

**EVALUACION TECNICO – FINANCIERA DE DOS SISTEMAS DE
RIEGO LOCALIZADO DE LA PENINSULA DE PARAGUANA,
ESTADO FALCON.**

Por
Boris Daal Toledo.



www.bdigital.ula.ve
Trabajo de grado para optar al título de Magíster Scientiae en Recursos Hidráulicos

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
E INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL.
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Mérida, Venezuela
2003**

DOMINION

AGRADECIMIENTO

- Al Dios Todopoderoso y La Virgen de Coromoto por ayudarme en los momentos de incertidumbre.
- A mi familia, en especial a mis padres Saúl y Teresa, ejemplos de mi vida.
- A mis tres hijas: Verónica Fabiola, Mary Theresa y Ruth Mary, mis bellas, a las que espero servir de ejemplo en el estudio.
- A mis amigos, en especial al Topógrafo Antonio Colina, incondicional para el trabajo, mi profundo agradecimiento.
- A las profesoras Tania Russian y Ana Ramones por sus consejos en la presentación de este trabajo de investigación.
- Al profesor Lucas Palacios por su amplia colaboración y aportes oportunos.
- A mi padrino, Dr. Carlos Grassi, por su apoyo, orientación y constante disposición a atender con paciencia.
- Al profesor Antonio Pérez Roa, tutor académico, por su colaboración y recomendaciones en la realización de este trabajo, eternamente agradecido.
- Al Sr Jaime de Abreu, dueño de la finca Cuabana y su encargado, por su colaboración desinteresada en la toma de registros.
- Al Sr Carlos Ruela, dueño de la finca La Aguada, por permitirme usar sus instalaciones y equipos para llevar a feliz término este trabajo.
- Al CIDIAT y a todos sus profesores, muchas gracias.

INDICE

AGRADECIMIENTO.....	v
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE APÉNDICES.....	xix
LISTA DE ANEXOS.....	xxii
RESUMEN.....	xxiv
Capítulos	
1- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
2- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Humedad del suelo.....	3
2.2. Demanda hídrica.....	5
2.3. Coeficiente de uniformidad.....	6
2.4. Análisis financiero.....	8
2.5. La modernización del riego.....	10
3- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
3.1. Ubicación.....	11
3.2. Clima.....	12
3.3. Topografía.....	14
3.4. Suelo.....	14
3.5. Recursos hídricos.....	15

4- METODOLOGIA.....	17
4.1. Selección de las fincas.....	18
4.2. Mediciones agronómicas.....	19
4.2.1. Características químicas del agua.....	20
4.2.2. Profundidad radical.....	20
4.2.3. Suelo.....	20
4.3. Diseño agronómico.....	21
4.3.1. Cálculo de las necesidades de agua.....	22
4.3.2. Cálculo del número de emisores.....	27
4.4. Mediciones hidráulicas.....	28
4.4.1. Uniformidad de riego.....	29
4.5. Diseño hidráulico.....	32
4.5.1. Tolerancia de caudales.....	33
4.5.2. Tolerancia de presiones en la subunidad.....	34
4.5.3. Hidráulica de los laterales.....	35
4.5.4. Hidráulica de la tubería terciaria.....	40
4.5.5. Hidráulica de las tuberías secundarias y primarias.....	40
4.6. ANALISIS FINANCIERO.....	41
5- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
5.1. Evaluaciones agronómicas.....	43
5.1.1. Diseño agronómico.....	43
5.1.2. Evolución de la tensión y porcentaje de humedad en el ciclo del cultivo melón, finca Cuabana.....	48
5.1.3. Evolución de la tensión y porcentaje de humedad en el ciclo del cultivo melón, finca La Aguada.....	61
5.1.4. Características químicas del agua finca Cuabana y la Aguada.....	67
5.1.5. Análisis de suelo.- Evolución de la fertilidad, CE y pH. finca Cuabana.....	73

5.1.6. Análisis de suelo. Evolución de la fertilidad, CE y pH, finca La Aguada.....	73
5.2. Evaluaciones hidráulicas.....	78
5.2.1. Evaluación funcional de la finca Cuabana.....	78
5.2.2. Evaluación funcional de la finca La Aguada.....	96
5.3. Análisis financiero.....	111
6-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	119
BIBLIOGRAFÍA.....	123
APÉNDICES.....	125

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE TABLAS

Tabla

3.1. Datos mensuales y anuales de precipitación estación Jadacaquiva Período (1990-2000).....	13
3.2. Datos mensuales y anuales de evaporación (mm) período (1970-1980).....	13
3.3. Datos mensuales y anuales de temperatura media (°C) estación Jadacaquiva período (1995- 1999).....	14
4.1. Coeficiente de uniformidad (Cu)	26
4.2. Valores de eficiencia de aplicación (Ea) en climas).....	26
4.3. Conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) según las cosechas.....	27
4.4. Calificación del coeficiente de uniformidad Cu(su)	30
4.5. Calificación de la uniformidad en función del Coeficiente de variación total (Cvt.).....	31
4.6. Coeficiente de Christiansen	35
4.7. Valores de (t) en Laterales alimentados por un extremo.....	38
4.8. Valores de (t) en Laterales alimentados por un punto intermedio.....	39
5.1. Evaporación (mm/día).....	44
5.2. Valores de la demanda hídrica del cultivo y tiempo de riego finca Cuabana método de la tina estándar y Penman Monteith.....	45
5.3. Valores de la demanda hídrica del cultivo y tiempo de riego finca La Aguada Método de la tina Standar y Penmman Monteith.....	48
5.4. Análisis de agua en la finca Cuabana y La Aguada.....	68
5.5. Concentración de iones en la laguna finca Cuabana (meq/l)	69
5.6. Concentración de iones en el pozo finca Coabana(meq/l).....	69
5.7. Concentración de iones en la laguna finca La Aguada(meq l).....	69
5.8. Concentración de iones sistema de riego finca La Aguada(meq/l).....	69
5.9. Riesgo potencial de obturaciones	70
5.10. Propiedades fisico químicas.....	75
5.11. Calificación del coeficiente de uniformidad y Coeficiente de variacion total en las diferentes subunidades, finca Cuabana	85

5.12. Presiones de entrada finca Cuabana (PSI).....	86
5.13. Presiones mínimas de entrada finca Cuabana (PSI).....	86
5.14. Caudales mínimos, medios y máximos en la finca Cuabana.....	86
5.15. Volumen aplicado por planta, lámina bruta mínima y volumen mínimo por planta en el sistema finca Cuabana.....	87
5.16. Valores teóricos y aplicados de agua al cultivo melón, finca Cuabana	87
5.17. Variación de presión en valores medidos en los laterales en PSI finca Cuabana.....	88
5.18. Variación de presión en valores medidos en los laterales en PSI Subunidad IV2 finca Cuabana.....	89
5.19. Variación de presión en PSI en la terciaria valores medidos finca Cuabana...	89
5.20. Diferencia de carga máxima en los laterales de cada subunidad finca Cuabana.....	91
5.21. Cumplimiento de la hipótesis de diseño en la terciaria finca Cuabana.....	91
5.22. Diferencia de carga máxima de las terciarias en porcentaje. Finca Cuabana.....	92
5.23. Coeficiente de uniformidad calculado, distribución inicial vs Coeficiente de uniformidad evaluado. Finca Cuabana.....	92
5.24. Coeficientes de uniformidad calculados, en diseño modificado finca Cuabana.....	93
5.25. Comparación de presiones calculadas en las válvulas, en distribución inicial y diseño modificado finca Cuabana.....	93
5.26. Comparación de diferencias máximas calculadas en distribución inicial y diseño modificado finca Cuabana. (Terciaria).....	94
5.27. Requerimiento de presiones en el nodo y potencia de bombeo..	95
5.28. Calificación del coeficiente de uniformidad y Coeficiente de variación total en las diferentes subunidades, La Aguada.....	100
5.29. Presiones de entrada P.S.I Finca La Aguada.....	101
5.30. Caudales mínimos, medios y máximos del sistema, Finca La Aguada	100
5.31. Lamina bruta media, mínima, volumen medio y mínimo aplicado por planta para el sistema Finca La Aguada.....	103
5.32. Valores teóricos y aplicados de agua al cultivo melón, finca La Aguada.....	103
5.33. Variación de presión en los laterales con valores medidos Finca La Aguada.	104
5.34. Variación de Presión en PSI en la Terciaria con valores medidos Finca La Aguada.....	105

5.35. Cumplimiento de la hipótesis de diseño en la terciaria Finca La Aguada.....	107
5.36. Coeficiente de uniformidad calculado, distribución inicial vs Coeficiente de uniformidad evaluado. Finca La Aguada.....	107
5.37. Diferencia de carga máxima de las terciarias en porcentaje y el coeficiente de uniformidad calculado Cu(su).Finca La Aguada.....	108
5.38. Coeficiente de uniformidad en diseño modificado, finca La Aguada.....	109
5.39. Diferencia máxima de presión en la terciaria en diseño propuesto. Finca La Aguada.....	109
5.40. Presión en las válvulas distribución inicial y diseño propuesto. Finca La Aguada.....	110
5.41. Secuencia de riego simultaneo, finca La Aguada.....	110
5.42. Requerimiento de presiones en el nodo y potencia de bombeo. finca La Aguada.....	111
5.43. Cálculos del VAN y TIR en diferentes escenarios de precios finca La Aguada.....	112
5.44. Cálculos del VAN y TIR en diferentes escenarios de precios, finca Cuabana....	115
5.45. Análisis financiero.....	117
5.46. Indicadores financieros a la tasa de 12 % y 40 %.....	117
5.47. Análisis de sensibilidad.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura

3.1 .Ubicación del área de estudio.....	11
3.2. Balance hídrico estación Jadacaquiva.....	12
4.1 Esquema del desarrollo metodológico.....	17
4.2. Esquema de cálculo de las necesidades de agua de riego.....	23
4.3 Efecto de localización por advección.....	25
4.4. Flujograma de evaluación funcional de los sistemas de riego.....	29
4.5. Fórmulas generales en laterales alimentados por un extremo.....	37
5.1 Evolución de la tensión de humedad estación 1 prof. 15 cm subunidad I Finca Cuabana.....	49
5.2. Evolución del porcentaje de humedad estación 1 prof. 15 cm. Subunidad I. Finca Cuabana.....	50
5.3. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad I.Finca Cuabana	51
5.4. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad I.Finca Cuabana.....	52
5.5. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad I Finca Cuabana.....	52
5.6. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad I .Finca Cuabana.....	53
5.7. Evolución del Porcentaje de Humedad, Estación 2. Prof. 15 cm subunidad IV1.Finca Cuabana.....	54
5.8. Evolución de la tensión de humedad, estación 2. Prof. 30 cm subunidad IV1.Finca Cuabana.....	54
5.9. Evolución del porcentaje de humedad, estación 2. Prof. 30 cm subunidad IV1.Finca Cuabana.....	55

5.10. Evolución del porcentaje de humedad, estación 2. Prof. 45 cm subunidad IV1. Finca Cuabana.....	56
5.11 Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 15 cm subunidad IV2. Finca Cuabana.....	57
5.12. Evolución del porcentaje de humedad, estación3. Prof. 15 cm subunidad IV2. Finca Cuabana.....	57
5.13. Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 30 cm subunidad IV2.Finca Cuabana.....	58
5.14 Evolución del porcentaje de humedad, estación3. Prof IV1. Finca Cuabana.....	59
5.15. Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 45 cm subunidad IV2.Finca Cuabana.....	60
5.16. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 15 cm subunidad VIII Finca La Aguada.....	62
5.17. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof 15 cm subunidad VIII Finca La Aguada.....	63
5.18. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof 30 cm subunidad VIII. Finca La Aguada.....	64
5.19. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof 30 cm subunidad VIII. Finca La Aguada.....	65
5.20. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof 45 cm subunidad VIII. Finca La Aguada.....	65
5.21. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof 45 cm subunidad VIII. Finca La Aguada.....	66
5.22. Esquema de distribución de las subunidades finca Cuabana.	79
5.23. Distribución de caudales en cada subunidad, finca Cuabana	80
5.24. Distribución de presiones en cada subunidad, finca Cuabana	81
5.25. Distribución de presiones subunidad IV modificada por el productor, finca Cuabana.....	82

5.26. Esquema de distribución de las subunidades de la finca La Aguada..... 97

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE APENDICES

Apéndice

A- Características de infiltración estación 1, finca Cuabana.....	127
B- Características de infiltración estación 3, finca Cuabana.....	129
C- Características de infiltración estación 1, finca La Aguada.....	131
D- Cálculo del coeficiente de uniformidad en las diferentes subunidades, finca Cuabana.....	133
E- Cálculo de laterales finca Cuabana.....	141
F- Cálculo de la terciaria y distribución de presiones en distribución inicial, finca Cuabana.....	155
G- Cálculo del coeficiente de uniformidad en distribución inicial, finca Cuabana.....	169
H- Cálculo de la terciaria y distribución de presiones en diseño modificado, finca Cuabana.....	179
I- Cálculo del coeficiente de uniformidad en diseño modificado, finca Cuabana.....	193
J- Cálculo de la potencia de bombeo. Diseño modificado. finca Cuabana.....	203
K- Cálculo de la potencia de bombeo distribución inicial. finca Cuabana.....	207
L- Curva característica de la bomba, finca Cuabana.....	211
M- Cálculo del coeficiente de uniformidad en las diferentes subunidades, finca La Aguada.....	215
N- Cálculo de laterales finca La Aguada.....	223
Ñ- Cálculo de la terciaria y distribución de presiones en diseño inicial. finca La Aguada.....	241
O- Cálculo del coeficiente de uniformidad en diseño inicial. finca La Aguada.....	259

P- Cálculo del coeficiente de uniformidad en diseño modificado o propuesto, finca La Aguada.....	269
Q- Cálculo del coeficiente de uniformidad en diseño modificado o propuesto, finca La Aguada.....	289
R- Cálculo de la potencia de bombeo en distribución inicial en riego de dos subunidades simultaneas, finca La Aguada.....	299
S- Curva característica de la bomba, finca La Aguada.....	303
T- Cálculo de la potencia de bombeo en diseño modificado, finca La Aguada.....	307
U- Costos fijos y costos variables , finca La Aguada.....	311
V- Costos fijos y costos variables, finca Cuabana.....	315

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE ANEXOS

Anexos

- I- Plano de distribución inicial, finca Cuabana.
- II- Plano de diseño modificado, finca Cuabana.
- III- Plano de distribución inicial, finca La Aguada.
- IV- Plano de diseño modificado, finca La Aguada.

www.bdigital.ula.ve

Resumen

En este trabajo se analizaron dos unidades de producción de melón (*Cucumis melo*), ubicados en la Península de Paraguaná, específicamente las fincas Cuabana y La Aguada en los municipios Falcón y Carirubana del estado Falcón, respectivamente. La evaluación consistió en medir parámetros agronómicos e hidráulicos que caracterizan estos sistemas como son la lámina de riego aplicada, tiempo de riego, evolución de la tensión y porcentaje de humedad en el suelo, fertilización, calidad de agua, análisis de suelo etc., así mismo fue medido el funcionamiento hidráulico de ambos sistemas y sus componentes, valorados a través del parámetro de uniformidad de las subunidades y del sistema en su conjunto. Producto de esta evaluación surgió la necesidad de rediseñar los sistemas antes descritos variando lo menos posible su distribución inicial y sus componentes, de tal manera de mejorar su funcionamiento hidráulico. Para ello fue necesario realizar la topografía de ambas fincas, presentando como producto los diseños iniciales (Existentes) y un diseño propuesto (Modificado) para cada finca fundamentándose este último en la redistribución de las válvulas de alimentación en la terciaria.

Posteriormente se realizó una evaluación financiera, aplicando indicadores importantes como la TIR, VAN, en diferentes escenarios de precios y a varias tasas de mercado, especialmente la cercana al 40%. En el caso de la Finca Cuabana, para un precio de venta del producto de 150 Bs., se obtuvo una TIR de 156%, aun teniendo el sistema un comportamiento hidráulico deficiente. La finca La Aguada se caracterizó por presentar un funcionamiento hidráulico significativamente superior a la otra unidad de producción, ratificado por los parámetros de valoración así como por su rendimiento por hectárea, lo cual expresa el por qué es capaz de soportar una tasa de interés de 280% en las condiciones de precio de venta en 150 Bs

Palabras claves: Evaluación de riego, goteo, coeficiente de uniformidad, evaluación financiera

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

El estado Falcón, en especial la zona árida y semiárida, presenta diversas limitaciones y fortalezas para la agricultura de regadío, las cuales pueden desglosarse en restricciones en cuanto a suelo y cantidad y calidad del recurso agua. Sin embargo, presenta puntos fuertes que se resumen en condiciones climáticas benignas para el cultivo de algunas hortalizas, y extraordinaria ubicación para el mercadeo tanto nacional como internacional, pues consta con dos aeropuertos internacionales y dos puertos en donde existe una intensa actividad de exportación de frutas hacia las Antillas, Aruba y Curazao, que según datos del MAC, 1993, citado por Piña (1994), en el año 1993 se alcanzó, en el caso de patilla y melón, las cifras de 3.729.865 kg. y 1.171.217 kg. respectivamente.

El cultivo de hortalizas, en especial las cucurbitáceas melón y patilla, tiene en la actualidad un gran auge en la Península de Paraguaná acreditado por tres razones fundamentales: la primera, la declaratoria por parte del Gobierno Nacional “Paraguaná zona libre de mosca de la fruta”, lo cual abre un mercado adicional como es el Estadounidense, que a partir del año 1999 autoriza la entrada de melón (*Cucumis melo*) proveniente de la Península de Paraguaná, estado Falcón; en segundo lugar esta declaratoria crea una protección al productor Paraguanero, pues se impide la entrada de cualquier cucurbitácea al área, reduciendo competencia y obteniendo mejores precios en el mercado de Punto Fijo y de los exportadores hacia las Antillas Neerlandesas, y por último, la promoción del uso de sistemas de riego por goteo que hace el Gobierno Regional a través de la FUNDACION PROPARAGUANA. Esto permite facilidades de crédito a través del Fondo Estatal de crédito agropecuario y por supuesto, la activa participación de los vendedores de equipos de diversas marcas, entre ellos están: GOTASCA, AGRISUM, HIDRASERCA, y otros, cuya consecuencia ha sido un aumento importante en rendimiento, que para el caso particular del melón alcanza la cifra de 40.000 kg./ha.

Según PROPARAGUANÁ (1999), el uso de la tecnología de riego por goteo, fertirriego y alcohado ha sufrido un incremento en la superficie regada, desde 57 ha. para 1995 hasta 220 ha. que se riegan actualmente, en la cual se detectó de manera preliminar que ninguna explotación tiene proyecto de diseño, planes de operación y mantenimiento que estén reflejados en algún manual. Esto debido pues los promotores venden paquetes estandarizados sin levantamientos topográficos, sin planos de proyecto, escasa caracterización química del agua; en fin, poca información salvo el catálogo y precios. Es posible que en el mejor de los casos los sistemas pudieran estar sobrediseñados de manera de resguardar las deficiencias de algún parámetro agronómico o hidráulico no considerado con

detalle, con la limitante de encarecer los costos de las instalaciones, cuyas consecuencias serían menores cuando los precios de mercado superen las expectativas, aumentando la rentabilidad con lo cual el agricultor no le daría tanta importancia al diseño, operación, mantenimiento y vida útil.

La problemática viene a presentarse si se parte de un escenario de bajos precios de los rubros melón – patilla, cayendo con esto los indicadores de rentabilidad de aquellos sistemas con déficit o excesos de sus parámetros de diseño, con tecnologías de intensa fertirrigación, alcohado, etc., no pudiendo competir en estas circunstancias con productores nacionales que usen otra tecnología de riego menos costosa, y mucho menos participar en el mercado internacional de alta competencia.

De todo lo anterior se desprende la necesidad de realizar evaluaciones de carácter agronómico e hidráulico de dos sistemas de riego, considerados como representativos del área de la Península de Paraguaná y posteriormente hacer la evaluación financiera a través de los indicadores en diferentes escenarios de precios del producto, cuyos resultados permitan a los organismos promotores y financieros de estos sistemas de riego ser más exigentes, garantizando de alguna manera el pago de los créditos, la sostenibilidad de los proyectos y competitividad en el mercado internacional.

En orden de verificar las hipótesis arriba señaladas, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Evaluar técnica y financieramente dos sistemas de riego por goteo en la Península de Paraguaná.

1.2.2. Objetivos específicos

- Verificar los diseños y el funcionamiento de dos sistemas de riego por goteo desde el punto de vista agronómico e hidráulico, bajo la condición actual en La Península de Paraguaná.
- Proponer alternativas de diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de riego por goteo de acuerdo a los resultados de la evaluación.
- Realizar el análisis financiero de los dos sistemas de riego.

CAPITULO 2

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. HUMEDAD DEL SUELO

Grassi (1998) expresa que el sistema suelo-planta está en proceso dinámico y se requiere gran precaución para extender los datos parciales a un volumen del suelo que corresponde a una determinada área del terreno. Taylor et al., citado por Grassi (1998), expresa que la medición de la cantidad del agua en el suelo se realiza en un estado transitorio de un sistema que está continuamente cambiando en las dimensiones del espacio y el tiempo; en tal sentido, la condición de agua del suelo se debe conocer no solo su contenido, sino también la energía de retención en el suelo.

Los propósitos para medir el agua del suelo son:

- Conocer el contenido de agua en una fecha determinada
- Conocer la energía de retención del agua en una fecha determinada

En el primer caso interesa conocer la lámina remanente en el suelo, a fin de determinar el agua a agregar para restituir el suelo a capacidad de campo, y en el segundo interesa conocer la magnitud del trabajo que debe realizar la planta para extraer el agua del suelo y deducir de ello cuándo debe regarse.

Fuentes (1998) plantea que con vista a las aportaciones de agua de riego, interesa conocer no solo el contenido de humedad sobre la base de la disponibilidad de agua para las plantas, también es importante conocer su estado de energía. Ambos parámetros se relacionan dentro de un mismo suelo, pero dada la gran variabilidad de los mismos se hace necesaria la determinación de ambos en cada caso particular.

Grassi (1998) afirma la existencia de diversos métodos para medir el contenido de agua, entre ellos se tienen el gravimétrico. En tal sentido se deben extraer muestras de suelo a la profundidad deseada con un barreno o muestreador de humedad, manipulando la muestra fuera de la acción de los rayos solares y colocarlos de inmediato en envases de aluminio, cubriendo la junta de la tapa con papel engomado a objeto de evitar la pérdida de humedad; el contenido de humedad se obtiene por diferencia de peso, una vez secada la muestra en la estufa a 105 °C, se calcula sobre la base de peso seco. Este método es el más preciso, por lo que se usa para calibrar otros métodos.

Fuentes (1998) ratifica que la medición del potencial hídrico es otro de los factores a tomar en cuenta, y esto se realiza a través de diversos instrumentos que miden algún componente del potencial o la suma de ellos. El instrumento más utilizado es el tensiómetro, que mide el potencial matricial del suelo. Cuando el suelo se seca succiona agua del tubo a través de la cápsula de cerámica creando en este un vacío parcial que es detectado por el manómetro. Cuanto más seco esté el suelo, mayor cantidad de agua succiona del tubo, creándose un vacío mayor, lo que significa que aumente la lectura del manómetro; si en estas condiciones se recibe agua, se verifica el efecto contrario. La lectura del tensiómetro es una indicación del esfuerzo de succión que realizan las plantas para absorber el agua del suelo sin tener en cuenta la salinidad.

En cultivos con raíces activas a mayor profundidad conviene instalar dos tensiómetros de distinta longitud, con el fin de conocer la evolución de la humedad a distintas profundidades. El rango de utilización es de 0- 80 Cbar, pues con valores más altos entra aire en la cápsula y la lectura deja de ser significativa. Existe otro método para valorar el contenido de humedad a través del potencial de agua, teniendo como instrumento el tensiómetro, que consiste en una cápsula de porcelana porosa conectada hidráulicamente a un medidor que valora la tensión del agua en el suelo.

Grassi (1998) certifica que los tensiómetros miden el potencial de la matriz del suelo, y este depende también de la temperatura, se requiere que la determinación no este afectada por la temperatura atmosférica exterior. La comparación de las curvas de contenidos de humedad de agua con diferentes presiones de desplazamientos obtenidas en el laboratorio por el procedimiento estándar, muestra que no existe gran acuerdo con las mediciones de tensiómetros, de lo expuesto resulta que este instrumento ofrece buenas medidas del potencial matriz, pero solo puede estimarse groseramente el contenido de humedad (Taylor et al., 1961 citado por Grassi 1998) .

Pizarro (1990) manifiesta que desde el punto de vista de la extracción por las plantas del agua del suelo, más que el contenido de humedad interesa conocer la energía con que el agua es retenida. De nada sirve que un suelo contenga abundante agua si las raíces no tienen la fuerza de succión necesaria para extraerla. Esta energía es conocida como el potencial hídrico del suelo, el cual tiene cuatro componentes: Potencial mátrico, Potencial osmótico, Potencial gravitacional, Potencial de presión.

- 1- El potencial gravitacional se debe a la altura geométrica del punto considerado respecto al plano de referencia.
- 2- El potencial de presión se presenta en el caso de suelos saturados.

3- El potencial osmótico es la presión que origina el movimiento producto de dos soluciones de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable.

4- El Potencial mátrico es generado por los mecanismos de retención de agua del suelo como la adhesión y cohesión y debe su nombre a que las fuerzas que crean su potencial se deben a la matriz del suelo. Los tensiómetros miden el potencial mátrico y el potencial gravitacional.

2.2. DEMANDA HÍDRICA

Grassi (1998) asevera que la demanda hídrica se puede estimar sobre la base de varios procedimientos que determinan la evapotranspiración del cultivo de referencia entre ellas se tienen los basados en medición de la evaporación y ecuaciones combinadas.

Las mediciones de la evaporación ya sea desde la superficie de agua libre o desde materiales saturados diversos, constituye una forma de estimar la evapotranspiración, dado la íntima relación que existe entre ambos procesos. La evaporación integra todos los factores meteorológicos que afectan la evapotranspiración.

Los mejores resultados se han obtenidos con el tanque, tina o cubeta de evaporación, sin embargo existen fuentes de error en las mediciones a causa de:

1 –El medio que rodea el tanque, particularmente el efecto de advención.

2-El agua almacena calor durante el día lo que hace que el proceso de evapotranspiración continúe durante la noche.

3-Intercambio calórico a través de las paredes entre el ambiente y el agua almacenada.

4 –El coeficiente de reflexión.

5- La variación de turbulencia del aire justo encima de la superficie evaporante, la temperatura y humedad del aire adyacente a ella.

La fórmula de la FAO para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia sería:

$$E_{to} = E_v \times K_{tanq} \dots\dots\dots(1)$$

E_v = Evaporación medida en la tina

K_{tanq} = Coeficiente de tanque que depende del área húmeda y del área seca alrededor de la tina.

Otra forma de determinar la evapotranspiración es por medio de la ecuación de Penman modificada por Monteith basándose en dos coeficientes de resistencia, el primero referido a la resistencia de la canopia del cultivo y el segundo a la resistencia aerodinámica.

Esta ecuación Penman – Monteith (1965) es considerada como la mejor, según el documento de la FAO (Smith 1991), citado por Grassi (1998), e incluso se recomienda para validar otras ecuaciones, cuando no se dispone de datos de mediciones de los cultivos. La limitación principal de Penman – Monteith está en que requiere la medición de varios parámetros climáticos que muchas veces no están disponibles.

2.3. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Martínez (2001) expresa que los sistemas de riego localizado tienen una eficiencia muy alta por lo que su uso se ha generalizado en aquellas zonas con problemas en la seguridad del riego. El autor opina que un sistema de riego trabajará eficientemente en la medida que el agua se aplique en forma uniforme, así todas las plantas recibirán aproximadamente la misma cantidad de agua y fertilizante. Si este no es uniforme algunas zonas recibirán más agua de lo necesario y se perderá por percolación, otras recibirán menos y eso afectará la productividad. La uniformidad cobra mayor importancia cuando se trata de aplicar fertilizantes, dado que la interacción agua fertilizante puede alterar enormemente la productividad en hortalizas.

