiente	6,30	Suma desviaciones	107,9333333	No. Recipientes	36									188,916667	
Cu	0,52389355											56,675			

mm 3/3													Precipitación	Tasa de aplicación real	
N	Desviación	ml/h	E	Desviación	ml/h	S	Desviación	ml/h	W	Desviación	ml/h	Vol. Aforado			
17,6	13,69	58,67	6	2,09	20	9,1	5,19	30,33	14,4	10,49	48,00	0,37			
4,5	0,59	15,00	2,6	1,31	8,67	3	0,91	10,00	6	2,09	20,00	0,16			
4,7	0,79	15,67	3,5	0,41	11,67	3	0,91	10,00	4,7	0,79	15,67	0,12			
4,5	0,59	15,00	3,3	0,61	11	3,1	0,81	10,33	5,3	1,39	17,67	0,14			
5	1,09	16,67	4,3	0,39	14,33	3,7	0,21	12,33	5,5	1,59	18,33	0,14			
5,9	1,99	19,67	2,8	1,11	9,33	3	0,91	10,00	6,6	2,69	22,00	0,17			
4,4	0,49	14,67	1,2	2,71	4	0,5	3,41	1,67	2,5	1,41	8,33	0,06			
7	3,09	23,33	1,2	2,71	4	0,7	3,21	2,33	2,9	1,01	9,67	0,08			
5,5	1,59	18,33	1,3	2,61	4,33	1	2,91	3,33	2,6	1,31	8,67	0,07			
Suma	59,1	23,925	197	26,2	13,94	87,33	27,1	18,46	90,33	50,5	22,78	168,33	1,31		
Prom. ml	6,57	2,66	21,89	2,91	1,55	9,70	3,01	2,05	10,04	5,61	2,53	18,70	0,15		
Prom Total Recipiente	4,53	Suma desviaciones	79,1	No. Recipientes	36									4,525	3,920
Cu	0,51442603											135,75			
													40,725		

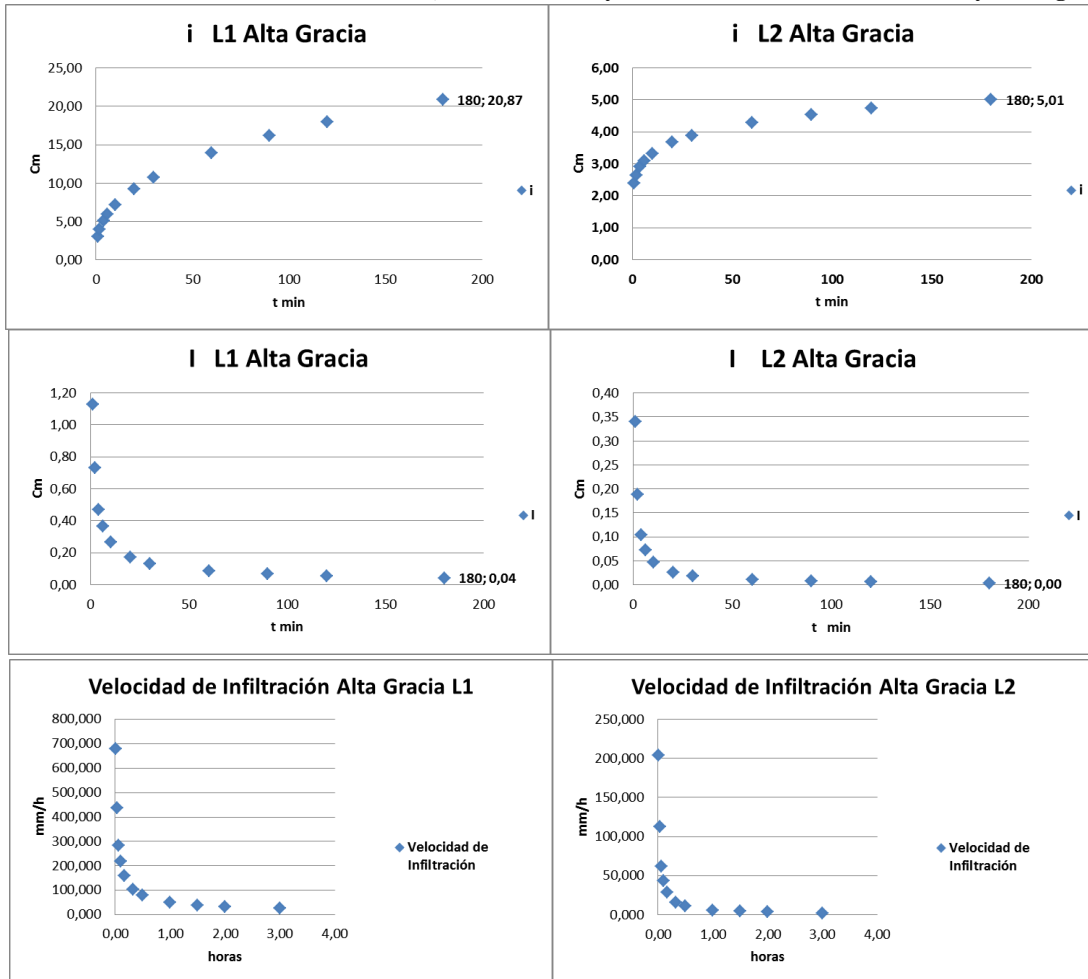
Anexo 28. Tablas de Cálculos para ecuación Penman-Monteith – ETo (FAO, 2006).

