

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA HÍDRICA EN LAS HACIENDAS
CAÑERAS SINCERIN Y CASA DE TEJA (VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA)
COMO ESTRATEGIA ADAPTATIVA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.**

JOHN SANDRO PEREZ FRANCO

COD. 14894924

INGENIEROS

EFIGENIO HERNANDEZ

JUAN PABLO RAIGOSA

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y
DEL MEDIO AMBIENTE PROGRAMA ACADÉMICO AGRONOMIA
CEAD PALMIRA**

2012

Evaluación hídrica en las haciendas cañeras Sincerin y casa de teja (valle del Cauca, Colombia) como estrategia adaptativa ante el cambio climático.

John Sandro Pérez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Facultad de Agronomía, Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Correo: johnsaperez@yahoo.es.

RESUMEN

Para mejorar la eficiencia en el riego de las haciendas cañeras Sincerin (105 ha) y Casa de Teja (74 ha), del Ingenio Mayagüez (Valle del Cauca, Colombia), se realizaron evaluaciones en el sitio, Agricultura Específica por Sitio (AEPS) ante los cambios de clima enmarcados con el tipo de textura presente en cada tipo de suelo estudiado. Y las inversiones en construcción de obras hidráulicas, como canales principales de conducción del agua (revestimiento e instalación de rejillas); se reconstruyó mediante cartografía, el mapa de riego de las haciendas Sincerin y Casa-Teja; se practicó en campo con el equipo de regadores los indicadores de gestión de riego (tipo y humedad del suelo, densidad aparente, capacidad de campo, lámina de agua aprovechada - LAA, lámina de agua rápidamente aprovechable - LARA, Punto de marchitez permanente – PMP); se capacitó a los regadores con la nueva tecnología de riego por ventanas (Caudal por ventana, ventanas por set, Caudal por surco, velocidad de avance, tiempo de salida del agua y longitud del surco); se evaluaron los volúmenes de agua relacionados con la pérdida por escorrentía y se realizaron comparaciones con los consumos de agua y rendimientos históricos de las haciendas. Durante los meses de junio a octubre del 2011 se observó que los regadores comenzaron a tener más conciencia sobre el uso eficiente del agua (calibración del set de riego, reducción de pérdidas de agua por rebosamiento a final del surco, aplicación de criterios para asignación de caudal según textura y preparación del terreno y mayor compromiso para la ayuda mutua entre regadores), se pasó de un porcentaje de desperdicio de 35% a 10% al tiempo que se mejoraron los rendimientos en el TCH y las láminas aplicadas se redujeron en 30%. El desafío que continua es sostener estos cambios en el comportamiento de ahorro de agua y seguir explorando herramientas que puedan ser comprendidas y empleadas por los regadores, de tal forma que permita maximizar el recurso y minimizar costos, y le permita al ingenio Mayagüez competir a nivel internacional en productividad y comprometida con el buen uso agrícola del agua.

ABSTRACT

To improve the irrigation efficiency of the sugar plantations Sincerin (105 ha) and Casa de Tea (74 ha), the Ingenious Mayaguez (Valle del Cauca, Colombia), evaluations on the site, site-specific agriculture (AEPS) to changes in climate framed by the type of texture present in each soil type studied. And investments in construction of water, that the irrigators began to have more awareness of water efficiency (calibration set irrigation, reducing water losses by overflow at the end of the furrow application of criteria for allocation texture and flow as site preparation and greater commitment to mutual aid between irrigators), spent a percentage of waste from 35% to 10% while such as driving main channels of water (surface and installation of grids) was reconstructed by mapping, map of irrigation farms Sincerin and House-Tea, was performed in the field with the team indicators sprinkler irrigation management (type and soil moisture, bulk density, field capacity, water depth exploited - LAA, usable water quickly sheet - LARA, wilting point - PMP) were trained with sprinklers the new windows irrigation technology (flow per window, windows set, furrow flow, speed, time out of the water and length of the furrow), we evaluated the volumes of water associated with the loss by runoff and carried comparisons with the consumption of water and past performance of the estates. During the months of June to October 2011 showed improved yields in the TCH and the blades applied decreased by 30%. The continuing challenge is to sustain these changes in the behavior of saving water and continue to explore tools that can be understood and used by irrigators, so to maximize the resources and minimize costs, and enables him to compete with Mayaguez international productivity and committed to good agricultural water use.

DEDICO

Al DIOS Supremo creador del universo, por ayudarme a cumplir mis metas y logros a pesar de las dificultades y obstáculos que se presentaron durante toda la carrera y así poder obtener el título como Agrónomo.

A MIS PADRES Huberto Pérez Orozco que descansa en la paz del señor hace 20 años y a mi madre Alicia Mery Franco que semestre a semestre me manda a celebrar una misa al espíritu santo por conseguir un logro más y a mis hermanos Gloria Inés y Huberto Por su apoyo incondicional durante toda mi vida.

A MI ESPOSA Nohelia Alarcón Triviño y a mi HIJA Valentina Pérez Alarcón por su abnegación y tolerancia sin pedir nada a cambio en el lapso de mi carrera profesional.

A toda la gente que me apoyó directa e indirectamente a obtener este logro en esta etapa de mi vida y formación académica.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	9 – 10
1. Introducción.	11 – 13
Justificación.	14
El Problema	15
2. Marco Teórico	16
2.1. Antecedentes	16 - 20
2.2. Marco Conceptual.	21 - 24
2.3 Materiales y Métodos	24 - 25
3. Metodología.	26
Localización	26
FASE # 1 Estrategias para reducción de pérdidas en la conducción y distribución del agua entre abril y mayo pre al proyecto.	27 - 29
FASE # 2 Tecnologías actuales que median en el abastecimiento de agua en las haciendas cañeras Sincerin y Casa Teja.	30 – 34
FASE # 3 Cualificación del personal de riego.	34 – 35
FASE # 4 Caracterización del suelo según la clase textural.	35 - 38
Clasificando el territorio agrícola según la lámina de riego	
FASE # 5 Aplicación eficiente parámetros de control administrativo de Riego.	39 - 40
FASE # 6 El Balance Hídrico como herramienta en la Programación del Riego.	40 – 41

Limitaciones de basar el riego en el Balance Hídrico.	41
FASE # 7 Método determinar LARA en las hdas Sincerin y Casa-teja	42 - 43
Densidad aparente (Método Gravimétrico).	44
Capacidad de campo (humedad gravimétrica).	45 - 46
Método volumétrico (técnica de la reflectometría de dominio temporal (TDR)) con Sonda electromagnética.	47
Punto de marchitez permanente (Método Gravimétrico).	47 - 48
Lámina de Agua Rápidamente Aprovechable - LARA	
FASE # 8 Experiencia de reconocimiento de indicadores de gestión en las haciendas Villaceres, Llano Parraga, California y Colombiana	49
Primera evaluación.	49 - 51
Segunda evaluación.	52 - 54
4. Resultado y Discusiones	
FASE # 3. Cualificación de los Conocimientos técnicos y competencias en gestión eficiente del personal de riego.	55 - 56
Virtudes colectivas del personal de riego.	57
Pérdida de tiempo en el riego por falta de maquinaria agrícola.	58
Eficiencia de Aplicación en el riego.	59

FASE # 4 Caracterización del suelo según la clase textural y la Lámina de riego.	62
FASE # 5 Aplicación eficiente los parámetros de control administrativo de riego	64
FASE # 6 El Balance Hídrico como herramienta en la Programación del riego.	66
FASE # 7 determinación de LARA haciendas Sincerin y Casa-teja.	68
FASE # 8 Experiencia de reconocimiento de indicadores de gestión en las hdas Villaceres, Llano Parraga, California y Colombiana	73
5. Conclusiones.	75 - 76
6. Agradecimientos.	77
7. Bibliografía.	78
8. Anexos.	79
8.1. Abastecimiento de agua en las haciendas cañeras Sincerin Casa Teja.	79
8.2. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera casa-teja suertes 08, 09 y 09a (24.25ha) municipio de Candelaria, Calle del cauca, 2011.	80
8.3. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera casa-teja suertes 13 y 14 (13.49ha) municipio de Candelaria, Valle del cauca, 2011.	81
8.4. Algunas labores que inciden directamente con el riego.	82

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Parámetros de riego en control administrativo de riego.	28
Tabla 2. Formato reportado para control administrativo de riego sobre Lámina aplicada.	33
Tabla 3. Proceso de determinación de la densidad aparente.	44
Tabla 4. Proceso de determinación de la Capacidad de Campo.	45
Tabla 5. Datos obtenidos de la hacienda Sincerin en la suerte 02 de lote 2 de humedad volumétrica. En la consociación Palmirita.	47
Tabla 6. Formato control administrativo de riego diligenciado Wilmer Olave.	56
Tabla 7. Valoración del mayordomo sobre las virtudes del grupo de regadores.	57
Tabla 8. Reporte de pérdidas de HF en la instalación por falta de maquinaria.	58
Tabla 9. Diferenciación entre HF programadas y horas realmente trabajadas.	59
Tabla 10. Suertes regadas entre el periodo junio y octubre del 2011 y posiblemente en el primer Trimestre 2012.	60
Tabla 11. Eficiencia de aplicación.	61
Tabla 12. Distribución de textura del suelo por suerte en la hacienda Sincerin.	62
Tabla 13. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera Casa-Teja.	63
Tabla 14. Formato de control administrativo de riego sobre lámina aplicada.	64
Tabla 15. Indicadores de riego por ventana con los regadores.	65
Tabla 16. Valores de Densidad aparente, Capacidad de campo y Punto de marchitez permanente para estimar LAA y (LARA).	68

Tabla 17. Precipitación y evaporación diaria durante el periodo de diagnóstico.	69 - 70
Tabla 18. Supuesto Balance Hídrico Diario para la programación de riego.	71 - 72
Tabla 19. Comparativo anual de riego, producción y rendimiento en las Haciendas Sincerin y Casa Teja, Candelaria, Valle.	73
Tabla 20. Resultado de evaluaciones realizadas en otros frentes de riego.	74
Tabla 21. volumen de agua necesario para mantener el reservorio suficientemente para regar.	80
Tabla 22. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera Casa-Teja.	80
Tabla 23. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera Casa-Teja	81
Tabla 24. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera casa-teja	81
Tabla 25. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera casa-teja	81

FIGURAS.

Figura 1. Mapa de las haciendas cañeras Sincerin y CasaTeja.	26
Figuras 2 y 3. Arreglo de canales revestidos (antes y después).	27
Figuras 4, 5 Limpieza de la granada del rebombeo donde llega hojarasca y lodo.	27
Figuras 6 y 7. Instalación de rejillas y limpieza.	28
Figura 8, 9, 10, 11. Aprendizaje de regadores al aforar caudal en la suerte.	28
Figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 Obras de captación y distribución de caudal.	30
Figuras 19, 20, 21, 22. Tecnología de medidores magnéticos. (Medir caudal).	31
Figura 23. Fluctuación del caudal entre agosto y septiembre 2011	32
Figura 24. Toma de muestras del territorio agrícola según la lámina de riego	38

Figura 25. Longitud de los surcos hacienda Sincerin suerte 03.	40
Figuras 26 – 41. Método para hallar Densidad aparente (Gravimétrico).	
Figuras. 42 - 44. Las piscinas entre 2 – 3 días después al ver drenado se toman las muestras de C.C	42 - 44
Figura. 45 - 47 Método volumétrico Determina la humedad en el suelo.	45
Figura 48. Relación entre métodos gravimétrico y volumétrico de humedad	46
Figura 49 – 52. Toma de las muestras de Punto de Marchitez Permanente	47
Figuras.53 – 59.Primera evaluación de riego y longitud de los surcos	48
Figuras. 60 – 70. Segunda evaluación de riego y longitud de los surcos.	50 - 51
Figura. 71 – 73. Regadores recibiendo capacitación y material de apoyo	53 - 54
Figura. 74. Relación entre el mapa mental de regadores, el textural y el de riego año 2011 en la haciendas Sincerin y Casa Teja.	55
Figura 75. Hacienda casa teja distribución de las láminas de riego.	62
Figura 76. Localización de los pluviómetros área representativa	63
Figura. 77 Como se Obtuvieron las muestras para hallar la LARA en las haciendas cañeras Sincerin y Casa-teja.	66
Figura. 78 y 79 labores que inciden directamente con el riego.	67
	82 - 83

INTRODUCCIÓN

En las haciendas cañeras Sincerin y CasaTeja de propiedad del ingenio Mayagüez, se puso en operación en el año 2006 el sistema de riego por ventanas. Los argumentos que dominaron este cambio fueron la reducción de costos por bajo consumo de agua debido a que la temporada de verano fue menos intensa al año anterior, economizando más de un riego. Se evaluó el uso eficiente del recurso hídrico en las haciendas cañeras Sincerin y Casa de Teja (Valle del Cauca, Colombia) como estrategia adaptativa ante el cambio climático, lo que llevo a un mayor aumento en el rendimiento en caña (TCH).

Los cambios tecnológicos introducidos dentro del remplazo del sistema de riego convencional (canal abierto) fueron los nuevos equipos de medición de flujo (medidores magnéticos en los bombeos), equipos de rebombeos, mejoras en la estación de bombeo, elaboración del manual zonal de eficiencia de riego e iniciativas individuales del mayordomo para ajustarse a esta nueva condición que planteaba el ingenio.

Durante el periodo junio – octubre de 2011 se mapeo el uso agrícola del agua en temporada de riego en las haciendas cañeras Sincerin Casa Teja del ingenio Mayagüez, como resultado de la cualificación en el manejo eficaz del agua en la suerte por parte del personal de riego y aplicación eficiente empleando Agricultura Especifica Por Sitio (AEPS). Diferente a lo que habitualmente los regadores hacian mecánicamente con una fórmula matemática para calcular la cantidad de agua aplicada durante su rutina, desglosarla y relacionarla con indicadores de riego para construir un aprendizaje significativo sobre la experiencia de riego. Esto con el fin de hacer más visible y con sentido los valores sobre lámina de agua aplicada.

Al capacitar a los trabajadores en el tema de indicadores de gestión del agua para las haciendas cañeras Sincerin y Casa Teja, no obstante estos esfuerzos, se vislumbraron con la comprensión y alcance de estas tecnologías requerías por parte de los trabajadores que cotidianamente se relacionaban con la operación del sistema. Es decir, que a pesar del diligenciamiento de los formatos de control administrativo de riego, los trabajadores tenían dificultades para la comprensión de los indicadores que estaban exigiendo el nuevo sistema.

Para reconstruir la visión sistémica del uso del agua en las haciendas cañeras se ligó la suerte al río Fraile y al reservorio, enfatizando que la eficiencia del riego en la suerte dependía de una conducción eficiente del agua, por lo tanto las primeras intervenciones apuntaron identificar y resolver los puntos críticos de pérdida de agua en la conducción, mediante recuperación del revestimiento de los canales, instalación de rejillas de retención de material vegetal para evitar taponamiento y rebosamiento en el impulsor de las bombas, y calibración de caudales.

A la par de la ejecución de labores de capacitación se Examinaron y corrigieron los comportamientos que causan ineficiencia en el uso del agua en las haciendas Sincerin Casa Teja e identificaron situaciones críticas en pérdida de agua que exigían la auto-evaluación. Para reforzar este examen se realizaron comparaciones con los consumos de agua y rendimientos históricos de las haciendas, con el fin de relativizar el modelo mental de que “la caña con mucha agua tiene altos rendimientos”. Los desafíos venideros consistirán en sostener estos cambios en la gestión eficiente del agua y en la construcción de herramientas que relacionen el ahorro del agua agrícola con beneficios zonales o regionales en otros sectores: humano, recreativo, pecuario y por otras formas vivientes del agua.

Como el balance hídrico se constituye en una de las herramientas básicas para la gestión de riego, se examinó con el personal de riego la procedencia de estos valores. Para este propósito se actualizaron los indicadores de humedad del suelo (Densidad aparente, Capacidad de campo, punto de marchitez permanente, LAA y LARA), precipitación, evaporación y coeficiente de evapotranspiración. No obstante las limitaciones que presentan el balance hídrico formulado por el departamento de agronomía del ingenio, se trabajó con el personal de riego la importancia que tiene la observación directa de estos indicadores en las suertes con el fin de ajustar las desviaciones contenidas en el balance hídrico teórico.

Durante la experiencia de determinación de los indicadores de medición de humedad del suelo se privilegió el método gravimétrico por la relación sensorial directa y por la facilidad para entender los valores; sin embargo se utilizó el método volumétrico para establecer comparaciones y familiarizar a los trabajadores con herramientas electrónicas incorporadas periódicamente por el ingenio y que requieren la comprensión y utilización por usuarios expertos.

JUSTIFICACION

El sistema de riego tiene como propósito la entrega de agua a las haciendas Sincerin y Casa de Teja en el momento oportuno y la cantidad adecuada. Sin embargo, esto es posible solamente con la interacción de diferentes factores, técnicas y comportamientos humanos que enmarcan el manejo del sistema.

Uno de los retos actuales de los administradores (Mayordomos) de los sistemas de irrigación es mejorar la eficiencia en el manejo del agua, considerando la situación que nos plantea el cambio climático. Además de la opción tecnológica de mejoramiento o modernización de los sistemas de riego, la adaptabilidad del trabajo humano a las demandas de uso racional es una necesidad para lograr confiabilidad y la solución de problemas comunes existentes en cualquier sistema de riego.

Regular administrativamente el riego determinando los indicadores de trabajo (volumen de agua consumido, eficiencia de aplicación y el rendimiento de la labor en jornales/ha) permite lograr reducciones entre 30 y 40% en los volúmenes aplicados e incrementar los rendimientos de los regadores en un 30%.