Fuentes (1998) indica que la uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y además interviene en su diseño, tanto el agronómico, pues afecta las necesidades totales, como el hidráulico, pues en función de ello se permite que varíen los caudales de los emisores. El mismo autor afirma que en riego localizado se utilizan criterios exigentes y se define un nuevo coeficiente de uniformidad según la expresión:

$$C_u = q_{25} / q_a \dots\dots\dots (2)$$

q_a = caudal medio

q_{25} = caudal medio de los emisores que constituyen el 25 % de más bajo caudal.

Este coeficiente se puede utilizar para evaluar instalaciones en funcionamiento o para diseño.

En el diseño el coeficiente de uniformidad es una condición que se impone, es decir se puede elegir el coeficiente de uniformidad que se quiera, siendo consecuente manteniendo el valor.

Los emisores de una instalación arrojan caudales que no son exactamente iguales entre sí, lo que ocasiona que reciban dosis de riego diferentes. A efectos de diseño, se establece la condición de que la parte de la finca que menos agua reciba, tenga como mínimo una cierta fracción de la dosis media, a esta fracción se le conoce como coeficiente de uniformidad. En la realidad, la dosis media se eleva de forma que la fracción de la finca menos regada reciba la cantidad de agua necesaria

Pizarro (1990) garantiza que el coeficiente de uniformidad se puede fijar a voluntad, sin embargo, hay que tener en cuenta que a mayor valor, más uniforme será el riego, menor serán las necesidades totales y el consumo por tanto será menor, pero la instalación resultará más cara, pues habrá que dimensionar las tuberías de forma que los diferentes emisores trabajen a presiones parecidas, por tanto se exigen mayores diámetros en las tuberías, laterales más cortos y mayor inversión en reguladores de presión.

Es importante señalar y es enfatizado por Pizarro (1990) que el coeficiente de uniformidad $Cu(su)$ "es una magnitud de carácter económica", la cual se deberá considerar en el análisis financiero y comprender cual sería la repercusión de ésta en escenarios de distintos precios de mercado y distinto rendimiento

Existen diferentes factores que intervienen en el coeficiente de uniformidad, entre ellos tenemos los referidos a aspectos constructivos englobados en el coeficiente de variación de fabricación, los hidráulicos debidos a diferentes aspectos englobados en las pérdidas de carga y a los niveles que hacen que los emisores trabajen a diferentes presiones, estos dos aspectos se toman en cuenta al nivel de diseño. Otros factores que influyen en el coeficiente de uniformidad, es lo referido al envejecimiento, obturaciones y diferencias de temperaturas de vital importancia en la evaluación de las instalaciones.

Medina (2000) plantea que en sus comienzos se utilizó la fórmula propuesta por Chirtiansen del coeficiente de uniformidad para aspersión. En el riego por goteo pronto se vió que esta fórmula presentaba algunos inconvenientes: en primer lugar, ésta mide las desviaciones con respecto a la media, por lo tanto otorga igual importancia a las variaciones tanto por arriba de la media como las ubicadas por debajo. El autor referido afirma que en el caso del riego por goteo es grave, pues mientras las variaciones por encima indican un derroche de agua que en general no afectará al cultivo, pero sí a la eficiencias de riego, las variaciones por debajo indican que las plantas reciben menos agua de la que necesitan, por lo

que su producción disminuirá, incluso puede llegar a perderse totalmente. Se comprende que esto no tiene importancia en aspersión, donde en ocasiones no pueden conseguirse eficiencias superiores al 65 – 70 %.

Karmeli y Kéller citado por Medina (2000) propusieron una fórmula universalmente aceptada:

$$CU = (1 - (1,27 \times CV / e^{0.5})) \text{ qns} / \text{qa} \dots \dots \dots (3)$$

Es importante comparar este coeficiente teórico con el coeficiente de uniformidad evaluado $Cu = q_{25} / q_a$, no solo cuando la instalación es nueva, sino una vez al año a objeto de determinar las causas de la posible disminución del CU y tomar los correctivos pertinentes.

Martínez (2001) asevera que la uniformidad de aplicación del agua puede estar afectada por tres factores :

- 1- Presión de trabajo: La presión no es igual en todos los puntos del sistema.
- 2- Propiedades hidráulicas del emisor: estas están en función del diseño, de la calidad del producto y temperatura del agua.
- 3- Mantenimiento preventivo del sistema. Sistemas con deficiente mantenimiento presentan baja uniformidad de descarga, también aquellas que mezclan diferentes tipos de emisores en un sector de riego.

La evaluación de las variaciones de presión en la red de tuberías, las propiedades hidráulicas del emisor y las normas básicas de mantenimiento y operación contribuirán a identificar las causas que producen la baja uniformidad.

2.4. ANÁLISIS FINANCIERO

Fuentes (1998) indica que entre los costos fijos se encuentra la depreciación de los equipos de riego debido al desgaste con el uso de los mismos, por tanto el valor debe amortizarse durante su vida útil, lo que equivale a ir acumulando un fondo de reserva para

sustituir al equipo de riego cuando sea preciso. En la práctica se suele adoptar el criterio de depreciación constante, de tal forma que al final de la vida útil su valor coincida con el valor residual. Otros costos fijos son los referidos a mantenimiento, o sea aquellos que se necesitan para mantener las instalaciones en buen estado de funcionamiento. Comprende los gastos de conservación, reparación y renovación de los elementos deteriorados, estos gastos se estiman como un porcentaje medio anual de la inversión inicial

Otros costos lo representan las variables representadas por la mano de obra, la energía, el agua, insumos, etc. El costo de la mano de obra depende de muchos factores: sistema de riego, cultivo, grado de automatización.

Para estudiar la viabilidad financiera de una inversión se utilizan diversos métodos de análisis. El método del valor actual neto (VAN) compara el valor de la inversión que se hace ahora con el valor actualizado de los ahorros que esa inversión genera en el futuro.

La inversión puede realizarse de una vez al comienzo del proyecto o en varias anualidades a lo largo de la vida útil del mismo. En muchos casos la inversión total se compone de diversos elementos que tienen distintos años de vida útil.

Debe considerarse para el cálculo del VAN el flujo de caja que no es más que la diferencia entre la cobros recibidos con la inversión y los pagos generados por su funcionamiento.

$$FC = \text{Ingreso} - \text{Egresos} \dots \dots \dots (4)$$

El valor de los flujos de caja obtenidos a lo largo de la vida útil del proyecto se actualiza al inicio del mismo.

El valor actual neto (VAN) es la diferencia entre la suma de los flujos de caja actualizados al año cero y la inversión inicial. Sapag (2000) dice que el criterio de aceptación de un proyecto depende de que el VAN sea igual o superior a cero, siendo el VAN la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. El mismo autor utiliza otro criterio que es la tasa interna de retorno (TIR), donde se evalúa el proyecto a una tasa única de rendimiento por período, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente igual a los desembolsos expresados en moneda actual.

Bierman y Smidt citado por Sapag (2000) señalan que la TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento se tomaran prestadas y el préstamo se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo. Este criterio equivalente a hacer el VAN cero y determinar la tasa que le permite al flujo actualizado ser cero. La consideración de aceptación de un proyecto cuyo TIR es igual a la tasa de descuento se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VAN es cero.

2.5. LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO

Una de las unidades de producción evaluadas aplica la técnica del acolchado plástico, que según López y otros (1999) permite el empleo de un menor volumen de agua, lo cual aunado al incremento en la producción trae consigo una mayor eficiencia en el uso del agua. Los mismos autores plantean que para lograr competir en el mercado internacional, el productor busca la implantación de tecnologías que aseguren el ingreso a las ventanas de la comercialización existente, al obtener mayores rendimientos, así como productos de mayor calidad, siendo el empleo de los plásticos así como el riego por goteo, una técnica que permite la calidad que el mercado extranjero exige. Losada (1999), expresa que la necesidad de mejorar y modernizar los riegos es planteada bajo la doble perspectiva de extender el regadío a tierras en principios poco aptas y de controlar el suministro que se destina a sus campos, y concluye que diversas técnicas de riego económicamente viables gracias al empleo de plásticos, han hecho posible que sistemas de producción no dependa exclusivamente de la disponibilidad de tierras relativamente fértiles. En este sentido La Península de Paraguaná representa un ejemplo de ello, donde la escasa disponibilidad de agua y las características de suelo la ubicarían como una zona de tierras marginales para la agricultura, sin embargo la técnica del riego por goteo la ubican como una de las zonas más productoras de cucurbitáceas (Patilla y melón) del país, incorporando áreas que por su topografía no sería posible regar con otros métodos.

Una vez que se han establecidos las nuevas técnicas de riego, se involucra la necesidad de evaluar su comportamiento, bajo este alcance Losada (1999) plantea que la evaluación parte midiendo los parámetros que permitan cuantificar la uniformidad, así como el rendimiento, el déficit obtenido en campo, considerando como relevantes la presión de servicio y tiempos de riego como variables que determinan el resultado. Mateos et al. (1996) citado por Losada (1999), expresa que realizada la evaluación técnica, la correcta interpretación de los términos está expresada en el balance hídrico, cuya estimación errónea puede llevar a conclusiones desafortunadas sobre el uso del agua de riego. Bajo estas consideraciones, los referidos autores han dividido las evaluaciones en el aspecto hidráulico y agronómico que involucra este conjunto de variables, incorporando el aspecto financiero.

CAPITULO 3

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN

La Península de Paraguaná está ubicada en el extremo norte– central del estado Falcón, entre los 69°41'00'' y 70° 71' 46'' longitud oeste y los 11°30'53'' y 12°11'56'' latitud norte, está rodeada por el norte, este y oeste por el Mar Caribe y al sur por el istmo, situación geográfica determinante en la declaratoria de ZONA LIBRE DE MOSCA DE LA FRUTA, debido a las barreras físicas y control legal que ello permite. Política y administrativamente está dividida en tres municipios autónomos que son: Falcón, Carirubana y Los Taques, que en conjunto concentran la mayor población del estado Falcón, tienen una superficie de 2.396 Km², estando ubicados los centros refinadores más grandes de Latinoamérica

La unidad de producción Cuabana está situada en el municipio Falcón, sector Cuabana de Pueblo Nuevo de Paraguaná, alrededor de las coordenadas norte 1.321.520 y este 397620 y la finca La Aguada se halla dentro de los límites del municipio Carirubana, cercano al sector Cruz Verde, específicamente alrededor de las coordenadas norte 1.305.325 y este 405.285 Figura 3.1.

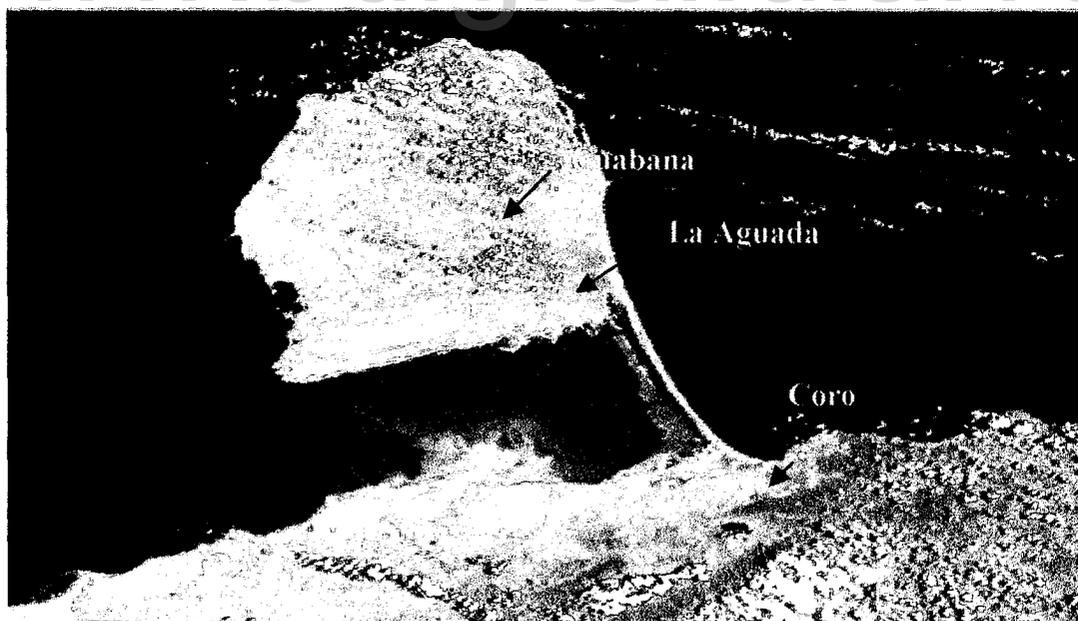


Figura 3.1. Ubicación del área de estudio

3.2. CLIMA

Según UNEFM – PALMAVEN (1993), La Península presenta un clima marítimo Peninsular, debido a la influencia de los vientos alisios que alcanzan la cifra de 7,8 m/s a 0,65 m sobre el suelo, además de ser persistentes son muy significativos y este solo hecho impide en algunas zonas el cultivo de cucurbitáceas, por lo que se usan en muchos casos barreras rompevientos.

El balance hídrico refleja déficit todo el año, tal como se aprecia en la Figura 3.2, con precipitación anual que no supera los 600 mm Tabla 3.1 y una evaporación que anualmente oscila entre los 2.853.6 mm a 3.178.2 mm, Tabla 3.2, con valores máximos ubicados en los meses de Julio - Agosto. La temperatura media anual oscila entre los 25 a 30,4 °C, tal como se aprecia en la Tabla 3.3, sin embargo la máxima promedio supera los 34 °C, todas estas características enmarcan a toda la superficie dentro de un clima árido y semiárido correspondiente a la zona de vida Monte Espinoso Tropical, según la clasificación de Holdridge.

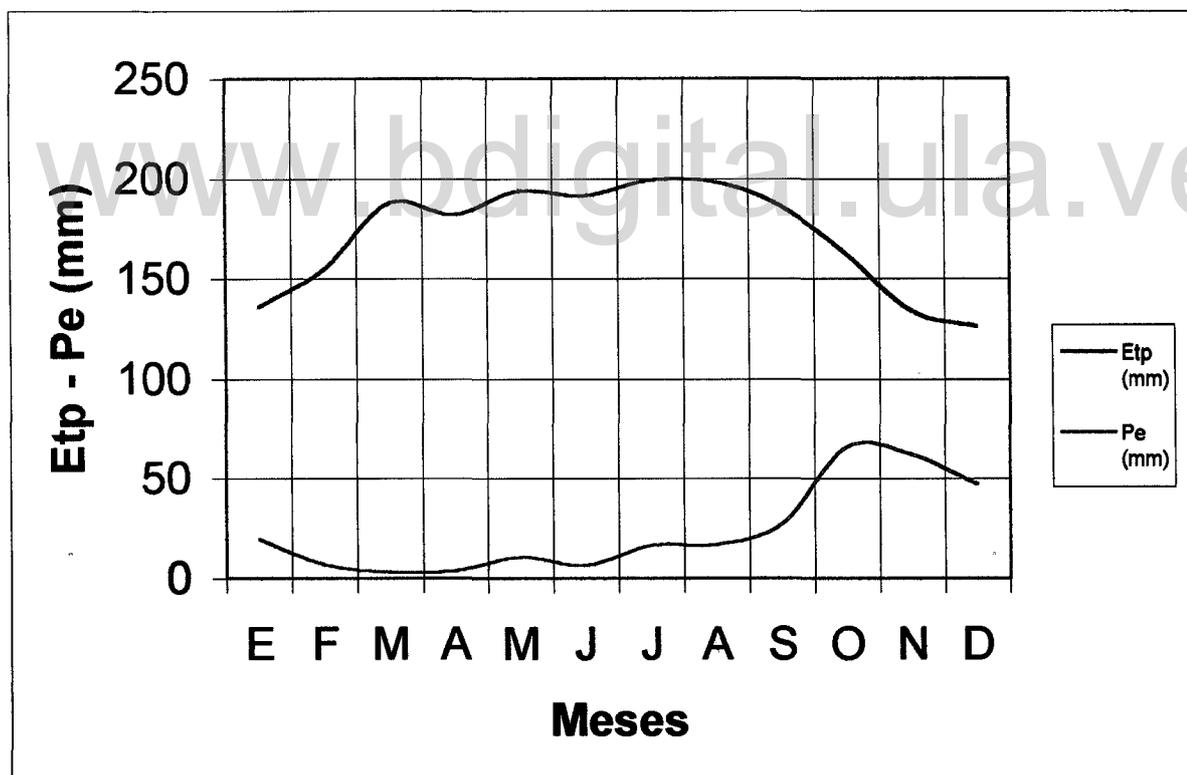


Figura 3.2 Balance hídrico estación Jadacaquiva.

Tabla 3.1 Datos mensuales y anuales de precipitación estación Jadacaquiva
Período (1990-2000)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1990	10.2	.0	-	22.7	-	4.8	13.4	6.7	4.4	197.8	108.2	60.0	-
1991	21.4	.0	11.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	14.8	45.0	56.4	149.2
1992	3.6	3.2	.0	1.0	8.0	1.2	6.8	5.6	4.0	1.0	28.4	27.0	89.8
1993	5.4	3.2	.0	3.6	66.0	2.6	6.2	1.0	3.2	.0	42.7	33.4	167.3
1994	11.2	17.8	.0	3.6	.0	5.2	2.6	6.0	1.4	77.4	52.8	9.6	187.6
1995	8.0	1.4	5.8	1.0	2.0	1.8	25.4	125.8	128.8	197.6	20.4	24.0	542.0
1996	16.2	.4	.6	.0	11.4	1.0	95.0	.8	10.3	58.5	144.9	73.1	412.2
1997	19.0	12.8	9.2	3.3	.6	36.0	1.0	.4	70.2	49.6	77.6	.0	279.7
1998	.2	.0	.0	4.4	19.2	4.8	21.2	1.6	47.8	36.8	8.6	-	-
1999	-	-	2.6	4.0	.2	.0	.0	39.2	38.0	180.8	60.0	225.6	-
2000	106.4	28.0	1.6	.8	.0	12.9	15.3	5.4	7.4	9.1	179.0	4.8	370.7
Prom	20.2	6.7	3.1	4.0	10.7	6.4	17.0	17.5	28.7	74.9	69.8	51.4	310.3

Fuente : MARNR

Tabla 3.2 Datos mensuales y anuales de evaporación (m.m) período (1970-1980)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1970	207.3	212.5	232.8	284.9	292.4	270.5	287.4	291.0	282.5	200.1	151.4	140.8	2853.6
1971	167.2	193.5	250.3	263.9	244.1	265.9	289.7	284.2	248.5	213.6	196.6	181.8	2799.3
1972	166.2	215.9	243.3	231.0	280.0	296.9	279.5	274.4	277.4	250.7	205.0	200.5	2920.8
1975	198.0	213.9	270.2	266.4	267.6	281.0	287.2	275.2	237.0	218.0	178.9	155.6	2849.0
1976	156.5	203.9	255.8	288.0	315.2	287.1	273.1	284.4	277.0	186.5	169.2	200.9	2897.6
1977	230.7	227.1	260.6	258.2	268.5	250.0	285.5	302.3	282.7	256.4	195.7	205.7	3023.4
1978	229.1	227.5	301.7	249.0	315.7	294.5	266.2	302.7	296.9	243.9	242.1	208.9	3178.2
1979	191.2	254.1	283.9	249.2	270.4	240.4	296.5	288.8	236.9	234.8	188.3	143.1	2877.6
1980	191.2	248.9	328.9	290.9	275.0	287.2	295.0	275.9	278.5	281.6	190.7	183.5	3127.3
1981	199.5	211.5	256.9	217.1	241.2	260.3	284.2	254.0	240.0	-	-	-	-
Prom.	193.7	220.9	268.4	259.9	277.0	273.4	284.4	283.3	265.7	231.7	190.9	180.1	2929.4

Fuente: MARNR

Tabla 3.3. Datos mensuales y anuales de temperatura media (°C) estación Jadacaquiva período (1995-1999)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1995	27.2	26.8	27.8	-	-	29.3	-	-	-	29.1	27.9	-	-
1996	-	26.5	-	-	-	-	-	-	29.1	28.1	26.5	-	-
1997	-	22.9	25.8	27.2	28.1	29.1	28.9	-	29.8	-	28.5	-	-
1998	-	-	30.4	-	-	29.7	29.5	30.4	-	-	27.3	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.6	23.3	-	-
Prom.	27.2	25.4	28.0	27.2	28.1	29.4	29.2	30.4	29.5	26.9	26.7	-	25.7

Fuente : MARNR

3.3. TOPOGRAFÍA

El área es predominantemente plana, con un paisaje de llanura suavemente inclinado con pendientes entre 0 – 11 %, sin embargo se observan accidentes topográficos, siendo el más relevante el Cerro Santa Ana con una altura de 830 m.s.n.m.

3.4. SUELO

El estudio realizado por Mendoza et al. (1988) en una finca cercana a la población de Buena Vista, caracteriza al suelo como franco arenoso con un drenaje interno y externo rápido, con estructura débil, poco adhesiva y no plástico, coincidiendo con los resultados de los suelos analizados en las unidades de producción evaluadas.

Hurtado (1973) citado por Jiménez et al. (1977) manifiesta que en el sistema de Riego Cruz Verde (114 ha), predominan suelos de poco desarrollo, cuyo origen es producto de acumulación de sedimentos en los cursos de agua durante la formación del valle, y forman suelos de texturas moderadas que muestran severas limitaciones para el riego superficial por su rápida velocidad de infiltración, su baja capacidad de retención y presencia de un estrato superficial ligeramente salino, manifiesta además que el manejo de estos suelos debe incluir prácticas de abonamiento con altas cantidades de fertilizantes orgánicos e

incorporación de residuos vegetales a fin de mejorar sus características físicas. En otro estudio realizado por FUDECO (1988) de un sistema de riego para el lago colinario Jadacaquiva de aproximadamente 100 ha regables, los suelos tienen una textura arcillosa, clasificándolas como clase 1 y clase 2 1 C con buenas condiciones de drenaje interno, siendo para el primer caso la principal limitación la baja fertilidad y para el segundo caso el ser salino-ácido.

3.5. VEGETACIÓN Y RECURSOS HÍDRICOS

La cubierta vegetal de la Península está constituida por comunidades naturales del tipo disperso, desnudo, matorrales espinares, conformados por cardones, tuna, cují, dividive, y otros, siendo baja y rala ofreciendo poca protección al suelo.

Los recursos hídricos son escasos, la red hidrográfica está constituida por pequeñas quebradas de régimen esporádico, captadas muchas por pequeñas lagunas, hasta lagos colinarios, como el Amparo, Cruz verde y Jadacaquiva, éste último en proyecto. La fuente de agua segura utilizada por los agricultores la constituye el acuífero de la Península de Paraguaná, que según el inventario de pozos del MARNR, citado por Cossi (1985). Tiene un total de 51, con una profundidad de perforación que oscila entre los 6 metros hasta los 132 metros entubados; del total de pozos 1 fue construido en 1971, 46 en el 1973 y el resto en 1984. El estudio de Cossi corroboró la existencia de 238 pozos, de los cuales 48% estaban en producción para la época y 52% inactivos y plantea que la cantidad de las aguas subterráneas para riego parecen ser limitadas, por lo tanto, su uso debe ser supervisado. En general, por los datos que se tienen, existe tendencia al agotamiento de los acuíferos, así como su salinización, posiblemente a consecuencia de una baja capacidad de recarga. Actualmente se riega con pozos cuya calidad es variada, con valores en la conductividad eléctrica que oscilan entre los 2 dS/m hasta 8.5 dS/m.

En el análisis de calidad de aguas con fines de riego realizado por Laguna (1997), en un total de ocho pozos, se determinó que los valores del RAS varían en un rango entre 5.31, hasta 12.28, sin problemas para la pérdida de la infiltración; la presencia de cloruros cataloga las aguas con limitaciones severas en la mayoría de los casos según la clasificación de la FAO, siendo una constante las restricciones severas por cloruros en las aguas de los pozos estudiados. Las aguas varían desde C3S4 hasta C4S4, sin embargo, no se manifiestan síntomas de salinización, por lo menos, en forma alarmante.

Los caudales que se extraen de los pozos fluctúan desde 1 l/s hasta 15 l/s, sin embargo, en términos promedio giran alrededor de los 6 l/s. En cuanto a las características del acuífero Rojas y Hernández (1993), citado por Laguna (1997), obtuvieron un valor de

transmisividad de 11.48 m²/día, usando otro pozo como piezómetro, característica de baja respuesta frente al bombeo y una permeabilidad de 1.2 m/día, considerado como bueno y libre de acuerdo al coeficiente de almacenamiento; sin embargo, el referido autor, en otras zonas de la Península de Paraguaná, obtuvo un valor de transmisividad de 98.73 m²/día y permeabilidad de 1.99 m/día, considerado el acuífero según estos valores como bueno.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 4

METODOLOGIA.

En este capítulo se presentan los criterios de selección de las fincas evaluadas, los métodos y procedimientos de medición de los diferentes parámetros agronómicos e hidráulicos de los sistemas de riego que verifican el correcto funcionamiento o no de los diferentes sistemas, así como el análisis financiero de las explotaciones seleccionadas. En la Figura 4.1 se ilustra de manera esquemática las diferentes etapas desarrolladas.

METODOLOGIA

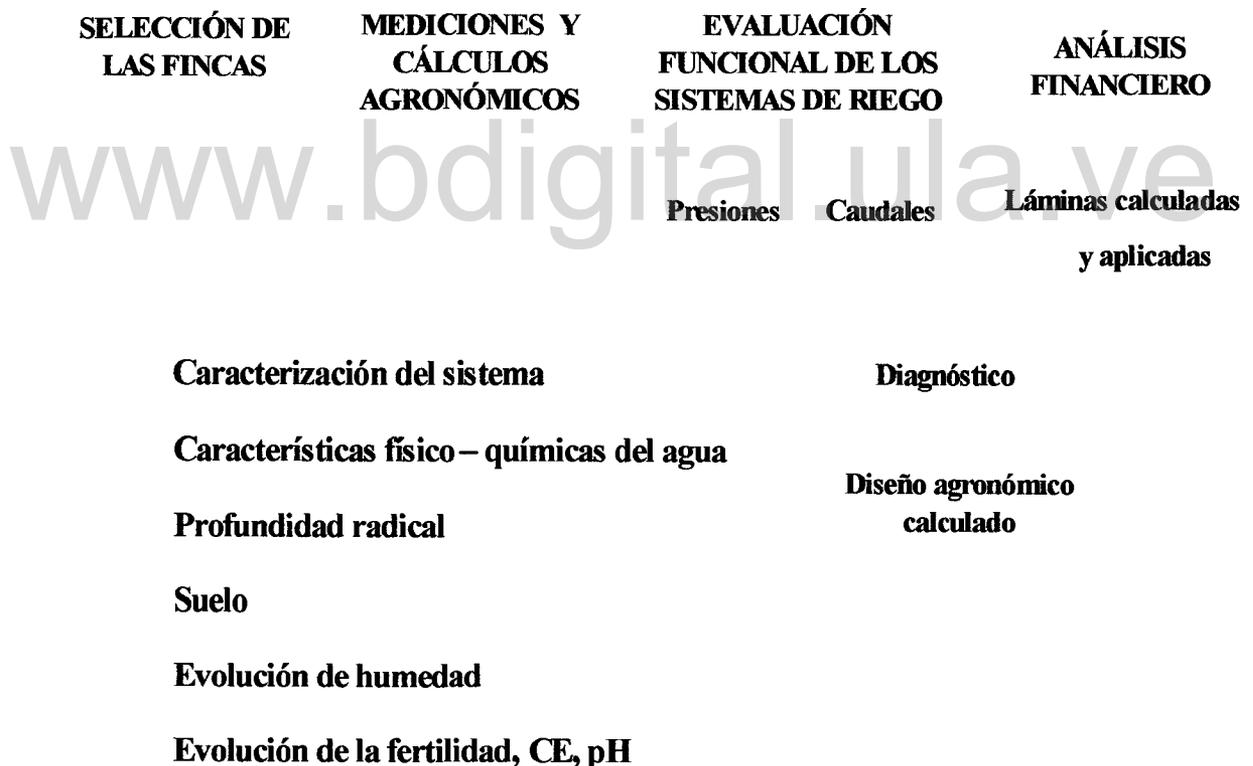


Figura 4.1. Esquema del desarrollo metodológico (Fuente propia)

4.1. SELECCIÓN DE LAS FINCAS

El criterio de selección de las fincas estuvo sujeto en una primera instancia a reunir las siguientes características:

- **Existencia de levantamiento planialtimétrico:**

En vista que ninguna de las explotaciones reunió este requisito fue necesario su elaboración.