Mes	Rn	MI/m2mes	Ra	G	T	u_2	e_s-e_a	Δ	γ
Enero	13,551		34,727	0,056	27,7	1,7	1,586	0,22	0,0642
Febrero	13,718		36,516	0,014	27,9	1,9	1,734	0,22	
Marzo	13,366		37,657	-0,014	27,7	2,0	1,690	0,22	
Abril	12,967		37,316	-0,028	27,3	1,9	1,634	0,21	
Mayo	12,824		35,869	0,007	27,4	2,3	1,580	0,21	
Junio	12,697		34,779	0,049	28,1	3,0	1,833	0,22	
Julio	13,181		35,102	0,056	28,9	3,9	2,196	0,23	
Agosto	14,112		36,433	0,063	29,8	3,9	2,373	0,24	
Septiembre	14,083		37,291	-0,028	29,4	3,0	2,275	0,24	
Octubre	13,562		36,654	-0,119	27,7	2,1	1,807	0,22	
Noviembre	12,709		35,022	-0,07	26,7	1,8	1,179	0,21	
Diciembre	12,612		34,052	0,014	26,9	1,7	1,296	0,21	

Anexo 29. Tabla de pruebas de Infiltración Lotes 1(Der) y 2 (Izq) – Altgracia.

				C'		2,40015	
				α		0,1417	
t Acumulado en minutos	Infiltración acumulada	Infiltración instantánea	Velocidad de infiltración mm/h	t Acumulado en minutos	Infiltración acumulada	Infiltración instantánea	Velocidad de infiltración mm/h
t	i	I		t	i	I	
0				0			
1	3,06	1,13	678,36	1	2,40	0,34	204,06
2	3,95	0,73	438,31	2	2,65	0,19	112,56
4	5,10	0,47	283,21	4	2,92	0,10	62,09
6	5,93	0,37	219,35	6	3,09	0,07	43,84
10	7,16	0,26	158,99	10	3,33	0,05	28,28
20	9,26	0,17	102,73	20	3,67	0,03	15,60
30	10,76	0,13	79,57	30	3,89	0,02	11,01
60	13,90	0,09	51,41	60	4,29	0,01	6,08
90	16,15	0,07	39,82	90	4,54	0,01	4,29
120	17,96	0,06	33,22	120	4,73	0,01	3,35
180	20,87	0,04	25,73	180	5,01	0,00	2,37

Anexo 30. Gráficos de infiltración Acumulada (i), Instantánea (I) y velocidad de infiltración – Lotes 1 y 2 Altgracia.



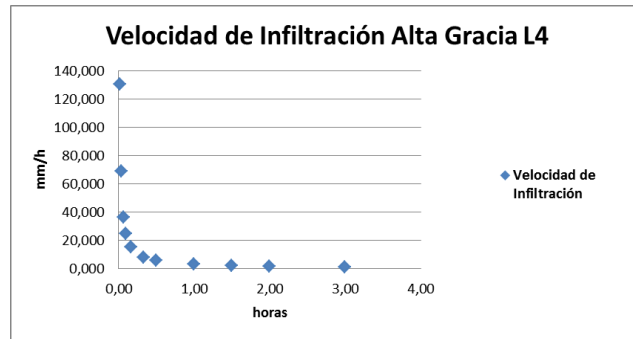
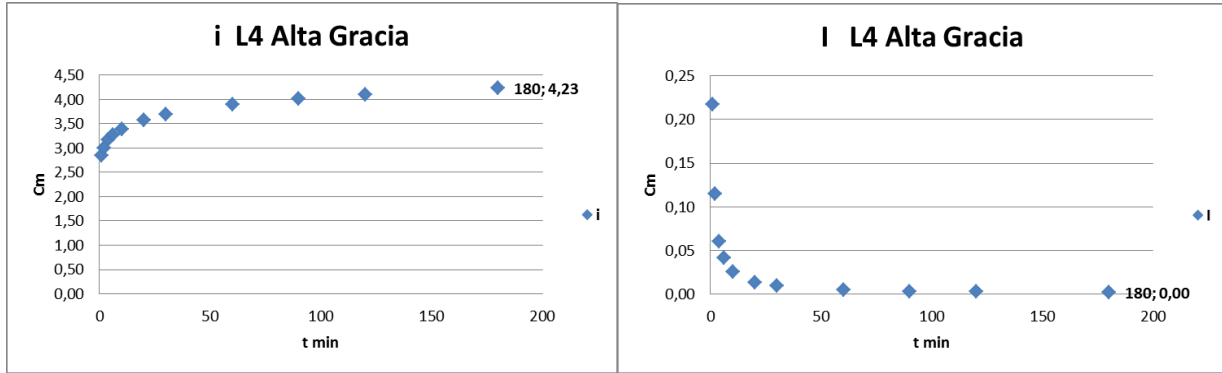
Anexo 31. Tabla de pruebas de Infiltración Lote 4 – Altagracia.