PROBLEMA

En el proceso de evaluación de eficiencia hídrica en la caña de azúcar en el ingenio Mayagüez se lleva con base a una rutina diaria donde se siguen algunos parámetros que no son suficientes para evitar el desperdicio de agua, lo cual causa ineficiencia en la aplicación del caudal a la suerte alterando la lámina aplicada o produciendo déficit por el lavado que se produce en la suerte por el exceso de caudal y la rapidez en que sale al final el surco, por lo anterior se hace necesario realizar correcciones en el sistema y seguimiento de desempeño al personal de riego.

- En 2001 se sustituye el sistema de riego por canal abierto por la tecnología de riego por ventanas.
- Se aspiraba que el cambio tecnológico volvía más eficiente el uso del agua (Cenicaña afirmaba que el ahorro alcanzaba 400 – 500 m³/ha.
- Se pasó de la abundancia a los de escasos de agua en temporada de verano.
- El Cambio climático plantea desafíos a las organizaciones.

MARCO TEORICO

ANTECEDENTES

A partir del año 1990 el Ingenio Central Castilla y Cenicaña iniciaron la evaluación de politubulares como reemplazo de las acequias de riego; los resultados indicaron ahorros de agua hasta de 400 m³/ha por cada riego. Posteriormente el Ingenio Manuelita al mismo al mismo sistema efectuó otra evaluación y obtuvo ahorros de 600 m³/ha por cada riego y aumentos en el rendimiento de los regadores del 47%. En 1994 se inició la evaluación de la tubería de PVC con compuertas con resultados positivos, de modo que el rendimiento en la jornada (12 horas) de un regador puede pasar de 2 ha/día a 5 ha/día y el ahorro de agua supera los 600 m³/ha.

Cambios tecnológicos en los sistemas de riego de Sincerin y Casa-Teja

En el caso de las haciendas Sincerin y Casa-teja la introducción del reservorio fue una innovación reciente (1998), se regaba con el canal revestido de 800m que venía de la suerte 04 y llegaba hasta la 03, se instalaba 1 rebombeo en Sincerin para las suertes 03,04 y 05 y 2 rebombeos para la hacienda California que reforzaban parte de Sincerin y las suerte 01, 01A y 02.

En Casa teja solo existía la suerte 08 y 09, las cuales se regaban con 2 bombas de manivela Lister instaladas en la orilla del rio Fraile .En el 2000 se pasó al sistema de riego por ventanas en Casa teja y en 2005 en Sincerin y en los nuevos terrenos adquiridos por el ingenio y anexados a Casa-teja.

El encargado de la labor de riego era el “Cabo”, las funciones de este oficio consistían en verificar, supervisar y controlar el riego, además debía participar en la programación con previa verificación en campo de las condiciones de

humedad del suelo. Para este oficio no se exigía formación educativa formal, sino experiencia en el cultivo y participación en muchas de las labores. La dirección de las labores eran emitidas por el supervisor o el mismo ingeniero jefe de zona.

A pesar que el cabo no tenía estudio (técnico) él debía llevar registros sobre el aforo en la fuente es decir conocer la cantidad de agua que salía, aforar en la conducción y estimaban a ojo la cantidad de caudal que se aplicaba en la suerte. La canaleta, como herramienta de medición de caudales, era muy poco utilizada, aunque ya hacía parte de las herramientas con que se contaba.

Como el cabo debía registrar información sobre el riego y labores de campo, y presentaba dificultades para transcribir por escrito en los formatos, se apoyaba en un trabajador de confianza para este ejercicio de escritura e igualmente le colaboraba en la supervisión cuando se encontraba ausente.

Otros oficios de ese tiempo y de la actualidad lo conforman el motobombero, encargado de la operación del equipo de bombeo; el regador, colaborador de campo que se encargaba de la aplicación del agua en las suertes y el fontanero, encargado de la revisión del caudal, de retirar materiales que obstaculizan el flujo del agua y calibración del caudal en las compuertas de los diferentes frentes de riego.

De acuerdo al programa de riego establecido por el ingeniero y a la solicitud de maquinaria por parte del cabo de la hacienda se programaba la zanjada de canales, antes no se tenía en cuenta el balance hídrico y por lo regular en la programación del riego la última palabra la tenía el ingeniero, los cabos en esa época solo tomaban pequeñas decisiones como asignación del personal dentro de la labor y asignación de aguas en los surcos, entre otras.

Antes de iniciar el riego las informaciones a tener en cuenta eran: disponibilidad de agua, disponibilidad de personal, tipo de fuente a utilizar (entre

pozos profundos o aguas vivas por bombeo), opción energética (diesel o eléctrico) y tractores para movilizar los equipos.

Se instituía que el riego debía tener una lámina entre 100 y 300 mm, si la lámina sobrepasaba este rango se asumía que la suerte presentaba problemas de nivelación o variaciones de texturas (pesada) donde el agua no rendía, por lo tanto se procedía a regar por aspersion, siempre y cuando el diseño del terreno lo permitiera.

En ese tiempo la directriz para la frecuencia de riego debía estar entre 20 -25 días pero los cabos tenían que manejar áreas hasta de 600 ha, generando demoras en recorrer todas las suertes bajo riego, esto causaba que por lo regular se extendiera a periodos entre 35-45 días.

Durante la aplicación del riego se debía controlar y registrar en formatos diarios los parámetros de caudal aplicado, área regada, lamina aplicada/ha, horas hombre trabajadas/ha y horas fuente/ha.

La prioridad para riego debía tener en cuenta edad de la caña (plantillas en germinación, resiembras, plantillas y socas en abonamiento, socas de 3-10 meses, plantillas de 3-10 meses, socas de 0-3 meses y plantillas de 2 – 3 meses), tipo de suelo (Textura y suelos con tendencia a la salinidad), Variedad (prioritaria la MZC 74275 por lo exigente en agua y susceptibilidad a roya café *Puccinia melanocephala* H.), precipitación (Dependiendo de la intensidad y frecuencia), fecha del último riego (espaciamiento), disponibilidad de agua y aspecto visual del cultivo (Color de la caña, enroscamiento y síntomas de quemazón).

Luego de hacer los canales con el zanjador se procedía a trinchar con materiales como estacas de guadua, plásticos, basura de caña, tierra y carpa-lonas con el fin de represar el agua y encausarla por los surcos.

A cada regador se le asignaba un caudal que oscilaba entre 50 – 80 litros por segundo equivalente a unos 800 y 1300 galones/ minuto). En la medida en que el tramo trinchado en la acequia regadora alcanzaba el nivel de capacidad de volumen de agua se debían abrir las siguientes bocas para darle paso al caudal. Al final del surco se debía cortar la entrada del agua antes que sobresaliera de la acequia recibidora para evitar desperdicios, el regador le correspondía distribuir el caudal en los siguientes 2 o 3 trinchos o lotes continuos. Al momento del riego se repartía el caudal en un mayor o menor número de surcos de acuerdo a su velocidad de avance.

El tránsito a sistema de riego por ventana en Sincerin y Casa de Teja

El cambio a sistema riego por ventanas requirió actividades de capacitación de los trabajadores en aspectos de riego, instalación y movimiento de tubería de (P.V.C de 10” por 9 m), manejo de accesorios, calibración de válvulas y posición corporal del trabajador para el alce y colocación sobre el suelo de la tubería. Aunque el sistema convencional utilizaba medidores de flujo en los pozos, bombeos y rebombeos, y tenían la función de informar sobre los caudales que tomaban en la fuente, el sistema de ventanas incorporó medidores móviles que permiten lectura más precisa sobre el caudal que llega a la suerte y así estimar la velocidad de avance del agua en el surco con el aforador de canaleta RBC.

El grupo de trabajadores encargado del riego tiene formación secundaria, con competencias en manejo de unidades de tiempo y distancia y parámetros como los de caudal (lps); el sistema actual de rotación de los oficios les permite a los trabajadores conocer y familiarizarse con todo el sistema de gestión y uso del agua. El antiguo oficio de fontanero intenta resurgir ante las múltiples actividades de los regadores (alce y movimiento de tubería y la tensión de evitar desperdicios de agua); en el esfuerzo por el manejo eficiente del agua cada vez

se vuelve importante la atención permanente para retirar obstáculos o basuras en los canales de conducción que ocasionan taponamiento y riesgos para los motores de rebombes, como también obstáculos en el set de riego que causan aumentos en la lámina y que alteran la velocidad de avance en el surco.

El riego es la labor más costosa dentro del manejo del cultivo de la caña de azúcar, de acuerdo al manejo eficiente puede estar por encima del 35 - 40%; la eficiencia de aplicación, de la labor y una correcta programación del riego en cuanto a cantidad y frecuencia se reflejan directamente en los costos y en los resultados de producción (incremento de toneladas de caña por hectárea - TCH).

Uno de los retos actuales de los administradores (Mayordomos) de los sistemas de irrigación es mejorar la eficiencia en el manejo del agua, considerando la situación que nos plantea el cambio climático. Además de la opción tecnológica de mejoramiento o modernización de los sistemas de riego, la adaptabilidad del trabajo humano a las demandas de uso racional es una necesidad para lograr confiabilidad y la solución de problemas comunes existentes en cualquier sistema de riego.

La regulación administrativa del riego mediante los indicadores de trabajo (volumen de agua consumido, eficiencia de aplicación y el rendimiento de la labor en jornales/ha) se propone lograr reducciones entre 30 y 40% en los volúmenes aplicados e incrementar los rendimientos de los regadores en un 30%. Para este propósito se formuló un manual de riego en 1997, destacando las funciones del cabo (antiguo mayordomo) y de los regadores; sin embargo no fue suficiente para mejorar nuevos comportamientos sobre el uso racional del agua (Mayagüez, 1998) Ante esta situación resultaba pertinente articular esta iniciativa reglamentaria con acompañamientos cotidianos que permitieran identificar y corregir las resistencias para relacionarse con nuevas maneras de

usar el agua en momentos en los que este recurso necesita manejarse con mesura y actitud ahorrativa.

MARCO CONCEPTUAL

Balance Hídrico:

El BH es la valoración del agua del suelo a través del año, se estima por los aportes, pérdidas y retenciones. El agua retenida es la diferencia entre el agua recibida por precipitación (mm) y el agua perdida por evapotranspiración (mm) y escorrentía (Dorronsoso 2005).

La Densidad Aparente:

La Densidad Aparente se define como la masa por unidad de volumen. Viene dada por la relación entre la masa de suelo seco y el correspondiente volumen total del suelo, se expresa en Mgm^3 , permite inferir las dificultades para la emergencia de las plantas, el enraizamiento y la circulación del agua y el aire. Generalmente varía entre 1.9 Mgm^3 y 1.1 Mgm^3

Capacidad de Campo (CC):

La cantidad de agua que puede retener un suelo después que el agua gravitacional ha sido drenada, bajo una succión de $1/3$ de bar. Los factores que influyen en la capacidad de campo son la textura, la estructura, el contenido de materia orgánica y la profundidad del suelo respecto a la napa freática (Donoso, 1992).

Punto de marchitez permanente (P.M.P.).

Es el porcentaje de humedad retenida a una tensión aproximada de 15 atm en la cual las plantas no pueden reponer el agua suficiente para recobrar su

turgencia y la planta se marchita permanentemente. También el P.M.P. depende de la especie vegetal, de la cantidad de agua utilizada por los cultivos, profundidad de raíces, de la capacidad de retención del suelo, etc. En términos de tipo de agua el P.M.P. representa al agua no disponible, es decir, agua que se encuentra fuertemente retenida por diferentes fuerzas y que a las plantas se les dificulta su aprovechamiento.

Láminas de Riego:

El riego tiene por objeto almacenar agua en el suelo, en la zona radicular de los cultivos, para el aprovechamiento por éstos, se considera un riego eficiente, cuando se aplica la mínima cantidad de agua necesaria para que la humedad del suelo en la zona radicular, llegue a la capacidad de campo. En todos los sistemas de riego, teniendo cuidado en el manejo del agua, siempre se pierde una cantidad de ésta. Las pérdidas se producen por penetración del agua a profundidades mayores que las del sistema radicular, salvo en casos de riego deficientes, y en algunos sistemas también por escurrimiento.

Eficiencia de Conducción:

Corresponde a la eficiencia dada entre el agua captada por el canal y el agua que llega a la suerte. Durante ese proceso se dan pérdidas por evaporación de la superficie y por infiltración a través de las paredes del canal.

Eficiencia de Aplicación:

Esta dada por la relación existente entre el agua almacenada en la zona radicular del cultivo y el agua recibida por la suerte, esta depende de muchos factores, como la habilidad del regador, el método de riego que se utiliza, el

grado de nivelación del terreno, la planeación de la hacienda basada en las condiciones físicas y topográficas del suelo, manejo y control del agua, cantidades de agua disponible, propiedades físicas del suelo y grado de pendiente.

Tipo de suelo:

Es importante porque condiciona el caudal aplicado a cada surco. Se determina en campo ejemplo: suelos livianos A, AF, FA de textura media F, FL L y los suelos pesados FArA, FArL, ArA, Ar.

Velocidad de infiltración:

Se define la velocidad de infiltración como la velocidad de penetración vertical de agua en el perfil del suelo. Según Tondreau y Tosso (1975) los factores más importantes que influyen la velocidad de infiltración son el sellamiento superficial, compactación del suelo, partículas o grietas en suelo, preparación del suelo, materia orgánica y rotación de cultivos, sales del suelo, sedimentos en el agua de riego y perfil del suelo.

Lámina de agua aprovechable (LAA)

El suelo puede considerarse como un reservorio de agua, pero no todo el recurso hídrico está disponible para la planta sino sólo el que es retenido por el suelo en el rango entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). CC y PMP son considerados como constantes de humedad en el suelo cuyo valor puede determinarse por métodos de campo y laboratorio. Los valores de estas constantes varían para los diferentes tipos de suelos y en cada suelo para los diferentes horizontes del perfil.

Lámina de Agua Rápidamente Aprovechada (LARA):

La LARA depende de las características de retención de agua del suelo y del factor de agotamiento permisible (AG) a partir del cual la planta no puede tomar suficiente humedad y su desarrollo empieza a ser afectado.

En el cultivo de la caña de azúcar generalmente se establece un valor del 40 al 60% como agotamiento permisible del agua aprovechable en el suelo antes de aplicar el riego. Esta agua es la que se conoce como lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) Cruz Ricardo (Cenicaña, 2010).

$$\text{LARA} = \text{AG} \times \text{LAA}$$

Donde AG es el agotamiento permisible (en %) del agua total aprovechable y LAA es la lámina de agua aprovechable (mm).

MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El presente trabajo se realizó en las Haciendas Sincerin y Casa Teja propiedad del Ingenio Mayagüez. Ubicado al sur occidente del país en el Municipio de Candelaria Valle del Cauca (Vía Cali – Florida). La investigación se llevó a cabo durante los meses de Junio y Noviembre del año 2011.

POBLACIÓN DE ESTUDIO Y MUESTRA DE POBLACIÓN DE ESTUDIO

En primer lugar se realizó una evaluación preliminar al sistema de riego partiendo desde la fuente hasta la suerte donde se aplicaría el caudal requerido

para establecer las causas de deficiencia en la conducción y el cultivo de la caña de azúcar con el fin de determinar los sitios de muestreo para el desarrollo de los ensayos que nos proporcionarían la información sobre la relación entre el uso eficiente del agua en la suerte y el porcentaje de deficiencia en la aplicación mediante la utilización adecuada de los parámetros de control administrativo del riego.

Tratamiento 1: Cualificación de los regadores técnicamente en el tema de indicadores de gestión del agua para las haciendas cañeras Sincerin y Casa Teja.

Tratamiento 2: Caracterización del suelo según la clase textural en el manejo convencional del agua.

Tratamiento: Resultados de la cualificación en el manejo eficaz del agua en la suerte por parte del personal de riego y aplicación eficiente empleando Agricultura Especifica Por Sitio (AEPS).

PUNTOS DE MUESTREO

Entre los meses de julio y octubre de 2011 se tomaron muestras de suelo puntuales en los sitios enmarcados en el plano para determinar Densidad aparente (Da), Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP).

METODOLOGIA

LOCALIZACION

Mediante un método sencillo de balance de agua se intentó detectar pérdidas en el sistema de conducción desde la fuente a la suerte, los correctivos comprendieron reparación y revestimiento en concreto de canales, instalación de rejillas retenedoras de material vegetal en puntos estratégicos del canal, indicadores de alerta temprana que podían taponar el impulsor y granada de los rebombes disminuyendo los caudales. Para revisión y limpieza periódica de la granada, reemplazo de tuberías y ventanas deterioradas, mantenimiento de hidrantes y accesorios, capacitación a regadores en calibración del set de riego (regulación de compuertas según velocidad de avance), remoción de obstáculos en las calles y reparación de reborda (trincho al final de la calle).



Fig. 2, 3 Arreglo de canales revestidos (antes y después).



Fig. 4, 5 Limpieza de la granada del rebombes donde llega hojarasca y lodo, evitando que llegue al impulsor y se tape evitando el buen flujo de caudal.



Fig. 6, 7 Instalación de rejillas y limpieza por parte del bombero o regador.

Fig. 8, 9, 10, 11 Aprendizaje de los regadores sobre aforo del caudal en la suerte



3.5 lps por ventana

4 lps por ventana

2½ lps por ventanas

2.0 lps por ventana

Lamina (mm)	Textura	Caudal (lps)	Caudal Surco (lps)	# Ventanas Abiertas	Velocidad avance (m/s)	Tiempo sal Del agua (Hr)	Longitud del Surco (m)
L Rápida (80- 100)	FAr, Ar, FArL. ArL, ArA,	100	1.5 -2.5	66 - 40	49	1.5	110 - 115
L NOrmal (101 -120)	F, FL y L	100	3.0 - 4.0	33 - 25	64	2.0	110 -115
L Lenta (121 – 140)	A, AF, FA.	100	4.5 – 6.0	22 - 16	77	2.5	110 - 115

Tabla 1. Ejemplo: parámetros e indicadores de gestión en el control administrativo de riego.