- **Existencia de estudios de suelo:**

Dado la carencia de los mismos se realizaron algunos estudios básicos como el análisis de fertilidad antes y durante el ciclo del cultivo, textura, infiltración, evolución de los niveles humedad, profundidad radical, capacidad de campo, así como chequeos generales que permitieron ubicar los tensiómetros

- **Facilidad de acceso:**

Esto debido al número y frecuencia de mediciones necesarias para realizar el estudio, sin embargo para lograr la coincidencia de la época de siembra, las unidades evaluadas quedaron distanciadas en 40 Km. aproximadamente.

- **Fecha de siembra:**

Se ubicaron fincas con simultaneidad en la época de siembra, siendo esta realizada entre la segunda semana (08/08/2000) de agosto del 2000, con resiembra al final de la tercera semana..

- **Que el productor permitiera mediciones frecuentes durante el ciclo del cultivo.**

- **Se tomó en cuenta el criterio de la fundación PROPARAGUANÁ con relación a su consideración sobre productores representativos.**

Las unidades de producción seleccionadas fueron La finca Cuabana que consta de una superficie total de aproximadamente 10 Has. de las cuales 3,16 Has. se sembraron del rubro melón con el uso de la técnica de la plasticultura . Este sistema está subdividido en una primera instancia en 4 subunidades cuyas áreas son las siguientes:

Área subunidad I = 6.826,68 m²
Área subunidad II = 9.458,24 m²
Área subunidad III = 7.909,2 m²
Área subunidad IV = 7.562,72 m²

La finca La Aguada consta de 15 ha. según información del productor de las cuales 6,16 ha están sembradas, subdividida en ocho subunidades de riego cuyas áreas son las siguientes:

Área subunidad I = 9.552,00 m²
Área subunidad II = 7.363,00 m²
Área subunidad III = 7.960,00 m²
Área subunidad IV = 9.522,00 m²
Área subunidad V = 9.216,00 m²
Área subunidad VI = 6.336,00 m²
Área subunidad VII = 8.492,00 m²
Área subunidad VIII = 9.264,00 m²

4.2. MEDICIONES AGRONÓMICAS

Dado que el diseño agronómico no existe, por lo menos en el ámbito documental, se procedió a su elaboración siguiendo el esquema propuesto por Pizarro (1990), instalando para ello una tina de evaporación tipo A en cada finca en estudio y comparando los resultados con los registros históricos de la estación Jadacaquiva. De igual forma se utilizó el método de Penman Monteith, aplicando el Software CROPTWAT (Smith 1993) para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto). Para ello se emplearon los datos históricos de la estación Jadacaquiva y la velocidad del viento de la estación Punto Fijo, sin embargo es bueno resaltar que se utilizaron datos puntuales de la velocidad del viento tomados en el ámbito de la finca, coincidiendo con el registro histórico de la estación Punto Fijo. Fue colocado un pluviómetro artesano en cada una de las fincas, sin embargo hubo

limitaciones en la medición, dadas las distancias y horas diferenciales en la toma de las lecturas. En todo caso las precipitaciones fueron muy escasas en el período, tal como se refleja en el registro de la estación Jadacaquiva, el cual no superó los 10 mm mensuales (Anexo3). Estos datos permitieron elaborar un balance hídrico y definir las necesidades de riego, teniendo claro la nula intervención de la manera de operar del agricultor, con el objeto de establecer si se aplican riegos innecesarios que incidan en el aumento de los costos de operación.

4.2.1. Características químicas del agua

- **Indicadores de calidad**

En el caso del agua se exploró su calidad de manera periódica durante el ciclo de cultivo, bien directamente del pozo, de la laguna y en los laterales de riego; en este sentido se midieron algunos parámetros en el agua de riego, como conductividad eléctrica con y sin fertilizante comprobando con ello posibles límites prohibitivos que afecten al cultivo, pH, composición iónica, predominancia de iones específicos, relación de adsorción de sodio (RAS), relación de adsorción de sodio corregida (RAS°), estos indicadores fueron evaluados utilizando la calificación de Ayers y Wescot (1976) citados por Grassi (1998).

La calidad de agua fue evaluada usando otros indicadores como el carbonato de sodio residual, la relación de sodio carbonato (RSC), proporción de carbonatos y sulfatos, finalmente el riesgo potencial de obstrucciones por el agua de riego usando la metodología propuesta por Bucks y Nakayama (1980), citados por Pizarro (1990).

4.2.2. Profundidad radical

Se midió la profundidad de desarrollo efectivo del sistema radical del cultivo melón a través del método de la excavación, Bohm (1979), por tratarse de un método destructivo se realizó al final del período de siembra, pues se tratan de siembras comerciales.

4.2.3. Suelo

En cada finca se hizo un chequeo previo en cuanto a suelo por el método de las transectas a fin de determinar la variabilidad en sus características físicas, de textura, color,

densidad aparente, profundidad, estratos, esto permitió ubicar las estaciones de medición de humedad, y las pruebas de infiltración.

- **Evolución de la tensión y porcentaje de humedad**

A partir de los chequeos preliminares se ubicaron tres estaciones (3) de medición en la finca Cuabana, incluyendo reconocimientos periódicos en otros sitios de la unidad de riego; de similar forma se operó en la finca La Aguada, sin embargo por deficiencias en el número de tensiómetros se colocó solo una estación en tres profundidades de interés.

A objeto de verificar la evolución de la humedad en la unidad de producción Cuabana, se instalaron tensiómetros en tres estaciones de acuerdo a las características texturales del suelo y una distribución espacial que abarcara el mayor número de subunidades. En este sentido se colocaron tres tensiómetros en la estación 1 a las profundidades de 15 cm, 30cm y 45 cm, caracterizada la textura en esta estación como Franco arenosa. En la estación 2 se colocó un tensiómetro a la profundidad de 30 cm debido a limitaciones en el número de los mismos, con una característica textural igual a la primera estación. En la estación 3 caracterizada por una textura Franco arcillo arenosa, se colocaron los tensiómetros de igual forma que en la estación 1; es importante resaltar que a cada lectura de tensión se tomó una muestra para determinar el contenido de humedad sobre la base de peso seco y verificar su evolución.

En la finca La Aguada se colocó una estación con tres tensiómetros a diferentes profundidades, 15 cm, 30 cm y 45 cm, esto en razón de deficiencias en la cantidad de tensiómetros.

- **Evolución de la fertilidad, conductividad eléctrica (CE) y pH**

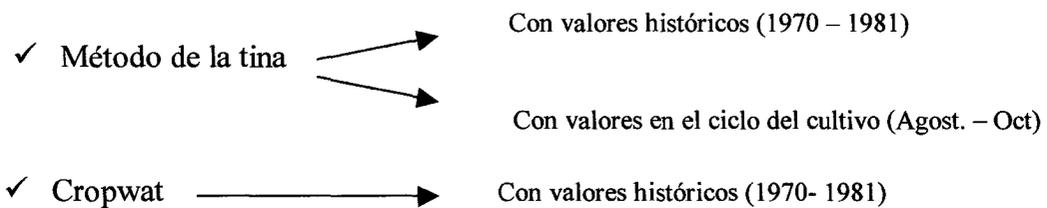
Previo a la siembra se realizaron análisis de macronutrientes, CE y pH del suelo, posteriormente de manera periódica se verificó su evolución tanto en el ciclo como en las profundidades de 15cm, 30 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm, y 70 cm en cada una de las estaciones de medición. para el caso de la finca Cuabana, En el caso de la finca La Aguada los parámetros: Fertilidad, CE y pH, se midieron a las profundidades de 10 cm-15 cm-20 cm-30 cm-40 cm-45 - 50 - 60 y 75 cm, esto a los fines de determinar su evolución y posibles pérdidas de fertilizantes.

La evaluación de la salinidad en el suelo se realizó en diluciones 2:1 y se determinó a través de la conductividad eléctrica, haciendo la corrección por la expresión ($2,525 * CE_2$) para expresar la referida conductividad en el extracto de saturación (ICA 1989).

4.3. DISEÑO AGRONÓMICO

La etapa de diseño agronómico (Calculado) se desarrolló en dos fases. (Pizarro 1.990):

➤ Cálculo de las necesidades de agua a través de :



➤ Determinación de la dosis, frecuencia, tiempo de riego, número de emisores por planta, caudal, diámetro de mojado, porcentaje de humedecimiento.

4.3.1. Cálculo de las necesidades de agua

A efectos del diseño hidráulico lo que interesa es conocer las necesidades punta, acerca de la demanda de agua por el cultivo, en función de la cual se dimensionan posteriormente las instalaciones de riego. Para ello se sigue la secuencia mostrada en la Figura 4.2, donde primero se determina la evapotranspiración del cultivo en referencia (ET_o) a través de los métodos conocidos. Paralelamente a ésta se selecciona el coeficiente del cultivo (K_c) y una vez obtenido estos datos se calcula la evapotranspiración del cultivo (ET_c); definida la ET_c se le aplicarán una serie de ajustes que representan el efecto de determinadas condiciones locales, en función de la variación climática y la advención.

Efectos de localización: existen numerosos métodos que corrigen la (ET_c) por el “Efecto de localización”, entre ellos se tienen los que se basan en la “fracción de áreas sombreadas por el cultivo” a la que se denomina A. y se calcula, según Pizarro (1990), de la siguiente forma:

$$A = A_c / (S_p \times S_h) \dots \dots \dots (5)$$

A = fracción del área sombrada al medio día. (m^2)
 A_c = área de la cobertura vegetal. (m^2)
 S_p = separación entre plantas (m)
 S_h = separación entre hileras. (m)

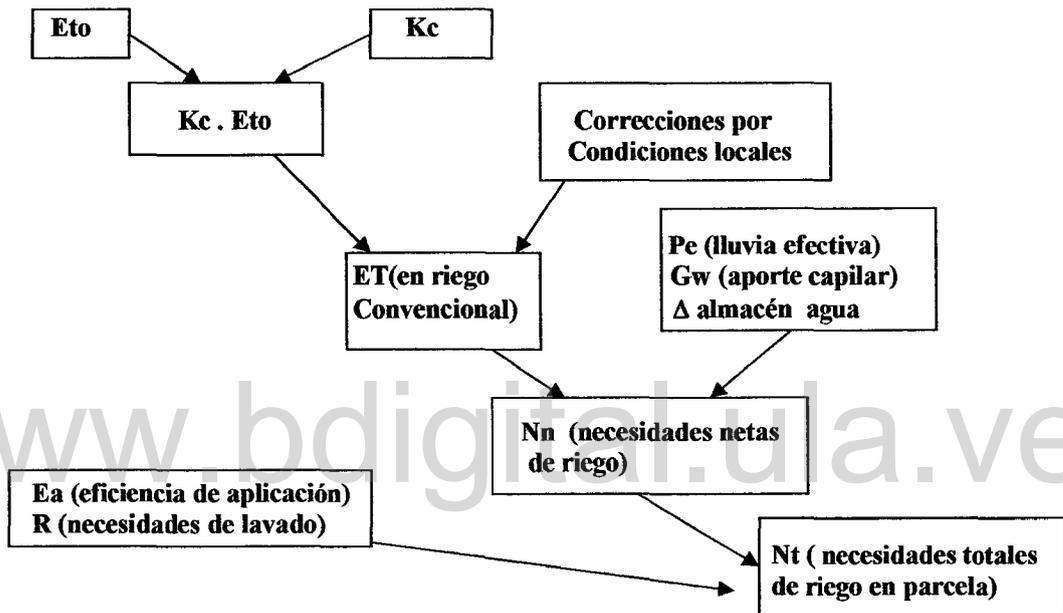


Figura 4.2. Esquema de cálculo de las necesidades de agua de riego(Tomado de Pizarro, 1990).

Luego se calcula el efecto de localización a través del coeficiente (Kl), cuyo valor depende de la fracción de área sombrada (A), para ello se han desarrollado un conjunto de ecuaciones empíricas entre las cuales se tienen:

- Keller $Kl = A + 0.15 (1 - A) \dots \dots \dots (6)$
- Hoare et al $Kl = A + 0.5 (1 - A) \dots \dots \dots (7)$
- Decroix $Kl = 0.1 + A \dots \dots \dots (8)$
- Aljibury et al $Kl = 1.34 \times A \dots \dots \dots (9)$

Otro factor a considerar es el coeficiente por efecto de **advención** (K_a), el cual plantea que la corrección a aplicar depende del tamaño de la zona de riego FAO, 1.976, citado por Grassi (1.998), tal como se muestra en la Figura 4.2, posteriormente se corrige la ET_c y se obtiene la evapotranspiración real del cultivo (ETRI):

$$ETRI = ET_c \times K_l \times K_a \dots\dots\dots (10)$$

ETRI = Evapotranspiración real del cultivo (mm/día).

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

K_l = Coeficiente de localización.

K_a = Coeficiente por advención.

A partir del valor obtenido, se calculan las necesidades netas de riego del cultivo (N_n), cuyo resultado servirá como un punto de partida para calcular las necesidades totales de riego (N_t), considerando los siguientes factores:

$$N_n = ETRI - P_e - G_w - A_w \dots\dots\dots (11)$$

N_n = Necesidades netas

P_e = Precipitación efectiva.

G_w = Aporte por ascenso capilar.

A_w = Variación de Almacenamiento

Para efectos del diseño no se consideran los aportes, pues se trata de determinar la máxima demanda:

$$N_n = ETRI$$

Las necesidades totales de riego se calcularon por la siguiente fórmula:

$$N_t = N_n / (1 - K)C_u \dots\dots\dots (12)$$

N_t = Necesidades totales de riego

C_u = Coeficiente de uniformidad. Tabla 4.1

El valor de K está relacionado a las necesidades de lavado, en tal sentido se pueden presentar dos casos, en primer lugar las pérdidas por percolación son mayores que las necesidades de lavado ($(1 - E_a > L_r)$) en este caso las pérdidas provocan un lavado superior al necesario, por lo cual la salinidad se mantendrá por debajo del mínimo; si por el contrario las pérdidas son menores que las necesidades de lavado, habrá que provocar voluntariamente una percolación para evitar la salinización del suelo.

$$K = \left\{ \begin{array}{ll} 1 - E_a & \text{En el caso de pérdidas} \\ LR & \text{En el caso de lavado} \end{array} \right\} \text{ Se elige el valor mas alto de } K \dots\dots (13)$$

E_a = Eficiencia de aplicación (Tabla 4.2.)
 LR = Coeficiente de las necesidades de lavado.

El coeficiente de las necesidades de lavado se calcula a partir de:

$$LR = CE_i / 2CE_e \dots\dots\dots(14)$$

CE_i = Conductividad eléctrica de agua de riego dS/m.

CE_e = Conductividad eléctrica del extracto de la pasta del suelo saturado, a partir del cual el rendimiento del cultivo inicia su declinación. (Tabla 4.3.)

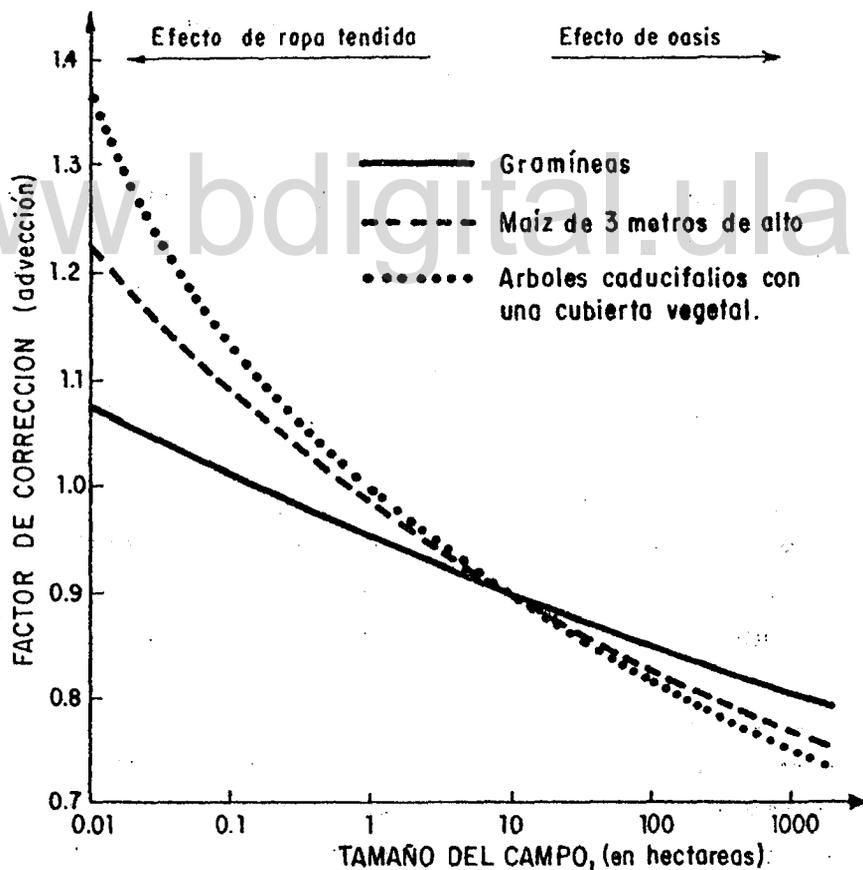


Figura 4.3. Efecto de localización por advección. (Tomado de Grassi, 1998)

Tabla 4.1. Coeficiente de uniformidad (Cu) (Tomado de Fuentes 1998)

		Cu	
Emisores	Pendiente (i)	Clima árido	Clima Húmedo
Emisores espaciados más de 4 m en cultivos permanentes.	- Uniforme ($i < 2\%$)	0.90 – 0.95	0.80 – 0.85
	- Uniforme ($i > 2\%$) u ondulada.	0.85 – 0.90	0.75 – 0.80
Emisores espaciados menos de 2.5 m en cultivos permanentes o semipermanentes.	- Uniforme ($i < 2\%$)	0.85 – 0.90	0.75 – 0.80
	- Uniforme ($i > 2\%$) u ondulada.	0.80 – 0.90	0.70 – 0.80
Mangueras o cintas de exudación en cultivos anuales.	- Uniforme ($i < 2\%$)	0.80 – 0.90	0.70 – 0.80
	- Uniforme ($i > 2\%$) u ondulada.	0.70 – 0.85	0.65 – 0.75

Tabla 4.2. Valores de eficiencia de aplicación (Ea) en climas áridos (Tomado de Pizarro,1990)

Textura				
Profundidad de raíces (m)	Muy porosa (grava)	Arenosa	Media	Fina
< 0.75	0.65	0.75	0.85	0.90
0.75 – 1.50	0.75	0.80	0.90	0.95
> 1.50	0.80	0.90	0.95	1.00

Tabla 4.3. Conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe)según las cosechas (Tomado de Pizarro, 1990)

Cultivo	100	90	75	50
	CEe (dS/m)	CEe (dS/m)	CEe (dS/m)	CEe (dS/m)
Melón	2,2	3,6	5,7	9,1

4.3.2. Cálculo del número de emisores

Esto determina una característica agronómica muy importante de los riegos localizados: el porcentaje del área mojada por los emisores y el área total. El área mojada por los emisores en términos cuantitativos se pueden hacer por tres procedimientos, Rázuri (1998)

- Empleo de fórmulas.
- Utilización de tablas.
- Prueba de campo.

El número de emisores (e) se obtiene según:

$$e = (Sp \times P) / Ae * 100 \dots\dots\dots (15)$$

- e = Número de emisores.
- Sp = Superficie ocupada por las plantas.
- P = % de superficie mojada.
- Ae = área mojada por emisor (m2).

Porcentaje de superficie mojada (P):

Cultivos tipo hortícola

- 1.- Zonas de alta precipitación P = 60%
- 2.- Zonas de baja precipitación $40\% \leq P \leq 80\%$

La frecuencia de riego (Fr) se determina de acuerdo a:

$$Fr = e \times Ve / Nt \dots\dots\dots (16)$$

Fr = Frecuencia de riego (Días)

Ve = Volumen por emisor en cada riego (l)

Nt = Necesidades totales de riego.

e = Numero de emisores.

Tiempo de riego(Tr):

$$Tr = Ve / qe \quad (17)$$

Tr = Tiempo de riego.(h).

Ve = Volumen por emisor en cada riego (l).

qe = Caudal del emisor.(l/h).

Dosis de riego (D):

$$D = e \times Ve \dots\dots\dots (18)$$

e = número de emisores.

Ve = Volumen por emisor en cada riego (l).

Completada toda la información del diseño agronómico se procede a realizar el diseño hidráulico.

4.4. MEDICIONES HIDRÁULICAS

Las mediciones hidráulicas se hicieron con el objeto de determinar la funcionabilidad de los sistemas de riego evaluados, primeramente a través de la medición de los caudales en cada unidad de producción y posteriormente las presiones de operación en cada uno de los componentes del sistema que comparados con los estándares establecidos indicaran la necesidad o no de redimensionarlos. Los primeros indicadores evaluados fueron la uniformidad de la subunidad Cu(su) y posteriormente el coeficiente de uniformidad del sistema Cu(S), pues son una magnitudes que interviene en el diseño agronómico e hidráulico. Para el primer caso en la definición de las necesidades totales y en el segundo porque define los límites de variación del caudal de los emisores. Los parámetros evaluados no fue posible compararlos con el diseño original, dado que este no fue realizado y su

distribución obedece a la recomendación del proveedor de equipos de riego. Para la evaluación funcional de los sistemas se siguió el esquema que se presenta en la Figura 4.4.

Evaluación funcional de los sistemas de riego

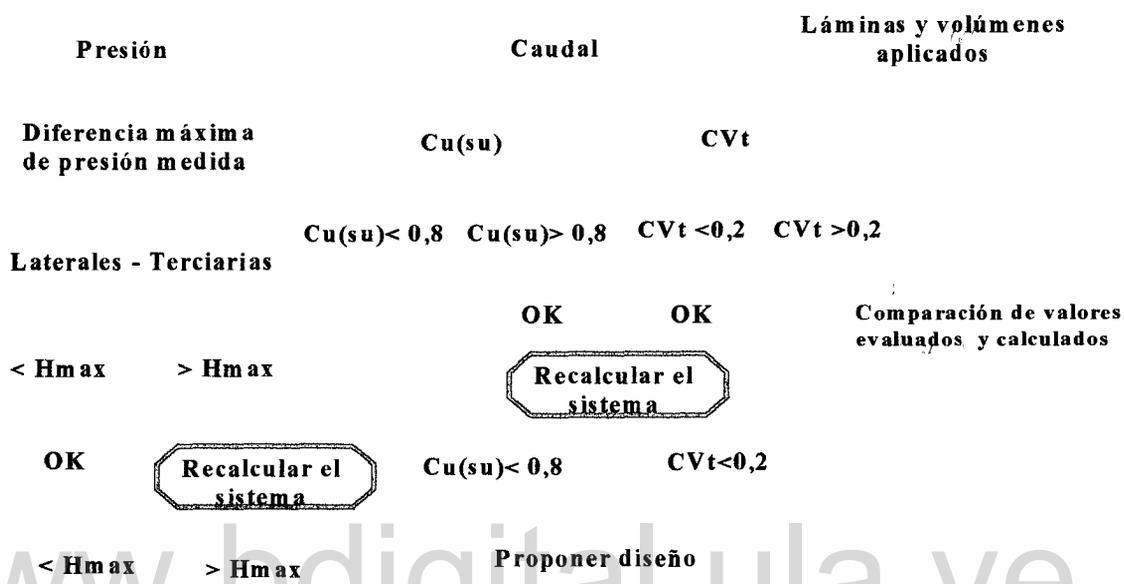


Figura 4.4. Flujoograma de evaluación funcional de los sistemas de riego (Fuente propia).

4.4.1. Uniformidad de riego

Para determinar la uniformidad de riego se recurrió a la metodología de Merrian y Séller, 1978 citado por Pizarro (1990), siguiendo el criterio de seleccionar 4 laterales de una subunidad y en cada uno hacer mediciones en el emisor ubicado al inicio, a 1/3 del origen, a 2/3 del inicio y el último, obteniendo en total 16 observaciones; a partir de estos datos se establece el $Cu(su)$, valores que pueden ser calificados según la Tabla 4.4 propuesta por Hernández y Rodrigo, 1980 y citada por Hernández (1993). La Tabla 4.1 presenta algunos valores recomendados para diseño y que sirven de comparación con los resultados obtenidos de la evaluación de uniformidad.

Tabla 4.4. Calificación del coeficiente de uniformidad Cu(su) (Tomado de Hernández 1993)

>92 %	EXCELENTE
87 % - 92 %	BUENO
80 % - 87 %	ACEPTABLE
70 % - 80 %	POBRE
< 70 %.	INACEPTABLE

El lineamiento de trabajo consistió en evaluar todas las subunidades, determinando la distribución de caudales y presiones, a partir de ello y usando la metodología propuesta por Merrian y Keller (1978) se determinaron los coeficientes que permiten calificar las subunidades; este coeficiente de uniformidad así obtenido permitió hacer un diagnóstico previo de la instalación, para ello se utilizó la ecuación(15) propuesta por los autores mencionados.

$$Cu(su) = q_{25}/q_a \dots\dots\dots(19)$$

q_a = Caudal medio de los emisores evaluados

q₂₅ = Representa el valor medio de los emisores de caudales más bajos.

www.bdigitalLula.ve

Ahora bien el Cu(su) va a depender del aspecto financiero como se expresó anteriormente, pues a medida que este es mayor, el régimen de presiones debe ser más uniforme, menor la dispersión de caudales, mayores los diámetros y por ende mayor el costo de la instalación.

Pizarro (1990) plantea que el estudio de las instalaciones de riego en operación tiene por objeto conocer la eficacia del sistema y dictaminar las medidas necesarias para mejorarla en caso que sea insuficiente; además ayuda a los ingenieros en los diseños de nuevas instalaciones y permite comparar entre distintos sistemas de riego. En una evaluación completa son muchos los temas a analizar, desde los puramente agronómicos como dosis, frecuencia de riego, profundidad de humedecimiento en relación con la profundidad radical, superficie mojada, etc., hasta la comprobación del funcionamiento de aparatos tales como filtros, reguladores de presión, y otros.

Existe una metodología que propone Bralts y Kesner, 1983 citado por Pizarro (1990), para diferenciar causas hidráulicas de la baja uniformidad de los emisores, de un alto coeficiente de variación, cuyo proceso de medición es similar al propuesto por Merrian y Keller, cuya ecuación para el caso de caudales es la siguiente.

$$Cvt = Gq/qa \dots\dots\dots (20)$$

Cvt = Coeficiente de variación total de caudales.

Gq = Desviación típica de los 16 caudales.

qa = Caudal medio del emisor.

El coeficiente de variación total de caudales, permitió calificar el grado de uniformidad del riego en función de los caudales, tal como se refleja en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Calificación de la uniformidad en función del Coeficiente de variación total (Cvt.) (Tomado de Pizarro 1990)

Cvt	Uniformidad
> 0,4	Inaceptable
0,4 – 0,3	Bajo
0,3 – 0,2	Aceptable
0,2 – 0,1	Muy bueno
0,1 – 0	Excelente

Posteriormente se valoró los coeficientes de uniformidad y eficiencia del sistema en su conjunto, permitiendo calificar el funcionamiento general, siguiendo para ello el procedimiento propuesto por Keller, 1980 citado por Hernández (1993). Para el caso de medición de presión, se evaluaron en los laterales usando un manómetro y a partir de ello se precisó la presión mínima de entrada a los laterales de cada subunidad, así como la presión mínima promedio para todo el sistema. También fue medida la presión en las válvulas de las terciarias y al final de cada lateral seleccionado.