		C'	2,8436
		α	0,07653333
t Acumulado en minutos	Infiltración acumulada	Infiltración instantánea	Velocidad de infiltración mm/h
t	i	I	
0			
1	2,84	0,22	130,58
2	3,00	0,11	68,85
4	3,16	0,06	36,30
6	3,26	0,04	24,96
10	3,39	0,03	15,57
20	3,58	0,01	8,21
30	3,69	0,01	5,65
60	3,89	0,00	2,98
90	4,01	0,00	2,05
120	4,10	0,00	1,57
180	4,23	0,00	1,08

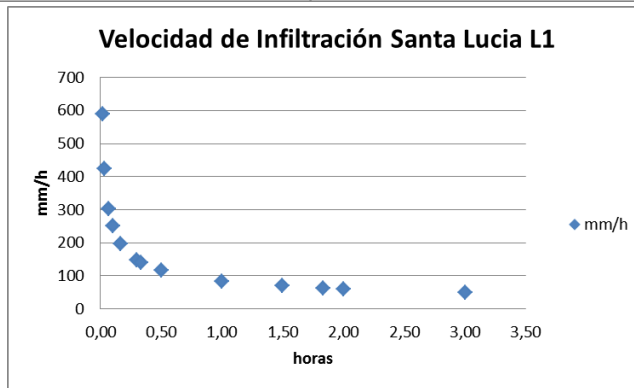
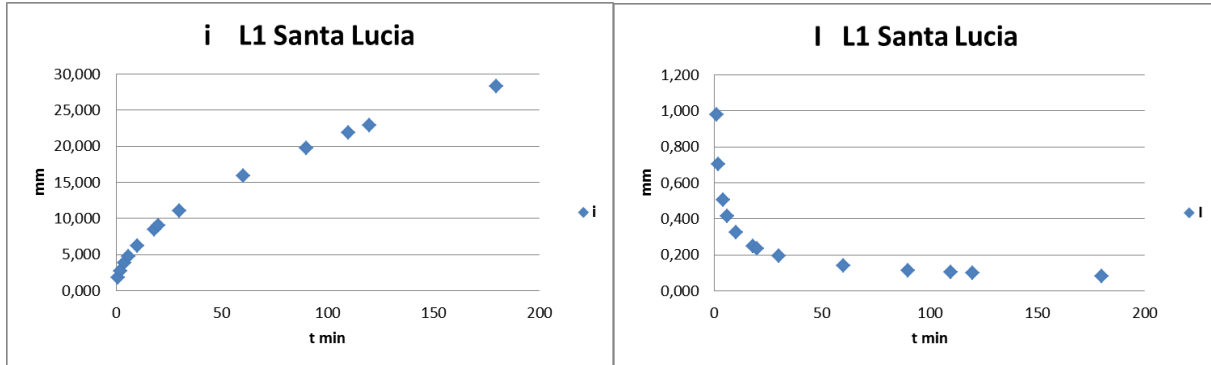
Anexo 32. Tabla de pruebas de Infiltración Lote 1 - Santa Lucia.

		C'	1,874865
		α	0,52305
t Acumulado en minutos	Infiltración acumulada	Infiltración instantánea	Velocidad de infiltración mm/h
t	i	I	
0			
1	1,875	0,981	588,388883
2	2,694	0,705	422,754464
4	3,871	0,506	303,746964
6	4,786	0,417	250,337102
10	6,252	0,327	196,206982
18	8,502	0,247	148,238918
20	8,984	0,235	140,973734
30	11,107	0,194	116,185378
60	15,960	0,139	83,478612
90	19,730	0,115	68,8000088
110	21,914	0,104	62,5204676
120	22,934	0,100	59,9789644
180	28,352	0,082	49,4324616

Anexo 33. Gráficos de infiltración Acumulada (i), Instantánea (I) y velocidad de infiltración – Lote 4 Altagracia.