Con esta nueva tecnología es frecuente observar el desajuste entre la calibración del set de riego con la variación de los suelos y las labores de cultivo, por lo regular las ventanas se abrían en su totalidad y con una sobrepresión en algunas partes donde se demora el riego ocasionando grandes pérdidas de agua al final de la calle por infiltración y percolación profunda; en otros sitios se observaba toda la ventana abierta pero con muy poca presión lo que llevaba a que el agua se devolviera y encharcara el callejón perdiéndose

parte del caudal, la Tabla 1 es el resultado de la aplicación de los parámetros que se deben de llevar en un buen control administrativo de riego..

Hasta junio del 2011 las pérdidas en la conducción de agua desde la fuente (reservorio) hasta la suerte alcanzaban el 35%, estas fugas correspondían a filtraciones en canales revestidos y acumulaciones de materiales vegetales que causaban rebosamiento y cambios de caudal en los rebombes. Otra acción relacionada con pérdidas consiste en la distribución del caudal en la suerte.

Era frecuente que los estimativos de los caudales por suerte se basaban en la experiencia del mayordomo que valoraba el volumen de agua observado en cada set, pero ante el cambio tecnológico en el sistema (riego por ventanas) los indicadores necesitan actualizarse a la nueva manera de conducir el agua a la entrada de los surcos; la forma en “V” de los canales pasa a ser cilíndrica (Tubos de PVC de 9 m x 10 pulgadas de diámetro) y las ventanas de forma rectangular; el nivel educativo de los regadores también está en proceso de cambio y además la innovación está cada vez más regulada por una economía en el uso del agua.

Para adecuarse a esta nueva exigencia se requiere familiarizar y comprender el sentido de los instrumentos que indican la cantidad de agua aplicada a los terrenos en caña y reforzar nuevos comportamientos de trabajo por parte de los regadores y mayordomos, con el fin de producir una nueva experiencia sensorial para estimar cuando una suerte recibe el agua necesaria para la evaluación del rendimiento.

FASE # 2 Tecnologías actuales que median en el abastecimiento de agua en las haciendas cañeras Sincerin y Casa Teja.

El sistema de riego cuenta con dos motores estacionarios que captan el caudal (375 LPS) del río Fraile, dos rebombes, un reservorio con capacidad 116.000 m³ (por sedimentación se promedia en 105.000 m³) (Anexo 1), un pozo profundo (80m) de 110 LPS, 1200 m de canales revestidos (distribución) y tubería (200 tubos de 10" de diámetro y 9 m de largo) que constituyen la tecnología de riego por ventanas. Con este sistema los dos rebombes (220 lps) permiten regar 86 ha en dos semanas y media .

Obras de captación y distribución



Fig 12 Bombeo (BB) Sincerin

13 Pozo (PP) Sincerin

14. Rebomdeo (RB) Sincerin

15. Rebomdeo Casa Teja



Fig. 16 Reservorio



17. Canal revestido



18. Tubería de ventanas

Tecnología de medidores magnéticos

Tienen la funcionalidad adicional de almacenar la información de los caudales, permite el registro detallado y mensual y monitorear el rango del caudal (entre 360 y 380) que extraen durante 22 horas (dos horas para desarenar diariamente) los dos motores estacionarios



Fig. 19 y 20 Caja de controles, registro de datos (m³) captados del río Fraile al reservorio.



Fig. 21 y 22. Consumo diario y los galones extraídos

El costo promedio mensual del agua facturado por la C.V.C es de \$2.376.242; el volumen mensual de agua captada en agosto de 2011 fue 131.976 m³, el costo del kWh es de \$345 y el m³ de agua de \$145. Trimestralmente se factura a Asofraile \$2.771.600.

Bombeo	Q asignado (lps)	Pago por asignación (\$)	Volumen efectivo captado (m3)	Costo por consumo efectivo (\$)
Sincerin	533	14'257.452	421.015	724.146



Fig. 23 Fluctuación del caudal entre agosto y septiembre 2011

Actualizando y ejercitando indicadores de riego ante la nueva experiencia del riego por ventanas

Durante la experiencia de re-aprender haciendo con ocho trabajadores (4 trabajadores con más de 20 años de experiencia, 2 con más de 4 años y 2 con más de un año) se encontró que 6 de ellos tienen el mapa mental del comportamiento del riego por suerte. Se percibió que el mayor énfasis se debía hacer en la calibración de las ventanas porque se presentaban dificultades para unificar el caudal por surco del conjunto de ventanas abiertas, también se observó la dificultad de alinear la ventana con el surco para evitar erosión. Usando el aforador de caudal en la calle, el cual está provisto de una reglilla

indicadora de la cantidad de agua que pasa por surco, es de fácil lectura y de instalación sencilla. Este instrumento le permitió al regador relacionar la recepción de agua por el surco con el caudal de la ventana.

Para la estimación de área regada los trabajadores están familiarizados con el cálculo de número de surcos, longitud del surco y la distancia entre surcos de la caña. En esta contabilidad también tienen en cuenta las calles con residuos que no se riegan. Otra operación es la de calcular lamina, que también la manejan y resulta de fácil comprensión al asociarla con la cantidad de agua aplicada al cultivo. La determinación de este parámetro está fuertemente memorizada mediante una fórmula que se difundió hace 6 meses y que se volvió rutinaria con el diligenciamiento del formato.

CONTROL ADMINISTRATIVO DE RIEGO											
HACIENDA: SINCERIN			SUERTE: 02			EDAD: 4.60 Meses					
AREA TOTAL: 13.93			TIPO DE SUELO: F. A			LARGO DEL SURCO: 113m					
Fecha	Regador	Q	Horomet In y Fin	Medido Flujo	Horas Fuente	Ced # de surcos	Caudal/ Surco	Salida Agua	Area Regada	Lamina (mm)	Total H Riego
18/08/11	Ramos Zambrano	105	4486-4497 4497-4509	29961 38701	23	40	2.50 LPS	2.0	4.20 4.88	96	23
19/08/11	Ramos Zambrano	125	4509-4518	42772	9	65	2.00 LPS	2.5	4.85	84	9
		115			32	52	2.25	2.25	13.93	90	34

Tabla 2. Reporte de regadores para control administrativo de riego sobre lámina aplicada a las suertes 02 y 03 de la hacienda Sincerin.

A pesar de identificar con claridad el tipo de suelo los trabajadores definían un número fijo de ventanas abiertas sin distinción del suelo, originando, en ocasiones, incremento de lámina en suelos arenosos y lavado en los arcillosos. Con base en el saber implícito sobre las texturas del suelo y durante el acompañamiento del riego se establecieron fórmulas de fácil retención para memorizar la aplicación del caudal: para suelo arcillosos regular la ventana entre 1.5 y 3.0 lps, para arenosos 4.0 a 6.0 lps y en francos de 2.5 a 4.0 lps.

La comprensión de los regadores sobre parámetros e indicadores de valoración para operar el riego de las haciendas, sobre el diligenciamiento confiable de los

formatos de control administrativo del riego (Tabla 2) y sobre la visión ampliada de la gestión del riego. Esta última se refiere a que los regadores comienzan a relacionar que la eficiencia en la aplicación de agua en la suerte depende de pérdidas en la conducción del agua desde la fuente (Río Fraile o reservorio) hasta el cultivo, del mantenimiento de los equipos (Motores estacionarios y rebombes) que asisten la aplicación de riego y el alistamiento de accesorios y tubería en la hacienda.

FASE # 3 Cualificación del personal de riego

La investigación se realizó durante el periodo junio – octubre de 2011. Para construir un diagnostico participativo del uso eficiente del agua en las suertes de caña, se trabajó en campo con ocho personas (regadores), inicialmente se aforaron con el método del corcho los canales revestidos que conducen agua desde el reservorio a la suerte; para la distribución del agua en la suerte se aforó con el método de la canaleta RBC.

Aforo en conducción: La conducción es el medio por donde transita de forma continua el flujo de agua, este puede ser por tubería enterrada o superficial, canales revestidos en concreto o irregulares en tierra. Con el método del flotador se mide la velocidad tomando el tiempo de avance del agua en los 10 metros en 3 ocasiones, sacando un promedio. Al final se dividen los 10 metros por el tiempo promedio. Este último resultado se multiplica por 0.85.

$$V = \frac{d}{t} \times 0.85$$

V = Velocidad, d = distancia, t = tiempo, Constante (0.85).

$$A = \frac{B + b}{2} \times h$$

A = Área.
B = Base Mayor.
b = base menor.
H = altura.

Evaluación sobre las virtudes colectivas del personal de riego.

Durante la capacitación se intentó tener una idea sobre la disposición integral de los regadores. La dimensión que presentó más dificultad fue la relacionada con la capacidad para comunicar las habilidades y cambios en el oficio de los regadores.

FASE # 4 Caracterización del suelo según la clase textural

Aprovechando la experiencia de los regadores se mapearon las variaciones texturales de suelo para destacar cambios en el riego con el fin de evitar excesos o déficits en las cantidades de agua. Este ejercicio permitió construir una herramienta cartográfica para identificar las clases de lámina más frecuentes (lámina lenta entre 121 mm – 140 mm, lámina normal 100 mm – 120 mm y lámina rápida de 80mm – 99 mm), la cual es una herramienta para la capacitación en campo del grupo de regadores.

Clasificando el territorio agrícola según la lámina de riego

Durante la experiencia como mayordomo y operador del sistema de riego de las haciendas Sincerin y Casa de Teja comencé a generar una clasificación del territorio agrícola en relación con el riego. La delimitación de estas áreas se basan en los tipos de suelos, el buen encalle del residuo para despejar la cepa y evitar obstáculos para el flujo del agua, de la buena roturación en condiciones óptimas de humedad del suelo que evitan formación de melgas y terrones grandes, del aporte a punto (profundo en suelos livianos y superficiales en suelos pesados) que evite desviación del agua en el surco o infiltración profunda, de condiciones climáticas y la programación del riego. La mayoría de estos acondicionamientos son dinámicos, significando que si en una temporada obtuvo una lámina lenta, en la próxima puede variar. De estas variaciones el grupo de regadores está familiarizado con tres tipos de lámina, relacionadas con la velocidad del agua en el surco:

Lámina lenta

Representa un valor entre 120 - 140 mm, definiendo los lotes que presentan una textura franco-arenoso, arenosos suelos secos pero sueltos que favorecen la infiltración, profundos y de buena agregación, por resecamiento del terreno en los cuales se requiere mayor caudal por surco ya que su velocidad de infiltración es mayor en este caso sería aproximadamente de 2.0 – 3.0 horas llegar al final del surco, se asocia con el nivel arenoso del terreno, permite que el riego sea lento, el recorrido del agua por momentos se pierde muy permeable, pues en ellos predominan los macroporos, su capacidad de retención de agua o capacidad de campo es baja, y también lo es el agua disponible por las plantas, pues presentan una baja microporosidad. Deben ser regados por tanto con más frecuencia ya que la humedad se pierde rápidamente. Como ventajas se puede destacar el que es fácil de trabajar y no presentan problemas de aireación.

En los surcos se pueden encontrar menos obstáculos para la circulación del agua (terrones o altibajos en el terreno), y la frecuencia de riego es más alta (entre 15 a 20 días). Significa que la retención de humedad es menor en el surco. En este tipo de suelos se retiene muy poca agua total y menos la cantidad de agua disponible. Debido a que el riego es lento, este se calibra para que las ventanas nos proporcionen 4.0 – 6.0 lps por compuerta, caudal que posibilita que no se produzca erosión, ni se encharque al final del surco. Esta categoría es dinámica porque significa que en un próximo ciclo del cultivo los indicadores para aplicar las láminas no existan, a excepción de la textura, se pueden alcanzar valores de 50 – 60% de eficiencia en la aplicación del riego, ya que parte del caudal se pierde por infiltración. (Figura 24)

Lamina normal

con un valor entre 100-120 mm, es la lámina de agua que se acerca a lo ideal porque se considera que es el agua suficiente para cumplir con un ciclo de riego

cada 25-30 días por la experiencia de trabajo y por las observaciones de la planta y del suelo (contenido de humedad), cuya características del suelo nos muestran plasticidad, con alguna influencia directa sobre el movimiento y almacenamiento del agua, además está relacionada con la fertilidad del suelo, son suelos de textura media donde pueden retener grandes cantidades de agua disponible, en estos el agua es retenida más suavemente, algo secos, polvosos en ocasiones ligeramente costrosos pero fácilmente desmenuzables, el caudal por surco debe de ser entre 2,5. - 3.0 lps, se pueden alcanzar valores de 60 – 70%. De eficiencia en la aplicación del riego.

Suelen presentar una buena cantidad de agua disponible para las plantas, pues retienen mucha más agua que los suelos arenosos a capacidad de campo, aunque su punto de marchitamiento también es mayor. (Figura 24)

Lamina rápida

Presenta valores entre 80-100 mm. La velocidad del agua en los surcos es rápida, aunque el suelo pueda presentar problemas al realizar las labores culturales tanto en plantillas como en socas, son suelos duros, algo desecados en ocasiones, a veces presentan grietas, algo moldeables, delgados poco almacenamiento de agua que los suelos profundos, baja permeabilidad, presencia de materia orgánica (Lombrices) presencia de capas endurecidas, cambios texturales, se observa un uso excesivo de maquinaria agrícola en algunas partes, algo compactados. Buena retención de agua, aunque también origina grandes cantidades de agua estrechamente retenidas por adhesión, se pueden alcanzar valores de 80 – 90% en la eficiencia de aplicación.

Se producen agrietamientos por preparación del terreno y por la condición arcillosa del suelo, en algunas ocasiones no se han podido hacer a tiempo todas las labores, se puede ver la presencia de greda en estos suelos en los cuales el caudal por surco lo he determinado entre 1.5 y 2.5 lps. Ya que si se aumenta puede salir muy ligero y se puede presentar un lavado debido a que

retendría poca cantidad de agua, la frecuencia de riego que se obtiene en esta parte donde la humedad persiste por más tiempo puede estar entre (35 – 40 días).

Hasta ahora hemos visto como, tanto la capacidad de retención de agua como la infiltración, dependen de la porosidad del suelo, al ser los microporos los que determinan la retención y los macroporos la infiltración, son los suelos que retienen mayor cantidad de agua y aunque una gran parte de ella es retenida con mucha fuerza y no está disponible para las plantas, a medida que se instala el riego se deben ajustar los caudales por surco, además se deben de remover los obstáculos de los entre surcos, terrones grandes, piedras o malezas al alrededor, y debemos sellar los surcos al final para evitar pérdidas de caudal, aumentándose así la lámina.

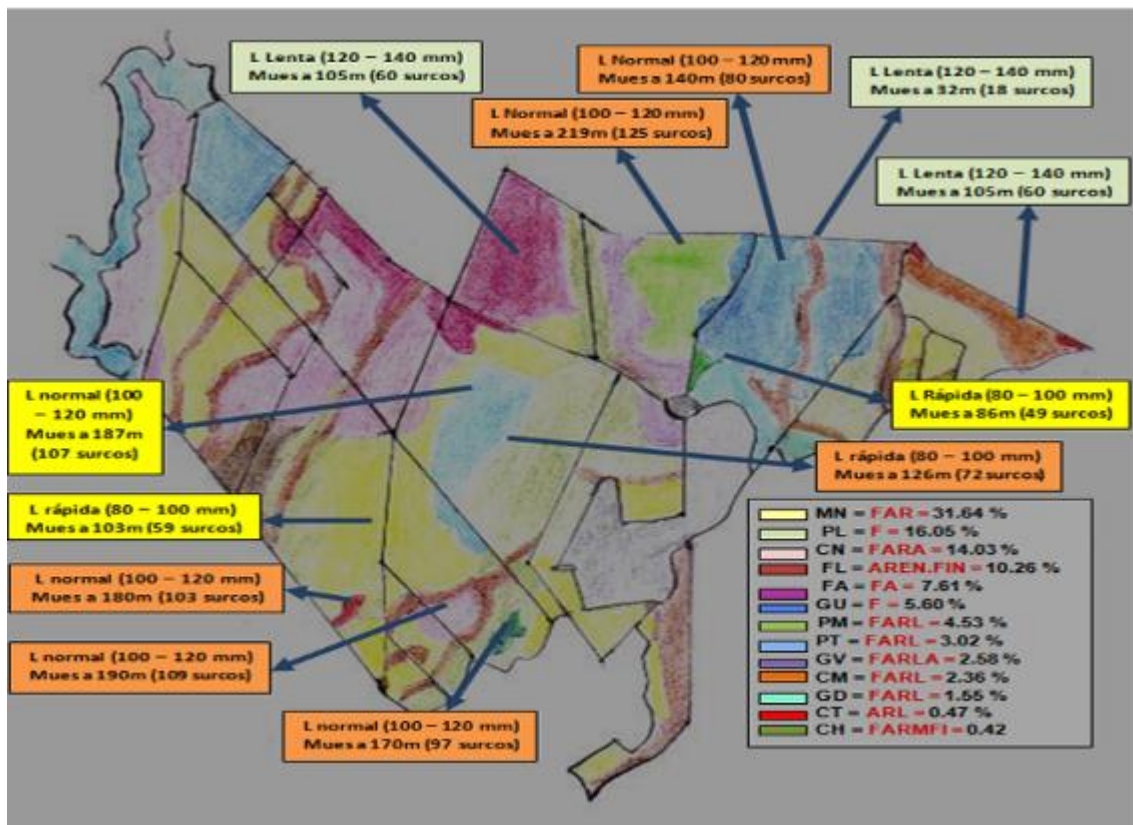


Fig. 24. Toma de muestras del territorio agrícola según la lámina de riego.