A partir de la evaluación se calcularon los caudales mínimos (q_{min}), medios (q_{med}) y máximos (q_{max}) de las subunidades que conforman el sistema, en este sentido los caudales mínimos representan el promedio del 25% de los caudales menores de cada subunidad, el caudal medio representa el valor promedio de todos los emisores evaluados y el caudal máximo expresa el promedio de los 2 caudales mayores de la subunidad; así mismo fue calculado el caudal medio de todo el sistema.

En función de los caudales medios y mínimos se calcularon las láminas medias (L_b), y mínimas ($l_b \text{ min}$), así como los volúmenes medios y mínimos según las ecuaciones 21, 22, 23, 24, respectivamente.

$$Lb = q_{med} \times e \times Tr / Am \dots\dots\dots (21)$$

$$Lb_{min} = q_{min} \times e \times Tr / Am \dots\dots\dots (22)$$

$$Vol. \text{ Aplicado por planta} = q_{med} \times e \times Tr / Fr \dots\dots\dots (23)$$

$$Vol. \text{ Aplicado por planta} = q_{min} \times e \times Tr / Fr \dots\dots\dots (24)$$

e = Número de emisores

Tr = Tiempo de aplicación

Am = Área de mojado por emisor

Fr = Intervalo de riego

A partir de la ecuación 25 se calculó el coeficiente de uniformidad de todo el sistema.

$$Cu(S) = q_{min} \text{ de todo el sistema} / q_{med} \text{ de todo el sistema} \dots\dots\dots (25)$$

q_{min} = 25% de todos los valores bajos.

q_{med} = media de los emisores evaluados

Una evaluación de fundamental importancia fue determinar la diferencia máxima de presión tanto en los laterales como en la terciaria, esto a partir de los valores evaluados y posteriormente realizar una comparación de los valores calculados, tanto en la condición inicial de diseño como en el diseño modificado.

Una vez calculados estos indicadores producto de las evaluaciones realizadas, se explora los ajustes necesarios en las instalaciones de riego, como mejorar los filtros, limpieza de los mismos, redimensionamiento del sistema y operación correcta de las subunidades de riego.

4.5. DISEÑO HIDRÁULICO

Una vez hecha la evaluación hidráulica, se procedió a realizar el diseño hidráulico de acuerdo a la distribución actual de los sistemas (Finca Coabana y La Aguada) y se calcularon los parámetros hidráulicos de los mismos. Posteriormente, dadas las deficiencias evaluadas y calculadas, se redimensionaron a objeto de un mejor comportamiento tanto agronómico como hidráulico.

Como es sabido, el diseño hidráulico depende del diseño agronómico, topografía de la finca, características del emisor elegido, preferencia del agricultor, etc. Esta es la fase donde se realizan los cálculos correspondientes a tolerancia de caudales, presiones, diseño de la subunidad de riego, dimensionamiento de las tuberías secundarias, terciarias y el cabezal de riego. En primer lugar se determinó la tolerancia de caudales, para conseguir una uniformidad de riego ya definida en el diseño agronómico en términos de coeficiente de uniformidad. La relación entre el caudal mínimo del emisor (q_{ns}) y el caudal medio de todos los emisores, no debe ser inferior a un cierto valor, que se calcula en función del coeficiente de uniformidad, el número de emisores por planta y el coeficiente de variación del emisor a utilizar.

4.5.1. Tolerancia de caudales

$$C_u = [1 - (1.27 \times C_v \sqrt{e})] q_{ns}/q_a \dots\dots\dots (26)$$

C_u = Coeficiente de uniformidad.

C_v = Coeficiente variación de fabricación del emisor

e = Número de emisores por planta

q_{ns} = Caudal mínimo del emisor.

q_a = Caudal medio de los emisores, determinado a partir de la curva presión caudal.

www.bdigital.ula.ve

En esta fase se conoce C_u , el cual fue elegido en el diseño agronómico, en tal sentido, conociendo el coeficiente de variación de fabricación del emisor, el número de emisores (e) y el caudal medio (q_a), se calcula el caudal mínimo, a partir de:

$$q_{ns} = C_u \times q_a / (1 - 1.27 \times C_v / \sqrt{e}) \dots\dots\dots (27)$$

Conocidos q_a , h_a , q_{ns} , así como la ecuación del emisor ($q = K \times h^x$) se determina la tolerancia de presiones a través de :

$$h_{ns} = (q_{ns} / K)^{1/x} \dots\dots\dots (28)$$

q_{ns} = Caudal mínimo del emisor.

K = Coeficiente de descarga.

X = Exponente de descarga.

h_{ns} = Carga mínima de trabajo del emisor).

La diferencia de presión en el conjunto de la subunidad, es proporcional a :

$$\Delta H = M(h_a - h_{ns}) \dots\dots\dots (29)$$

M = es un factor que depende del número de diámetros que se vayan a utilizar en una misma tubería, sin embargo, en esta fase de cálculo se recomienda usar **2.5**.

La diferencia de presión admisible en la subunidad de riego que se reparte entre las laterales y terciarias es:

$$\Delta H = \Delta H_t + \Delta H_l \dots\dots\dots (30)$$

ΔH_t = variación de presión admisible en la terciaria.
 ΔH_l = Variación de presión admisible en cada lateral.

En terreno de poca pendiente se puede hacer:

$$\Delta H_l = \Delta H_t = \Delta H / 2 \quad (31)$$

La hipótesis (29) y sus derivadas son ecuaciones para facilitar el cálculo, sin embargo, la condición que se debe cumplir finalmente viene dada por el coeficiente de uniformidad.

4.5.2. Tolerancia de presiones en la subunidad

Obtenidos estos datos se realiza el diseño de la subunidad de riego que incluye la distribución de laterales y terciarias, la determinación de los caudales de estas tuberías y el cálculo de los diámetros y régimen de presiones.

Se debe cumplir con:

$$h_m - h_{ns} < \Delta H_l \dots\dots\dots (32)$$

h_m = presión al inicio del lateral.
 h_{ns} = presión mínima en el lateral.

$$H_m - H_n < \Delta H_t \dots\dots\dots (33)$$

H_m = presión al inicio de la terciaria.

H_n = presión mínima en la terciaria.

Una vez satisfechas esas condiciones, el cálculo se hace a la inversa, partiendo de la presión de entrada en la subunidad, se calcula h_a y h_{ns} y sus correspondientes q_a y q_{ns} a partir del cuál se comprueba que el coeficiente de uniformidad de la subunidad de riego no es inferior al mínimo establecido.

4.5.3. Hidráulica de los laterales

El cálculo de laterales se realiza como sigue:

Se determinan las pérdidas de carga en los laterales (h_f) m:

$$h_f = j \times F \times L \dots\dots\dots (34)$$

j = pérdida de carga unitaria incluido el efecto por conexión de los emisores. (m).

L = longitud del lateral (m)

F = coeficiente de Christiansen, (Tabla 4.6.)

Tabla 4.6. Coeficiente de Christiansen (Adaptado de Fuentes 1998)

\underline{N}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\beta = 1,75$	1,000	0,650	0,546	0,497	0,469	0,451	0,438	0,428	0,421	0,415	0,410	0,406
\underline{N}	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28
$\beta = 1,75$	0,403	0,400	0,397	0,395	0,393	0,392	0,390	0,389	0,387	0,385	0,383	0,382
\underline{N}	30	35	40	50	60	80	100	150	300	∞		
$\beta = 1,75$	0,380	0,378	0,376	0,374	0,372	0,370	0,369	0,367	0,365	0,364		

$$j = J \times ((Se + Fe) / Se) \dots\dots\dots(35)$$

j = pérdida de carga unitaria (m/m)

Se = separación entre emisores (m)

Fe = longitud equivalente a la conexión del emisor (m)

$$J = (7,886 \times 10^5 \times Q^{1,75}) / D^{4,75} \quad (36)$$

Tuberías lisas, $D \leq 125$ mm $Q =$ l/s $D =$ mm

$$h_m = h_a + 0.733 \times h_f + d/2 \quad (37)$$

h_m = presión inicial (m)

h_a = presión media (m)

h_f = pérdida de carga en el lateral (m)

d = desnivel (m)

La aplicación de estas fórmulas permite calcular h_m , h_n y comprobar si se cumple la condición que $(h_m - h_n)$ sea menor que la variación de presión en el lateral (ΔH_l). En el diseño del lateral se pueden presentar dos variantes: laterales alimentados por un extremo o laterales alimentados por un punto intermedio.

- **Laterales alimentados por un extremo**

Se pueden presentar tres casos que son:

Terreno horizontal $i = 0$

Terreno subiendo $i > 0$

Terreno bajando $i < 0$

i = Pendiente del terreno m/m

En el caso del terreno bajando se presentan dos posibilidades, la primera es que la presión mínima se produzca en un punto intermedio del lateral y la segunda es que la presión mínima esté al inicio del lateral.

$i < 0; |i| < j$ PRESIÓN MÍNIMA SE PRODUCE EN UN PUNTO INTERMEDIO DEL LATERAL.

$i > 0; |i| > j$ PRESIÓN MÍNIMA SE PRODUCE AL INICIO DEL LATERAL.
 $i =$ pendiente m/m.

En la Figura 4.5. se muestran estos casos y las fórmulas aplicables a cada situación.

Caso 1	Caso 2	Caso 3
$i = 0$ $d = 0$ $\Delta h_n = 0$ $h_m = h_a + 0,733 hf$ $H_n = h_u = h_m - hf = h_a - 0,267 hf$	$i > 0$ $d = 1. i > 0$ $h_m = h_a + 0,733 hf + d/2$ $h_n = h_u = h_m - hf - d = h_a - 0,267 hf - d/2$	Sub.Caso 3.1 $i < 0 \quad d = 1. i < 0 \quad i < j'$ $h_m = h_a + 0,733 hf + d/2$ $h_n = h_m - t' hf$ t' en la tabla 3.8 Sub.Caso 3.2 $h_m = h_n = h_a + 0,733 hf + d/2$ $h_u = h_m - hf - d$

Figura 4.5. Fórmulas generales en laterales alimentados por un extremo

- **Laterales alimentados por un punto intermedio**

La segunda variante es que los laterales estén alimentados por un punto intermedio.

Cuando el terreno es horizontal el punto de alimentación óptimo es el centro del lateral, es decir, equidistante para ambos extremos.

Cuando el terreno tiene una pendiente dada, el punto óptimo de alimentación va a ser el extremo más alto; de tal manera que se igualen las presiones mínimas en ambos ramales.

El procedimiento de cálculo se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Se elige el diámetro del lateral y se calcula la pérdida de carga, en una longitud igual a la suma de ambos ramales.
- 2.- Se calcula el desnivel entre ambos extremos del ramal $d = L \times i$.

3.- Se calcula la diferencia de presión $h_m - h_n$ según la siguiente expresión:

$$h_m - h_n = t \times h_f \dots\dots\dots (38)$$

Los valores de t se presentan en las Tablas 4.7 y 4.8

4.- Se comprueba si $h_m - h_n < \Delta H_I$ en caso contrario probar con un diámetro superior.

5.- En caso que se acepte el diámetro, se procede a determinar cuál es el punto de alimentación óptimo, es decir, el valor X , para ello se calcula X/L en función de d/h_f usando el anexo 11.

6.- Se calcula h_m , es decir, la presión inicial de los dos ramales según la ecuación:

$$h_m = h_a + m \times h_f - ((X/L) - 0.5)d. \quad (39)$$

$d =$ desnivel (m)

Tabla 4.7 Valores de (t) en Laterales alimentados por un extremo

d/h_f	t	d/h_f	t
0.0	1.00	-1.4	0.21
-0.1	0.91	-1.5	0.17
-0.2	0.83	-1.6	0.15
-0.3	0.75	-1.7	0.12
-0.4	0.68	-1.8	0.10
-0.5	0.62	-1.9	0.08
-0.6	0.56	-2.0	0.06
-0.7	0.50	-2.1	0.04
-0.8	0.45	-2.2	0.03
-0.9	0.40	-2.3	0.02
-1.0	0.36	-2.4	0.01
-1.1	0.31	-2.5	0.005
-1.2	0.28	-2.6	0.002
-1.3	0.24	-2.75	0.00

Tabla 4.8. Valores de (t) en Laterales alimentados por un punto intermedio

d/hf	t	d/hf	t
0.0	0.50	0.11	0.149
0.1	0.55	0.12	0.148
0.2	0.60	0.13	0.154
0.3	0.65	0.16	0.165
0.4	0.69	0.20	0.169
0.5	0.72	0.23	0.165
0.6	0.75	0.26	0.163
0.7	0.79	0.31	0.173
0.8	0.81	0.34	0.163
0.9	0.83	0.37	0.154
1.0	0.85	0.41	0.146
1.1	0.87	0.45	0.138
1.2	0.89	0.48	0.132
1.3	0.91	0.53	0.126
1.4	0.92	0.55	0.111
1.5	0.93	0.57	0.097
1.6	0.94	0.59	0.084
1.7	0.95	0.62	0.072
1.8	0.96	0.64	0.062
1.9	0.97	0.67	0.052
2.0	0.98	0.70	0.043
2.1	0.98	0.70	0.029
2.2	0.99	0.72	0.022
2.3	0.99	0.72	0.012
2.4	1.00	0.75	0.007
2.5	1.00	0.75	0.001
2.6	1.00	0.75	0.001
2.7	1.00	0.75	0.001
2.75	1.00	0.75	0.001

7.- Seguidamente se calcula la presión mínima h_n , común a ambos ramales mediante la siguiente expresión:

$$h_n = h_m - t \cdot h_f \quad (40)$$

Para la ubicación óptima de alimentación (Válvulas) de la terciaria, se utilizó el mismo procedimiento de los laterales alimentados por un punto intermedio.

4.5.4. Hidráulica de la tubería terciaria

La tubería terciaria se calcula de la siguiente manera:

- 1.- Se divide la terciaria en tantos tramos como espacio exista entre laterales.
- 2.- A la presión inicial de la terciaria, H_m se va descontando la pérdida de cada tramo y restando o sumando el desnivel según la terciaria vaya bajando o subiendo.
- 3.- De esta manera se obtiene la presión del punto inicial de cada lateral en función de H_m , valor aun desconocido.
- 4.- La media de todas esas presiones iniciales se iguala a H_a , presión de entrada del lateral medio, lo que permite calcular H_m y la presión al inicio de cada lateral, la menor de las cuales es H_n .
- 5.- Posteriormente comprobamos la hipótesis supuesta de $H_m - H_n < \Delta H_t$.

4.5.5. Hidráulica de las tuberías secundarias y primarias

Para el cálculo de estas tuberías se utilizó el procedimiento mediante la cual la velocidad media oscile entre 0.6 m/s – 2.25 m/s. Por debajo del primer valor se pudiera favorecer el fenómeno de sedimentación y los diámetros de las tuberías serían grandes y por ende más caras; velocidades superiores a 2.25 m/s las pérdidas de carga son elevadas, se demanda mayor potencia de bombeo y posible producción de fenómenos hidráulicos como la cavitación. En la mayoría de los casos de riego localizado se recomienda una velocidad de flujo de 1.5 m/s

4.6. ANALISIS FINANCIERO.

Para realizar el análisis financiero se recabó toda la información que involucre BENEFICIOS Y COSTOS de la explotación. Para el primer caso se llevó un control de los ingresos por ventas del producto y fluctuación de precios a puerta de finca y para el segundo aspecto se detallaron los costos fijos, costos variables, siendo desglosados de la siguiente manera:

Costos fijos anuales.
Costos de equipos.
Depreciación
Mantenimiento.

Costos anuales variables
Costos de producción del cultivo.
Preparación de tierra.
Fertilizante.
Insecticida.
Mano de obra.
Etc.

Costos de producción = Costos fijos + Costos variables. (41)

Para realizar todo lo anterior se llevó un registro detallado de los insumos aplicados, frecuencia de aplicación, cantidad, personal y equipo utilizado, electricidad, horas de riego, frecuencia y otros gastos, de igual manera si tiene crédito o no, y los beneficios obtenidos a partir de la venta del producto. Todo esto con el fin de realizar el análisis financiero con aplicación de los indicadores VAN y TIR, y comprobar los niveles de rentabilidad de la unidad de producción y realizar los análisis de sensibilidad a los diferentes sistemas.

$$\text{VAN (actualizado)} = (\text{Ingreso} - \text{Egreso}) / (1 + \text{Tasa de interés})^{\text{Año}} \dots\dots\dots (42)$$

$$\text{VAN} = \sum \text{VAN (actualizado)} - \text{Inversión} \dots\dots\dots (43)$$

VAN = Valor actual neto.

$$\text{TIR} = \text{T.menor} + (\text{T.mayor} - \text{T.menor}) * (\text{VAN T.menor}) / (\text{VAN T.mayor} + \text{VAN T.menor}) \dots\dots\dots (44)$$

TIR = Tasa interna de retorno.

El análisis financiero fue desarrollado bajo el escenario común de las unidades de explotación en la Península de Paraguaná, en la cual se presentan dos cosechas anuales, en tal sentido, se muestran las estimaciones de costos y beneficios del proyecto.

Las premisas para la realización del análisis financiero fueron las siguientes:

- La tasa de interés aplicada en la valoración de los indicadores de rentabilidad fue de 40 %, tasa que para el momento de la evaluación (Agosto-October 2000) representaba la tasa activa. Sin embargo se evaluaron otras tasas a objeto de cubrir entre otras la fijada por el ente crediticio estatal que es de 12 %.
- Se asume esta tasa nominal como la tasa real para los análisis de sensibilidad en los diferentes escenarios de realización del producto.
- La depreciación anual (Da) se calcula en función de un 5% del valor de la inversión, Fuentes(1998), incluyendo como ingreso en el último año, el valor que le quedaría a aquellos equipos que tengan una vida útil mayor de cinco años.

$$Da = (\text{Valor actual}-\text{Valor residual})/\text{Vida útil} \dots\dots\dots (45)$$

- El mantenimiento se estima en 2% de la inversión Fuentes(1998).
- Se elaboró un análisis de sensibilidad en las unidades de producción bajo los precios 60 , 70, 80, 100, 150 y 200 Bs/Kg, siendo 150 Bs/Kg según PROPARAGUANA (2000), el precio histórico a puerta finca y 200Bs/Kg el precio de venta del producto en esta evaluación. En este análisis se calculó el precio que hace sostenible el proyecto a la tasa activa de mercado para el momento del estudio.
- Se establece una vida util de cinco años en razón de:
 - 1- Período establecido por el FONDO ESTADAL DE CREDITO AGRÍCOLA (FONECRA) para el servicio de la deuda
 - 2- Aspectos de manejo relacionado al mantenimiento, circunscrito a la poca protección de las tuberías al final del periodo de siembra.
 - 3- Calidad de agua de la zona con altos contenidos de carbonatos.

CAPITULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. EVALUACIONES AGRONÓMICAS

5.1.1. Diseño agronómico

- **Finca Cuabana**

El diseño agronómico en lo concerniente a tiempo de riego, número de subunidades, frecuencia de riego, demanda de riego, etc., fue señalado por el vendedor de los equipos; sin embargo, no están recogidos en ningún documento; de igual forma el productor, en razón de lo observado, implementa subdivisiones de las subunidades y modifica la secuencia de riego incrementando con ello la desuniformidad. Es importante resaltar el uso de la plasticultura en la finca Cuabana, lo cual explica en gran medida algunos aspectos relevantes de la evaluación.

El tiempo de riego de la finca Cuabana osciló entre 1,5 h a 2,0 horas, con una frecuencia diaria. Los demás datos agronómicos y características de emisores son las siguientes:

Laterales marca Naan-Pazz y Chappín.

Marco de plantación (1,8 x 0,30)m

Separación entre emisores = $Se = 0,5$ m

Caudal nominal del emisor = $q = 1,7$ l/h

Presión nominal $h_a = 10$ m

Coefficiente de uniformidad = 0.90

Coefficiente de variación = 0,03

Ecuación del emisor según catálogo $q = K \times h^{0.499}$ (l/h) $K = 0,5376$ (46)

Caudal mínimo $q_n = 1,59$ l/h

Tiempo de riego $Tr = 1,5$ h - 2,0 h

Frecuencia de riego = diaria

Número de unidades operacionales = 4 Und.

Número de unidades operacionales modificada según criterio del productor = 6 Und

Número de horas de operación = 9 h

Area bajo riego = 3,16 Has.

En un chequeo general del suelo de la unidad se determinó que un 80% de la superficie sembrada está dominada por la textura Franco arenosa y el resto es de textura franco arcillo arenosa, con una profundidad entre 75 cm y 90 cm, a partir de la cual se presenta un estrato calcáreo (Caliche).

En esta unidad de producción se desarrollaron dos pruebas de infiltración en razón de las dos clases texturales bien definidas, que arrojaron resultados de infiltración básica de 15,32 cm/h para el suelo franco arenoso, considerada bastante alta, lo que denota la necesidad de usar la técnica del riego por goteo. En la superficie dominada por la textura franco arcillo arenosa se alcanzó una infiltración básica de 2,13cm/h.

Características de infiltración, estación 1, Apéndice A. (Textura franco arenoso)

$$Inst = 30.09 * t^{-0.15} \text{ cm/h} \dots\dots\dots (47)$$

$$I \text{ cum} = 0.59 * t^{0.85} \text{ cm} \dots\dots\dots (48)$$

$$Ib = 15.32 \text{ cm/h}$$

Características de infiltración estación 3, Apéndice B.(Textura Franco-arcillo-arenoso)

$$Inst = 19.08 * t^{-0.4} \text{ cm/h} \dots\dots\dots (49)$$

$$I \text{ cum} = 0.53 * t^{0.6} \text{ cm} \dots\dots\dots (50)$$

$$Ib = 2.13 \text{ cm/h}$$

En el caso de la evaporación se aprecia cierta coincidencia de los valores medidos en la finca Cuabana Tabla 5.1 y el período de 10 años de registro de la estación Jadacaquiva, ciclo de cultivo Agosto – Septiembre – Octubre.

Tabla 5.1. Evaporación (mm/día)

Mes	Evaporación (mm)Registro histórico Jadacaquiva	Evaporación datos medidos año 2000
Agosto	9,1 mm/día	7,8 mm/día
Septiembre	8,8 mm/día	7,8 mm/día
Octubre	7,5 mm/día	7,3 mm/día

$$\bar{X} = 8,5 \text{ mm/día}$$

$$\bar{X} = 7,5 \text{ mm/día}$$

Para calcular la evaporación del cultivo de referencia se utilizaron los datos históricos de evaporación en el tanque estándar tipo A. De la estación Jadacaquiva y datos de evaporación medidos en la finca, de igual manera se calculó Eto por el método Penman Monteith mediante el software Cropwat, cuyos resultados se expresan en la Tabla 5.2.

En la Tabla 5.2 se aprecia que el tiempo de riego máximo calculado en el ciclo Agosto – Octubre fue de 1,60 horas, usando para ello los datos de evaporación medidos en la finca. Para los valores históricos, usando el mismo método de la tina, se obtuvo un tiempo de riego de 1,76 horas, existiendo cierta coincidencia entre ambos registros. Aplicando el método de Penman - Monteith con los registros históricos de la estación Jadacaquiva, se logró un tiempo de riego máximo de 1,43 horas; valores que coinciden con la regla de operación establecida por el productor entre 1,5 horas a 2,0 horas.

Tabla 5.2. Valores de la demanda hídrica del cultivo y tiempo de riego finca Cuabana método de la tina estándar y Penman Monteith

Mes	Datos históricos método de Tina estándar tipo A (mm/día)	Ktaq	Eto (mm / día)	Kc	K	Etrl(mm)	Nt (mm/día)	Nt l/plant	Tr(h)
Agost.	9,1	0,7	6,4	0,5	0,93	2,9	5,0	1.41	0,83
Sept.	8,8	0,7	6,2	1,05	0,93	6,1	10,6	3.0	1,76
Oct.	7,5	0,7	5,3	0,7	0,93	3,5	6,1	1.72	1,01
	Datos medidos en la finca, método de Tina estándar tipo A (mm/día)	Ktaq	Eto (mm / día)	Kc	K	Etrl(mm)	Nt (mm/día)	Nt l/plant	Tr(h)
Agost.	7,8	0,7	5,5	0,5	0,93	2,6	4,5	1.27	0,75
Sept.	7,8	0,7	5,5	1,05	0,93	5,4	9,4	2.66	1,60
Oct.	7,3	0,7	5,1	0,7	0,93	3,3	5,7	1.61	0,95
	Datos históricos Penman Monteith	Dec	Kc	Etc (mm/ día)	Pe(mm/ día)	Nr(mm)	Nt (mm/día)	Nt l/plant	Tr(h)
Agost.		1	0.5	3.18	0.3	2.88	5.0	1.41	0.83
		2	0.5	3.36	0.18	3.48	5.52	1.56	0.92
		3	0.56	3.51	0.2	3.31	5.74	1.62	0.95
Sept.		1	0.72	4.08	0.22	3.86	6.70	1.89	1.11
		2	0.90	4.74	0.24	4.50	7.9	2.23	1.32
		3	1.02	5.15	0.26	4.89	8.5	2.40	1.42
Oct.		1	1.03	4.95	0.01	4.95	8.6	2.43	1.43
		2	0.89	4.08	0.0	4.08	7.1	2.01	1.18
		3	0.65	2.96	1.21	1.75	3.0	0.85	0.50

Fuente : Cálculos propios

A objeto de calcular las necesidades totales se siguió el procedimiento propuesto, Figura 3.1 y basándose en el método de Mass Hoffman se estimó una reducción del rendimiento del cultivo melón del 10% para una conductividad eléctrica del extracto de saturación en 3,6 dS/m en el caso de la finca Caobana. En la finca La Aguada se trabajó con una reducción del rendimiento del 25% para una conductividad eléctrica del extracto de saturación de 5,7 dS/m ajustado al rendimiento obtenido. Trabajar con dos CEe se debió a que la calidad del agua en las dos fincas es diferente y cabría esperar una conductividad eléctrica desigual y por ende unos requerimientos de riego de diferente magnitud dada la exigencia de lavado.

El número de emisores y porcentaje de humedecimiento se comprobó en campo, así mismo el diámetro de mojado resultando en 0,60 m. A partir de estos valores y aplicando la ecuación 50, se obtiene un resultado de 0,50 m que coincide con el valor de separación de emisores de la cinta Naan - Pazz. En la finca La Aguada la separación entre emisores es de 0,30 m considerando satisfactoria esta separación ya que se observa la formación de una franja continua a lo largo de la cinta.

$$Se = Dm \times 0,8 \dots\dots\dots (51)$$

Dm : diámetro de mojado.

Según la ecuación 15 el número de emisores resultó en 1 para ambas explotaciones, con un porcentaje de humedecimiento del 52% en la finca Cuabana y 47 % para la finca La Aguada; considerado ambos parámetros aceptables según lo afirmado por Arbert Avied (CINADCO), recomienda un rango entre 30% y 70%, Keller y Karmeli proponen para un suelo franco arenoso y caudal de 1,5 l/h un porcentaje de humedecimiento de 40 %.

- **Finca La Aguada**

La finca la Aguada presentó una regla de operación inicial de dos unidades simultaneas, sin una secuencia ordenada de riego entre subunidades, este esquema de riego no afectó al cultivo inicialmente, dado que las demandas de riego son bajas en la etapa inicial, no así a mediados del ciclo, donde la planta exige con mayor vigor el agua, provocando déficit manifiesto en el cultivo; en este sentido el productor se vio en la necesidad de modificar la operación en riego individual a objeto de aumentar las presiones y por ende el caudal, con un tiempo de riego de dos horas y media, con una frecuencia diaria de aplicación y en oportunidades interdiarias, debido al agotamiento del agua almacenada en la laguna.

Al igual que en la finca Cuabana no existe plan de operación y los criterios agronómicos son establecidos por el vendedor de los equipos, sin un reporte escrito de sus recomendaciones, las características agronómicas del sistema son las siguientes:

- Frecuencia: diaria e interdiaria
- Tiempo de riego: 2 horas - 2,5 horas
- Laterales marca: Chappín
- Marco de plantación: (2 x 0,30) m
- Separación entre emisores: 0,30 m
- Caudal nominal del emisor: 1,12 l/h
- Coefficiente de uniformidad: 0,90
- Coefficiente de variación: 0,03
- Ecuación del emisor según catálogo: $q = K \times h^{0.541}$ (l/h) $K = 0,3921$ (52)
- Caudal mínimo: $q_{ns} = 1,05$ l/h
- Carga nominal: $h_a = 7,00$ m
- Carga mínima: $h_{ns} 6,15$
- Número de unidades operacionales: 8 Und.
- Número de horas de operación: 12 h
- Área bajo riego: 6,17 Has

En esta unidad de producción se realizó una prueba de infiltración arrojando una infiltración básica de 2,97 cm/h, corroborando la buena permeabilidad de estos suelos.