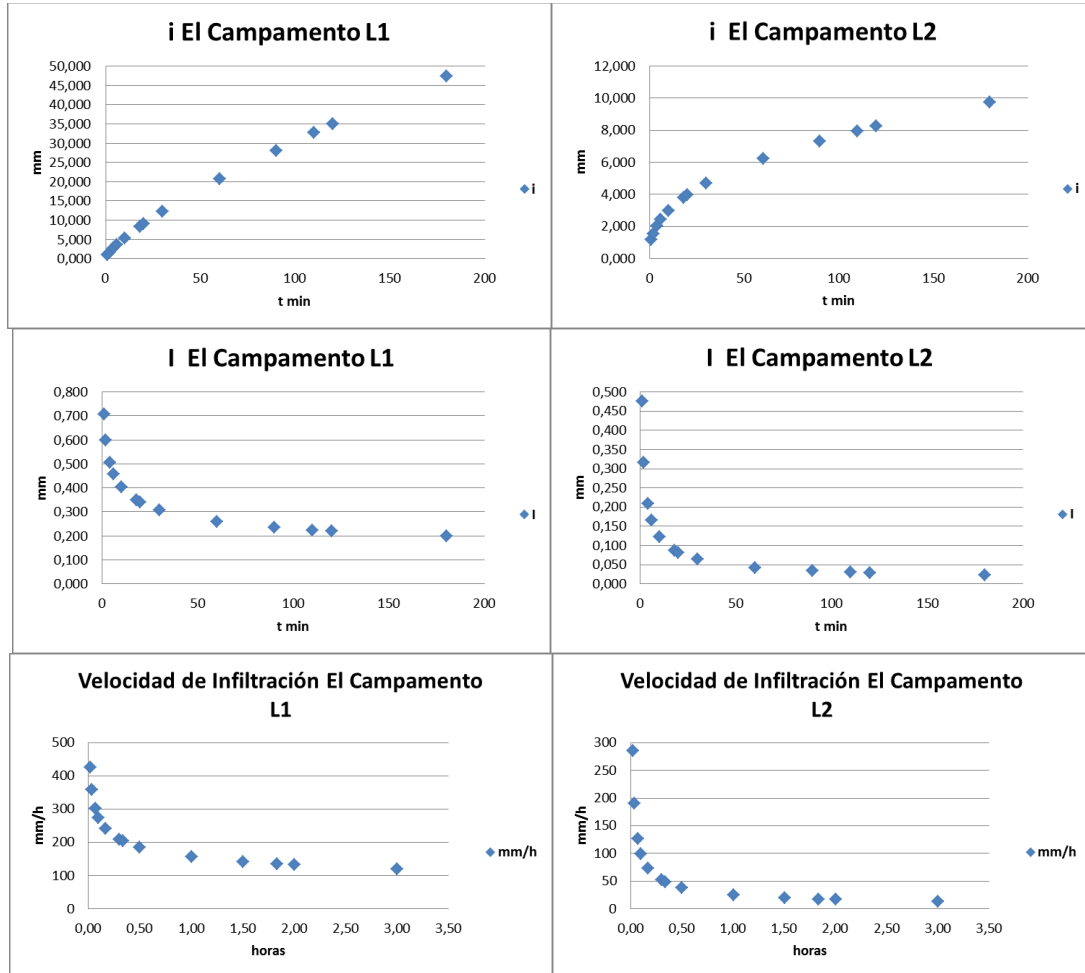
Anexo 34. Gráficos de infiltración Acumulada (i), Instantánea (I) y velocidad de infiltración – Lote 1, Santa Lucía.



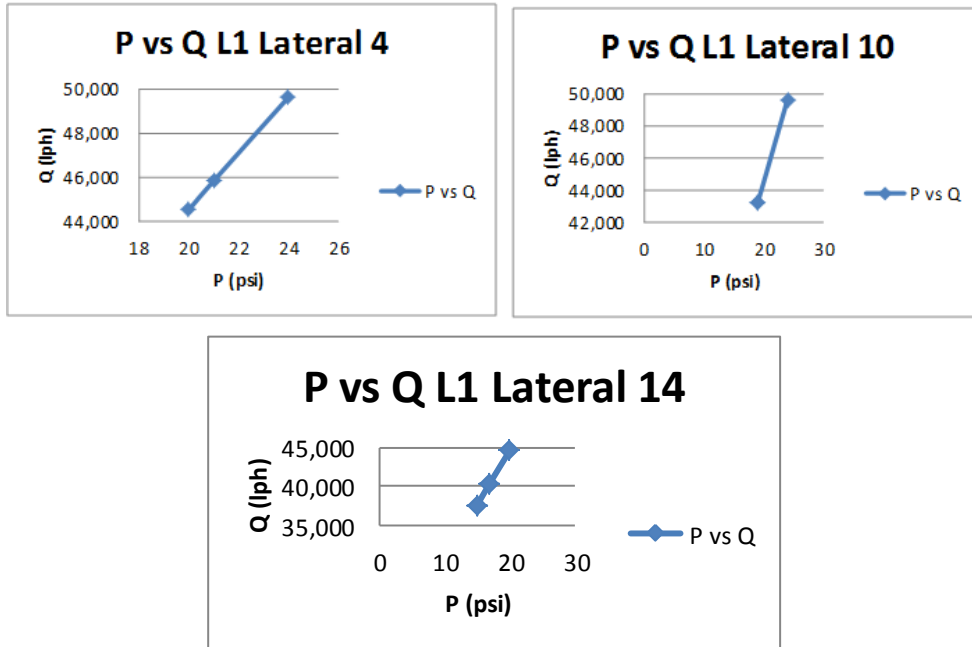
Anexo 35. Tabla de pruebas de Infiltración Lotes 1 y 2 – El Campamento.