FASE # 5 Aplicación eficiente parámetros de control administrativo de riego

Se retomó el formato de control de riego diario para visibilizar la lógica y los conceptos operativos sobre aplicación de agua (Velocidad de avance, tiempo de salida del agua, Caudal por surco y longitud del surco) obteniendo así una mayor precisión en la lámina y eficiencia en el control del caudal manejado en la suerte.

Volumen Aplicado

$$\text{m}^3/\text{ha} = \frac{98 \text{ LPS} \times 1.7 \times 36000}{30 \times 1.75 \times 115} = \frac{5997600}{6037.5} = 993 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Qr = Caudal Regador (LPS).

Ts = Tiempo Salida del agua (horas).

Ns = Cantidad de Surcos.

Ds = Distancia de Siembra (m).

Ls = Longitud de los Surcos (m).

Al realizar estas mediciones ganamos precisión en el dato de lámina aplicada y podemos controlar mejor el riego, evitamos el desperdicio de agua y aumentamos la eficiencia en la aplicación, para establecer un buen plan de control administrativo de riego debemos medir los parámetros e indicadores prácticos que nos ayudaran a determinar si la lámina de riego , que enviamos en el formato diario es la real, para ello se calcula el volumen de agua utilizada m^3/ha , la velocidad de avance, el tiempo que demora el salir cada surco, la distancia real de los surco, el caudal aplicado, distancia de siembra y el número de surcos por tendido (set). De lo contrario podemos estar equivocados si no medimos estos parámetros y no podríamos tomar medidas de mejoramiento inmediatas que nos servirían para disminuir los costos en la aplicación del riego.

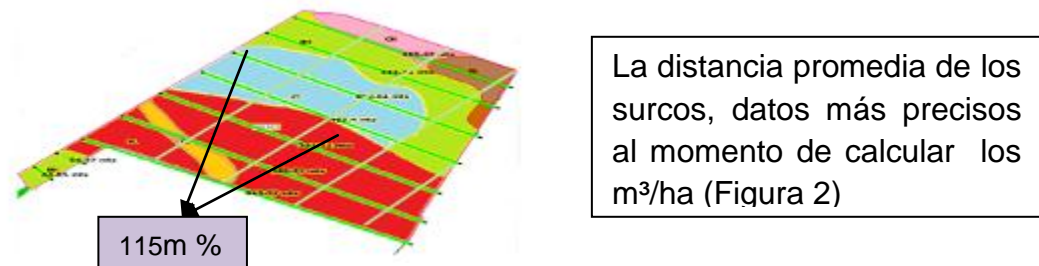


Fig. 25. Longitud de los surcos hacienda Sincerin suerte 03.

En el caso de Sincerin suerte 03 el volumen requerido era: 700 m³/ha y el volumen aplicado fue de: 993 m³/ha, o obteniéndose una eficiencia de aplicación de:

$$E_{ap} = (700 \text{ m}^3/\text{ha} \div 980 \text{ m}^3/\text{ha}) \times 100 = 71.4 \%$$

FASE # 6 El Balance Hídrico como herramienta en la Programación del Riego.

La generación el Balance hídrico se crea en el departamento de agronomía del ingenio y se basa en los parámetros de evaporación, precipitación diaria y demanda de agua según el estado de crecimiento de la caña de azúcar, constituyéndose en herramienta básica para la programación de los riegos que en el valle del río Cauca; permitió disminuir en tres el número de riegos por año y ahorrar anualmente de 4.000 a 5.000 m³ de agua /ha.

Cenicaña recomienda instalar uno o dos pluviómetros en áreas hasta de 50 ha, tres entre 51 y 100 ha, cuatro entre 101 y 200 ha y cinco pluviómetros en áreas de 201 y 300 ha (Cruz, 2010). Esta recomendación sugiere que las variaciones en la precipitación pueden ser significativas en áreas muy pequeñas y que por lo tanto el número de pluviómetros es clave para determinar el balance hídrico; ante esta limitación, que generalmente es frecuente en las haciendas, el mayordomo tiene la función de ajustar los valores del departamento de agronomía sobre las LARAS que deben recibir las suertes.

Por lo general las decisiones de programación de riegos de la semana siguiente se toman el día jueves o viernes; para realizar el balance se usan los valores acumulados de la precipitación (P), el riego (R) y la evapotranspiración (Et) de los siete días anteriores, así como el valor de la lámina de agua en el suelo (LAS) del día anterior al momento en que se inicia la toma de los registros de la semana (t).

Los cálculos se realizan de la siguiente forma:

$$\text{LAS (7 días)} = \text{LAS (t)} + (\text{P} + \text{R} + \text{Et}) (7 \text{ días})$$

El balance hídrico se puede iniciar después de una lluvia o un riego que garantice que el suelo llegue hasta capacidad de campo. En este caso la LARA (lámina de agua rápidamente aprovechable) se convierte en el capital base para iniciar la contabilidad del agua en el suelo.

La LARA (lámina de agua rápidamente aprovechable) es el capital base o depósito de agua con el que se inicia la contabilidad del agua en el suelo, aunque no todo el recurso hídrico está disponible para la planta, parte de él está retenido entre la capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Estos se pueden considerar como constantes de humedad en el suelo cuyo valor son determinados por métodos de campo (volumétrico) y laboratorio (Gravimétrico), valores que pueden presentar variaciones según los tipos de suelos y perfiles. (Núñez Oscar. 2009).

Las limitaciones de basar el riego en el Balance Hídrico

El balance hídrico se genera de las lecturas sobre evaporación y precipitación, esta última depende de dos pluviómetros localizados en las haciendas California y Casa Teja, distantes 1.25 Km (aproximadamente 250 ha en total, equivalente a 2.4 Km lo que abarcarían los dos pluviómetros). Con base en estas dos lecturas de precipitación se determina la cantidad de agua que

reciben las suertes (Figura 5); por experiencia del mayordomo se demuestra que existen unas condiciones locales que no concuerdan con la información que suministran los dos pluviómetros y los cuales se traducen en directrices de programación de riegos por parte del departamento de Agronomía del Ingenio.

FASE # 7 Método para determinar LARA en las haciendas Sincerin y Casateja

Para actualizar con los trabajadores los indicadores de humedad del suelo en los 12 tipos de suelo de las haciendas se determinó la densidad aparente, capacidad de campo con los métodos volumétrico y gravimétrico, el punto de marchitez permanente con plántulas de frijol, Lámina de Agua Aprovechable (LAA) y Lámina de Agua Rápidamente Aprovechable (LARA). El procedimiento para determinar la cantidad real de agua requerida o necesaria por el cultivo solo se hace una vez, siempre y cuando su evaluación sea lo más confiable y sus datos verídicos para al iniciar cada temporada de riego podamos brindarle al cultivo los requerimientos de humedad para llevar el suelo a Capacidad de Campo.

Densidad aparente (Método Gravimétrico).

Después de identificar los sitios por clase de suelo y textura se realizaron calicatas de 80 x 80 x 80 cm, se observó el perfil y se sacaron muestras de densidad aparente a 30 y 50 cm de profundidad en donde se observó el cambio textural, en otros sitios se sacaron a 20 y 40cm.



Fig. 26, 27,28. Profundidad. Primeros 30cm, midiendo el ancho y la altura (Profundad)

Después de realizadas las calicatas se procedió a sacar las muestras de los anillos (Diámetro exterior: 6 cm, Diámetro interior: 5.5 cm y altura: 2.1 cm).



Fig. 30, 31, 32. Anillos a 30cm de Profundidad, anillo enterrado y cortado sin dañarlo



Fig. 33, 34,35. Momento de extracción, anillo por pulir, pulida del anillo con bisturí.



Fotos 36, 37, 38. Extrayendo la muestra, muestra en la capsula, peso húmedo de la muestra



Fotos 39, 40, 41. Contenido de humedad determinada por el método gravimétrico, pesando las muestras húmedas, luego llevarlas al horno a 105 – 110 °C por 24 horas y posteriormente pesadas en seco,

En la Tabla 3 Al haber realizado todo el procedimiento se determina la densidad aparente en cada consociación de suelos para determinar en qué estado de compactación puede estar.

Tabla 3. Proceso de determinación de la densidad aparente en la suerte 02 con caña de 6 meses de edad, hacienda cañera Sincerin, Consociación Cantarina.

Profundidad	Anillo	Peso Capsula (gr)	Peso Suelo Húmedo(gr)	Peso Suelo Seco (gr)
20	1	22.6	96.5	78.3
40	3	20.5	94.4	74.0

$$D_a = \frac{M_{ss}}{VT} = \frac{78.3}{49.87} = 1.57 \text{ gr/cm}^3$$

$$VT = (\pi r^2) \times h = 3.1416 \times 7.56 \times 2.1 = 49.87 \text{ cm}^3$$

Capacidad de campo (humedad gravimétrica y volumétrica del suelo- TDR)

Humedad gravimétrica



Fig. 42, 43, 44. Las piscinas entre 2 – 3 días de a ver drenado toman las muestras de C.C

Posterior a la densidad aparente, se sacaron muestras de Capacidad de Campo (CC) marcando un área de muestreo de 0.80 m² en un lugar representativo de la suerte (consociación de suelo), con bordes de 20 cm de altura, humedeciendo el suelo hasta quedar saturado. Se sacaron las muestras a las 30, 48 y 72 horas (dependiendo del tipo de suelo) después de hacer las piscinas, tomándose cuatro muestras por cada calicata. Inicialmente se utilizó el método volumétrico.

Todas las muestras se extrajeron en los lotes bajo riego de acuerdo a la clase de suelo, en las haciendas Sincerin y Casa de teja en las suertes cultivadas con caña de azúcar sembrada a 1.75 m de distancia entre surcos. Las mediciones para suelos arcilloso y franco se hicieron después de cumplir las 48-72 horas de inundado y para arenosos después de 24-30 horas. Al monitorear la humedad del suelo podemos tomar mejores decisiones en la programación del riego, determinando la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicarla. En la Tabla 4 se determina el porcentaje de humedecimiento del suelo También le puede ayudar a igualar los requerimientos de agua del cultivo con la cantidad aplicada con el riego; y así evitar pérdidas de agua excesivas por percolación profunda o por escurrimientos.

Tabla 4. Proceso de determinación de la Capacidad de Campo en la suerte 03 con caña de 3.7 meses de edad, hacienda cañera Sincerin, Consociación Palmirita.

Muestra	Profundidad (cm)	Peso capsula (gr)	Peso Suelo Húmedo (gr)	Peso Suelo Seco(gr)
1	20	20.4	113.1	85.9
2	40	22.3	92.0	71.7

$$\frac{(133.5 - 20.4) - (106.3 - 20.4) \times 100}{106.3 - 20.4} \quad \text{CC} = \frac{113.1 - 85.9 \times 100}{85.9} = 31.7 \%$$

Método volumétrico (técnica de la reflectometría de dominio temporal (TDR)).

Durante la experiencia de construcción de indicadores para la gestión de riego se privilegió el método gravimétrico por la sencillez para mostrar el contenido de humedad, método que es relativamente familiar para los regadores y puede producir una idea sobre los niveles de humedad que tiene el suelo y sobre la utilidad para mostrar las demandas hídricas del suelo. Sin embargo, con la reciente introducción de medidores digitales de humedad en el ingenio (Fotos 40, 41 y 42), se consideró pertinente registrar la humedad en 144 puntos distribuidos regularmente en toda el área y a profundidades de 20 y 40 cm). Los registros se obtuvieron después de llover, antes y después de regar; se realizaron comparaciones con el método gravimétrico. Los valores obtenidos con el TDR resultaron superiores a los de humedad gravimétrica.

La técnica de la reflectometría de dominio temporal (TDR) se está usando para registros de humedad en el suelo, pero la calibración del fabricante no necesariamente se ajusta a cada condición específica de suelo. Por eso se hace necesario evaluar el equipo en cada suelo donde se prevea su uso, este equipo puede presentar limitaciones para su uso en suelos con bajo contenido de humedad por la resistencia que ofrece el suelo seco a la penetración de las varillas.



Fig. 45, 46 y 47 Método volumétrico 5mm def 37.5 % vol. Dato registrado a 40cm

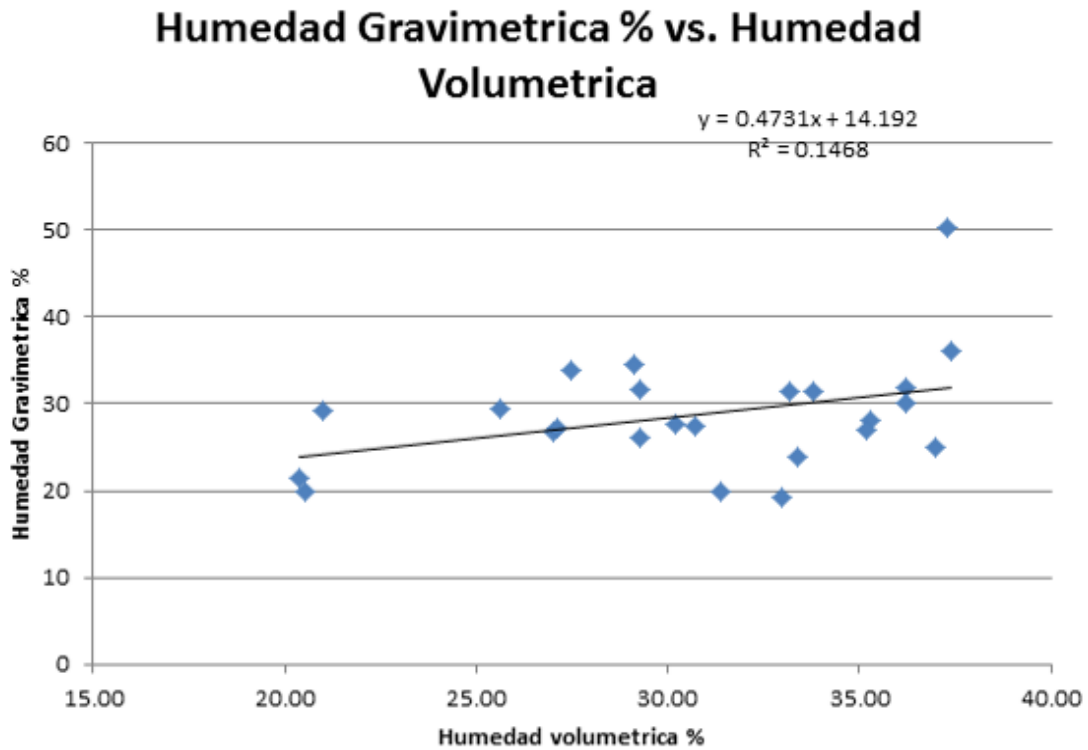


Figura 48. Relación entre métodos gravimétrico y volumétrico de humedad en 12 clases de suelos de las haciendas cañeras Sincerin y CasaTeja, Ingenio Mayagüez, Candelaria, Valle del Cauca.

Tabla 5 Los datos fueron obtenidos de la hacienda Sincerin en la suerte 02 de lote 2 en la parte donde se localizó el tipo de suelo de consociación Palmirita.

Muestra	Profundidad Muestra (cm)	Deficiencia de humedad (mm)	% Volumen de humedad
1	Superficial	18	33.4
2	Superficial	1	37.8
3	Superficial	8	35.9
4	Superficial	17	33.8
1	20	18	33.6
2	20	52	25.1
3	20	16	33.9
4	20	42	27.5
1	40	59	23.4
2	40	59	23.3
3	40	42	27.5
4	40	57	23.8

Punto de marchitez permanente (Método Gravimétrico).

Otra ilustración que representa el proceso de determinación del punto de marchitez permanente (Fig. 49, 50, 51, 52) corresponde a la muestra de suelo de horizonte A de la haciendas Sincerin y Casa Teja, para las cuales se utilizaron 168 plántulas de frijol calima (dos por vaso y con tres pares de hojas como mínimo). Al marchitarse se llevaron al laboratorio para hallar el peso seco de la muestra luego de 24 horas y 105 °C en el horno.

Fig. 49, 50, 51, 52 Toma de las muestras de Punto de Marchitez Permanente.



Lámina de Agua Rápidamente Aprovechable - LARA

$$LAA = \frac{(\%CC - \%PMP) \times Da \times h \times 10}{100}$$

Ejemplo: $LAA = \frac{(39.16 - 20.00) \times 1.48 \times 20 \times 10}{100} = 56.71 \text{ mm}$ $LARA = 28.36$

$$LAA = \frac{(37.02 - 18.20) \times 1.54 \times 40 \times 10}{100} = 121.47 \text{ mm}$$
 $LARA = 60.74$

El trabajo de investigación con los regadores culminó con el proceso de gestión del riego y actualización de los anteriores indicadores debido a que comenzó la temporada de lluvias. Para retomar el proceso será necesario evaluar, realimentar y persistir en la experiencia mediante estrategias de continuidad.

A pesar de esta interrupción el trabajo practicado en las 14 suertes sobre manejo de caudales por surco, calibración del "set" y velocidad de avance del agua en el surco produjo resultados transitorios que permiten compararse con experiencias de riego de años anteriores. La dificultad de estas comparaciones radica en la diferencia de los regímenes de lluvia, en la variación del área de varias suertes y en las disposiciones del grupo de regadores; sin embargo permite registrar algunos avances en esta nueva actitud de los regadores frente a posibles correcciones sobre excesos de agua en la operación de riego. Igualmente puede convertirse en punto de partida para compartir esta iniciativa con mayordomos de otras haciendas cañeras y para irradiar mejoras en buenas prácticas de riego.