Características de infiltración estación 1, Apéndice C. (Textura franco arenoso)

$$\begin{aligned}
 I_{nst} &= 26,64 \cdot t^{-0,4} && \text{cm/h} \dots\dots\dots (53) \\
 I_{cum} &= 0,74 \cdot t^{0,6} && \text{cm} \\
 I_b &= 2,97 && \text{cm/h}
 \end{aligned}$$

En esta unidad de producción se tomaron lecturas puntuales de los datos climáticos y se compararon con el registro histórico de la estación más cercana que está representada por Jadacaquiva. Empleando los datos de evaporación, velocidad de viento, humedad relativa y temperatura se determinó la evaporación de cultivo de referencia, mediante el método de la Tina estándar tipo A y el de Penman Monteith, utilizando para este último el software Cropwat (Smith 1991). En función de ello se calculó las necesidades totales del cultivo y el tiempo de riego asumiendo igualmente una frecuencia diaria.

Tabla 5.3. Valores de la demanda hídrica del cultivo y tiempo de riego finca La Aguada. Método de la tina Standar y Penman Monteith.

Mes	Datos históricos método de Tina estándar tipo A (mm)	Ktaq	Eto (mm/día)	Kc	K	Etrl(mm)	Nt (mm/día)	Nt l/plant	Tr(h)
Agost.	9,1	0,7	6,4	0,5	0,90	2,9	4.4	1.24	1.11
Sept.	8,8	0,7	6,2	1,05	0,90	5,1	7.90	2.23	2.00
Oct.	7,5	0,7	5,3	0,7	0,90	3.3	5.10	1.44	1.29
	Datos históricos Penman Monteith	Dec	Kc	Etc (mm/día)	Pe(mm/día)	Nr(mm)	Nt (mm/día)	Nt l/plant	Tr(h)
Agost.		1	0.5	3.18	0.3	2,88	4.4	1.24	1.11
Agost.		2	0.5	3.36	0.18	3.18	4.9	1.38	1.24
Agost.		3	0.56	3.51	0.2	3.31	5.1	1.44	1.29
Sept.		1	0.72	4.08	0.22	3.86	5.9	1.67	1.49
Sept.		2	0.90	4.74	0.24	4.50	7.0	1.98	1.77
Sept.		3	1.02	5.15	0.26	4.89	7.5	2.12	1.89
Oct.		1	1.03	4.95	0.01	4.95	7.6	2.15	1.92
Oct.		2	0.89	4.08	0.0	4.08	6.3	1.78	1.59
Oct.		3	0.65	2.96	1.21	1.75	2.7	0.76	0.68

Fuente : Cálculos propios.

La Tabla 5.3 muestra que ambas metodologías coinciden en los requerimientos hídricos del cultivo, con un rango en el tiempo de riego calculado entre 1.11 h y 2 h, en este sentido se puede apreciar poca variación entre los tiempos de riego calculado y lo aplicado.

5.1.2. Evolución de la tensión y porcentaje de humedad en el ciclo del cultivo melón, finca Cuabana

A objeto de verificar la evolución de la humedad en esta unidad de producción, se instalaron tensiómetros en tres estaciones de acuerdo a las características texturales del suelo y una distribución espacial que abarcara el mayor número de subunidades. En este sentido se colocaron tres tensiómetros en la estación 1 a las profundidades de 15 cm, 30cm y 45 cm, caracterizada la textura en esta estación como Franco arenosa. En la estación 2 se colocó un

tensiómetro a la profundidad de 30 cm debido a limitaciones en el número de los mismos, con una característica textural igual a la primera estación. En la estación 3 caracterizada por una textura Franco arcillo arenosa, se colocaron los tensiómetros de igual forma que en la estación 1; es importante resaltar que a cada lectura de tensión se tomó una muestra para determinar el contenido de humedad sobre la base de peso seco y verificar su evolución.

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 15 cm subunidad I**

Tal como se observa en la Figura 5.1, la tensión de humedad fluctúa el mayor porcentaje del tiempo por debajo de 10 Cbar, siendo considerado el potencial óptimo para melón en 35 Cbar (Taylor 1965, Hogan y Stewart, 1972; Salter y Goode 1967 y otros, citados por Pizarro (1993)). En esta estación se observan pocas variaciones importantes de la tensión que pudiera influir en el detrimento de los rendimientos, con un rango de variación entre 2,43 Cbar y 13,43 Cbar a los 10 días y 24 días respectivamente, con una media de 6,68 Cbar, una desviación de 2,87 Cbar

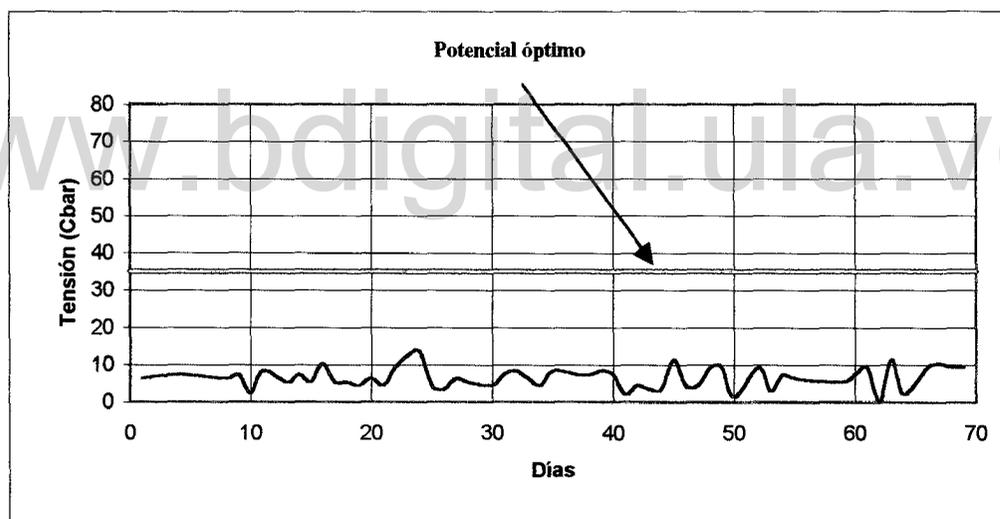


Figura 5.1. Evolución de la tensión de humedad estación 1 prof. 15 cm subunidad I Finca Cuabana.

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 15 cm subunidad I**

La curva de evolución de humedad Figura 5.2, expresa poca fluctuación en el contenido de humedad durante el período de cultivo, con un comportamiento homogéneo en

todas las fases, influenciado sin duda por el uso de la plasticultura que evita la pérdida de humedad por evaporación directa, manteniendo por mucho más tiempo el contenido de humedad incluso a esta profundidad superficial. Los valores observados de humedad oscilaron en un rango entre 6,39 % hasta 10,53 % con una media de 8,40% y una desviación de 1,14, siendo valorada la capacidad de campo en 12,25%, estando los contenidos de humedad alrededor y muy cercanos en el ciclo del cultivo a la capacidad de campo. La figura permite apreciar un ligero descenso de la humedad en los períodos intermedios de desarrollo del cultivo, específicamente alrededor de los 30 días, precisamente donde se incrementó la demanda hídrica del cultivo, manteniendo los tiempos de riego.

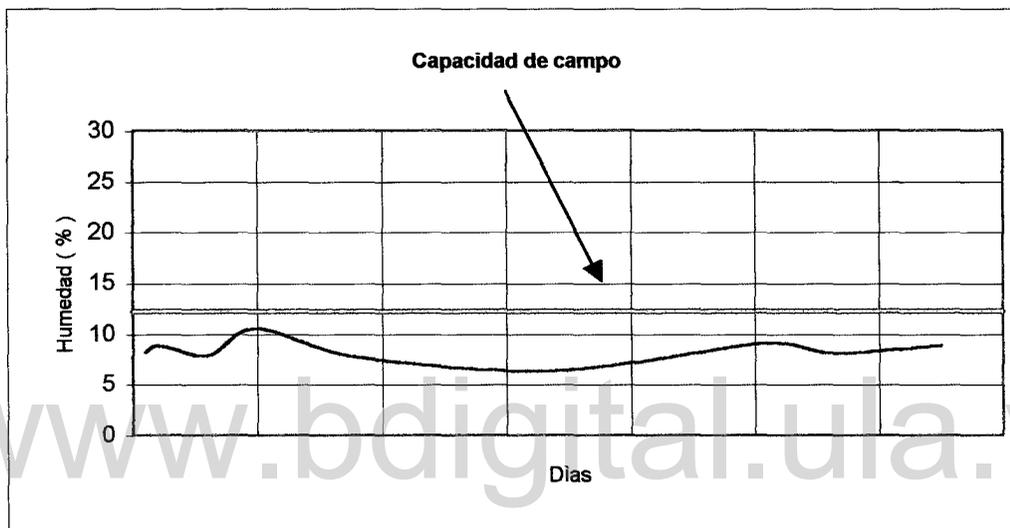


Figura 5.2. Evolución del porcentaje de humedad estación 1 prof. 15 cm. Subunidad I. Finca Cuabana.

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad I**

La Figura 5.3 expresa la tendencia que siguió la tensión de humedad, donde se visualizan diferenciaciones, pero en un margen que no afectaron el cultivo, con valores que oscilaron desde 0,952 Cbar al inicio del cultivo, hasta 20,95 Cbar en los días intermedios del ciclo. El valor medio observado resultó en 8,87 Cbar con una desviación de 4,64. Tal como fue señalado anteriormente, el potencial óptimo sugerido en el cultivo de melón oscila entre 30 a 40 Cbar para que no se produzcan una disminución inaceptable de la transpiración y en consecuencia de los rendimientos.

Este comportamiento homogéneo estuvo influenciado por el tiempo de riego, es decir, existieron riegos no programados en horas nocturnas sin bombeo, funcionando la Unidad I1 y I2 por la carga de gravedad establecida por la diferencia topográfica entre la laguna y la unidad de referencia, compensando de esta manera los riegos deficitarios. Esta situación permitió humedecer esta profundidad de máximo desarrollo de la densidad radical observada, aún existiendo deficiencias en el tiempo de riego programado, compensado a su vez por la cobertura plástica.

Es significativo resaltar que el tipo de suelo de la estación I es franco arenoso, sin impedimentos físicos al movimiento del agua, no cambiando la textura sino hasta 70 cm de profundidad.

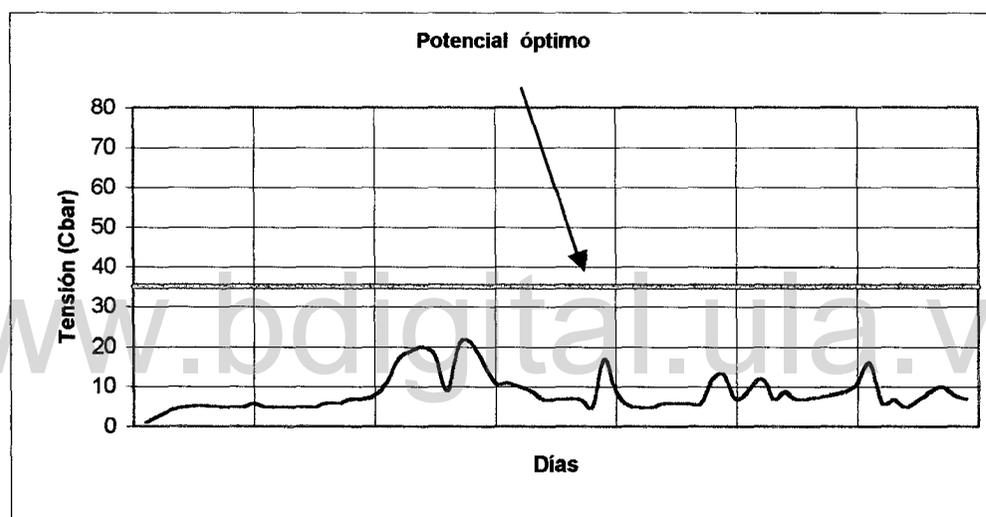


Figura 5.3. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad I. Finca Cuabana

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad I**

La Figura 5.4 muestra el comportamiento homogéneo del porcentaje de humedad en el ciclo, con una fluctuación entre 6,24% al inicio del ciclo y 12,51% al final del ciclo, con una media de 8,4% y una desviación de 1,77, siendo determinada la capacidad de campo por este tipo de suelo en 12,25% estando solo 4,21% por debajo de este valor en términos promedios en todo el ciclo, con poca desviación en sus valores, corroborado con lo manifestado en el campo por el desarrollo vegetativo del cultivo en esta subunidad.

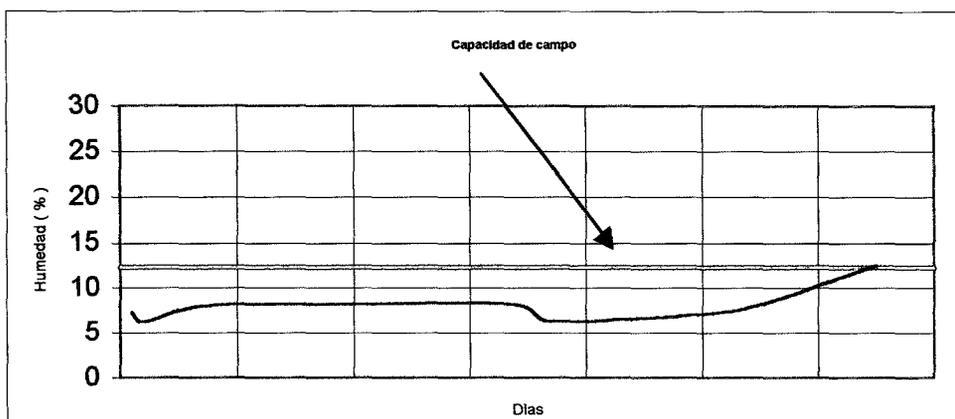


Figura 5.4. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad I. Finca Cuabana

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad I**

En la Figura 5.5 se puede apreciar la tendencia de las tensiones de humedad, denotando cierta uniformidad en casi todo el período, pero siempre con valores por debajo del potencial óptimo de humedad para el cultivo, establecido por algunos autores entre 30 – 45 Cbar. La evolución de la tensión a esta profundidad ofrece pocas variaciones a excepción del valor obtenido alrededor de los 42 días, sin embargo, fue muy puntual y alcanzó el valor de 40,86 Cbar con una media de 11,53 Cbar y una desviación de 7,41 atribuido al valor obtenido a los 42 días.

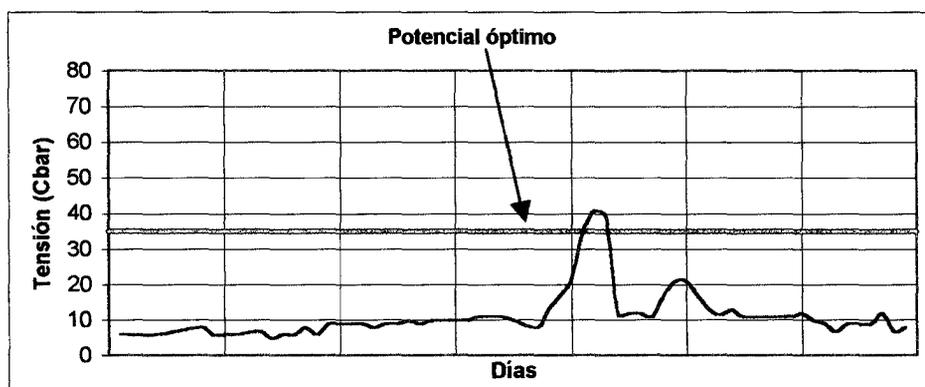


Figura 5.5. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad I. Finca Cuabana

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad I**

La evolución del porcentaje de humedad en la estación 1 a la profundidad de 45 cm mostrada en la Figura 5.6, al igual que en los anteriores estratos, no ofrece cambios importantes de los contenidos de humedad, con valores que oscilan entre 6,3% a 11,06% ambos al inicio del ciclo, con un valor medio de 8,05 %.

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 2. Prof. 15 cm subunidad IV1**

La Figura 5.7 muestra la tendencia del contenido de humedad en porcentaje de la estación 2, mostrando los valores más altos de todas las estaciones evaluadas con textura franco arenosa, con un mínimo de 8,58%, un máximo de 14,51%, una media de 12,20% y una desviación de 2,03. Comparando el valor de la capacidad de campo de 12,25 % con todos los valores medidos, se aprecia que en un alto porcentaje del tiempo el contenido de humedad estuvo por encima de la capacidad de campo en la referida estación. Esta situación se atribuye a dos causas fundamentales: en primer término a mayores presiones en esta unidad dado los diferentes tipos de laterales en cuanto a marcas y obstrucciones en los goteros lo que hacía que existiera mayor caudal en el lateral (Nana-Pazz) de mayor descarga nominal, en segundo término a fugas, en las conexiones y roturas. Este exceso de humedad en algunos períodos, no se manifiesta en el cultivo dado la textura y el buen drenaje prevaleciente.

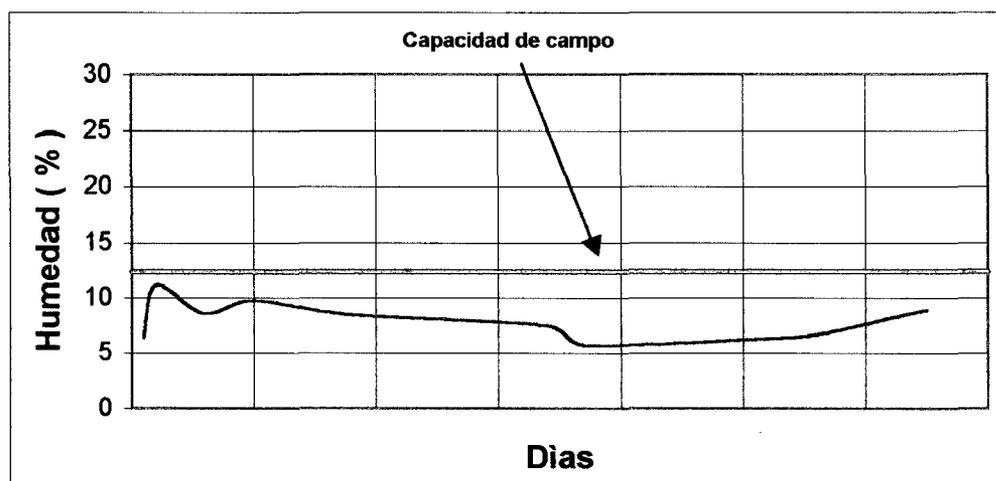


Figura 5.6. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad IV1 Finca Cuabana.

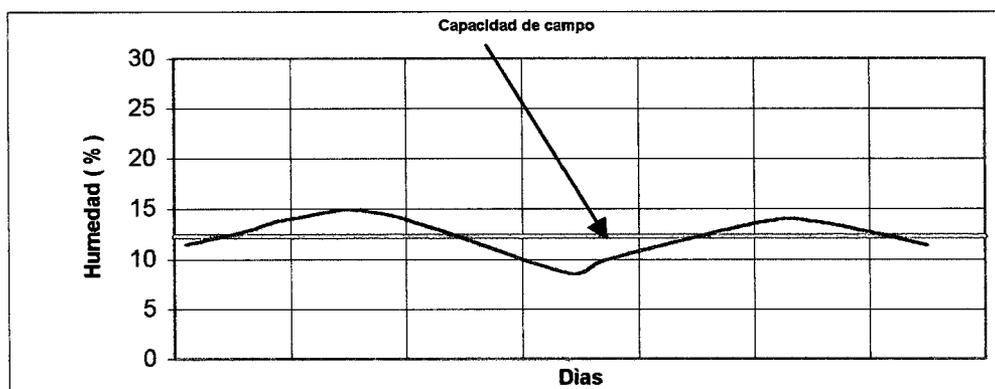


Figura 5.7. Evolución del Porcentaje de Humedad, Estación 2. Prof. 15 cm subunidad IV1.Finca Cuabana.

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 2. Prof. 30 cm subunidad IV1**

En esta estación se colocó un solo tensiómetro, a la profundidad de 30 cm, con pocas variaciones en su lectura y manteniéndose uniforme en todo el periodo, tal como se aprecia en la Figura 5.8 Los valores oscilaron entre 3,43 Cbar hasta 11,43 Cbar con una media de 6,48 Cbar y una desviación de 2,17. Estos valores están bastante por debajo de los 30 Cbar, considerados como óptimo para el cultivo melón. Esta cierta homogeneidad está influenciada por la técnica de la plasticultura utilizada por este productor, evitando la evaporación directa desde la superficie del suelo.

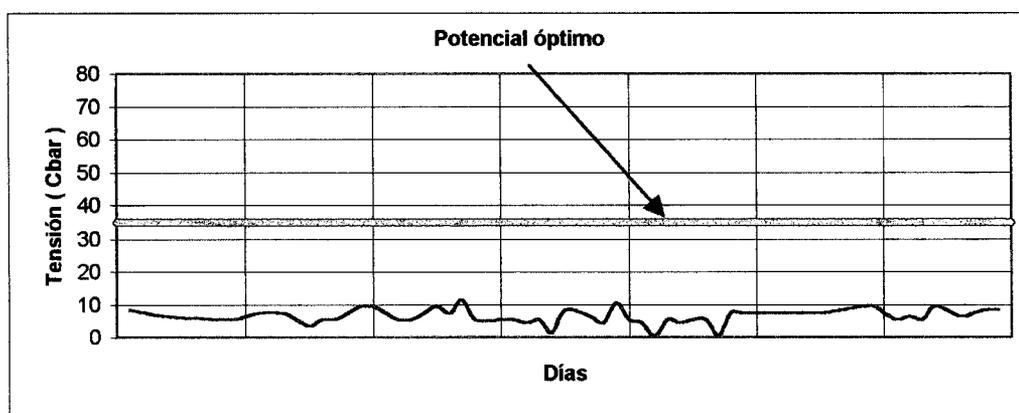


Figura 5.8. Evolución de la tensión de humedad, estación 2. Prof. 30 cm subunidad IV1.Finca Cuabana.

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 2. Prof. 30 cm subunidad IV1**

La Figura 5.9 muestra el comportamiento del contenido de humedad, valores que fluctuaron entre 9,98% y 15,37%, con una media de 11,47% y una desviación de 1,64. Se puede apreciar que la media está muy cercana a la capacidad de campo determinada para este suelo franco arenoso, no viéndose afectado el cultivo en los alrededores de la estación, no así en otras áreas de la unidad, atribuible a graves problemas de uniformidad, entre otros aspectos a: diferencia de marcas en laterales, obstrucciones y diseño de la unidad, es decir, aunque la estación muestre un comportamiento óptimo, no representa lo sucedido en otras áreas de la subunidad. La figura permite apreciar que alrededor de los 18 y 34 días se superó el contenido de humedad para la capacidad de campo, no viéndose afectado en ningún modo el cultivo.

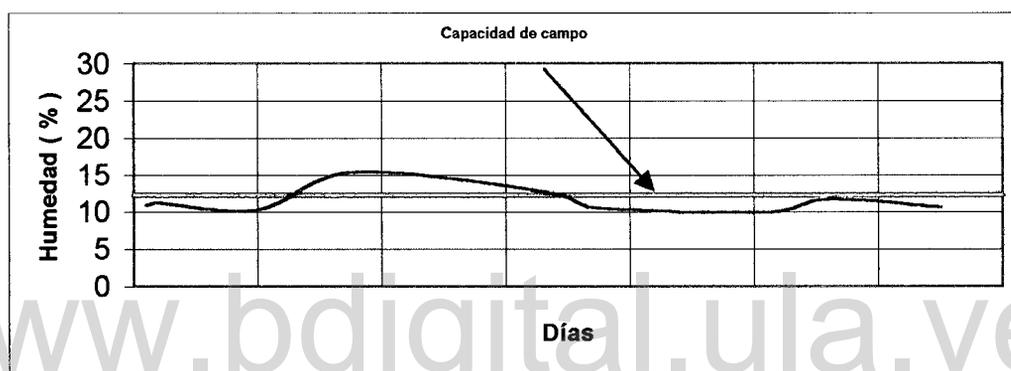


Figura 5.9. Evolución del porcentaje de humedad, estación 2. Prof. 30 cm subunidad IV1. Finca Cuabana.

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 2. Prof. 45 cm subunidad IV1**

La evolución de la humedad a esta profundidad manifiesta un comportamiento similar a las otras profundidades de la estación 2, Figura 5.10, con valores que oscilan entre 8,07% y 13,48% con una media de 10,70% y una desviación de 1,75. Esto manifiesta el buen comportamiento de la unidad, en valores cercanos a la capacidad del campo, corroborado con las apreciaciones de campo del buen desarrollo vegetativo.

En síntesis, en las tres profundidades se obtuvieron valores medios de 12,20% a 15 cm, 11,47% a 30 cm y 10,70% a 45 cm, valores que oscilaron alrededor de 12,25% de capacidad de campo.

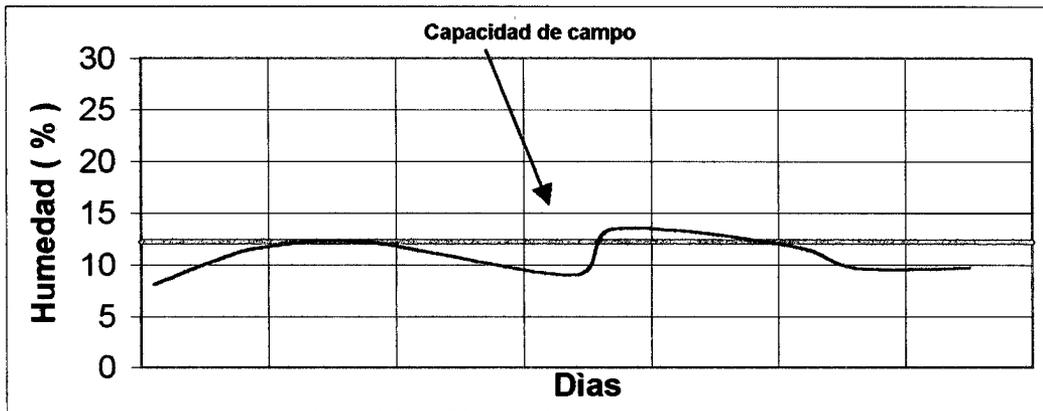


Figura 5.10. Evolución del porcentaje de humedad, estación 2. Prof. 45 cm subunidad IV1. Finca Cuabana

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 15 cm subunidad IV2**

El comportamiento de la tensión de humedad fue uniforme durante gran parte del período tal como se aprecia en la Figura 5.11, manteniéndose por debajo de las 10 Cbar hasta los 37 días; sin embargo, al final del período se observaron tensiones por encima de los 30 Cbar hasta los 64,43 Cbar. El valor medio de tensión observado fue de 17,49 Cbar con una desviación de 19,90 Cbar lo que refleja el grado de variación de las tensiones en esta unidad. Es importante resaltar que en el ámbito del crecimiento vegetativo y producción, representó la unidad con peor comportamiento, corroborado con el $Cu(su)$ de 0,56.

Se debe señalar que los caudales aplicados en la subunidad IV, además del bajo $Cu(su)$, fueron menores, pues un gran porcentaje de los laterales corresponde a caudales nominales de 1,12 l/h, cuando en las otras subunidades se tienen caudales nominales de 1,7 l/h, manteniéndose, los tiempos de riego entre 1,5 y 2 h

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 3. Prof. 15 cm subunidad IV2**

El suelo de la estación 3 presenta textura franco arcillo arenosa, determinándose una capacidad de campo de 19,3%, presentando un contenido de humedad bastante por debajo de la capacidad de campo. Al comparar la curva de tensión Figura 5.11, con la humedad, Figura 5.12, los valores no resultan congruentes; sin embargo, se debe manifestar que en los tensiómetros de esta estación se repuso la columna de agua con cierta frecuencia, situación que no sucedió en las demás estaciones donde no fue necesario renovar, lo que pudo acarrear

errores en la lectura. Los valores de contenido de humedad a esta profundidad oscilaron en un rango entre 7,23% y 14,65%, con una media de 11,93% bastante por debajo de la capacidad de campo con una desviación de 2,15% lo que manifiesta cierta uniformidad en su comportamiento; sin embargo, se regaba en una situación de déficit, por debajo de la exigencia calculada para el cultivo.