				C'	0,93793333					C'	1,16503333
				α	0,75543333					α	0,40873333
t Acumulado en minutos	Infiltración acumulada	Infiltración instantánea	Velocidad de infiltración mm/h	t Acumulado en minutos	Infiltración acumulada	Infiltración instantánea	Velocidad de infiltración mm/h	t Acumulado en minutos	Infiltración acumulada	Infiltración instantánea	Velocidad de infiltración mm/h
t	i	I		t	i	I		t	i	I	
0				0				0			
1	0,938	0,709	425,127663	1	1,165	0,476	285,712775	1	1,165	0,476	285,712775
2	1,583	0,598	358,837203	2	1,547	0,316	189,644677	2	1,547	0,316	189,644677
4	2,673	0,505	302,883461	4	2,053	0,210	125,878528	4	2,053	0,210	125,878528
6	3,631	0,457	274,289705	6	2,423	0,165	99,0455032	6	2,423	0,165	99,0455032
10	5,341	0,403	242,076537	10	2,986	0,122	73,225609	10	2,986	0,122	73,225609
18	8,326	0,349	209,662883	18	3,797	0,086	51,728379	18	3,797	0,086	51,728379
20	9,016	0,341	204,32937	20	3,964	0,081	48,6042214	20	3,964	0,081	48,6042214
30	12,247	0,308	185,039627	30	4,678	0,064	38,243453	30	4,678	0,064	38,243453
60	20,675	0,260	156,186266	60	6,211	0,042	25,3844698	60	6,211	0,042	25,3844698
90	28,085	0,236	141,441479	90	7,330	0,033	19,9733634	90	7,330	0,033	19,9733634
110	32,682	0,224	134,667488	110	7,957	0,030	17,7387172	110	7,957	0,030	17,7387172
120	34,902	0,220	131,83203	120	8,245	0,028	16,8491926	120	8,245	0,028	16,8491926
180	47,411	0,199	119,386408	180	9,731	0,022	13,2575173	180	9,731	0,022	13,2575173

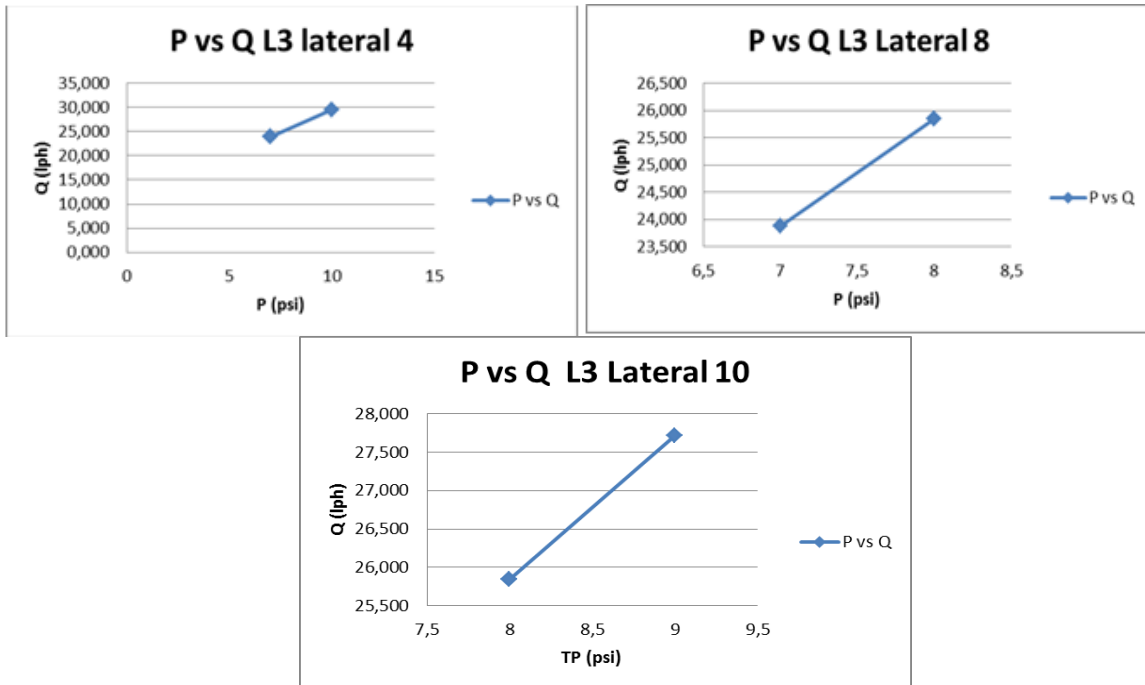
Anexo 36. Gráficos de infiltración Acumulada (i), Instantánea (I) y velocidad de infiltración – Lote 1 y 2, El Campamento.