FASE # 8 Taller para verificar reconocimiento de indicadores de gestión

Primera evaluación

Inicialmente se realizó una visita a una hacienda en donde a primera vista se pudo observar el desperdicio de agua, tanto en la parte de la cabecera como en el pie del lote.

Observaciones:

Al hablar con el regador me comenta que esta situación siempre se ha presentado y es debido a que este lote en la parte de la cabecera, donde va instalado el codo se presenta un vacío al lado y lado de unos 40 m, esto hace que el agua se devuelva, pero además de esto, la colocación de las ventanas

no es la ideal y esto ayuda a que el agua se devuelva en parte y se ocasione el desperdicio constantemente, para lo cual se necesitaría traer aproximadamente 10 viajes de tierra. La otra situación es el desperdicio es en el píe en donde se ve que no quitan el agua a tiempo dejando que esta rebose, rompa la reborda y se pierda, lo que está ocasionando en el momento erosión.

De los 110 lps que llegan a la suerte se puede observar que se están perdiendo aproximadamente entre fugas y la parte donde se devuelve el agua unos 30 lps, ya que a la suerte tiene un set de riego de 20 ventanas abiertas 4.0 lps/surco, para un total de 80 lps fuera de la que se pierde al final del surco. Puede que la lámina sea baja y oscila entre 120 y 140 mm, pero como está saliendo rápido, puede estar lavando el suelo, hay que extenderse mucho más y en este caso mermar el caudal por ventana.

Diagnóstico sobre conductas en la gestión del riego Cabecera del riego



Fig. 53, 54. Se observa a simple vista el despifarro del agua





Fotos 55, 56, 57,58. Pérdidas de agua en la cabecera y recibidora.

Recomendaciones.

Lo primero que se debe hacer antes de volver a regar la suerte nuevamente es traer 10 viajes de tierra y rellenar ese hueco (vacío), además se deben revisar fugas en la tubería, y equilibrar la salida de las ventanas de forma uniforme evitando que el agua se devuelva, avance muy rápido o muy lento. En este caso se debieran abrir aproximadamente 35 ventanas con un promedio de 3.0 a 3.5 lps por ventana, y así obtener una llegada al final del surco entre 2.0 y 2.5 horas.



Fig. 59. El lote se riega en un día se sacan varios datos y promedia la distancia de los surcos.

Segunda evaluación

Esta evaluación se realizó inicialmente en el lote 1, donde se tomó como referencia, el caudal que sale de la fuente (140–130 lps) y el que llega a la suerte que es aproximadamente de 80 – 90 lps, a pesar que la distancia a la suerte es relativamente cerca, pero solo llega el 61.5% del total, fuera del que se pierde al final del surco debido a:

- Se encuentra una válvula cerca para que el caudal llegue con buena presión y todo se quede en la suerte, pero esta llave estaba abierta en donde prácticamente el caudal debe hacer un recorrido largo mientras se llena la tubería interna y presenta fugas en los hidrantes que están después de la válvula.
- Toda la tubería de PVC presenta fugas, además hay varias campanas que presentan averías o les falta un pedazo y en los accesorios también se observan fugas.
- Las ventanas no están abiertas adecuadamente y en algunas el agua se devuelve lo que ocasiona que además de las fugas se presente inundación en los callejones.
- Se han colocado llaves de paso en partes donde se ha regado hay más de 150 tubos libres, las llaves a un están abiertas y la mayoría de las ventanas tienen fuga, en este caso no hay control, no se tiene en cuenta esta parte.
- En la suerte el agua sale muy rápido y el caudal es ajustado y con alta presión, lo que hace que salga ligero y haya desperdicio de agua.
- Todos los surcos se riegan, ósea que no se descuentan los de despaje que se debiera de hacer y así se ganaría área.

- Al tomar el horómetro con respecto al medidor de flujo, con relación al dato del mayordomo de la hacienda no coincide ejemplo: Un día me da 130 lps y a el 99 lps al siguiente día me da 126 lps y a él le dio 141 lps, pero se observa la aguja y el medidor de flujo en buenas condiciones lo cual se pudo determinar en el momento en que se evaluó a los cinco minutos.

Observaciones

Se realizaron tres evaluaciones la primera fue a las 5:15 a.m. al señor lagos (regador nocturno) y las dos restantes fueron en la tarde 1 el día miércoles a las 4:00 p.m. y la otra el día jueves 4: 15 p.m.



Fig. 60, 61, 62, 63 Hay se observa como el agua se devuelve, en este caso hay que apretar un poco más, para que el caudal entre con mayor fuerza al surco, sin exagerar.



Fig. 64, 65, 66, 67 Estas son varias formas de desperdiciar agua en la suerte de riego



Fig. 68. 69 y 70. Antes solo 16 ventanas, agua devuelve Después con 60 ventanas abiertas menos de 5 lps / surco = 80 lps (resto se pierde) Caudal con mayor presión = 1.5 lps/surco. Podemos ver el plano de la hacienda, con su respectiva longitud (distancia del surco).

En total de los 125 lps que en promedio estaba sacando el pozo solo llegaba a la suerte 90 lps, el resto se perdía en fugas y eso sin contar la que se desperdiciaba al final del surco.

RESULTADO Y DISCUSIONES

FASE # 3 Cualificación de los Conocimientos técnicos y competencias en gestión eficiente del personal de riego.

Para continuar el proceso de capacitación en todo lo relacionado con los conocimientos técnicos y competencias en gestión eficiente del riego se celebraron 8 encuentros con los colaboradores de la hacienda con el fin de reforzar el trabajo en campo y alentar el compromiso sobre el uso cuidadoso del agua al tiempo que se mantiene la productividad de suertes y haciendas. Cada encuentro por trabajador duró 4 días, generalmente se le acompañaba 1 o 2 horas durante el turno.



Fig. 71, 72, 73. Personal de riego, recibiendo capacitación y material de apoyo.

Las experiencias de capacitación comenzaron con lo familiar, retomando el formato del control administrativo de riego, el cual los regadores diligencian diariamente para que el mayordomo calcule la lámina aplicada (Tabla 5). Se percibió que era necesario construir sentido sobre los datos que registraban los trabajadores y sobre el significado de esas informaciones en relación con el uso del agua. Se identificaron los parámetros de riego que estaban en juego en el formato y se practicó en campo la manera como se generaba esta información, se usaron instrumentos de medición (Canaleta RBC, Cronometro, Metro), se explicaron las medidas, se demostró la variación de los caudales según la amplitud de la ventana, y se compararon las longitudes reales de los surcos con

las que estaban expresadas en los planos de la hacienda, después de varios intentos por parte de algunos regadores por fin fue posible el diligenciamiento del formato de riego (Tabla 6) de forma correcta debido a su nivel educativo donde escasamente saben leer (tercer año de primaria).

CONTROL ADMINISTRATIVO DE RIEGO

HACIENDA: Sincerin SUERTE: 03 AREA TOTAL: 22.66 POZO/REBOMBEO: 4/m

Fecha Inicio y Final	Regador	Caudal Pozo	Holómetro Inicial	Holómetro Final ÁREA Regada	Medidor flujo	Numero surcos	Caudal/surco	Tiempo salida H ₂ O	Lamina (mm) Aplicada	Total Horas Trabajadas
19-08-11	Pacheco	70	-	-	25	-	3.0	2.0		2
	Olave	70	-	2.2	25	22	3.0	2.0	114	8
22-08-11	Pacheco	120	4518 4521	1.40	42772	35	3.50	1.50	93	03
	Olave	120	4521 4527	2.80	47143	35	3.50	1.50	93	06
23-08-11	Pacheco	120	4527 4538	5.00	56883	44	2.50	2.0	95	11
	Olave	120	4538 4549	5.20	56883	48	2.50	2.0	91	11
24-08-11	Pacheco	90	4549 4551	0.60	56883	25	3.50	1.50	108	2
	Olave	90	4551 4561	3.40	60884	25	3.50	1.50	95	10
25-08-11	Pacheco	90	4561 4570	3.30	60884	25	3.50	1.50	88	9
	Olave	90	4570 4581	4.18	69414	25	3.50	1.50	86	11

Wilmer Olave
F. 2427

Tabla 6. Formato de control administrativo de riego diligenciado por Wilmer Olave, regador de las haciendas cañeras Sincerin y Casa Teja del ingenio Mayagüez, corregimiento el Cabuyal, Candelaria, valle.

La Tabla 6, la cual resume la experiencia de riego por ventana durante el proceso de capacitación, presenta nuevos referentes para el grupo de regadores con el fin de familiarizarlos con nuevas fórmulas que pueden ser repetitivas y que ayudarían a mejorar la gestión de riego reduciendo las pérdidas de agua pero manteniendo la lámina por suerte. Aunque en la tabla intenta memorizar ciertas rutinas es importante recordar que estos referentes

pueden variar cuando las labores se alteran y los surcos de riego no quedan en condiciones óptimas.

Tabla 7 Valoración del mayordomo sobre algunas virtudes del grupo de regadores de las haciendas Sincerin CasaTeja, Candelaria, Valle.

Virtudes colectivas del personal de riego	Numero regadores valorados por el mayordomo
Iniciativa	
Hacen las actividades de riego bien	6
Adelantan trabajo	2
Aportan ideas para mejorar	4
Se limitan a cumplir solo las actividades que se le asignan	4
Trabajo en equipo	
Fácil integración	5
Preocupación por el rendimiento global	2
Cada cual por su lado	6
Se comprometen y comprometen al compañero	2
Actitud Personal	
Motivadores	5
Sociables	7
Emprendedores	5
Son cumplidores de sus deberes	8
Respectan las ideas de los compañeros	8
Consideran que no se les valora el trabajo	5
Capacidad para comunicar	
Sabe hacerlo pero se le dificulta expresarlo	3
Comunica los desacuerdos a los compañeros pero no al mayordomo.	4
Plantea inquietudes e ideas con el grupo	4
Nivel Conocimiento de la labor	
Tienen experiencia, la comparten y les gusta aprender.	3
Conoce todos los parámetros de riego.	8
In-corporan los indicadores de gestión	3
Ahorran agua cuando riegan.	6
Sigue indicaciones del mayordomo.	6
Se preocupa por realizar bien la labor	5

Fuente: Colectivo de regadores Casa teja Sincerin, modificado por Pérez, J. S. 2011.

(Tabla 7). No obstante las múltiples inteligencias humanas, sería necesario desarrollar estrategias por parte del mayordomo para encontrar las condiciones en que los miembros del grupo difunden lo que saben hacer en relación con la

gestión del riego. De esta manera podría precisarse los efectos del proceso de capacitación.

Otra situación problemática está relacionada con la comprensión de la gestión del riego; aunque los regadores tienen conocimiento de los diferentes procesos que participan en el riego, la articulación de los comportamientos individuales hacia la búsqueda de una meta global parece ser el punto crítico que necesita abordarse.

PERDIDA DE TIEMPO EN EL RIEGO POR FALTA DE MAQUINARIA AGRICOLA

CONTROL ADMINISTRATIVO DE RIEGO

HACIENDA: SINCERIN
AREA TOTAL: 22.66

SUERTE: 03
TIPO DE SUELO: F. A

EDAD: 3.76 Meses
LARGO DEL SURCO: 115m

Fecha	Regador	Q	Horometro Inicial	Medido Flujo	Horas Fuente	Ced # de surcos	Caudal/ Surco	T/ Salida Agua	Area Regada	Lamina (mm)	Total H Perdidas
19/08/11	Pacheco Olave	70	-	Res-40	2	22	3.00 LPS	2.0	2.20	114	5 (15)
22/08/11	Pacheco Olave	120	4518-4521 4521-4527	42772 47143	9	35	3.50 LPS	1.5	4.20	93	15
23/08/11	Pacheco Olave	120	4527-4538 4538-4549	47143 56883	22	46	2.50 LPS	2.0	10.20	93	2
24/08/11	Pacheco Olave	90	4549-4551 4551-4561	56883 60884	2 10	25	3.50 LPS	1.5	4.00	97	12
25/08/11	Pacheco Olave	90	4561-4570 4570-4581	60884 67414	9 11	25	3.50 LPS	1.5	7.48	94	4
		98			74	30	3.25 LPS	1.7		98	38

Fuente: Pérez. J. S 2011

Tabla 8. Reporte de pérdidas de horas fuente en la instalación por falta de maquinaria incidiendo en la frecuencia de riego en la suerte 03 de la hacienda Sincerin.

Como se observa en la Tabla 8, de las 74 horas para regar la suerte se perdieron 38 (51.35%), expresando que la eficiencia de horas fuente sea inferior al 50%, que se incremente la frecuencia de riego y que no se cumpla la meta presupuestada de regar en 2 semanas y media la totalidad de Sincerin y Casa de Teja; esta situación puede explicarse por el apoyo insuficiente de maquinaria agrícola para mover los tres frentes diarios y al desplazamiento a pie (o en bicicleta) de los ayudantes que terminan retrasando al tractorista para la instalación y recogida de tubería, En la última temporada de riego las horas presupuestadas no coinciden con las horas realmente trabajadas (Tabla 9).

Tabla. 9 Diferenciación entre horas fuente programadas y horas realmente trabajadas por déficit de maquinaria agrícola

Horas presupuestadas	Horas en operación	Tiempo Perdido	# de semanas	Area regada	Area por regar	Diferencia
138	85 (61.5%)	53 (38.5%)	1	24.27	39.2	14.93
120	93 (77.5%)	27 (22.5%)	2	30.62	54.35	23.73
66	46 (70%)	20 (30%)	3	14.66	25	10.34
No se rego			4			
No se rego			5			
120	84 (70%)	36 (30%)	6	31.56	53.6	22.04
84	60 (71.5%)	24 (28.5%)	7	25.99	44.57	18.58
No se rego			8			
90	65 (72.2%)	25 (27.8%)	9	30	51.6	21.6
100	71 (71%)	29 (29%)	10	27.52	47	19.48
66	36 (54.5%)	30 (45.5%)	11	13.93	21.52	7.59

Tabla 10. Suertes regadas entre el periodo junio y octubre del 2011 y posiblemente en el primer

Trimestre 2012

AÑO	HACIENDA	SUERTE	AREA	AÑO	HACIENDA	SUERTE	AREA	
2011	CASA -TEJA	5A	0.5	2012	CASA -TEJA	5	4.43	
		6	5.42			5A	0.5	
		06B	1.64			6	5.42	
		7	17.48			06A	6.94	
		9	11.09			06B	1.64	
Subtotal		36.13	7			17.48		
2011	SINCERIN	1B	5.21			8	13.16	
		2	13.93			9	7.87	
		2A	3.43			13	10.84	
		3	22.66			14	2.65	
		4A	1.81	Subtotal	70.93			
		4B	2.03	2012	SINCERIN	1	19.84	
		4C	1.42			1A	13.02	
Subtotal		50.49	2			13.93		
TOTAL		86.62	3			22.66		
			4			10.9		
			5			8.34		
			6			2.81		
			Subtotal			91.5		
			2012			VILLACERES	1	10.84
			TOTAL					173.27

Tabla 10 se ven las áreas bajo riego, se presupuesta en este año un área mayor en edad de irrigación a la del año anterior, debido a que gran cantidad de área fue cosechada en el último trimestre, lo cual obliga a ser más eficientes en el movimiento e instalación de la tubería en la suerte, para ello se ha construido un instrumento que serviría para transportar el personal de riego evitando su traslado a pie y en cicla, evitando riesgos, pero la mayor dificultad se presenta en la maquinaria (tractores) que no son suficientes para la instalación.

Tabla 11. Eficiencia de aplicación.

Hacienda-Suerte	Caudal Fuente	Caudal en la suerte	% Q aplicado en el lote	% Q que se pierde en el lote	Total Q aplicado Lps	Q que se pierden Lps
68- 1	120	112	71	29	80	32
68- 1A	110	107	83	17	86	21
68- 1B	145	137	86	14	118	19
68-2	120	115	93	7	107	8
68- 2A	136	130	88	12	114	16
68- 3	104	98	84	16	83	14
68- 4	137	132	77	23	102	30
68- 04A	136	130	93	7	121	9
68- 04B	136	130	90	10	117	13
68- 04C	147	145	89	11	130	15
139- 6	106	92	79	21	73	19
139- 06B	83	80	73	27	59	21
139- 7	104	97	80	20	78	19
61- 9	95	90	66	34	63	27
TOTAL	121	116	82	18	1331	263

Para determinar la cantidad de caudal aplicado en la suerte se realizaron varias evaluaciones con ayuda del aforador de canaleta RBC, el recorrido del caudal dentro del surco desde el inicio hasta el final (velocidad de avance) y el tiempo de salida, sin dejar que se desperdiciara el agua en la recibidora, aunque en el transcurso del surco algo de ella se pierde por infiltración profunda y escorrentía, pero se trató de obtener un gran porcentaje de eficiencia en la aplicación como lo muestra la Tabla 11.

FASE # 4 Caracterización del suelo según la clase textural y la Lámina de riego.