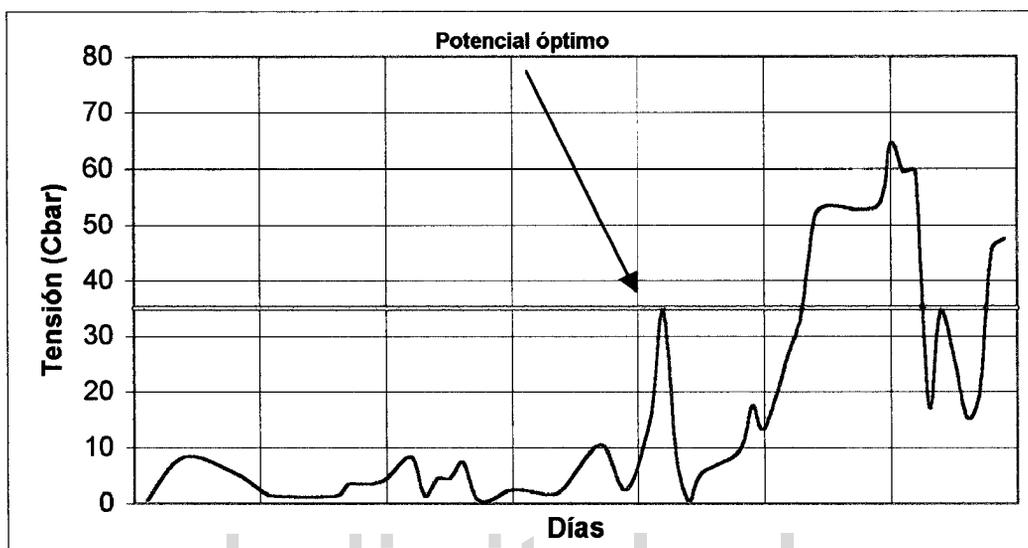


Figura 5.11. Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 15 cm subunidad IV2. Finca Cuabana.

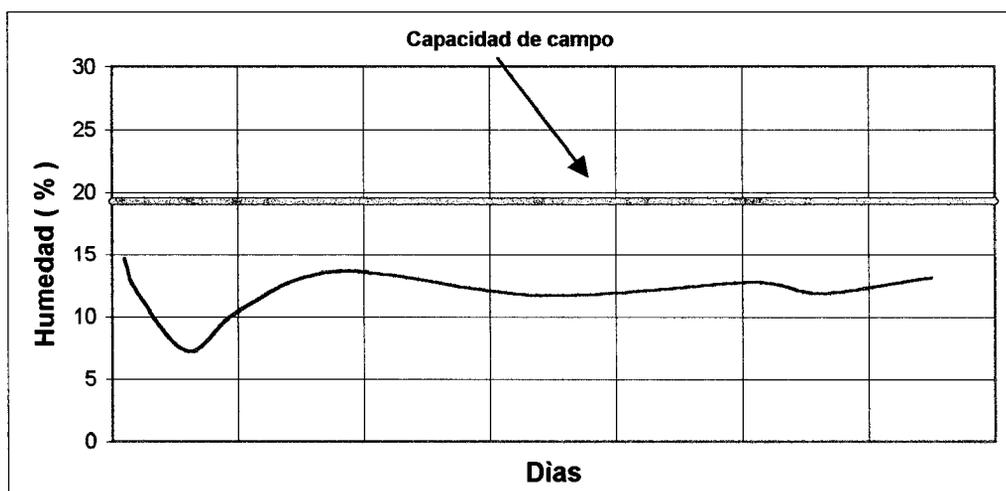


Figura 5.12. Evolución del porcentaje de humedad, estación 3. Prof. 15 cm subunidad IV2. Finca Cuabana

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 30 cm subunidad IV2**

Según se aprecia en la Figura 5.13, se presenta una gran heterogeneidad en el comportamiento de las lecturas en los tensiómetros, con frecuente rompimiento de la columna de agua, el valor medio fue de 40,04 Cbar bastante por encima del óptimo para que no exista reducción en el rendimiento del cultivo que está alrededor de los 30 Cbar, la desviación de 21,02 refleja el grado de heterogeneidad en la evolución de la tensión de humedad, manifestado en el comportamiento productivo de esta área, afianzado por el bajo Cu (su) evaluado en esta subunidad.

Los valores de tensión oscilaron en un rango entre 6,43 Cbar hasta 79,43 Cbar, lo que expresa el amplio rango de comportamiento con un predominio de las lecturas por encima de los 40 Cbar. Esta situación se manifestó en baja producción del sector y un tratamiento marginal por el productor.

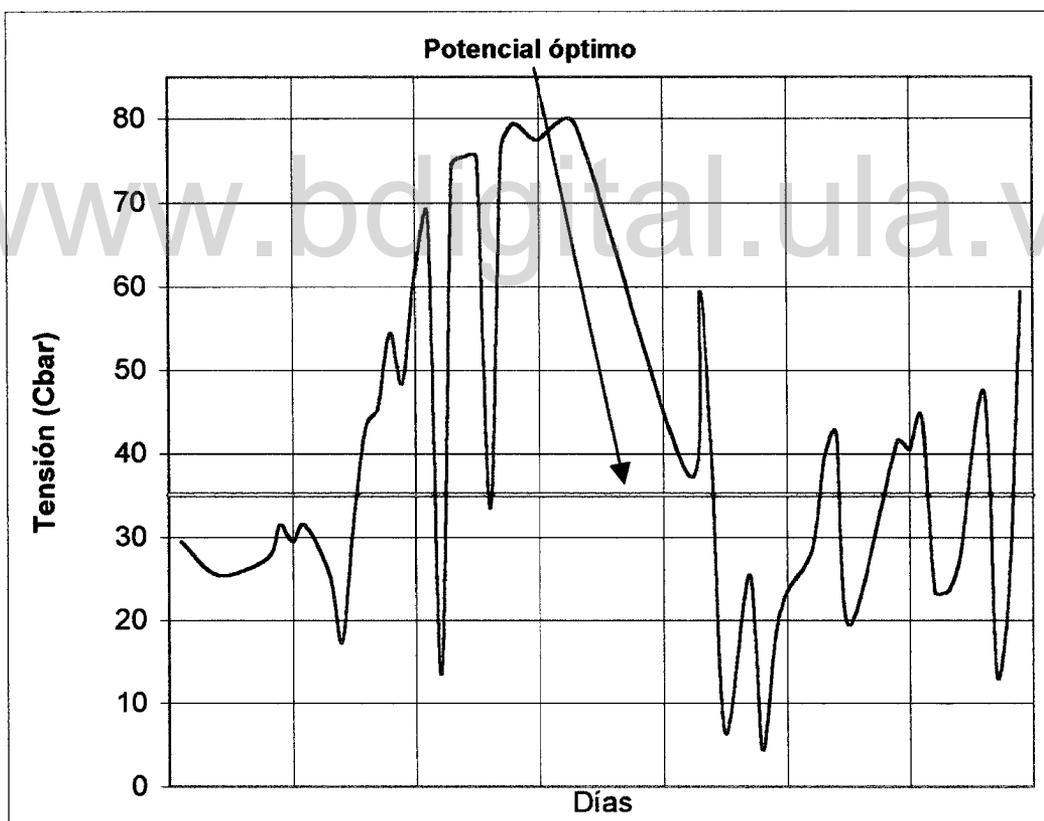


Figura 5.13. Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 30 cm subunidad IV2.Finca Cuabana

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 3. Prof. 30 cm subunidad IV2**

Según la Figura 5.14, se observa una tendencia uniforme, pero por debajo del contenido de humedad óptimo de 19,3% para la capacidad de campo. El valor medio de 14,14% con una desviación de 3,39, con un rango de fluctuación entre 10,88% hasta 21,43% permite apreciar una humedad bastante baja en prácticamente todo el período, denotándose en las condiciones de campo y la marchitez que se manifiesta en este sector del campo, atribuidos a problemas de operación del riego, específicamente en tiempo de riego y desuniformidad en equipos (laterales) y una apreciación errónea por parte del productor del proceso productivo, pues tratándose de un suelo franco arcillo arenoso, amerita mayor tiempo para humedecer la profundidad efectiva del cultivo, estimada entre 30 y 45 cm.

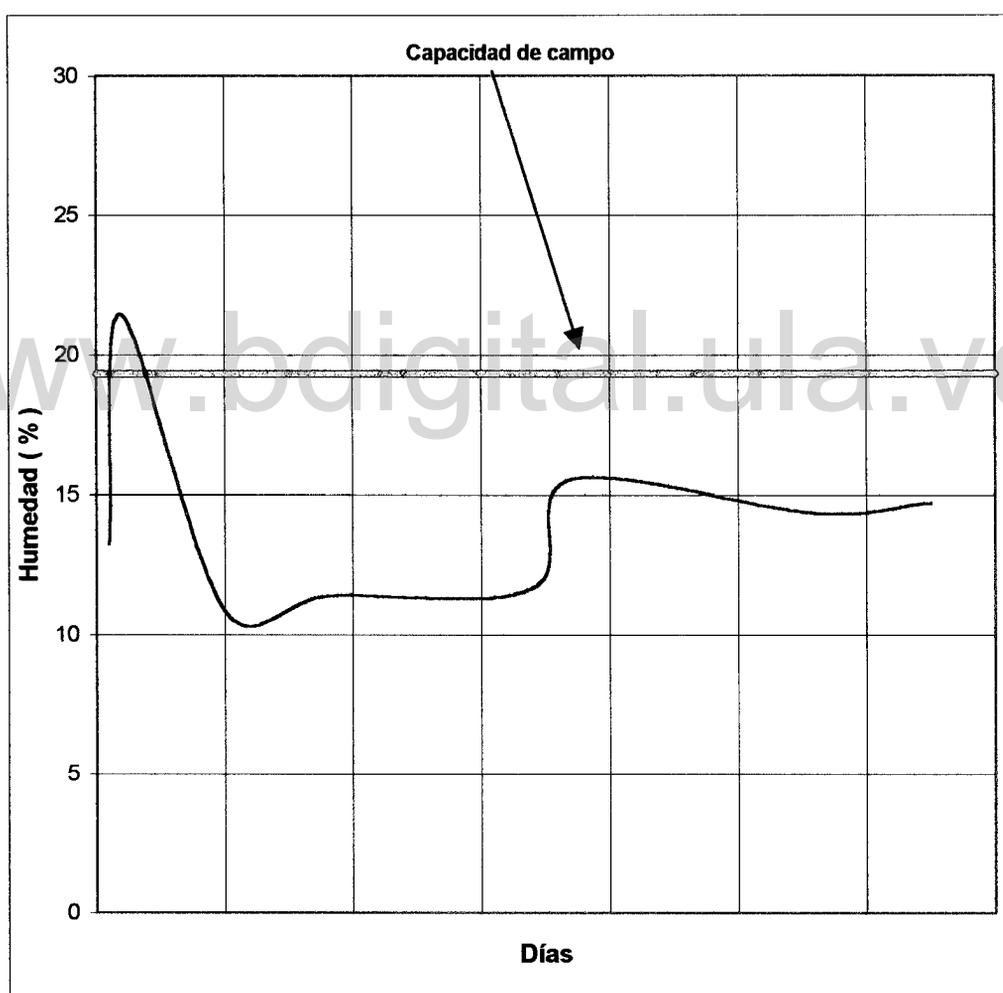


Figura 5.14. Evolución del porcentaje de humedad, estación 3. Prof. 30 cm subunidad IV1. Finca Cuabana.

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 45 cm subunidad IV2**

Al igual que en la profundidad de 30 cm de esta estación, se aprecia una fluctuación importante en la tensión con valores que oscila entre 18 Cbar hasta 65,86 Cbar, Figura 5.15, con una desviación de 10,64 Cbar, que refleja la desuniformidad de las lecturas en el ciclo.

Es importante resaltar que el tensiómetro a esta profundidad fue retirado, dado la frecuencia de reposición de la columna de agua. La medición de humedad no fue llevada a cabo a esta profundidad, debido a la imposibilidad de introducir el muestrador de humedad, a causa de la poca humedad.

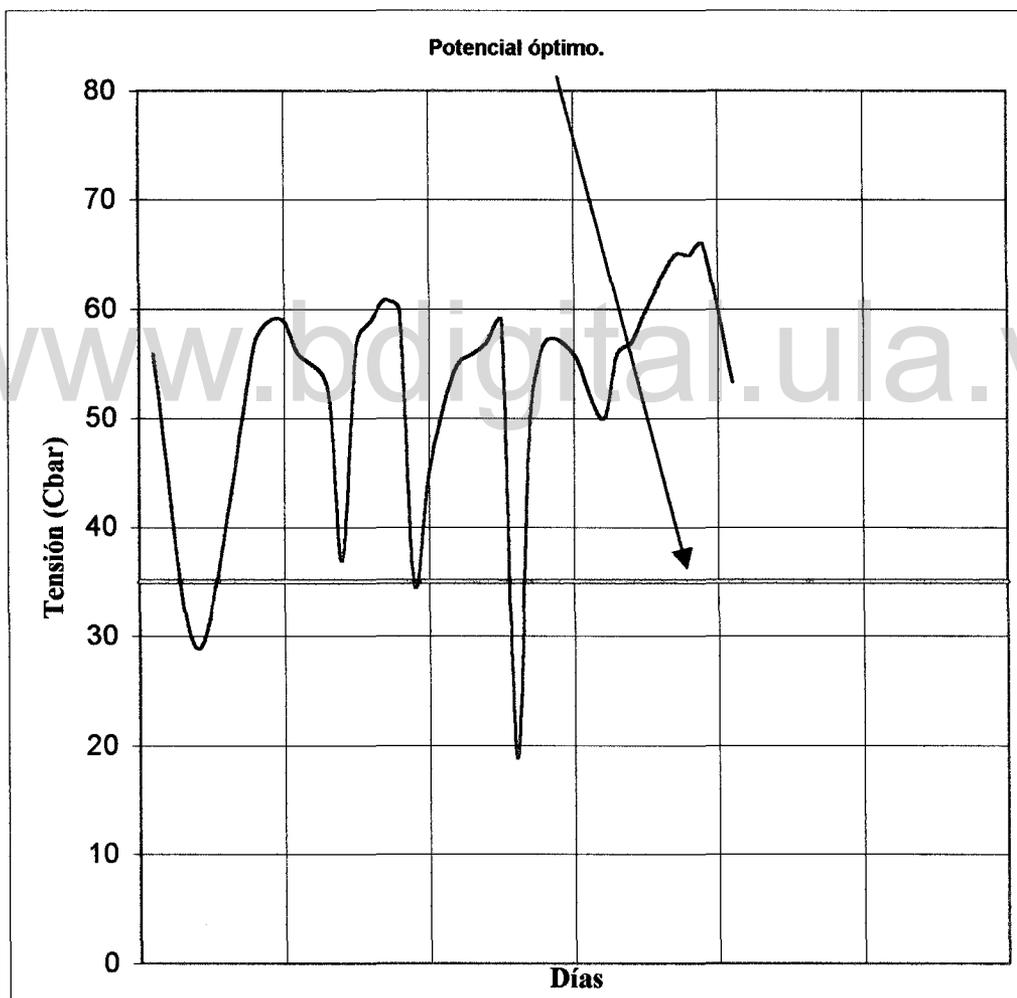


Figura 5.15. Evolución de la tensión de humedad, estación 3. Prof. 45 cm subunidad IV2. Finca Cuabana

- **Tendencias de la tensión y de la humedad según la profundidad finca Cuabana**

Al observar las tendencias de los valores medios a diferentes profundidades se puede apreciar poca variación en el porcentaje de humedad, pues este osciló alrededor del 8% a las profundidades de 15-30-45 cm. Los valores de tensión en la estación 1 fueron creciendo a medida que aumentó la profundidad en 6,68 Cbar, 8,87 Cbar y 11,53 Cbar, valores de tensión realmente bajos, y que está influenciado por la cobertura plástica pues cabría esperar mayor tensión antes del riego en las profundidades iniciales.

En la estación 2 se obtuvo la siguiente tendencia con relación al porcentaje de humedad de 12,20%, 11,47% y 10,70%, bastante cercano a la capacidad de campo, influenciado por la plasticultura y la mayor extracción de humedad a medida que aumenta la profundidad, dado el mayor crecimiento radical.

La estación 3 siguió la misma tendencia observada en las demás estaciones, es decir, valores crecientes de tensión promedio a mayor profundidad, con resultados de 17,49 Cbar, 40,04 Cbar y 53,26 Cbar a 15 – 30 y 45 cm. Los contenidos medios del porcentaje de humedad en esta estación fueron de 11,93% y 8,03% para 15-30 cm respectivamente, dificultándose la toma de muestra por la dureza del suelo a 45 cm, siendo la estación más seca y de peores resultados productivos, ratificando lo expresado anteriormente, que el tiempo de riego y el caudal es insuficiente para humedecer la profundidad efectiva para el cultivo, apreciándose un crecimiento radical de 25 cm.

Las diferencias del tiempo de riego en la finca Cuabana y la falta de uniformidad es en cierta medida compensada por la cobertura plástica; de allí que se note en líneas generales mayor uniformidad en las tendencias de humedad en comparación a la finca La Aguada, que no aplica esta práctica.

5.1.3. Evolución de la tensión y porcentaje de humedad en el ciclo del cultivo melón, finca La Aguada

En esta finca la profundidad de los suelos es en términos promedio alrededor de 50 cm, pues existe un estrato rocoso con presencia de granza a partir de la referida profundidad, siendo el suelo en toda el área de cultivo de textura franco arenoso. En este caso se colocó una estación con tres tensiómetros a diferentes profundidades, 15 cm, 30 cm y 45 cm, haciéndose chequeos en el resto de la superficie, con toma de muestras para determinar el porcentaje de humedad existente.

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 15 cm subunidad VIII**

Según la Figura 5.16, se aprecian variaciones marcadas en la tensión de humedad en rango que oscilan entre 7,43 Cbar y 53,43 Cbar con un valor medio de 19,98 Cbar y una desviación de 15,20 Cbar que refleja la fluctuación relevante en el período, en especial a los 15 días y 50 días del período de medición. El pico inicial se atribuye al daño de la bomba sumergible, en la cual el cultivo estuvo 8 días sin riego; sin embargo el valor medio de tensión se ubicó bastante por debajo de la tensión óptimo estimada para el cultivo que representa los 30 Cbar.

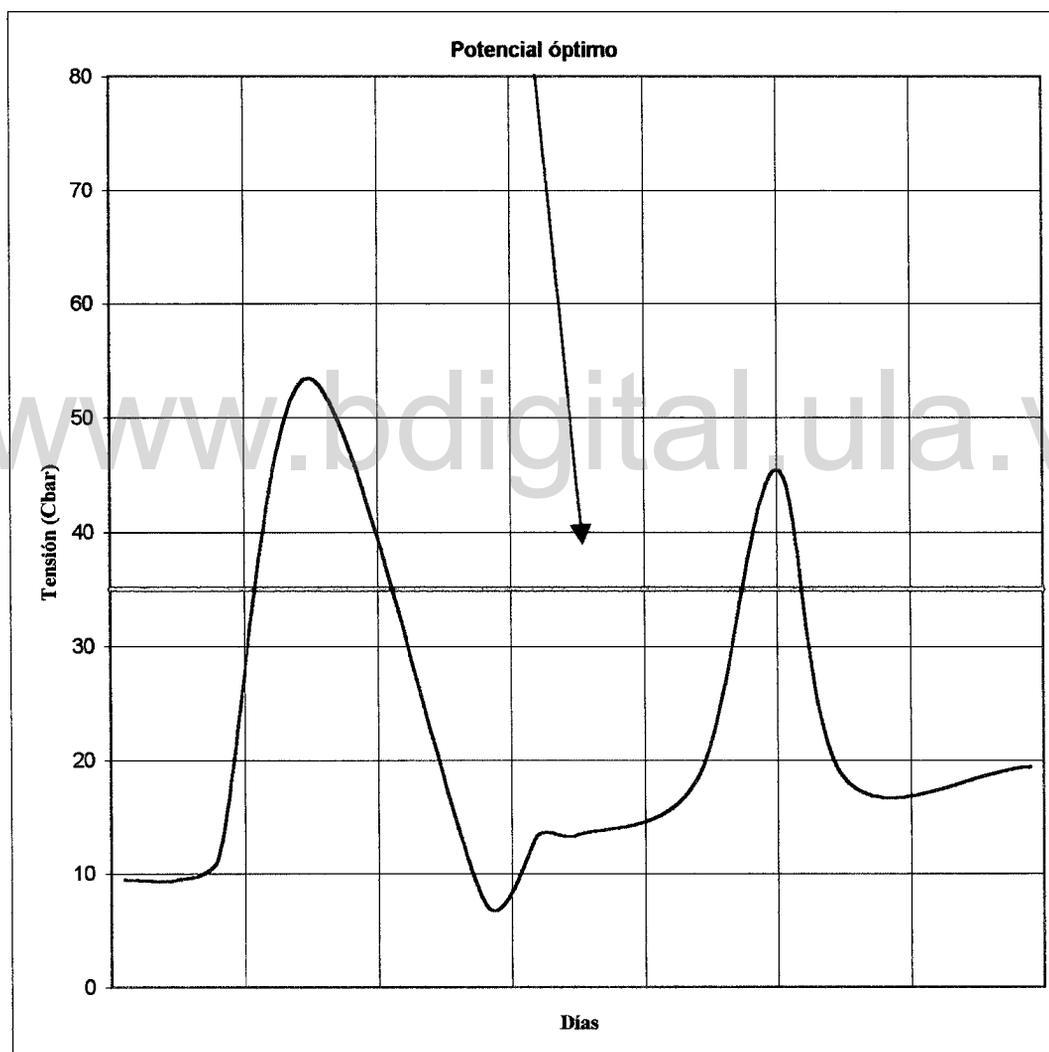


Figura 5.16. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 15 cm subunidad VIII.

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 15 cm subunidad VIII**

La tendencia del contenido de humedad reflejada en la Figura 5.17, muestra fluctuaciones con un valor máximo alrededor de los 8 días de 17,34% y un valor mínimo de 7,46%, alrededor de los 55 días, siendo este último valor inducido para la cosecha. En todo el periodo se determinó una media de 10,15%, bastante cercano a la capacidad de campo evaluada en esta finca, con una desviación de 3,06 no siendo relevante la variación. Estas fluctuaciones reflejan, sin embargo, cierta irregularidad en el riego, específicamente en el turno de las subunidades, pues no existe un orden o secuencia lógica del inicio de riego en cada unidad que fue cambiante en todo el periodo, es decir, si la unidad I fue regada a las 9 am, al día siguiente y de manera al azar se regaba a las 3 pm, lo que incide lógicamente en esas fluctuaciones manifiestas en la Figura 5.19.

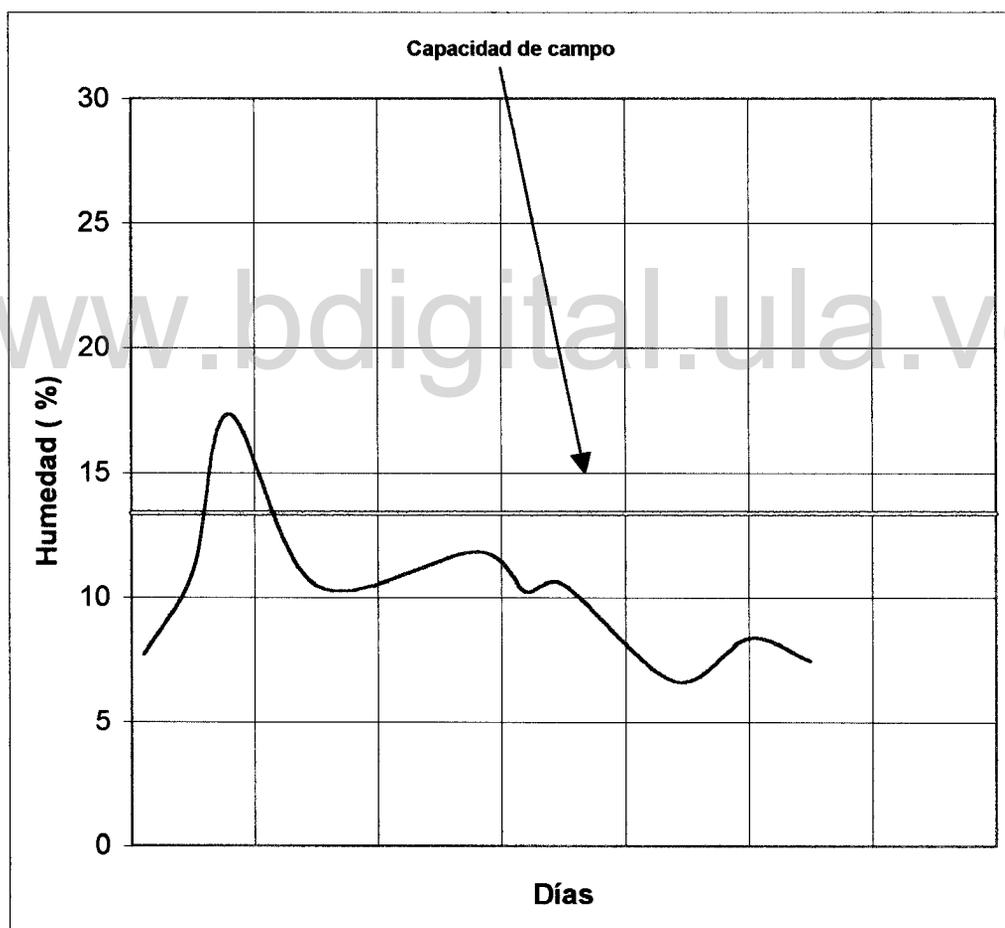


Figura 5.17. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 15 cm subunidad VIII.

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad VIII**

En la Figura 5.18 se aprecia un pico de tensión a los 50 días de 47,43 Cbar, inducida como práctica agronómica para acelerar maduración, y un valor mínimo de 2,43 Cbar al inicio del ciclo. El valor medio de tensión fue de 17,07 Cbar con una desviación de 13,90. Los referidos valores están influenciados por la suspensión del riego alrededor de los 50 días, sin embargo, la media está bastante por debajo de lo considerado como óptimo para el cultivo.

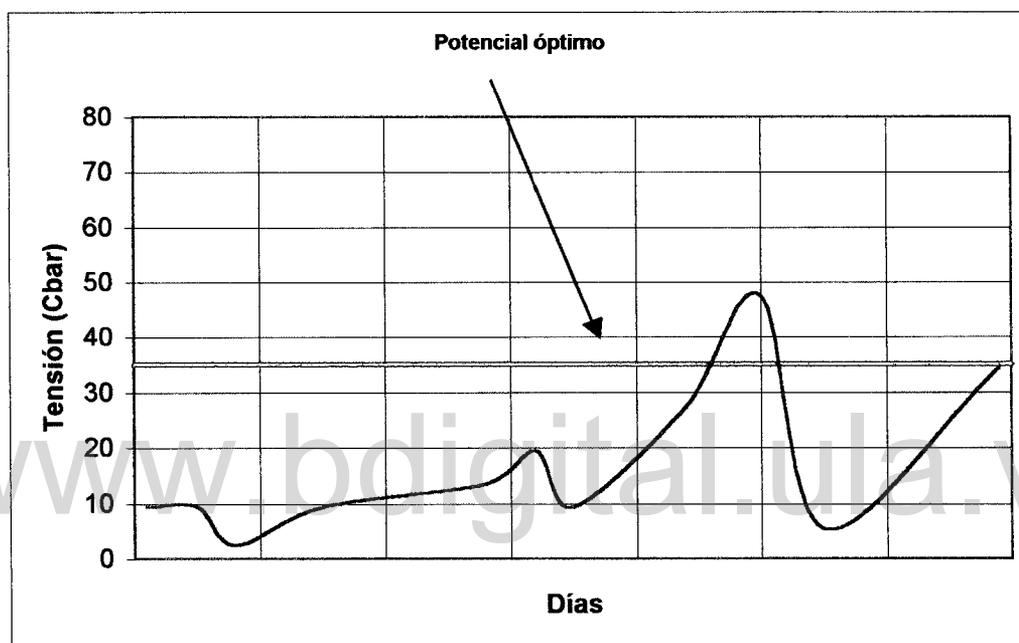


Figura 5.18. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad VIII.