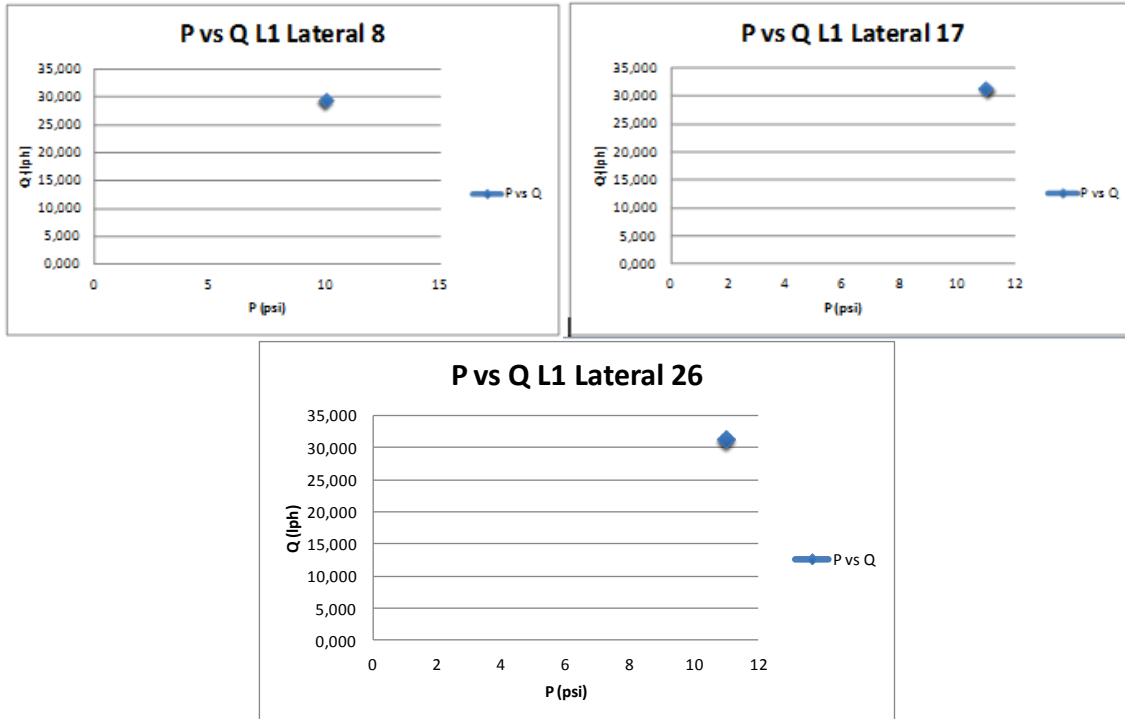
Anexo 37. Relación Presión Vs Caudal – Lote 1, Santa Lucía.



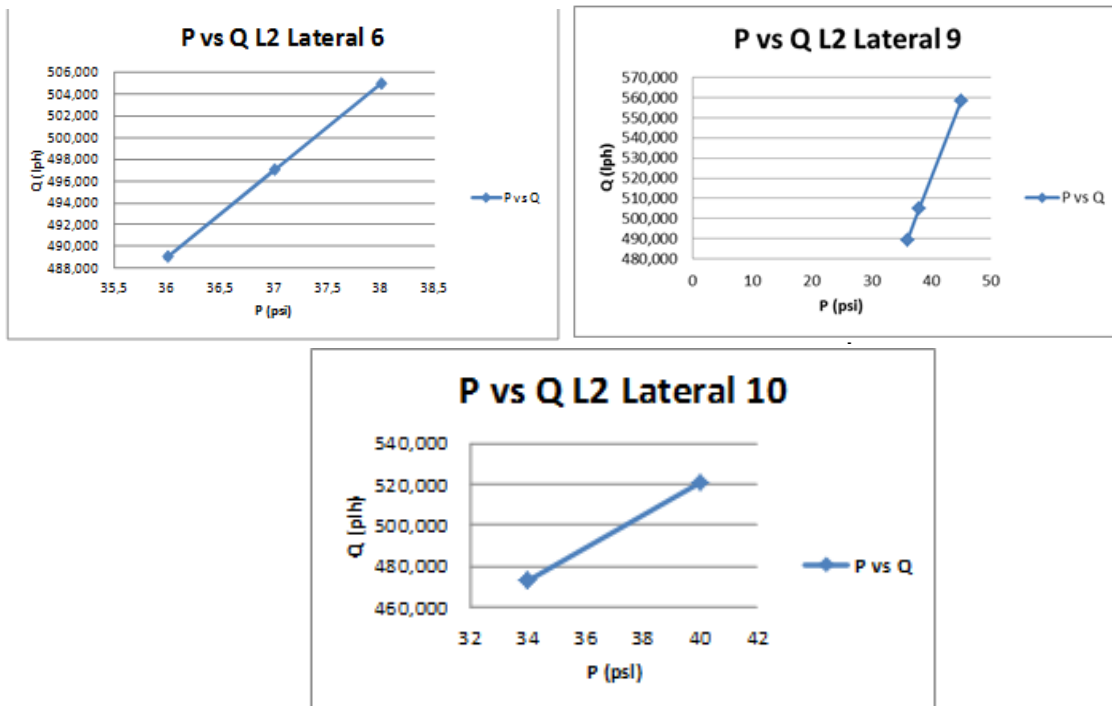
Anexo 38. Relación Presión Vs Caudal – Lote 3, Santa Lucía.