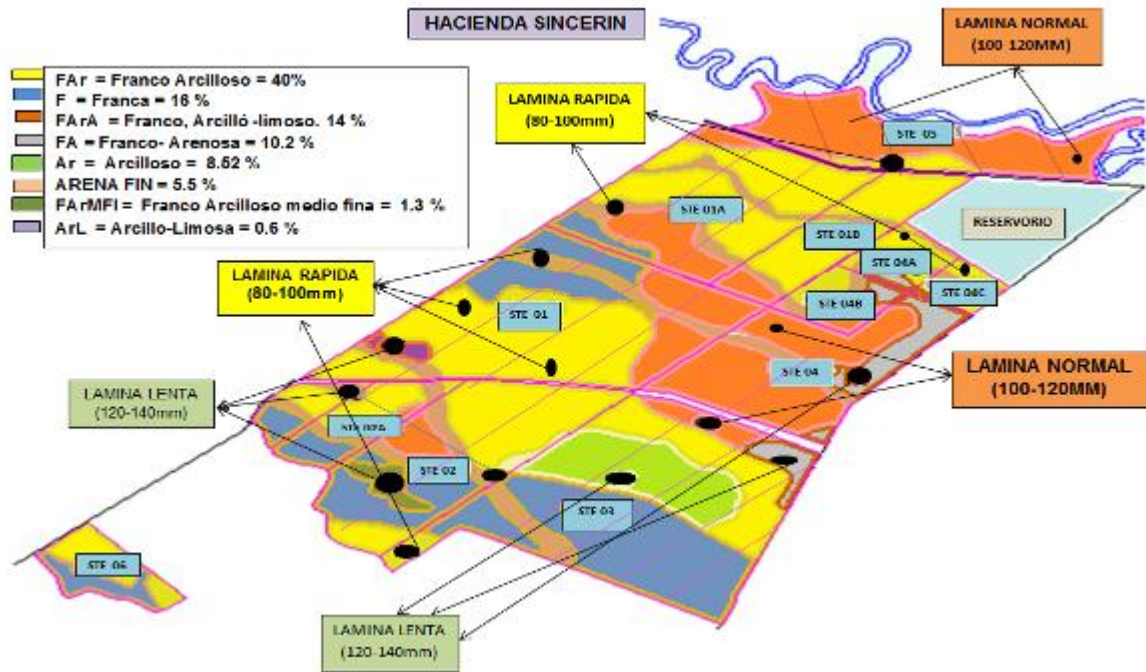


Fig. 74. Concordancia entre los mapas mental de los regadores, el textural y el de riego para el año 2011 en la haciendas Sincerin y Casa Teja.

Tabla 12. Distribución de la textura del suelo por suerte en la hacienda Sincerin.

Hacienda Suerte	F PL	FA FA	FAr MN	FArA CN	Ar PT	ArL CT	FArMFI CH	ARENA FINA FL
68 - 01	20,85		51,18	18,0		3,31	-	6,63
68 - 01 A	7,97	-	56,52	23,18	-	-	-	12,31
68 - 01B	-	-	81,66	11,66	-	-	-	6,66
68 - 02	30,71	-	45,0	6,53	1,96	-	5,22	10,45
68 - 02A	32,4	-	48,64	8,1		-		10,81
68 - 03	44,48	4,72	20,47	4,72	22,44	-	-	3,15
68 - 04	-	23	71,79	-	-	-	-	5,12
68 - 04A	-	17,39	60,86	-	-	-	-	21,73
68 - 04B	-	15,38	30,76	26,92	-	-	-	26,92
68 - 04C	-	7,14	71,40	-	-	-	-	21,42
68 - 05	-	-	8,79	91,20	-	-	-	-
68 - 06	-	-	54,54	1	-	-	-	45,45
TOTAL	17 %	10.7 %	41 %	15 %	9.52%	0.18 %	0.6 %	6,0 %

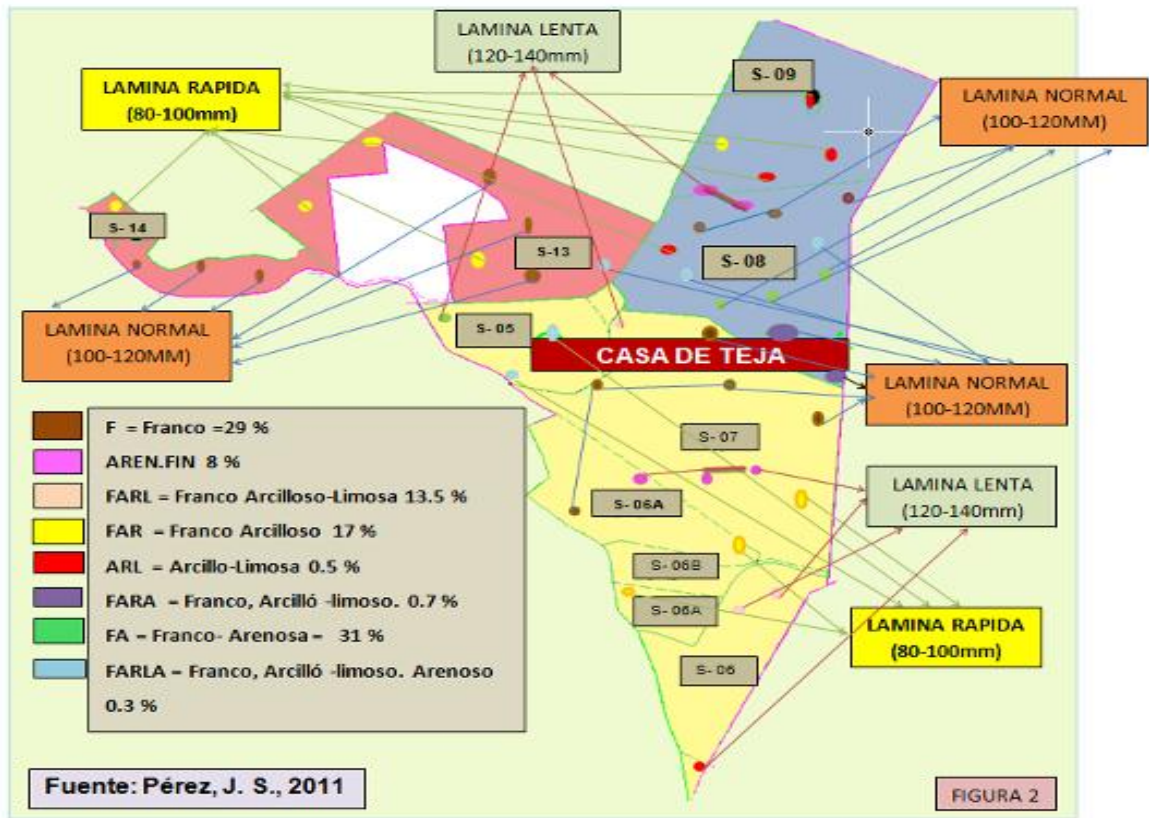


Fig 75. Hacienda casa teja distribución de las láminas de riego.

Tabla 13. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera Casa-Teja municipio de Candelaria, Valle del Cauca, 2011.

Hacienda Suerte	FARL CM	FA FA	FAR MN	FARL PM	FARL GD	ArL CT	FARLA GV	AREN A FINA FL	F GU	F PL
139 - 05										
139 - 06	67.6		29.6			2.8				
139 - 06A			21.9		3.61			7.21	6.02	61.4
139 - 06B			13.3					6.7		80.0
139 - 07	1.03		8.76	1.03	14.43		0.02	15.98	53.60	5.15
61 - 08				59.72			31.25	4.86	2.77	1.39
61 - 09		85.71	4.76				0.79	6.35		2.38
85 - 13			36.14					22.29	5.42	36.14
85 - 14			30.56					69.44		
TOTAL	6.88	13.09	15.11	10.80	4.59	0.27	6.47	10.93	14.71	17.14

FASE # 5 Aplicación eficiente los parámetros de control administrativo de riego

Volumen Aplicado

$$m^3/ha = \frac{98 \text{ LPS} \times 1.7 \times 36000}{30 \times 1.75 \times 115} = \frac{5997600}{6037.5} = 993 \text{ m}^3/ha.$$

$$30 \times 1.75 \times 115 = 6037.5$$

Qr = Caudal Regador (LPS).

Ts = Tiempo Salida del agua (horas).

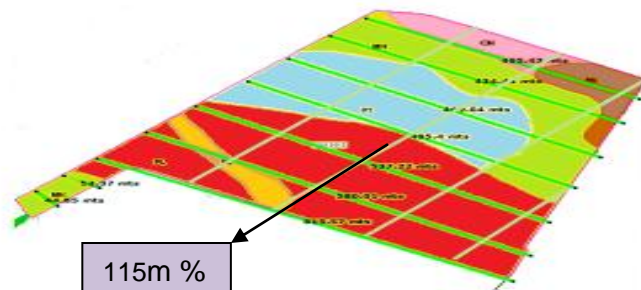
Ns = Cantidad de Surcos.

Ds = Distancia de Siembra (m).

Ls = Longitud de los Surcos (m).

INFORME DIARIO DE RIEGO								
HACIENDA: SINCERIN		SUERTE: 03		VARIEDAD: CC 85-92		EDAD: 3.76 Meses		
RIEGO #: 1		AREA TOTAL: 22.66		TIPO DE SUELO: F.		Largo del surco: 115 m		
Fecha	Caudal	Horas Fuente	Área Regada	Lamina (mm)	Set # Surcos	Caudal/ Surco	T Salida Agua	Hf/ha
19/08/11	70	10	2.20	114	22	3.00 LPS	2.0	4.54
22/08/11	120	9	4.20	93	35	3.50 LPS	1.5	2.14
23/08/11	120	22	10.20	93	46	2.50 LPS	2.0	2.15
24/08/11	90	12	4.00	97	25	3.50 LPS	1.5	3.00
25/08/11	90	6	2.06	94	25	3.50 LPS	1.5	2.91
	98	59	22.66	98	30	3.25 LPS	1.7	2.95

Tabla 14 Reporte de regadores para control administrativo de riego sobre lámina aplicada a las suertes 03 de la hacienda Sincerin.



Longitud de los surcos hacienda Sincerin suerte 03.

En el caso de Sincerin suerte 03 el volumen requerido era: 700 m³/ha y el volumen aplicado fue de: 993 m³/ha, o obteniéndose una eficiencia de aplicación de:

$$E_{ap} = (700 \text{ m}^3/\text{ha} \div 980 \text{ m}^3/\text{ha}) \times 100 = 71.4 \%$$

Las pérdidas que han existido en este sistema con más frecuencia y que se han ido corrigiendo poco a poco, y como objetivo principal es eliminarlas son por conducción y distribución, con factores tales como infiltración, evaporación, mal cierre de compuertas; su aplicación por manejo inadecuado por parte del regador, exceso de escurrimiento, percolación, entre otras. (Figura 2, 3).

Tabla 15. Indicadores de riego por ventana con los regadores para familiarizarse con nuevos referentes para la gestión del riego de las haciendas cañeras Sincerin CasaTeja, municipio de Candelaria, Valle.

Hacienda	Suerte	Caudal por compuerta (Lps)	Numero compuertas abiertas	tiempo salida agua (horas)	Longitud del surco (metros)	Lamina (mm)	Área Regada (ha)	Caudal aplicado (m ³)
Sincerin	68 - 1	3.5	32	2,0	110	128	19.84	112
	68 - 1A	3.25	40	2,0	110	118	13.02	130
	68 - 1B	3.5	36	2,0	118	80	5.21	126
	68 - 2	3	42	2,0	113	95	13.93	126
	68 - 2A	2.5	48	2,3	113	105	3.43	120
	68 - 3	3.15	33	1,85	115	101	22.66	104
	68 - 4	4	30	2,08	120	125	10.9	120
	68 - 04A	2.5	54	1,75	115	80	1.81	135
	68 - 04B	2.25	60	2,0	110	85	2.03	135
	68 - 04C	3	46	2,0	110	100	1.42	138
CasaTeja	139 - 6	3.5	26	2,0	110	126	5.42	91
	139 - 06B	3.25	28	2,0	150	110	1.64	91
	139 - 7	3.1	31	2,0	110	117	17.48	96
	61 - 9	3	30	2,5	115	113	11.09	90
Promedio Total	14	3.14	40	2,05 28,48	115	106 1589	9,27 129,88	115 1614

FASE # 6 El Balance Hídrico como herramienta en la Programación del Riego.

La programación de riegos generalmente formula el balance hídrico por hacienda y suerte, considerando a esta última como una unidad de suelo homogénea, sin desagregar la diversidad de tipos de textura que componen la suerte. En campo la suerte se observa como una combinación de colores de vegetación que indican estrés hídrico, pero también parches de cañas vigorosas y de buen color; algunos parches de suelo se encuentran agrietados, mientras que otros presentan buena humedad y están a capacidad de campo.

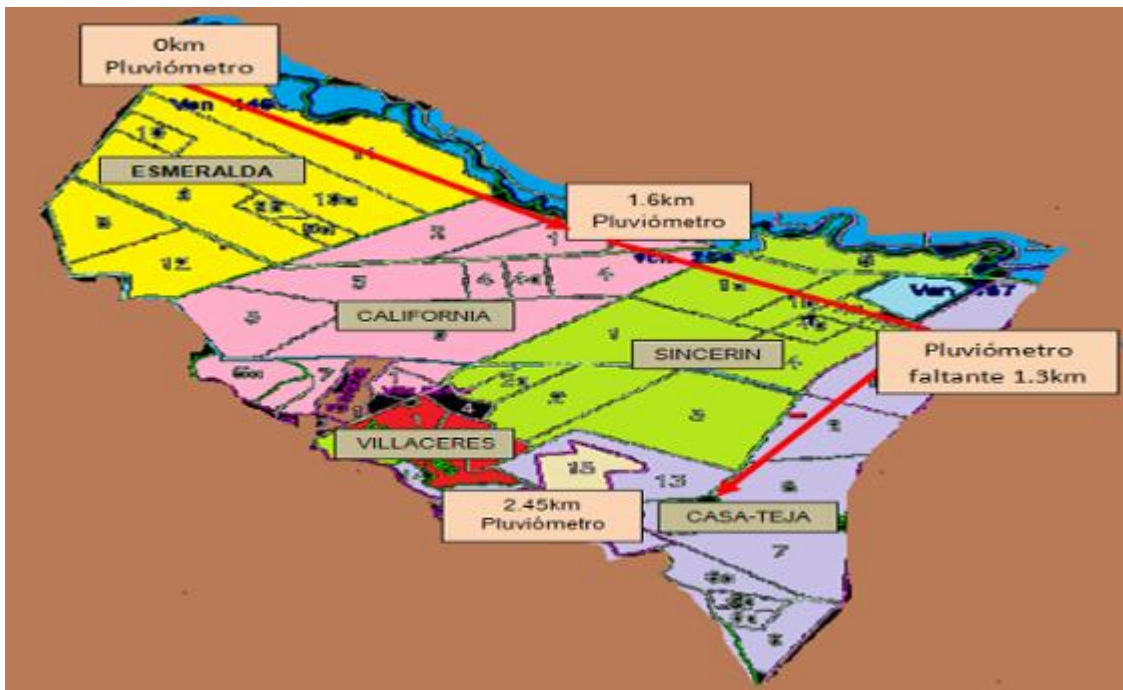


Figura 76. Localización del pluviómetro área representativa

La instalación de pluviómetros en áreas donde se pueda dar cuenta de las precipitaciones locales de la hacienda y el diseño de riego específicos por sitio que también tengan las variaciones texturales del suelo por suertes.

La formación de los regadores apunta en ese sentido, gestionando la eficiencia del riego, pero igualmente tendría que corresponder cambios en el sistema de

gestión del agua del ingenio, para que estos esfuerzos locales sean duraderos y se extiendan a las demás haciendas, como se observa en la Figura 3 lo disperso que se encuentra un pluviómetro de otro en cada hacienda, se debería buscar la manera de ubicar uno o dos más en las área representativas, para obtener datos más precisos por evento.

En algunas haciendas sería recomendable tener un pluviómetro cada 50 ha, como en algunos casos la lluvia no es pareja nos encontramos con dificultades en las que los datos del balance hídrico, no concuerdan con la realidad del terreno. En algunas ocasiones el Balance Hídrico indica déficit pero la suerte se encuentra en Capacidad de Campo, de ahí la acuciosa observación en campo (en el suelo y la planta) de los mayordomos. También, es frecuente observar que algunos lotes presentan hasta tres tipos de suelos, pero el balance hídrico basa su programación y ejecución en un solo tipo.

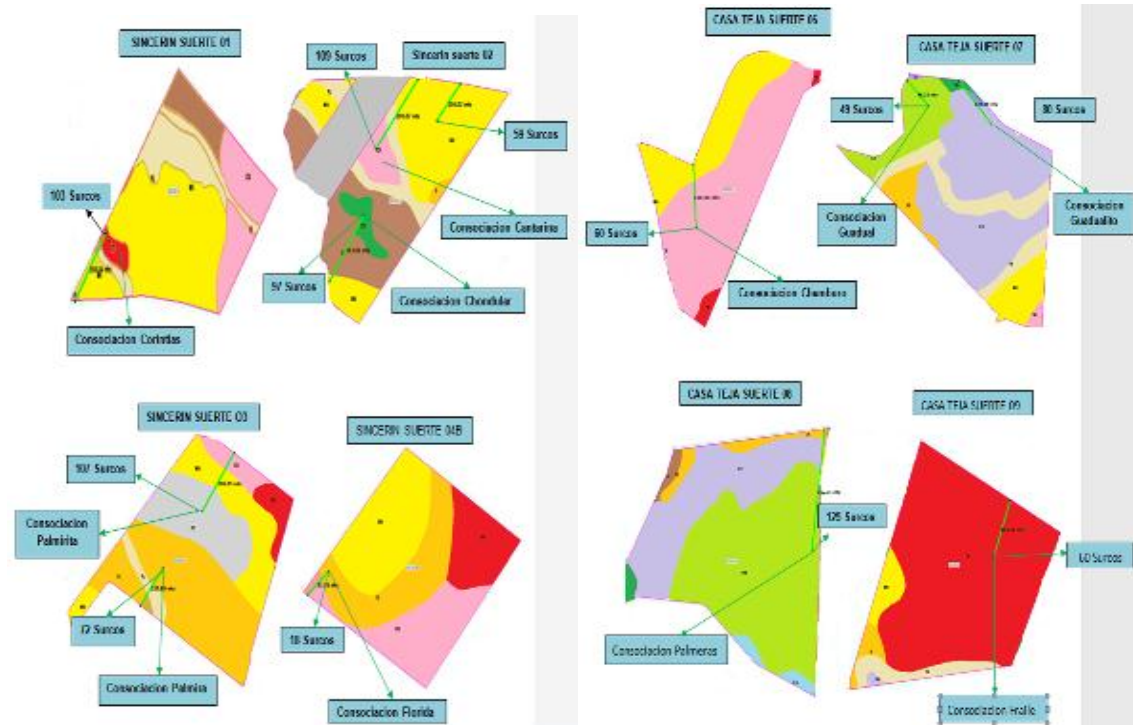


Fig. 77 Como se Obtuvieron las muestras para hallar la LARA en las haciendas cañeras Sincerin y Casa-teja

FASE # 7 Determinación de LARA en las haciendas Sincerin y Casa Teja

Tabla 16. Valores de Densidad aparente, Capacidad de campo y Punto de marchitez permanente para estimar LAA y (LARA) en 14 suertes de las haciendas cañeras Sincerin y CasaTeja. Municipio de Candelaria, Valle, 2011.