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad VIII**

La Figura 5.19 permite apreciar un pico de humedad de 25,75% a los 28 días y un valor mínimo de 6,27% al inicio del cultivo. El valor medio observado a esta profundidad, es de 11,94% cercano a la capacidad de campo y una desviación de 5,15% influenciado básicamente por el valor máximo de la tendencia. Las variaciones que se perciben están relacionadas con el azar en los turnos de riego, bien sea con un riego en exceso que incide en la pérdida de fertilizante y agua, así como el déficit manifiesto en determinados períodos.

- **Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad VIII**

La tensión de humedad a la profundidad de 45 cm, Figura 5.20, presenta un comportamiento más homogéneo que en las demás profundidades de la estación 1, ratificado por una desviación de 4,59 Cbar que comparado con los 15,20 Cbar y 13,90 Cbar a 15 y 30 cm respectivamente, lo que certifica la tendencia uniforme en el ciclo. La media fue calculada en 9,16 Cbar por debajo de los valores determinados en las demás profundidades, con un mayor contenido de humedad reflejado en el comportamiento vegetativo y productivo, además a esta profundidad se observó el máximo crecimiento radical.

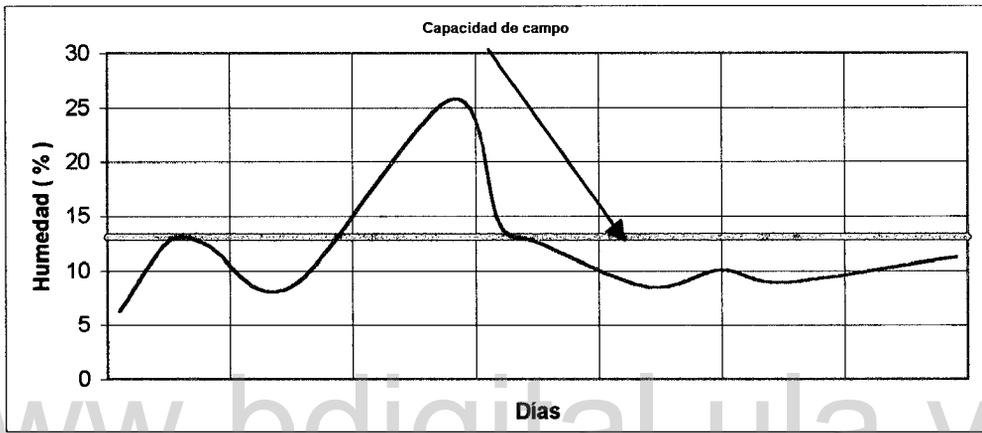


Figura 5.19. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 30 cm subunidad VIII.

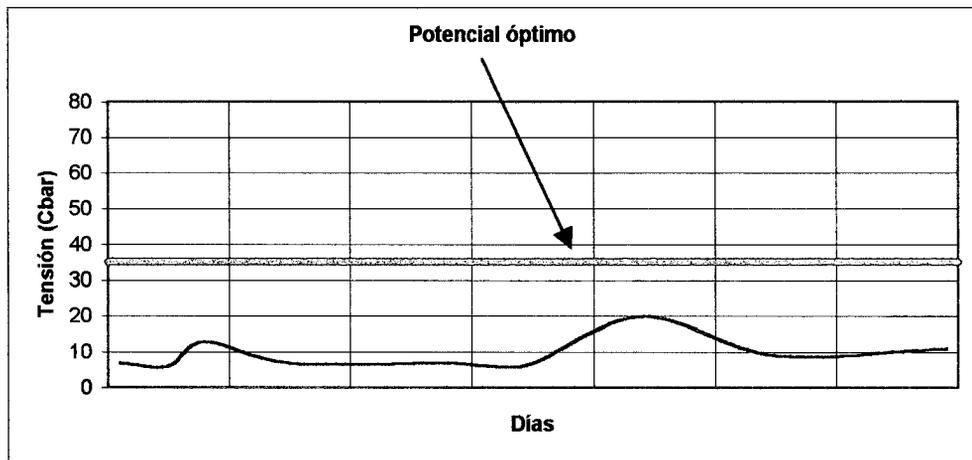


Figura 5.20. Evolución de la tensión de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad VIII.

- **Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad VIII**

Según la Figura 5.21, esta profundidad presentó el mayor contenido de humedad con un rango entre 9,53% y 18,75%, con una media de 13,02%, prácticamente la capacidad de campo determinada en la finca que fue de 13,1%. La desviación de 2,59% corrobora un comportamiento de mayor homogeneidad que en las profundidades de 15 cm y 30 cm con valores de 3,06 %y 5,15% respectivamente.

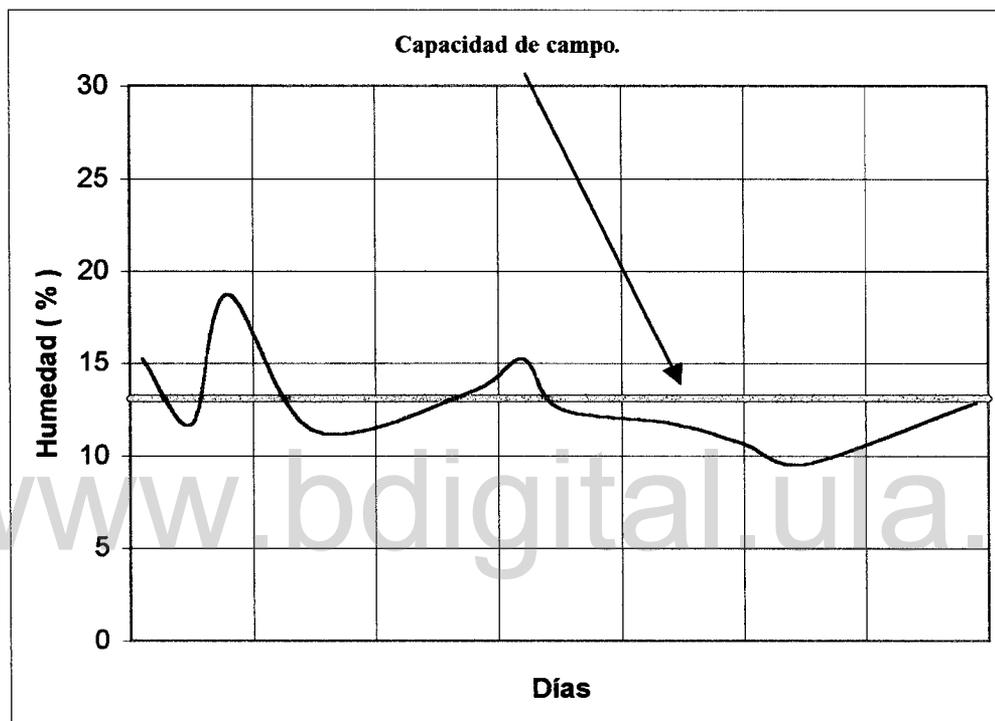


Figura 5.21. Evolución del porcentaje de humedad, estación 1. Prof. 45 cm subunidad VIII.

- **Tendencias de la tensión y de la humedad según la profundidad finca La Aguada**

Es bueno resaltar que el comportamiento de los valores de tensión siguió una tendencia decreciente a medida que aumentó la profundidad con relación a sus valores medios, lo que sería la tendencia esperada, es decir, mayor contenido de humedad a mayor profundidad, influenciado este comportamiento por la evaporación directa desde el suelo. Igual tendencia se presentó en el porcentaje de humedad con relación a sus valores medios,

mayor contenido de humedad a medida que aumentó la profundidad por lo menos hasta la profundidad de 45 cm.

La finca La Aguada no practica la plasticultura; sin embargo, en términos de tiempo de riego y comportamiento hidráulico del sistema es más homogéneo y de mayor uniformidad en la operación del riego.

Los valores que se presentan en la finca La Aguada están influenciadas por el azar en los turnos de riego, lo cual incide en los resultados observados; sin embargo, se obtuvo el mayor crecimiento vegetativo y productivo comparado con la finca Coabana.

5.1.4. Características químicas del agua finca Cuabana y La Aguada

- **Conductividad eléctrica**

Los resultados obtenidos de conductividad eléctrica en las fincas Cuabana y la Aguada oscilaron entre 2,4 dS/m y 3,18 dS/m Tabla 5.4, considerados como normales dados los antecedentes de la zona. Estudios realizados por Cossi (1988), Jiménez (1997), Garabán (1999) y Hernández et al. (1993), reflejan que estos valores se han mantenido en el tiempo y no evidencian un aumento de este parámetro, a pesar del incremento de la actividad de riego bajo el sistema de goteo.

Según la calificación de Ayers y Westcot (1976), citados por Grassi (1998), estos valores representan restricciones severas para su uso; sin embargo, dadas las condiciones de textura franco arenoso y buen drenaje, se disminuyen los riesgos de salinización.

- **pH**

Las aguas analizadas reflejaron un PH entre 8,4 y 9,2 calificado como alcalino Tabla 5.4, el cual no afecta el cultivo, no así para efectos de la obstrucción de los emisores que sí presentan un problema de gran importancia dado las evidencias manifiestas observadas en el campo, de allí la necesidad de controlar esto valores como una medida que evite la pérdida de uniformidad en el riego.

Tabla 5.4 Análisis de agua en la finca Cuabana y La Aguada

Muestras	Cationes (meq/l)					Aniones (meq/l)					Dif.	CE (dS/m)	pH
	Ca	Mg	Na	K	Σ Cat	SO ₄	CL	HCO ₃	CO ₃	Σ anio.			
Finca Cuabana	2,25	8,25	20	0,3	30,8	4,9	20,35	4,6	20,35	30,15	0,65	2,706	8,95
Finca Cuabana	4,4	6,9	16,5	0,2	28	4,2	15,3	6,5	-	26	2	2,386	8,25
Finca La Aguada	2,6	12,3	22	0,2	37,1	1,4	32,1	4,8	-	38,55	1,45	3,186	8,4
Finca La Aguada	2	11,4	26,3	0,18	39,88	1,1	31,7	5	0,4	38,2	1,68	3,17	9,2

Calcio : Método colorimétrico
 Magnesio : Método colorimétrico
 Cloruros : Método colorimétrico
 Carbonatos y bicarbonatos: Método potenciométrico.
 Sulfatos: Método turbidimétrico
 pH: Método potenciométrico
 Conductividad eléctrica: Método conductimétrico

• Composición iónica

La concentración de los diferentes iones se puede apreciar en las Tablas 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 de laguna, pozo y sistema de riego, que para la finca La Aguada presenta el orden de predominancia siguiente:

$Cl^- \rangle Na^+ \rangle Mg^{++} \rangle HCO_3^- \rangle Ca^{++} \rangle SO_4^{=} \rangle CO_3^{=} \rangle K^+$; secuencia que se mantiene tanto en la laguna como en el pozo.

En la finca Cuabana se tiene un orden de predominancia para el caso de la laguna en el siguiente orden:

$Cl^- \rangle Na^+ \rangle Mg^{++} \rangle SO_4^{=} \rangle HCO_3^- \rangle Ca^{++} \rangle CO_3^{=} \rangle K^+$, variando el orden ligeramente en el pozo:

$Na^+ \rangle Cl^- \rangle Mg^{++} \rangle HCO_3^- \rangle Ca^{++} \rangle SO_4^{=} \rangle K^+ \rangle CO_3^{=}$,

De este orden establecido se puede apreciar que los cationes predominantes son el sodio y el magnesio y los aniones en mayor proporción son los cloruros y los bicarbonatos.

Tabla 5.5 Concentración de iones en la laguna finca Cuabana (meq/l):

20,35	20	8,25	4,9	4,6	22,5	0.3	0.3
Cl ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁼	Ca ⁺⁺	CO ₃ ⁼	K ⁺

Tabla 5.6. Concentración de iones en el pozo finca Coabana (meq/l):

16,5	15,3	6,9	6,5	4,4	4,2	0,2	0
Na ⁺	Cl ⁻	Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁼	Ca ⁺⁺	SO ₄ ⁼	K ⁺	CO ₃ ⁼

Tabla 5.7. Concentración de iones en la laguna finca La Aguada (meq/l):

31,7	26,3	11,4	5	2	1,1	0,4	0,18
Cl ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁼	Ca ⁺⁺	SO ₄ ⁼	CO ₃ ⁼	K ⁺

Tabla 5.8. Concentración de iones sistema de riego finca La Aguada (meq/l):

32,1	22	12,3	4,8	2,6	1,4	0,2	0
Cl ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁼	Ca ⁺⁺	SO ₄ ⁼	K ⁺	CO ₃ ⁼

Siguiendo la calificación de Ayers y Wescot (1976), citado por Grassi (1998), se aprecian valores de la Relación Adsorción de Sodio corregida RAS°, que oscilan en un rango entre 7,53 y 10,47 cuyos valores cotejados con la conductividad eléctrica califican el agua sin ninguna restricción por pérdida de infiltración, dado el efecto floculante que tendrían las diferentes sales por la alta conductividad eléctrica que contrarresta el efecto dispersante del sodio. A este escenario se agrega un efecto físico importante como es la textura franco arenosa con buen drenaje interno, y externo.

Usando la calificación de los autores mencionados en cuanto a toxicidad de iones específicos, se presentan restricciones severas para riego por aspersión y superficie en la finca La Aguada, dado la RAS que oscila entre 8,22 y 10,16.

En el caso de la finca Cuabana se obtuvieron relaciones de adsorción de sodio entre 6,94 y 8,73 reflejando ligeras restricciones en riego por superficie y aspersión.

Las concentraciones de cloro en la Finca La Aguada califican el agua con restricciones severas, pues su presencia con valores superiores a 3 meq/l indica la posibilidad que los cultivos se vean afectados por clorosis foliares, con énfasis en las partes expuestas al sol; sin embargo este efecto no fue observado en el cultivo. Los valores reportados oscilan en un rango entre 31,7 meq/l y 32,1 meq/l, muy por encima del valor permitido.

La finca Cuabana presenta limitaciones severas por el Ion cloruro presente tanto en el pozo como en la laguna, con un rango de variación entre 15,30 meq/l y 20,35 meq/l respectivamente.

Un indicador de efectos tóxicos lo representa el índice de magnesio, cuyo valor de 50% indica una absorción excesiva de magnesio que induce a deficiencias de calcio en los cultivos, con el correspondiente efecto sobre la producción y calidad del producto, observándose que estos valores oscilan desde 61% hasta 85%; sin embargo no se apreció limitaciones en cuanto a calidad del producto.

- **Carbonato de sodio residual**

Eaton (1950) citado por Villafañe (1996), expresa que la precipitación de calcio y magnesio como carbonatos es completa cuando en el agua de riego las concentraciones de carbonatos y bicarbonatos superan la suma de las concentraciones de calcio y magnesio;

partiendo de este análisis, el agua de las fincas Cuabana y la Aguada no inciden en el riesgo de sodificación del suelo, pues la proporción de calcio y magnesio supera la de carbonatos y bicarbonatos, considerándose un agua clase II, sin problemas para el riego.

Siguiendo la calificación de Ayers y Westcot (1976), citado por Grassi (1998), con relación a los iones específicos, se presentan restricciones severas por cloro y por sodio, tanto en riego por superficie como en aspersión en el agua que corresponde a la finca La Aguada, no así para la finca Cuabana, donde se presentan restricciones ligeras a moderadas tanto por cloro como por sodio.

- **Proporción de carbonatos y sulfatos**

Este indicador califica todas las aguas como clase II, donde el magnesio y el calcio precipitan en forma de carbonatos, el calcio restante precipita en forma de sulfato, pero como sulfato cálcico (yeso) que tiene una solubilidad de 30 meq/l, parte del calcio permanece disuelto, por tanto el RAS no se eleva significativamente.

- **Riesgo potencial de obstrucciones por el agua de riego**

Utilizando la metodología propuesta por Bucks y Nakayama (1980) citado por Pizarro (1990), se presentó la calificación de potencialidad de obstrucción de los emisores en la finca Cuabana y La Aguada, Tabla 5.9.

Los sólidos suspendidos fueron evaluados tomando una muestra al final de las líneas de riego, obteniendo un resultado de 152 mg/l para el caso de la finca La Aguada y 362 mg/l para la finca Cuabana, ambas califican con riesgo de obturaciones alto. El material físico presente en los laterales con restos provenientes del fertilizante líquido de la empresa Ultm Holland de Venezuela y otros elementos provenientes del agua de riego, no presentándose evidencias de partículas de arena ya que ambos sistemas almacenan en lagunas para posteriormente regar, sin embargo, es bueno resaltar la presencia de gran cantidad de vegetación acuática en la finca Cuabana, no así en la finca la Aguada.

Tabla 5.9.Riesgo potencial de obturaciones (Tomado de ICA 1987)

Tipo de problema	Reducido	Medio	Alto
Físico	<50	50-100	>100
Sólidos suspendidos			
Químico	<7	7-8	>8
PH			
Sólidos disueltos	<500	500-2000	>2000

Pizarro (1990), plantea la dificultad de evaluar el riesgo de obturaciones, pues no se dispone de un método que garantice la calidad del agua que limite su uso para el riego por goteo, debido entre otros aspectos a la diversidad de factores cambiantes que intervienen en el proceso como son la temperatura, el tipo de fertilizante, el filtrado, etc.

En un estudio realizado por Garaban (1999), en aguas muestreadas directamente de los pozos, en fincas cercanas al área estudiada, se presentaron resultados de sólidos suspendidos en un rango entre 640 ppm y 2.182,4 ppm lo que indica alto riesgo obstrucción, situación que se puede reducir al almacenar el agua.

Los pH medidos en las fincas oscilan en un rango de 8,25 a 9,02 calificando el agua con un riesgo alto, los demás parámetros propuestos por Bucks y Nakayama no fueron evaluados, sin embargo, es bueno informar que el estudio presentado por Garaban (1999), no evidenció problemas en los contenidos de hierro y manganeso.

5.1.5. Análisis de suelo. Evolución de la fertilidad, CE y pH finca Cuabana

- **Estación 1**

En la Tabla 5.10 se puede apreciar la tendencia de la fertilidad, con valores de nitrógeno calificados como bajos en todo el período y con una tendencia decreciente a medida que se incrementa la profundidad, por lo que se puede afirmar que no existe pérdida de la fertilidad en el perfil; sin embargo, los contenidos de fósforo y potasio son altos en todo el perfil salvo a 70 cm que califica al fósforo como medio.

Los valores de CE del suelo, Tabla 5.10, presentaron variaciones entre 0,279 dS/m y 3,18 dS/m influenciadas por la conductividad eléctrica del agua de riego que transporta el fertilizante, sin embargo, sus valores medios lo califican como suelo no salino con valores crecientes en el tiempo que lo ubican como ligeramente salino.

El valor de pH, Tabla 5.10, evolucionó en el rango de 6,6 hasta 7,8 en el ciclo de cultivo, con muy pocas fluctuaciones calificando de neutro a alcalino.

- **Estación 2**

La estación 2 tuvo un comportamiento similar a la estación 1, con valores bajos de nitrógeno y altos en cuanto a fósforo y potasio.

El pH en esta estación calificó como alcalino en las diferentes profundidades evaluadas, con un rango de 7,1 hasta 7,5. La CE se conservó en el rango de 0.621 dS/m y 1.18 dS/m con una calificación de no salino en todo el perfil.

- **Estación 3**

En la estación 3 se aprecia la misma tendencia de las estaciones anteriores, con un decrecimiento de los valores de fertilidad en la medida que se incrementa la profundidad. Con relación al nitrógeno, éste se mantuvo con una calificación de contenido bajo en todo el ciclo. El fósforo fue alto hasta los 45 cm siendo de valor medio a los 70 cm. Los valores de potasio variaron en esta estación, calificando su contenido como alto entre los 15 cm y 30 cm, medio en las profundidades 45 a 50 cm y bajo a la profundidad de 70 cm. Esta variación radica en que el agua de riego no penetra en el perfil del suelo en esta subunidad dado las

deficiencias en el tiempo de riego, que impide mojar la profundidad deseada, por tanto no transporta el fertilizante en suficiente cantidad.

Es de apreciar que salvo la profundidad de 15 cm todas las profundidades evaluadas en esta estación tienen un contenido de fósforo y potasio muy por debajo de los medidos en las estaciones 1 y 2, corroborando la ineficiencia del riego en esta área que suministra deficitariamente el agua y por tanto la fertilidad requerida para un buen desarrollo del cultivo.

La CE en esta estación, mantuvo un comportamiento similar a las otras estaciones, con un pico de 4,037 dS/m influenciado por el fertiriego, dado que la misma estación y la misma profundidad al final del ciclo presentó un valor de 1,550 dS/m. La tendencia general es hacia el incremento de la conductividad eléctrica desde 0.54 ds/m obtenido antes de iniciar la siembra y a la salida de una temporada lluviosa, hasta 1,550 dS/m al final de la cosecha, pero siempre manteniéndose en límites no salinos. El pH evolucionó en el rango de 6,9 hasta 8,9 que lo califica como neutro hasta alcalino, aumentando esta alcalinidad con la profundidad, dado el estrato calcáreo presente a 70 cm.

5.1.6. Análisis de suelo. Evolución de la fertilidad, CE y pH finca La Aguada

En la Tabla 5.10 se aprecia la evolución de los parámetros mencionados, verificando que el contenido de nitrógeno se mantuvo bajo en todo el período, con una tendencia decreciente a medida que aumenta la profundidad.

El contenido de fósforo sufrió fluctuaciones en el período con valores altos y bajos dentro de la misma profundidad y valores medios a bajos en el perfil, siempre con una tendencia decreciente. El contenido de potasio presentó altibajos en el ciclo, con una tendencia de valores altos hacia bajo hasta los 50 cm y un incremento en el valor de potasio a los 60 cm a calificaciones altas, que implica una pérdida de potasio que posiblemente sea lavado por las lluvias, lo que significa que no será aprovechado en el período siguiente de siembra.

Los valores de conductividad eléctrica del suelo presentaron un comportamiento con pocas fluctuaciones en el ciclo, con valores que oscilaron entre 0,680 dS/m hasta 2,17 dS/m calificando como no salino y moderadamente salino respectivamente; sin embargo estos valores fluctúan en la misma profundidad durante el ciclo influenciado por el fertiriego. El pH varió en el rango de acidez hasta la alcalinidad con valores de 6,4 hasta 7,7 con tendencia hacia la neutralidad.

Tabla 5.10. Propiedades físico-químicas

Muestra	MO(%)	Interp	N(%)	Interp	P(ppm)	Interp	K(ppm)	Interp	pH	Interp	CE(dS/m)	Interp
E1 08/09/2000 Prof. 15 cm	0,319	Bajo	0,016	Bajo	37	Alto	1120	Alto	7,45	Alcalino	0,638	No salino
E1 08/09/2000 Prof. 30 cm	0,258	Bajo	0,013	Bajo	64	Alto	1225	Alto	7,8	Alcalino	0,279	No salino
E1 08/09/2000 Prof. 40 cm	0,23	Bajo	0,011	Bajo	25	Alto	1050	Alto	7,1	Neutro	0,248	No salino
E1 29/09/2000 Prof. 15 cm	0,339	Bajo	0,017	Bajo	40	Alto	1097	Alto	6,6	Neutro	1,39	No salino
E1 29/09/2000 Prof. 30 cm	0,339	Bajo	0,017	Bajo	44	Alto	1186	Alto	6,4	Neutro	1,86	No salino
E1 29/09/2000 Prof. 50 cm	0,133	Bajo	0,007	Bajo	42,5	Alto	780	Alto	6,5	Neutro	0,93	No salino
E1 14/11/2000 Prof. 15 cm	0,69	Bajo	0,03	Bajo	67	Alto	1250	Alto	7,6	Alcalino	1,009	No salino
E1 14/11/2000 Prof. 45 cm	0,18	Bajo	0,009	Bajo	50	Alto	1760	Alto	7,5	Alcalino	3,183	Lig. Salino
E1 14/11/2000 Prof. 70 cm	0,14	Bajo	0,007	Bajo	19	Medio	333	Alto	7,3	Alcalino	1,63	No salino
E2 08/09/2000 Prof. 30 cm	0,413	Bajo	0,021	Bajo	85	Alto	335,4	Alto	7,5	Alcalino	0,621	No salino
E2 08/09/2000 Prof. 45 cm	0,309	Bajo	0,015	Bajo	80	Alto	350	Alto	7,4	Alcalino	0,559	No salino
E2 29/09/2000 Prof. 15 cm	0,47	Bajo	0,024	Bajo	49	Alto	856	Alto	7,1	Alcalino	1,18	No salino
E2 29/09/2000 Prof. 30 cm	0,743	Bajo	0,037	Bajo	57	Alto	964,08	Alto	7,2	Alcalino	1,55	No salino
E2 29/09/2000 Prof. 50 cm	0,259	Bajo	0,013	Bajo	34	Alto	401	Alto	7,4	Alcalino	0,77	No salino

.....Continuación **Tabla 5.10.** Propiedades fisico-químicas

Muestra	MO(%)	Interp	N(%)	Interp	P(ppm)	Interp	K(ppm)	Interp	pH	Interp	CE(dS/m)	Interp
E3 29/09/2000 Prof. 30 cm	1	Bajo	0,05	Bajo	26,5	Alto	194,61	Alto	8,5	Muy alcalino	1,009	No salino
E3 29/09/2000 Prof. 50 cm	0,26	Bajo	0,013	Bajo	21,5	Alto	50,7	Medio	8,9	Muy alcalino	1,55	No salino
E3 14/11/2000 Prof. 15 cm	0,465	Bajo	0,023	Bajo	64	Alto	194,61	Alto	6,9	Neutro	1,55	No salino
E3 14/11/2000 Prof. 45 cm	0,101	Bajo	0,005	Bajo	54	Alto	19,5	Bajo	6,85	Neutro	1,319	No salino
E3 14/11/2000 Prof. 70 cm	0,017	Bajo	0,009	Bajo	20	Medio	11,7	Bajo	7,5	Alcalino	0,86	No salino
R1 28/08/2000 Prof. 20 cm	0,503	Bajo	0,025	Bajo	10	Bajo	227,76	Alto	7	Neutro	1,08	No salino
R1 28/08/2000 Prof. 50 cm	0,371	Bajo	0,018	Bajo	11	Bajo	31	Bajo	7	Neutro	0,854	No salino
R1 8/9/2000 Prof. 10 cm	0,592	Bajo	0,03	Bajo	83	Alto	707,85	Alto	7	Neutro	1,211	No salino
R1 8/9/2000 Prof. 15 cm	0,592	Bajo	0,03	Bajo	25	Alto	707,85	Alto	6,8	Neutro	0,68	No salino
R1 8/9/2000 Prof. 30 cm	1,33	Bajo	0,066	Bajo	28	Alto	620	Alto	7,07	Neutro	0,869	No salino
R1 8/9/2000 Prof. 45 cm	0,259	Bajo	0,013	Bajo	11	Bajo	117	Medio	6,4	Acido	2,17	Mod. Salino
R1 8/9/2000 Prof. 50 cm	0,196	Bajo	0,009	Bajo	28	Medio	19,5	Bajo	6,6	Acido	1,98	No salino

.....Continuación **Tabla 5.10.** Propiedades físico-químicas

Muestra	MO(%)	Interp	N(%)	Interp	P(ppm)	Interp	K(ppm)	Interp	pH	Interp	CE(dS/m)	Interp
R2 8/9/2000 Prof. 15 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	Neutro	0,621	No salino
R3 8/9/2000 Prof. 15 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	7,7	Alcalino	1,009	No salino
R3 8/9/2000 Prof. 30 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	7	Neutro	1,024	No salino
R1 5/10/2000 Prof. 20 cm	0,315	Bajo	0,016	Bajo	50	Alto	1420	Alto	6,85	Neutro	1,304	No salino
R1 5/10/2000 Prof. 30 cm	0,100	Bajo	0,005	Bajo	24	Alto	347	Alto	6,80	Neutro	1,087	No salino
R1 5/10/2000 Prof. 40 cm	0,134	Bajo	0,007	Bajo	16	Medio	359	Alto	7,00	Neutro	1,677	No salino
R1 5/10/2000 Prof. 50 cm	0,034	Bajo	0,002	Bajo	12	Medio	359	Alto	6,90	Alcalino	1,366	No salino
R1 5/10/2000 Prof. 60 cm	0,033	Bajo	0,002	Bajo	20	Medio	474	Alto	6,80	Neutro	1,320	No salino
R1 14/11/2000 Prof. 15 cm	0,220	Bajo	0,011	Bajo	27	Alto	515	Alto	7,70	Alcalino	1,490	No salino
R1 14/11/2000 Prof. 45 cm	0,084	Bajo	0,004	Bajo	32	Alto	156	Alto	7,20	Alcalino	0,869	No salino
R1 14/11/2000 Prof. 75 cm	0,140	Bajo	0,007	Bajo	20	Medio	50	Bajo	7,70	Alcalino	0,776	No salino
R5 5/10/2000 Prof. 30 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	7,50	Alcalino	1,610	No salino
R5 5/10/2000 Prof. 40 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	7,10	Neutro	1,610	No salino
R5 5/10/2000 Prof. 50 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	7,00	Neutro	1,710	No salino
R5 5/10/2000 Prof. 60 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	7,10	Neutro	1,552	No salino
R5 5/10/2000 Prof. 70 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	6,80	Neutro	1,301	No salino

MO: Método de walkley y Black.