Anexo 39. Relación Presión Vs Caudal – Lote 1, El Campamento.



Anexo 40. Relación Presión Vs Caudal – Lote 2, El Campamento.



BIBLIOGRAFÍA

1. ALTIERI, M.A. (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93, 1– 24.
2. ALTIERI, MA. (1992). El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas. *Agroecología y Desarrollo*. Consultado en Mayo de 2013.
3. AMANCO. (2010). *Línea de Micro Aspersión Uso Agrícola. Catalogo División Agrícola*. Obtenido de www.amanco.br.
4. ANTELCO. (2014). Antelco Irrigation Equipement Metric Catalogue.
5. BANCO MUNDIAL. (2012). The World Bank. Water. Consultado en Junio de 2013, documento extraído de <http://water.worldbank.org/topics/water-resources-management>.
6. BOTELLA, O. & CAMPOS, Y. (1993). El agua en la planta. En: *Agronomía del riego*. Ed. Mundiprensa. Madrid, Espana. Consultado en Octubre de 2013.
7. BUSTAMANTE R. & GREZ A. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos Ciencia. Consultado en Junio de 2013, Nombre del capítulo: Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia.
8. CISNEROS, A. (2005). *Universidad Autónoma de San Luís Potosi*. Obtenido de Riego y Drenaje: <http://ingenieria.uaslp.mx/web2010/Estudiantes/apuntes/Apuntes%20de%20Riego%20y%20Drenaje%20v.2.pdf>
9. CONPES. (2005). Consultado en Mayo de 2013, documento obtenido de <http://www.slideshare.net/Alvaropuentesm/conpes-3357-jun2005>
10. CONVENIO FONADE - IICA. (2010). Diseño e implementación de la fase demostrativa del plan agroproductivo del Distrito de Riego del Triángulo Tolima. Tolima.
11. DANE. (2013). El Arroz: Producción en Colombia.
12. FAO. (2014). *Agua en Colombia*.
13. FAO. (2008). El estado de la agricultura y la alimentación, Biocombustibles. Roma. Consultado en Julio de 2013,
14. FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Editorial: Roma. Consultado en Julio de 2013, Bol. No. 56.
15. FAO. (1996). Depósito de documento de la FAO. Consultado en Agosto de 2013, documento obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s11.htm>
16. FAO. (1977). Las necesidades de agua de los cultivos. Consultado Agosto de 2013. Editorial: Roma, Bol. No. 24,
17. FARES, A. & ALVA, A.K. (2000). Soil water components based on capacitance probes in sandy soil. *Soil Science Society American Journal* 64: 311-318.
18. FERNÁNDEZ, C. & MUSCHLER, R. (1999) Aspectos de sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. Consultado en Julio de 2013, documento extraído de: *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. B, Bertrand (ed). IICA-PROMECAFE-CIRAD, San José, Costa Rica.
19. FLORES, L., & ALCALÁ, J. (2010). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 18 de Mayo de 2014, de Manual de Procedimientos Analíticos: <http://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf>
20. GAETE, L. (2001). *Manual de diseños de sistemas de riego tecnificado*. Chile.: Universidad de Talca.
21. GEILFUS, F. 1997. *80 Herramientas para el desarrollo rural participativo*. México: IICA, SAGAR.
22. GUZMÁN, S. (2010). Evaluación de la productividad del agua en el cultivo del banano (*Musa AAA Simmonds*) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo (Kc). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
23. HOWELL, T. (2001). Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*. Consultado en Junio de 2013.
24. IDEAM. (Mayo de 2010). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=751INCODER>. (2011). Proyecto Distrito de Riego Triangulo del Tolima. Consultado en Junio de 2013, Documento obtenido de http://www.incoder.gov.co/documentos/Proyecto_Triangulo_del_Tolima.pdf.
25. INCODER. (2009). Estudios socioeconómicos, jurídicos y tenencias de tierra del Sur del Tolima. Obtenido de http://www.incoder.gov.co/documentos/Normatividad/Acuerdos%202010/acuerdo_2010_211.pdf

26. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. (1986). *Manual de Riego y Drenaje*. Bogotá, Colombia: Talleres de Impresión del ICA.
27. INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA. (2010). IICA- Colombia. Consultado en Junio de 2013, Documento obtenido de <http://www.iica.int/Esp/regiones/andina/colombia/Paginas/drrt.aspx>. Consultado en Junio de 2013.
28. ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. (1965). Principios y aplicaciones de riego. México, Editorial Reverte.
29. KELLER, J. (1990). Manual de Diseño de Sistemas de Riego por Aspersión y Goteo. U.S.A.
30. KUMAR, K. Y GOH, K. M. (2000). Crop residues and management practices: Effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. *Adv. Agron.*
31. LEITÓN, J. (1985). Riego y drenaje. Universidad estatal a Distancia. San José, Costa Rica. Consultado en Junio de 2013.
32. LEÓN, T. (2009). *Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción*. Colombia.
33. MADEREY, L. (2005). Principios de Hidrogeografía. Estudio del ciclo Hidrológico. México.
34. MALAGÓN, D. C. (1974). *Propiedades Físicas de los Suelos*. (IGAC., Ed.) Bogotá, Colombia: Insrituto Geografico Agustin Codazzi.
35. MOLANO C., M. &. (1987). La infiltración en Función del Contenido de Humedad. *Revista ICA* , 22, 114-119.
36. MOLANO, C. M. (1986). *Influencia de la Humedad Inicial del Suelo sobre la Infiltración*. Tesis Ms.C, Universidad Nacional de Colombia, Instituto Colombiano Aropecuario, Bogota
37. MONTERO, R. A. (2005). Los pueblos indígenas de Colombia y su inmersión en el proceso censal. *Revista virtual ib*. Consultado en Agosto de 2013.
38. MORATTO C, MARTÍNEZ L, VALENCIA H. & SÁNCHEZ J. (2005). Efecto del uso del suelo sobre hongos solubilizadores de fosfato y bacterias diazotróficas en el páramo de Guerrero (Cundinamarca). Universidad Nacional de Colombia. *Revista agronomía colombiana*, versión 23 No. 2, Bogotá. Consultado en Junio de 2013.
39. MOREIRA, S. (2012). Manejo sostenible del agua y su utilización en diferentes sistemas de riego. Uruguay.
40. OLSEN, E. O. (1980). Irrigation System Design Sprinkle Irrigation. SCS National Engineering Handbook Section 15. International Course on Design and Evaluation of On-Farm Irrigation Systems. Department of Agricultural and Irrigation Engineering. Utah State University, Logan, Utah USA. 2nd. Edition Extensively Revised by Jack Keller.
41. OROZCO, A. (2010). USO EFICIENTE DEL AGUA DE RIEGO MEDIANTE SONDAS DE CAPACITANCIA. México.
42. PELÁEZ, C. (1997). Riego Subfoliar en Palma Africana. Obtenido de <ftp://ftp.dynamax.com/References/69%20Riego%20Subfoliar%20en%20Siembra%20de%20Palma.pdf>
43. PHILIP, J.R. (1957). The theory on infiltration. I. The infiltration equation and its solution, *Soil Science*.
44. Proyecto KASWARM. (2009). Manejo sostenible del agua para riego en Sudamérica.
45. RAIGOSA, J. (2010). Pérdida de la biodiversidad cultural. El colombiano. Consultado en Mayo de 2013, Documento obtenido de http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/P/perdida_de_la_diversidad_cultural/perdida_de_la_diversidad_cultural.asp.
46. RAIN BIRD. (2013). Catálogo de productos para el Consumidor.
47. RAMÍREZ, N. (2012). Reconstrucción de una cultura indígena tolimense. El nuevo día. Consultado en Febrero de 2013, Documento obtenido de <http://www.natagaima-tolima.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mLxx-1-&m=f>.
48. ROJAS, A. (2007). Ventajas y limitaciones para el uso del maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*) en la ganadería tropical. Obtenido de http://www.avpa.ula.ve/eventos/xi_seminario/Conferencias/Articulo-9.pdf
49. RIVAS, R. E. (2004). Propuesta de un modelo operativo para la estimación de la evapotranspiración. Valencia, España. Consultado en Mayo de 2013.
50. SALAZAR, M., MOSQUERA, M., & ARARAT, J. (2004). Evaluación de abonos verdes en el cultivo de yuca *Manihot sculenta* Krantz en un inceptisol de la zona de ladera del departamento del Cauca, Colombia. Cauca, Colombia.
51. SCS NATIONAL ENGENIERING HANDBOOK. (1980). Sprinkle Irrigation; Trickle Irrigation (2 ed., Vol. 15). Agricultural and Irrigation Engineering. Consultado en Agosto de 2013.
52. SENNINGER IRRIGATION INC. (2013), Catalogo de Productos para Riego de Cobertura Total.
53. SMAJSTRLA, A. G., BOMAN, B., HAMAN, D., IZUNO, F., PITTS, D., & ZAZUETA, F. (1997). *Basic Irrigation Scheduling in Florida*. *Agricultural Engineering Department*. Universidad de Florida: Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences.
54. SOTO, H. J. (2002). *Manual para el diseño y gestión de pequeños sistema de riego por aspersión en laderas*. Obtenido de http://www.asocam.org/biblioteca/P0167_1.pdf

55. TAYLOR, S. A. (1964). Linear equations for the simultaneous flow of mater and energy in a continuous soils syistem. *Soils Science Socyety of America Proceedings* , 28 (1), 1967-1972.
56. TAYLOR, S.A. & ASHCROFT, G.M. (1972). *Physical Edaphology*. Freeman and Co., San Francisco, California.
57. TORO, I., & PARRA, R. (2006). *Método y conocimiento: Metodología de la Investigación*. Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EART.
58. VYR S.A. (2010). *Catálogo de los sistemas de riego por aspersión*.