Clase de suelo	Profundidad (cm)	Densidad aparente (gr/cm ³)	CC (%)	PMP (%)	LAA (mm)	LARA (mm)
MN FAR	20	1.48	39,16	20,00	56.71	28.36
	40	1.54	37,92	18,20	<u>121.47</u> 89,10	<u>60.74</u> 44.55
PL F	20	1.52	29,93	12,01	54.47	27.23
	40	1.55	31,62	12,28	<u>119.9</u> 87.18	<u>59.95</u> 43.59
CN FARA	20	1.48	31,35	16,27	49.63	24.83
	40	1.57	30,00	12,05	<u>115.72</u> 82.68	<u>57.86</u> 41.35
FL AREN.FI N	20	1,62	20,00	7,24	41.34	20,67
	40	1,75	21.44	11,53	<u>69,37</u> 55,35	<u>34,68</u> 27,67
FA FA	20	1.64	19,31	9,54	32,04	16,02
	40	1.68	26,79	14,58	<u>82.05</u> 57.04	<u>41.03</u> 28.52
GU F	20	1.46	27,52	16,35	43.62	26.81
	40	1.52	19,86	8.61	<u>78.40</u> 61.01	<u>34.20</u> 30.51
PM ARL	20	1.57	35,96	22,40	48,51	24,26
	40	1.60	29,14	18,27	<u>89,56</u> 69.04	<u>44,78</u> 28,03
PT FARL	20	1.63	31,87	18,13	44,79	22,39
	40	1.66	34,59	19,37,	<u>101,06</u> 72,92	<u>50,53</u> 36,46
CM FARL	20	1.48	50.22	22,24	65,32	32,66
	40	1.53	31,58	17,18	<u>88,12</u> 76,72	<u>44,06</u> 38,36
GD FARLA	20	1.48	23,85	10,38	39,87	19,94
	40	1.59	33,87	17,41	<u>104,68</u> 72.28	<u>52,34</u> 36.14
CT ARL	20	1.68	26,15	13,50	42,50	21,25
	40	1.79	29,48	16,83	<u>90,57</u> 66,53	<u>45,28</u> 33,26
CH FARMI	20	1.61	31,50	17,73	44,34	24,17
	40	1.64	27,17	15,88	<u>94,06</u> 69,20	<u>45,03</u> 34,60

Tabla 17. Precipitación y evaporación diaria durante el periodo de diagnóstico Haciendas Esmeralda, California y Casa Teja

DIA	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE	OCTUBRE	NOVIBRE	Diciembre
	Pluv-Eva	Pluv-Eva	Pluv-Eva	Pluv-Eva	Pluv-Eva	Pluv-Eva	Pluv-Eva	Pluv-Eva
1	8	2 2.00 9 3	4.	4.00	4.90	2.90	4.60	2.7
2		3 2.40 15 5	2.60	4.80	5.40	3.20	5.10	2.9
3	9 6 8	2.00	4.30	4.30	3.37	10 3.50 4 6	4.10	25 18 28 3.1
4		1.90	2.90	4.60	4.10	6 3.70 12 13	10 3.40 2 10	7 15 11 3.1
5		4.10	1 4.40 1	5.20	5 5.60	4.30	5.10	2.7
6		4.30	2.70	4.80	3.10	10 4.70 14 12	2 3.60 10	7 3.3
7		3.40	2.30	4.80	17 4.10 20	34 3.90 40 26	6 4.00	3.3
8		3.70	4.40	4.50	6 2.50 30	4.70	28 2.00 20 26	8 6 8 2.5
9		3.90	3.10	3.10	14 2.30	24 5.00 28 15	3.80	5 3.2
10		3.50	3.40	4.40	57 4.10	15 3.10 10 12	20 3.70 22 17	8 9 3.5
11		4.30	4.00	3.30	52 2.30 25	18 4.00 23 12	19 3.60 22 28	14 27 6 3.8
12	1	4.10	8 4.10 1 5	3.80	3.20	13 4.00 10 15	20 3.60 18 13	16 23 3.5
13	24 22 20	3.30	15 3.20	2 3.20	3.60	4.80	2.70	5 18 19 2.0

14	5	10 3.20 4 5	4 3.80 10	2 3.70 4 3	6.10	19 2.10 32 16	5 4.40 4	12 3 3
15		5 2.80	3.00	3.00	4.40	12 2.60 15	3.50	4 16 8
16	2 4 1	2.40	4.80	4.00	1 3.80	2.50	2.90	16 10 3
17		2.40	3.00	3.80	3.80	12 2.30 14 13	3.60	8 14 12 2.7
18		2.30	3.10	4.00	3.70	2.70	4.20	2 25 11 2.9
19		2.90	3.40	2 3.50 3	3.20	4.60	10 4.20 11 9	6 2.0
20		4.40	4.60	4.00	3.40	4.60	4.40	3.0
21	15 8 17	4.10	4.50	4.30	3.50	3.50	3.60	1.8
22	5 4 5	22 4.80	4.20	4.80	5.10	5.40	5 4 3.60	3.8
23		3.00	4.60	18 4.70 30 15	7 4.60 14 7	5.20	4.20	2 3.8
24		2.70		4.50	3.50	2.60	2.40	3.1
25		5 3.30	15 3.70 1	4.80	10 2.50	7 4.00 10 8	3.80	3.6
26		3 3.40 2	2.40 10	5.20	3.80	3.50	5 4.10 7 11	4.2
27		2.80	3.90	5.10	3.30	4.40	3.50	4.1
28		4.90	3.60	8 4.20 28 7	3.90	2.60	1 2.70 6 6	3.4
29		4.60	5 2.10 6 10	4.00	3.50	61 2.50 12 71	6 2.50 8 8	4.3
30		3.80	4 2.60		5.40	2.20	3.60	3.7
31	2 3	9 23	3.00	3.80		3.60		4.4
	68 57 44	32 42 43 101	23 80 33 106	65 30 27 128	115 93 57 116	209 241 234 113	132 127 138 110.5	130 152 154 88.6

La Esmeralda = números de color

Casa de Teja = números de color

California = números de color

Evapotranspiración diaria



Tabla 18. Supuesto Balance Hídrico Diario para la programación de riego en las haciendas Sincerin Casa Teja.

Suelo	Hacienda	Suerte	Área	(%)	ET	Eva mm	Lluvia mm	Días para Riego	Edad Meses	LARA 2 - 4	LARA 4 - 10
MN	Sincerin	01	10.15	51.18	0.30	9.24	152	16	2.15	44.55	51.32
	Sincerin	01A	7.36	56.52	0.30	9.24	152	16	2.50		
	Sincerin	02	6.26	45.00	0.70	9.24	152	7	9.23		
	Sincerin	02A	1.67	48.64	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	03	4.64	20.47	0.70	9.24	152	7	8.53		
	Sincerin	04	7.82	71.79	0.70	9.24	152	7	4.43		
	Sincerin	04A	1.10	60.86	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	04B	0.62	30.76	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	04C	1.01	71.40	-	9.24	152	-	4.60		
	Sincerin	05	0.73	8.79	0.70	9.24	152	7	2.15		
	Sincerin	06	1.53	54.54	0.30	9.24	152	16	8.53		
	Sincerin	06	16.0	29.60	0.70	9.24	152	7	2.60		
	Sincerin	06A	15.19	21.90	0.30	9.24	152	16	3.00		
	Casa-Teja	06B	0.22	13.33	0.30	9.24	152	16	2.60		
	Casa-Teja	07	1.53	8.76	0.30	9.24	152	16	3.78		
	Casa-Teja	09	0.53	4.76	0.30	9.24	152	16	2.56		
	Casa-Teja	13	3.91	36.14	0.30	9.24	152	16	1.79		
Casa-Teja	14	0.81	30.56	0.30	9.24	152	16	1.63			
CN	Sincerin	01	3.60	18.00	0.30	9.24	152	14	2.15	41.35	57.8
	Sincerin	01A	3.02	23.18	0.30	9.24	152	14	2.50		
	Sincerin	01B	0.60	11.56	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	02	0.90	6.53	0.70	9.24	152	9	9.23		
	Sincerin	02A	0.28	8.10	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	03	1.06	4.72	0.70	9.24	152	9	8.53		
	Sincerin	04B	0.55	26.92	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	05	7.60	91.20	0.70	9.24	152	9	4.60		
	Sincerin	06	0.03	1.0	0.30	9.24	152	14	2.15		
FL	Sincerin	01	1.32	6.63	0.30	9.24	152	3	2.15	27.67	34.68
	Sincerin	01A	1.60	12.31	0.30	9.24	152	3	2.50		
	Sincerin	01B	0.34	6.66	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	02	1.45	10.45	0.70	9.24	152	5	9.23		
	Sincerin	02A	0.37	10.84	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	03	0.71	3.15	0.70	9.24	152	-	8.53		
	Sincerin	04	0.56	5.12	0.70	9.24	152	5	4.43		
	Sincerin	04A	0.39	21.73	-	9.24	152	5	-----		
	Sincerin	04B	0.54	26.92	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	04C	0.30	21.42	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	06	1.28	45.45	0.30	9.24	152	3	2.15		
	Casa-Teja	06A	0.50	7.21	0.30	9.24	152	3	8.53		
	Casa-Teja	06B	0.11	6.70	0.30	9.24	152	3	2.60		
	Casa-Teja	07	2.79	15.98	0.30	9.24	152	3	3.00		
	Casa-Teja	08	0.64	4.86	0.30	9.24	152	3	2.60		
	Casa-Teja	09	0.70	6.35	0.30	9.24	152	3	3.78		
	Casa-Teja	13	2.41	22.29	0.30	9.24	152	3	2.56		
Casa-Teja	14	1.84	69.44	0.30	9.24	152	3	1.79			

PL F	Sincerin	01	4.13	20.85	0.30	9.24	152	16	2.15	43.56	47.55
	Sincerin	01A	1.03	7.97	0.30	9.24	152	16	2.50		
	Sincerin	02	4.28	30.71	0.70	9.24	152	7	9.23		
	Sincerin	02A	1.11	32.40	-	9.24	152	-	-----		
	Sincerin	03	10.07	44.48	0.70	9.24	152	7	8.53		
	Casa-Teja	06A	4.26	61.40	0.30	9.24	152	16	3.00		
	Casa-Teja	06B	1.31	80.00	0.30	9.24	152	16	2.60		
	Casa-Teja	07	0.90	5.15	0.30	9.24	152	16	3.78		
	Casa-Teja	08	0.18	1.39	0.30	9.24	152	16	2.56		
	Casa-Teja	09	0.26	2.38	0.30	9.24	152	16	1.79		
	Casa-Teja	13	3.91	36.14	0.30	9.24	152	16	3.78		
FA FA	Sincerin	03	1.07	4.72	0.70	9.24	152	6	8.53	28.52	41.03
	Sincerin	04	2.50	23.0	0.70	9.24	152	6	-----		
	Sincerin	04A	0.31	17.39	0.30	9.24	152	10	-----		
	Sincerin	04B	0.31	15.38	-	9.24	152				
	Sincerin	04C	0.10	7.14	-	9.24	152		2.15		
	Casa-Teja	09	9.50	85.71	0.30	9.24	152	10	3.78		
PT Ar	Sincerin	02	0.27	1.96	0.70	9.24	152	8	9.23	36.46	50.53
	Sincerin	03	5.08	22.44	0.70	9.24	152	8	8.53		
CT ArL	Sincerin	01	0.65	3.31	0.30	9.24	152	12	2.15	33.26	45.28
	Casa-Teja	06	0.15	2.80	0.70	9.24	152	7	8.53		
CH FARMI	Sincerin	02	0.73	5.22	0.70	9.24	152	5	9.53	34.60	45.03
	Sincerin	02	0.73	5.22	0.70	9.24	152	5	9.53		
CM FARL	Casa-Teja	06	3.66	67.6	0.70	9.24	152	6	8.53	38.36	44.06
	Casa-Teja	07	0.18	1.03	0.30	9.24	152	14	2.60		
PM FARL	Casa-Teja	07	1.03	1.03	0.30	9.24	152	10	2.56	28.03	
	Casa-Teja	08	7.86	59.72	0.30	9.24	152	10	1.79		
GU F	Casa-Teja	06A	0.42	6.02	0.30	9.24	152	11	2.60	30.51	
	Casa-Teja	07	9.36	53.60	0.30	9.24	152	11	2.60		
	Casa-Teja	08	0.36	2.77	0.30	9.24	152	11	1.79		
	Casa-Teja	13	0.59	5.42	0.30	9.24	152	11	2.56		
GD FARL	Casa-Teja	06A	0.25	3.61	0.30	9.24	152	13	2.60	36.14	
	Casa-Teja	07	2.52	14.43	0.30	9.24	152	13	2.60		

Concluyendo esta parte después de a ver realizado todo el procedimiento para hallar la Lámina de Agua Rápidamente Aprovechable (LARA), estamos en capacidad de verificar el tiempo que necesitamos para regar después de un evento (lluvia) o al iniciar una temporada de riego para irnos preparando con el alistamiento en las fuentes y los sistemas de conducción facilitándonos el poder de arrancar el riego con dificultades o problemas que no se puedan solucionar fácilmente.

En la Tabla 19 se observa una alta eficiencia en la aplicación del agua para riego en el año 2011 con respecto a los años anteriores, además el TCH que ha superado en un 95% de las suertes cosechadas en estos periodos, notándose así rendimientos obtenidos y el gran ahorro del recurso hídrico en los costos de aplicación.

Tabla 19. Comparativo anual de riego, producción y rendimiento en las Haciendas Sincerin y Casa Teja, Candelaria, Valle.

Hacienda	suerte	Área	Año											
			2006 (GCO)			2007 (GVE)			2010 (GVE)			2011 (GVE)		
			Lámina	TCH	Rdto (% Sacarosa)	Lámina	TCH	Rdto (% Sacarosa)	Lámina	TCH	Rdto (% Sacarosa)	Lámina	TCH	Rdto (% Sacarosa)
Sincerin	1	19.84	183	139.16	13.93	133	133.77	12.48	132	156.75	11.71	128	155.24	12.93
	1A	13.02	170	130.60	13.75	118	146.11	13.17	100	117.70	11.69	135	164.54	13.14
	1B	5.21	0			0			120	133.09	13.06	96	0	
	2	13.93	198	137.90	12.65	183	136.98	13.38	148	129.59	12.91	101	156.64	12.40
	2A	3.43	0			0			155	144.76	10.56	105	0	
	3	22.66	165	131.03	13.51	139	135.02	12.97	124	123.76	12.09	103	120.75	11.72
	4	10.9	172	144.24	13.40	133	136.65	11.46	141	semilla	0	125	166.10	10.52
	4A	1.81	162			122	136.84	11.29	133	193.67	10.76	95	105	
	4B	2.03	0			0			125	128.40	10.72	95		
	4C	1.42	0			0			128	150.51	11.26	99		
	5	8.34	160	143.94	11.71	0	128.99	10.91	99	140.23	11.29	0	143.66	10.67
	6	2.81	176	161.22	10.50	0	128.38	10.25	134	123.03	10.30	0	149.82	12.06
	5	4.43	177	146.42	11.19	143	133.84	13.01	0	131.46	11.52	0		
	Casa Teja	6	5.42	267	Semilla		170	164.38	12.87	0	128.34	14.17	128	139.31
6A		6.94	173	132.28	12.21	149	135.1	12.51	136	130.08	11.82	0	135.62	12.75
6B		1.64	173			149			117	semilla	0	120	187.43	10.35
7		17.48	183			133	133.28	12.68	127	129.43	11.98	117	142.80	13.62
8		13.16	0	145.62	11.46	0	123.28	12.08	150.06	147.7	12.11	0	173.44	12.11
9		11.09	0	139.78	12.84	0	141.41	13.91	146	semilla	0	113	semilla	
13	10.84	0	145.73	11.04	0	118.36	10.82	135.5	130.14	12.47	0	137.57	13.67	
14	2.65	0	145.22	11.17	0	136.91	11.97	156	143.01	11.83	0			
		179.05	181.4	141.78	12.25	142.9	144.06	12.23	131.9	134.65	11.94	111.42	148.29	12.15

FASE # 8 Experiencia de reconocimiento de indicadores de gestión en las haciendas Villaceres, Llano Parraga, California y colombiana

En todas la visitas que se le hicieron a los diferentes frentes de riegos de la zona se evidenciaba la perdida de agua, en unas partes era mucho más que en otras; como también el poco conocimiento o aplicación en su totalidad de los parámetros de riego al realizar el control administrativo de esta labor por parte

del mayordomo también se encontró algunas falencias que al final repercutían en el caudal que realmente era aplicado en la suerte y a la lámina de riego que debía registrarse de forma correcta, lo cual no lo enseña el cuadro que vemos a continuación ..

Diagnóstico sobre conductas en la gestión del riego Se realizaron cuatro evaluaciones en los diferentes frentes de riego, una de ellas fue a las 5:15 a.m. al señor Salazar (regador nocturno) y las dos restantes fueron en la tarde 1 el día miércoles a las 4:00 p.m. y la otra el día jueves 4: 15 p.m. al señor Cipriano. En las cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 20. Resultado de evaluaciones realizadas en las haciendas Villaceres 02A, Llano Parraga 15, California 06 y Colombiana 02 de la zona # 3

Fecha Inicio y Final	Regador	Caudal Pozo	Caudal suerte	Hmetro Inicial	Hmetro Final	Área Regada	Surcos Por set	Caudal surco	Tiempo salida	Longitud del surco	Lam (mm)	m ³	Evaluador
2011/02/1	Castaño	144	140	06	16	6.23	35	4.00	1½	110	80	1122	Gonzalo Ramírez
2011/02/1	Castaño	144	120	06	16	6.23	48	2.70	1½	110	69	701	Sandro Pérez F
2011/09/06	Arango	110	110	17	06	4.00	20	4.0	1½	140	128	1212	Gonzalo Ramírez
2011/09/06	Arango	110	80	17	06	4.00	25	3.2	2.0	140	94	940	Sandro Pérez F
2011/09/07	Arango	105	105	06	11	1.36	30	3.5	2.0	110	138	1389	Gonzalo Ramírez
2011/09/07	Arango	105	90	06	11	1.36	28	3.2	2.0	110	119	1200	Sandro Pérez F
2011/09/13	Cipriano	110	90	12	06	3.00	15	6.0	1½	140	129	2204	Nelson Pacheco
2011/09/13	Cipriano	130	85	12	06	3.00	56	1.5	2.5	140	183	1936	Sandro Pérez F
2011/09/14	Salazar	135	120	06	06	6.50	30	4.0	1½	125	159	987	Nelson Pacheco
2011/09/14	Salazar	126	90	06	06	6.50	37	2.5	3.00	125	119	1201	Sandro Pérez F
2011/09/15	Cipriano	141	100	06	18	3.56	50	2.0	3.00	120	121	1028	Nelson Pacheco
2011/09/15	Salazar	125	110	06	18	3.56	42	2.0	2.50	120	133	1346	Sandro Pérez F
2011/09/16	Montilla	110	110	18	06	3.15	36	3.00	2.50	140	138	1122	Vicente Solarte
2011/09/16	-	110	100	18	06	3.15	27	3.5	2.50	140	137	1360	Sandro Pérez F

CONCLUSIONES

Durante el proceso de capacitación se realizó un mapa que permitió identificar parches arenosos en todas las suertes de las haciendas Sincerin y casa teja, la señalización de estas zonas especiales podrían convertirse en una estrategia de gestión eficiente del riego para que los regadores las pudieran reconocer durante el riego y ajustar el caudal de las ventanas de los surcos que se alinean con estos parches. En la medida en que estos parches representen áreas significativas se introducirían variaciones en la estrategia que consistirían en regar con frecuencias más cortas a las que habitualmente recomienda el balance hídrico

En el momento con ayuda del Supervisor y el Ingeniero de zona se trabaja en un implemento acoplado al tractor para transporte del personal de riego, también se debe contar con más tractores en la zona en época de riego para agilizar la instalación y recogida de tubería y poder garantizar en un 90% la eficiencia en las horas fuente, ya que el riego se realizaría permanentemente y no se presentarían esos tiempos muertos tan largos. El próximo trimestre se presupuesta un área mucho mayor en edad de riego pasaríamos de regar 86.62ha a regar 173.27 has casi el 100% de más.

Los resultados de las mediciones de capacidad de campo y de los ensayos son consistentes entre sí en el sentido que ambos estudios indican que es posible regar menos que lo que recomienda el actual BH del Ingenio, el control del riego es una herramienta de gran valor en el proceso de mejoramiento de la eficiencia ya que permite mantener actualizadas las mediciones de caudales, las áreas regadas, la eficiencia en el uso del agua, la eficiencia administrativa y la sincronización y el rendimiento del riego. La medición es importante para controlar cualquier actividad de campo, así como para establecer planes de mejoramiento.

Se reconocieron indicadores de gestión de calidad del riego con el fin de tomar medidas inmediatas y a corto plazo para disminuir los costos de riego, se establecieron patrones de calidad en el riego, se midió la cantidad de agua diariamente, se tomaron medidas de mejoramiento, se registraron los valores de los indicadores para análisis económico y estadístico, se hizo una sincronización regador VS agua, los jornales a imputar y los jornales netos, volumen de agua aplicado por ha y la eficiencia de aplicación

Minimizar las áreas de los lotes poco regados o sobre regado con uniformidad de la aplicación, también asegura uniformidad y calidad en la producción. Igualmente minimiza la recarga de la capa freática, principal fuente de salinización y asegura agua de mejor calidad para otros usos por los predios localizados aguas abajo.

Como en todos los sistemas de riego, existen pérdidas de agua razonable, el método de riego y la habilidad del regador pueden mantener estas pérdidas en rangos aceptables que no califiquen al manejo del cultivo como derrochador de agua.

Es necesario tener en cuenta que las condiciones del terreno para el riego son dinámicas de un ciclo de cultivo a otro y que las características texturales del suelo constituyen solo un elemento al momento de definir criterios de deficiencia de riego.

Los grupos de laminas obtenidas durante el estudio (de 80 mm, 100mm, 120mm) presentaron buenos resultados en cuanto a los parametros de rendimiento y calidad, demostrando de esta manera que con reducciones de caudales en el set de ventanas abiertas (reduciendo en un 20 % hasta llegar a 1 -2 lps por ventana) se pueden obtener resultados satisfactorios.

AGRADECIMIENTOS

Muy agradecido con Dios que fue mi guía y fortaleza en los momentos más difíciles para no desfallecer, dándome fuerzas para continuar adelante con la meta propuesta, ser Agrónomo.

Al asesor Efigenio Hernández de la UNAD (Universidad Nacional Libre y a Distancia) y al Ingeniero Juan Pablo Raigosa, Jefe y asesor del Ingenio Mayagüez por el enriquecimiento de este proyecto, sus enterezas y conocimientos al apoyarme como mentores en la culminación de mi carrera como Agrónomo.

A la UNAD (Universidad Nacional Libre y a Distancia) en nombre de toda la comunidad académica y en especial al Dr.: José Luis Montaña Director de la universidad y a los Ingenieros Reinaldo Giraldo, La Zootecnista: Liliana Valencia, Ing. Agroforestal Sandra Aya y en general a todos los tutores y compañeros que compartieron conmigo durante la carrera.

Al Supervisor John Jairo Idarraga y demás Mayordomos de la zona # 3 y a todos mis trabajadores que hicieron parte del proceso de mejoramiento del uso del recurso hídrico en las Haciendas Sincerin y Casa Teja (Jesús Zambrano, Ángel Ramos, Aldemar Herrera, Luis Fernando Pacheco, José Alberto Machado, Wilmer Olave, Ferney Caicedo y Carlos Misas).

A todas aquellas personas que creyeron en mí y contribuyeron con su granito de arena a que fuera posible este trabajo fruto de un gran esfuerzo y dedicación que me permite llegar al final de una de las etapas más importantes de mi vida, de ser profesional.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ Cenicaña 2007. Red Meteorológica Automatizada, Servidor de Mapas
- ❖ Cruz Valderrama R. 2010. Tecnologías para la gestión sostenible del riego en el sector de la caña. Procaña (junio), p 18 – 20. Disponible en:
- ❖ Cruz Valderrama R. 2010. Tecnologías para la gestión sostenible del riego en el sector de la caña. Balance hídrico para la programación de los riegos Procaña (junio), p 18. Disponible en:
- ❖ <http://www.procana.org/revistas/90/5.pdf>. Acceso: 01 – 09 – 2011.
- ❖ <http://www.procana.org/revistas/90/5.pdf>. Acceso: 01 – 09 – 2011.
- ❖ http://www.alia2xti.com/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=10&Itemid=42. Acceso 05 – 2011.
- ❖ Ingenio Mayagüez. 1998. Segunda revisión del procedimiento de riegos. 8 p.
- ❖ Martha Jama. Talleres de riego por aspersion dictados a Mayordomos del Ingenio Mayagüez en septiembre de 2011.
- ❖ Núñez Oscar. 2009 Uso del balance hídrico como herramienta para la programación del riego. Ingenio San Carlos. P2. Disponible en
- ❖ Torres, J. Cruz, R. y Villegas. F. 2004. Avances técnicos para la programación y el manejo del riego en caña de azúcar. Serie técnica N ° 33. CENICAÑA. 2° Edición. Cali. Colombia.

ANEXOS

Anexo 1

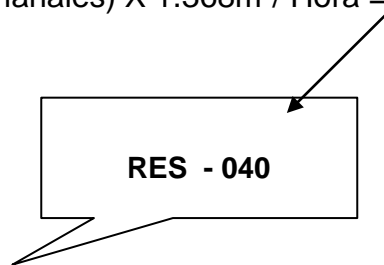
Abastecimiento de agua en las haciendas cañeras Sincerin Casa Teja

El Reservorio Cuya capacidad es de 116.000 m³ (por sedimentación se promedia unos 105.000 m³) para mantener el reservorio constantemente se trabaja de la siguiente manera:

ENTRADAS:

380 lps X 3.6 = 1.368 m³/Hora.

128 (Horas semanales) X 1.368m³/ Hora = 175.104 m³



Capacidad Reservorio = 105.000 m³

SALIDAS

750 lps X 3.6 = 2.700 m³/Hora.

104 (Horas semanales) X 2.700m³/Hora = 280.800 m³

Volumen neto de almacenamiento del reservorio: 105.000 m³

Volumen semanal de captado: 175.104 m³

Diferencia de volumen entre captación y descarga: 175.104 m³ - 105.000 m³ = 70.104 m³.

Volumen de agua faltante para suministrar la cantidad de agua necesaria para la operación de riego normal: $280.800 \text{ m}^3 - 105.000 \text{ m}^3 = 175.800 \text{ m}^3$

			VOLUMEN RESERVORIO M3	CAUDAL DE CAPTACION M3/HR	CAUDAL DE DESCARGA M3/HR	TOTAL M3
DOMINGO			105,000	1,368	-2,700	105,000
LUNES	06:00		105,000	13,680	-27,000	91,680
	18:00	12:00..				
MARTES	06:00		91,680	13,680	-16,200	89,160
	18:00		89,160	13,680	-32,400	70,440
MIÉRCOLES	06:00		70,440	13,680	-16,200	67,920
	18:00		67,920	13,680	-32,400	49,200
JUEVES	06:00		49,200	13,680	-16,200	46,680
	18:00		46,680	13,680	-32,400	27,960
VIERNES	06:00		27,960	13,680		41,640
	18:00		41,640	13,680		55,320
SABADO	06:00		55,320	13,680		69,000
	18:00		69,000	13,680		82,680
DOMINGO	06:00		82,680	13,680		96,360
LUNES	08:00					
	14:00		96,360	8,208		#####
MARTES	06:00		104,568	21,888	-37,800	88,656.00
	18:00		88,656	13,680	-27,000	75,336.00
MIERCOLES	06:00		78,072	13,680	-32,400	59,352.00
	18:00		59,352	13,680	-32,400	40,632.00
JUEVES	06:00		40,632	13,680	-32,400	21,912.00
	18:00		21,912	13,680		35,592.00
VIERNES	06:00		35,592	13,680		49,272.00
	18:00		49,272	13,680		62,952.00
SABADO	06:00		62,952	13,680		76,632.00
	18:00		76,632	13,680		90,312.00
DOMINGO	06:00		90,312	13,680		#####
LUNES	08:00		90,312	13,680		#####
	18:00		103,992	13,680	-27,000	90,672.00
MARTES	06:00					

Tabla 21. volumen de agua necesario para mantener el reservorio suficientemente para regar

Anexo 2

Tabla 22. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera Casa-Teja municipio de Candelaria, Valle del Cauca, 2011

Hacienda Suerte	FARL CM	FA FA	FAR MN	FARL PM	FARL GD	ARL CT	FARLA GV	ARENA FINA FL	F GU	F PL
139 - 05										
139 - 06	67.6		29.6			2.8				
139 - 06A			21.9		3.61			7.21	6.02	61.4
139 - 06B			13.3					6.7		80.0
139 - 07	1.03		8.76	1.03	14.43		0.02	15.98	53.60	5.15
61 - 08				59.72			31.25	4.86	2.77	1.39
61 - 09		85.71	4.76				0.79	6.35		2.38
85 - 13			36.14					22.29	5.42	36.14
85 - 14			30.56					69.44		
TOTAL	6.88	13.09	15.11	10.80	4.59	0.27	6.47	10.93	14.71	17.14

Tabla 23. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera casa-teja municipio de candelaria, valle del cauca, 2011

Nombre	Símbolo	Subgrupo	Familia	Área (ha)	Porcentaje (%)
Guadualito	GU	Fluvaquentic Haplustolls	francosa gruesa	10.9	30.0
Palmira	PL	Pachic Haplustolls	francosa fina	7.3	20.2
Manuelita	MN	Fluventic Haplustolls	francosa fina	5.7	15.7
Chamburo	CM	Fluvaquentic Haplustolls	francosa fina	5.1	13.9
Florida	FL	Entic Haplustolls	arenosa	3.9	10.7
Guadual	GD	Fluvaquentic Haplustolls	francosa fina	3.1	8.4
Palmeras	PM	Vertic Haplustolls	francosa fina	0.2	0.5
Corintias	CT	Typic Haplusterts	francosa fina	0.2	0.5
Genovez	GV	Pachic Haplustolls	francosa gruesa	0.0	0.1
Total				36.4	100%

Tabla 24. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera casa-teja suertes 08, 09 y 09a (24.25ha) municipio de Candelaria, Calle del cauca, 2011

Nombre	Símbolo	Subgrupo	Familia	Área (ha)	Porcentaje (%)
Fraile	FA	Entic Haplustolls	arenosa	9.7	40.3
Palmeras	PM	Fluvaquentic Haplustolls	francosa gruesa	7.8	32.2
Genovez	GV	Pachic Haplustolls	francosa gruesa	4.2	16.9
Florida	FL	Fluventic Haplustolls	francosa fina	1.3	5.4
Manuelita	MN	Pachic Haplustolls	francosa fina	0.5	2.1
Palmira	PL	Pachic Haplustolls	francosa fina	0.4	1.8
Guadualito	GU	Vertic Haplustolls		0.3	1.3
Total				24.2	100%

Tabla 25. Tipo y distribución de los suelos en la hacienda cañera casa-teja suertes 13 y 14 (13.49ha) municipio de Candelaria, Valle del cauca, 2011

Nombre	Símbolo	Subgrupo	Familia	Área (ha)	Porcentaje (%)
Palmira	PL	Pachic Haplustolls	francosa fina	5.00	35.9
Manuelita	MN	Pachic Haplustolls	francosa fina	5.00	36.2
Florida	FL	Fluventic Haplustolls	francosa fina	2.90	22.4
Genovez	GV	Pachic Haplustolls	francosa gruesa	0.59	5.23
Total				13.49	100%

Anexo 3 Algunas labores que inciden directamente con el riego

Podemos hablar en la preparación sobre el diseño de la suerte (Longitud del surco y distancia de siembra, el encalle de residuos (despeje de la cepa) el cual debe hacerse inmediatamente después del corte, el subsuelo debe hacerse inmediatamente o hasta los 8 días después del encalle, y el aporque cuya labor acumula tierra en la base de las plantas para mejorar su anclaje, protege la planta de excesos de humedad, mejora la eficiencia del riego; la motoniveladora que nos ayuda a conformar los callejones acondicionándolos muy bien de manera que nos haga el cordón en la cabecera donde se instala la tubería y la reborda en el pie, que nos ayuda a retener el caudal evitando desperdicios. Un ejemplo de una labor que reemplaza el resto es, el abono de labores integradas (ALI). Este equipo debe utilizarse en suelos sueltos (franco-arenosos o arenosos), en suelos franco arcillosos o arcilloso dependen del estado de la suerte, no en suertes que presenten un alto grado de compactación, debido en parte a que pueden haber sido cosechados en invierno, y en suelos con exceso de humedad como lo vemos en la Fig. 78.



Cuando se realiza en suelos sueltos y en buenas condiciones de humedad la labor queda de la siguiente manera Fig. 79



Sabemos que el objetivo de las labores de cultivo es reducir los efectos de compactación del suelo ocurridos por el paso de maquinaria agrícola en el momento de la cosecha, lo cual puede ocurrir entre 25-30 cm de profundidad y que puede ser mayor en el período de invierno ocasionando la disminución de los espacios porosos, en algunos casos se observan encharcamientos después de las lluvias lo cual lo podemos observar en algunas fotos anteriormente expuestas Por esto es fundamental el subsuelo ya que nos ayuda a mejorar la infiltración del agua su permeabilidad y la compactación del suelo con una buena roturación permitiendo que haya un mayor enraizamiento de la planta

Podemos concluir que entre las expresiones más frecuentes producida por la compactación están: sellado y costra superficial, encharcamiento temporal; agrietamiento del suelo; terrones grandes, masivos y duros; incremento de la densidad aparente; formación del pie de arado y horizontes masivos y la pérdida del espacio poroso.