N: Determinado indirectamente a través de materia orgánica

P: Método de Olsen

K: Determinado por fonometría de llama

CE: Método del conductímetro

pH: Método del potenciómetro

R= Finca La Aguada

A= Finca Cuabana

1,2,...= Estaciones

5.2. EVALUACIONES HIDRÁULICAS

5.2.1. Evaluación funcional finca Cuabana

El sistema de riego de la finca Cuabana está dividido en 4 Subunidades, Figura 5.22, con laterales Naan – Pazz en la subunidad I y III y combinación de Chappín con Naan – Pazz en las subunidades II y IV, con un mayor porcentaje Chapín en esta última. Esta combinación de por sí alerta evidencias de desuniformidad en los parámetros hidráulicos y por ende en el comportamiento futuro en el cultivo. El lineamiento de trabajo consistió en evaluar todas las subunidades, determinando la distribución de caudales y presiones figuras 5.23. y 5.24., a partir de ello y usando la metodología propuesta por Merriam y Keller (1978), citados por Pizarro (1990), se determinaron los coeficientes que permiten calificar las subunidades.

- **Coefficiente de Uniformidad $Cu(su)$, subunidad I**

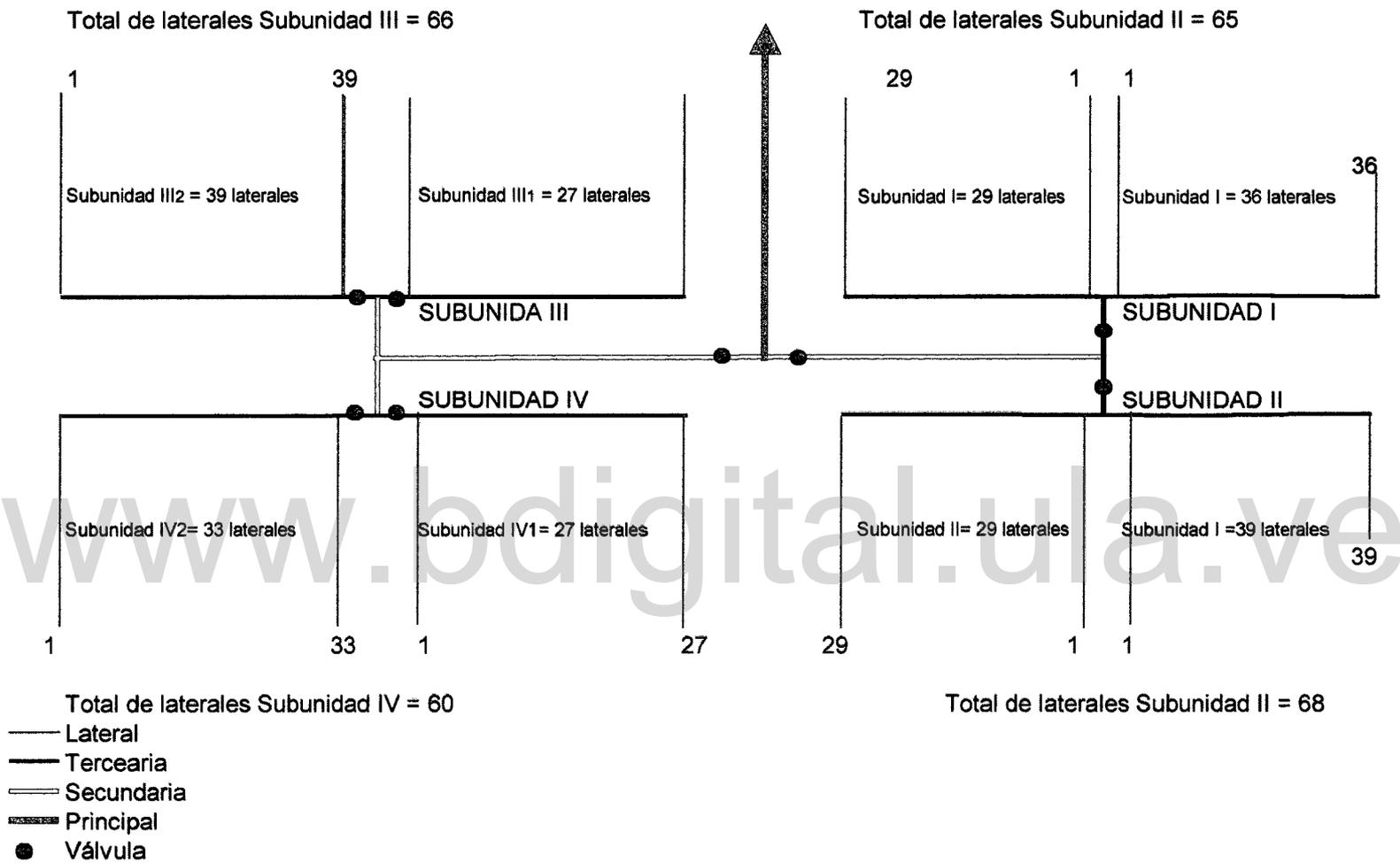
La evaluación de caudales arrojó un resultado de uniformidad $Cu(su)$ 0,84 Apéndice D, considerado como aceptable según la Tabla 5.11, que coincide como valor recomendado para terrenos de pendiente uniforme, menor a 2% en climas áridos Tabla 4.1.

Al observar los caudales medidos, estos están por debajo del caudal nominal de 1,7 l/h, no satisfaciendo las necesidades del cultivo, en este caso se está aplicando el agua en déficit, sólo que su efecto en el cultivo se ve reducido dado el uso de plasticultura que provoca menor evaporación directa desde el suelo.

- **Coefficiente de Variación Total de Caudales (Cvt), subunidad I**

Este coeficiente califica la subunidad I como muy buena Tabla 5.11, pues presenta un valor de Cvt 0,12 que lo ubica en el rango de 0,2 – 0,1, Tabla 4.5, pues se determinó poca variación en los 16 emisores evaluados.

Esta subunidad junto a la subunidad IV, presenta el mejor comportamiento de acuerdo a los indicadores de uniformidad.



Subunidad III funcionando simultaneamente
 Subunidades IV2 y IV1 funcionando simultaneamente

Figura 5.22. Esquema de distribución de las subunidades de la finca Coabana

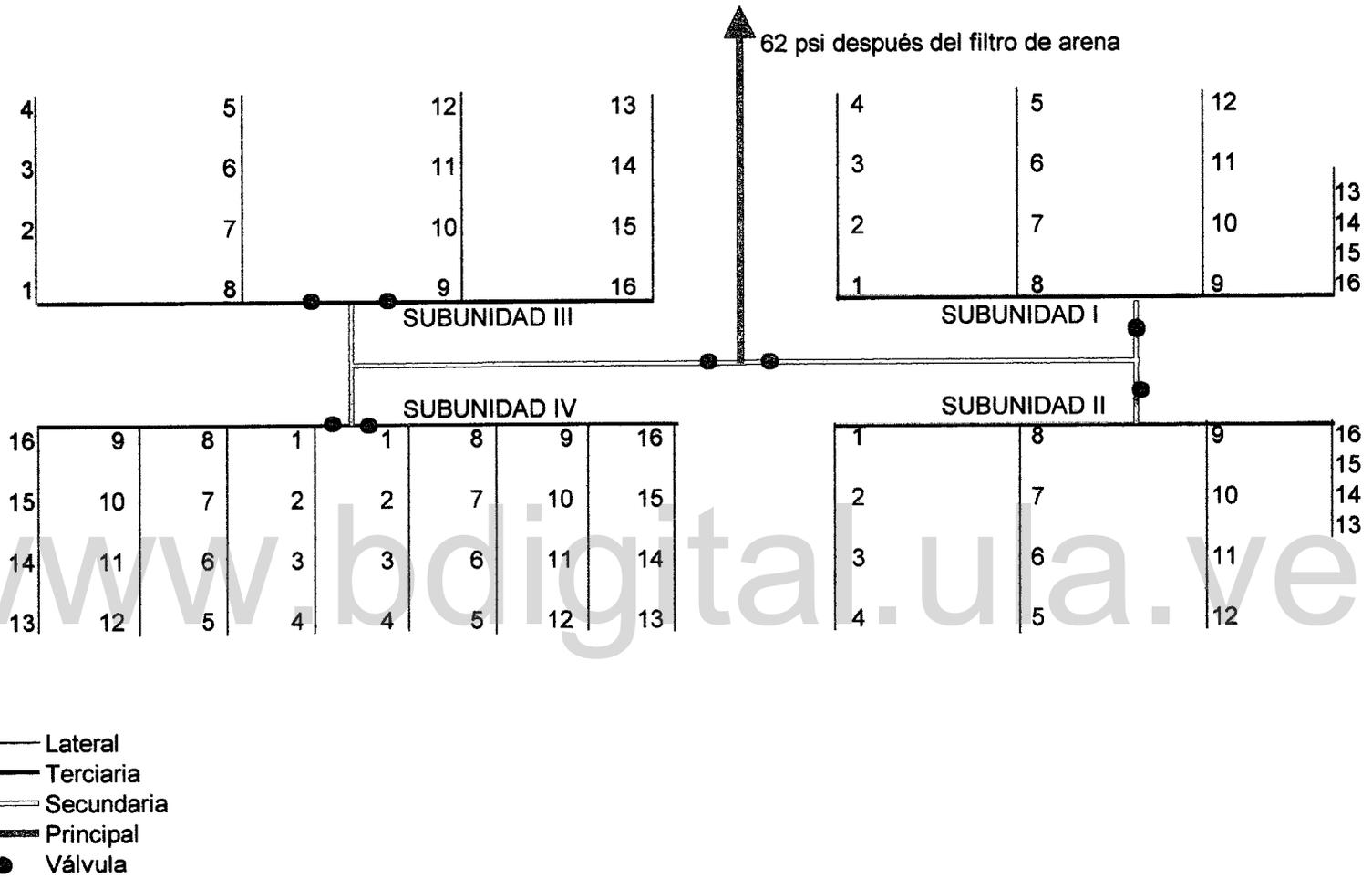


Figura 5.23. Distribución de caudales en cada subunidad, finca Cuabana

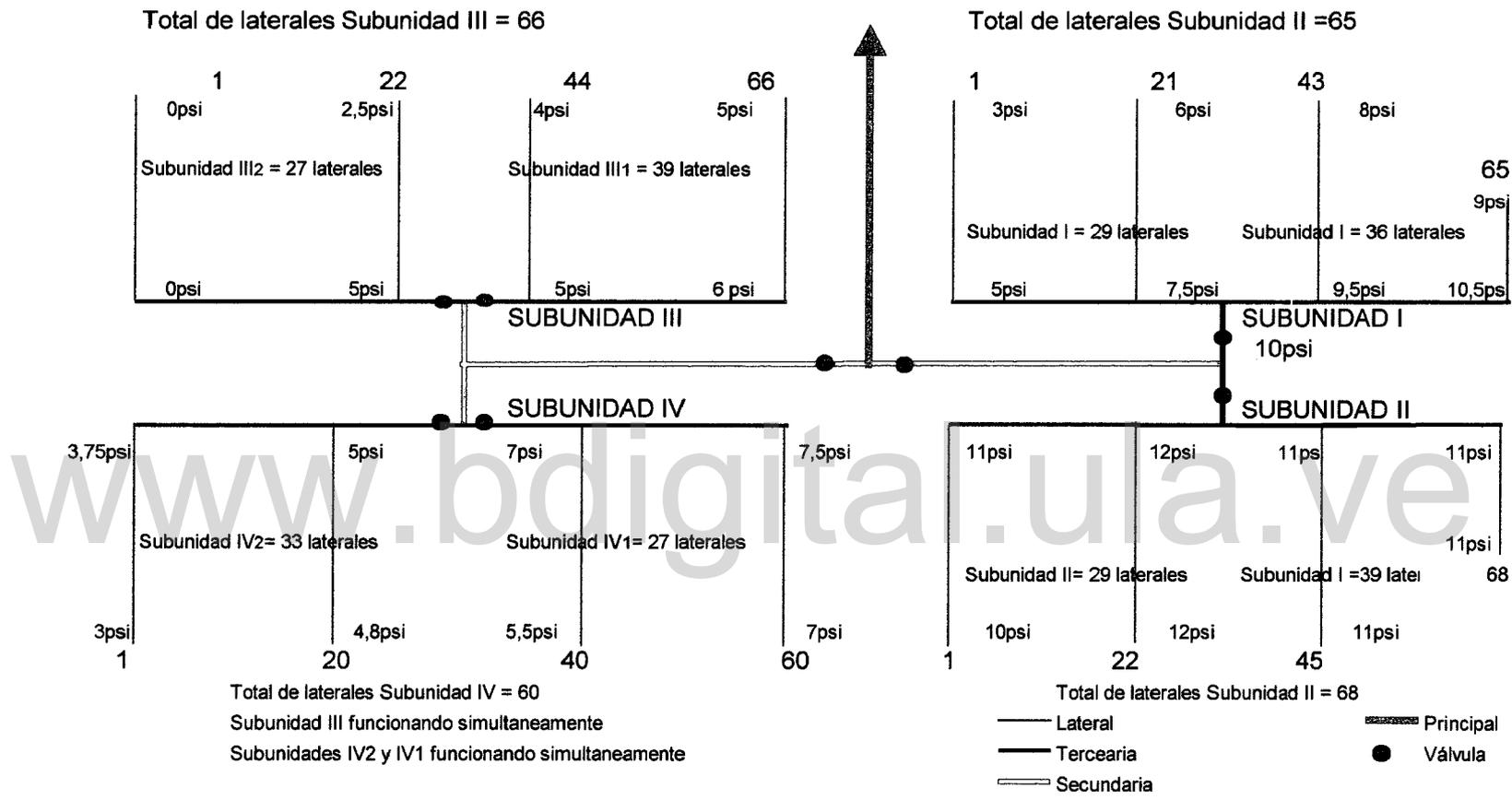
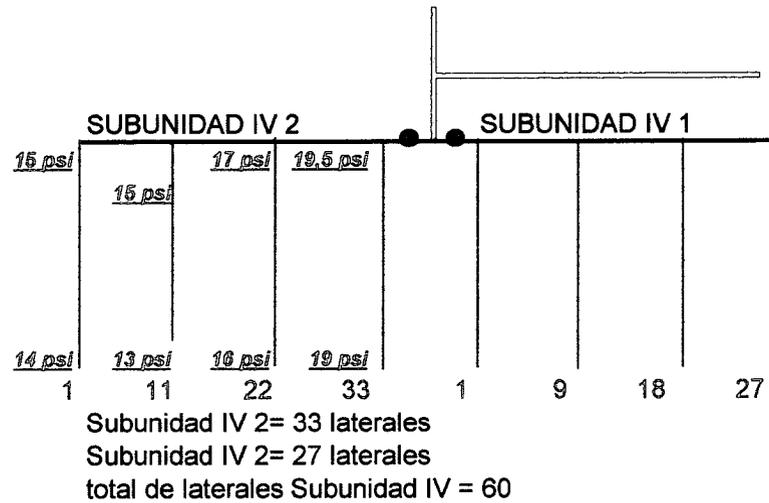


Figura 5.24. Distribución de presiones en cada subunidad, finca Cuabana



Subunidades IV2 y IV1 funcionando individualmente

Figura 5.25. Distribución de presiones subunidad IV modificada por el productor, finca Cuabana

- **Coefficiente de la Uniformidad Cu(su), subunidad II**

El coeficiente de la uniformidad de la referida unidad Cu(su) fue 0,52 Apéndice D, resultado calificado como inaceptable Tabla 5.11, explicado esto entre otros aspectos, por la mezcla de materiales de diferentes marcas y caudales nominales, que en caso de la Chappín es 1,12 l/h y la Naan Pazz es de 1,7 l/h para 10 metros de presión nominal.

Es importante resaltar que las presiones de trabajo fueron bajas, arrojando caudales extremadamente reducidos, por debajo de las necesidades totales del cultivo, corroborado con la apreciación visual en el crecimiento vegetativo, que fue controlado en el período con riegos nocturnos con la carga de una laguna.

- **Coefficiente de Variación Total de Caudales (Cvt), subunidad II**

El coeficiente de variación de caudales es calificado como inaceptable Tabla 5.11, pues el valor calculado 0,47 refleja el mal funcionamiento de la subunidad en estudio, dado las razones mencionadas con anterioridad.

- **Coefficiente de la Uniformidad Cu(su), subunidad III**

Esta subunidad arrojó un resultado del coeficiente de uniformidad Cu(su) de 0,75 Apéndice D, calificado como pobre Tabla 5.11, con la irregularidad de la unidad anterior, donde se presentan laterales de diferentes marcas pero en menor proporción. La presión de entrada en esta subunidad es bastante baja, por ende las necesidades totales no son satisfechas, pues se presenta un caudal medio de 0,88 l/h, cuando el caudal nominal es de 1,7 l/h.

- **Coefficiente de Variación Total de Caudales (Cvt), subunidad III**

El Cvt en esta unidad fue de 0,19, calificando como muy buena Tabla 5.11, sin embargo, los caudales medidos están muy diferenciados del caudal nominal, pues la media fue de 0,88 l/h y el caudal nominal es casi el doble del valor medio evaluado en la subunidad.

- **Coefficiente de Uniformidad Cu(su), subunidad IV1**

Esta subunidad fue dividida por parte del productor en 2, la subunidad IV1 y subunidad IV2, esto en razón del comportamiento deficitario en la aplicación de agua, optando por su separación en el período intermedio del ciclo del cultivo.

La subunidad IV1 presenta el mejor comportamiento, con un valor de Cu(su) 0,85 Apéndice D, calificado como bueno, Tabla 5.11. Se puede apreciar que el comportamiento de los caudales oscilaron alrededor del caudal medio 1,72 l/h, valor que coincide con el caudal nominal. Es importante resaltar que en esta subunidad IV1, las marcas de fábrica de los laterales aforados fueron las mismas (Naan Pazz), lo que influye en el grado de uniformidad manifestado en esta subunidad, a pesar de ello se nota desuniformidades en el cultivo por diferencias de marcas dentro de la misma subunidad.

- **Coefficiente de Variación Total (Cvt), subunidad IV1**

El resultado Cvt 0,11 Apéndice D, califica la uniformidad como muy buena Tabla 5.11, lo que ratifica lo evaluado con el indicador Cu(su). Es significativo manifestar que este comportamiento un tanto uniforme de la subunidad, no resultó constante en el ciclo, pues en oportunidades se regaba la subunidad IV en forma total, reduciendo con ello la presión de entrada y por ende bajando los caudales por debajo de lo requerido para satisfacer la necesidad total.

Teniendo la subunidad IV1 los mejores indicadores de uniformidad y variación, presentó el peor comportamiento productivo y a diferencia de la subunidad II, no recibió el riego nocturno que permitiera compensar el déficit de riego.

- **Coefficiente de uniformidad Cu(su), subunidad IV2**

El Cu(su) 0,53 califica de inaceptable la subunidad IV2 Tabla 5.11, adjudicado a las diferentes características de los laterales en cuanto a espaciamiento entre emisores y descarga nominal. Esta subunidad presentó un deficiente comportamiento productivo dado el riego deficitario ocasionado por bajas presiones, problema que se ve acrecentado en razón de la carencia de un sistema de expulsión de aire en la principal y las terciarias, tardando en estabilizarse el sistema aproximadamente entre 15-20 min, acortando de esta manera el tiempo efectivo de riego.

- **Coefficiente de Variación Total Cvt, subunidad IV2**

De acuerdo al resultado Cvt 0,3 Apéndice D, esta subunidad, es calificada como de baja uniformidad, Tabla 5.11, ratificando lo apreciado a nivel del comportamiento vegetativo y productivo del cultivo.

Tabla 5.11. Calificación del coeficiente de uniformidad y Coeficiente de variación total en las diferentes subunidades, finca Cuabana.

Subunidad	CU(su)	Calificación	CVt	Calificación
I	0,84	Aceptable	0,12	Muy Buena
II	0,52	Inaceptable	0,47	Inaceptable
III	0,75	Pobre	0,19	Muy
IV1	0,85	Bueno	0,11	Buena
IV2	0,53	Inaceptable	0,30	Baja Uniformidad

Fuente : Cálculos propios

www.bdigital.ula.ve

- **Comportamiento general de la unidad de producción Cuabana.**

De la evaluación general del sistema de riego se puede apreciar que del total de las 3,16 ha. que lo conforman solo el 32,27 % se considera aceptable y el 67,73 % es calificado de pobre a inaceptable.

La desuniformidad manifiesta y el riego deficitario como resultado de bajas presiones en la mayoría de las subunidades, trajo como efecto la aplicación de riegos nocturnos, especialmente en las subunidades I y II para compensar el déficit hídrico manifiesto. Así mismo se destaca la división en el intermedio del periodo del cultivo, de las subunidades III y IV a objeto de aumentar presiones.

De acuerdo a la Tabla 5.12, se puede apreciar la distribución de presiones de entrada en las diferentes subunidades, a partir de allí se determinó la presión mínima promedio para todo el sistema el cual resultó en 5.62 m (8 PSI), Tabla 5.13. Esta carga permite un caudal del emisor de 1,27 l/h estando éste por debajo del valor nominal para el cálculo del sistema, asumido en 10m de presión para un caudal de 1,7 l/h.

Tabla 5.12. Presiones de entrada finca Cuabana (P.S.I)

Subunidad				
I	5	7,5	9,5	10,5
II	11	12	11	11
III	1	5	5	6
IV2	15	15	17	19,5

Fuente: Cálculos propios.

Tabla 5.13. Presiones mínimas de entrada finca Cuabana (PSI)

Sub-unidad	I	II	III	IV
	5	11	1	15

Fuente: Cálculos propios. $P_{min} = 8 \text{ PSI} \cong 5,62$

En la Tabla 5.14 se presentan los caudales mínimos, medios y máximos de las subunidades que conforman el sistema. En este sentido los caudales mínimos representan el promedio del 25% de los caudales menores de cada subunidad, el caudal medio representa el valor promedio de todos los emisores evaluados y el caudal máximo expresa el promedio de los 2 caudales mayores de la subunidad. De igual forma fue determinado el caudal medio de todo el sistema el cual resultó en 1,17 l/h, por debajo del caudal nominal establecido en 1,70 l/h y el caudal mínimo promedio fue de 0,83 l/h. Se puede apreciar que aun el caudal promedio máximo 1,45 l/h se ubica por debajo del caudal nominal.

Tabla 5.14. Caudales mínimos, medios y máximos en la finca Cuabana

Sub-unidad	l/h Qmin	l/h Qmed	l/h Qmax
I	0,92	1,09	1,30
II	0,42	0,80	1,27
III	0,66	0,88	1,12
IV1	1,46	1,72	1,92
IV2	0,71	1,36	1,66
Valores Para el sistema	Qmin = 0,83 l/h	Qmed = 1,17 l/h	Qmax = 1,45 l/h

Fuente: Cálculos propios.

En la Tabla 5.15 se muestra los valores de lámina bruta (Lb), volumen, aplicado por planta, lámina mínima (lb min) y volumen mínimo por planta por día (Vmin/plan día), usando para ello las ecuaciones 21, 22, 23, 24, respectivamente. Comparando estos valores con los requerimientos de la planta en el período máximo, este resultó en 5.1 l/planta/día, sin embargo en la evaluación el volumen aplicado en todo el sistema estuvo por debajo de los requerimientos, fluctuando entre 1,76 l/planta día y 1,25 l/planta día , como valores medios y mínimos.

Tabla 5.15. Volumen aplicado por planta, lámina bruta mínima y volumen mínimo por planta en el sistema finca Cuabana

Lb (mm)	Vol. Aplicado por planta	Lb min	Vmin/planta/ día
6,3 mm	1,78 l/planta/día	4,44 mm	1,25 l/planta/día

Fuente: Cálculos propios.

La Tabla 5.15 permite hacer una comparación entre la cantidad de agua calculada (Teóricos) y los valores realmente aplicados, comprobando que al inicio del ciclo se riega ligeramente en exceso, dado que los requerimientos teóricos son de 5 mm/día y se aplica 6,3 mm/día, similar comportamiento se tiene en la etapa final del cultivo. No obstante en el período intermedio se regó en déficit pues los requerimientos teóricos son de 10,6 mm/día y se aplica solo 6,3 mm/día, situación que se apreció de manera significativa en el campo, corrigiéndose con aumento en los tiempos de riego y riegos nocturnos en algunas subunidades.

Tabla 5.16. Valores teóricos y aplicados de agua al cultivo melón, finca Cuabana

Mes	Valores teóricos		Valores calculados	
	Nt(mm/día)	Nt(l/planta día)	Lb (mm/día)	Vol (l/plantadia)
Agosto	5,0	1,41	6,3	1,78
Septiembre	10,6	3,00	6,3	1,78
Octubre	6,1	1,72	6,3	1,78

Fuente: Cálculos propios.

En relación con la uniformidad total del sistema, esta se determinó usando la ecuación 25, resultando en 0,53, considerado inaceptable según la Tabla 4.6.

A partir de la Tabla 5.17, se puede apreciar la variación de presiones en las diferentes subunidades, en este sentido la III y la IV presentaron las presiones mas bajas, siendo la subunidad III la de máxima variación de presión con un 100%, aun así presentó un mejor coeficiente de uniformidad que la subunidad III que exhibió una variación de presión cercana a cero, explicado esto en razón de mezclas de laterales de bajo caudal y obstrucciones. Esta situación indica que la variación de presión medida no parece ser determinante para llegar a conclusiones de deficiencias del sistema, no obstante el coeficiente de uniformidad sí aparenta ser un parámetro concluyente de las irregularidades de los sistemas

Tabla 5.17. Variación de presión en valores medidos en los laterales en PSI finca Cuabana

Subunidad	Lateral	Inicio	Final		CU
I	1	5	3	66,66%	0,84
	2	7,5	6	25%	
	3	9,5	8	18,8%	
	4	10,5	9	16,66%	
II	1	11	10	10%	0,52
	2	12	12	0%	
	3	11	11	0%	
	4	11	11	0%	
III	1	1	0	100%	0,75
	2	5	2,5	100%	
	3	5	4	25%	
	4	6	5	20%	
IV	1	3,75	3	25%	-
	2	5	4,8	4,16%	
	3	7	5,5	27,3%	
	4	7,5	7,0	7,14%	

Fuente: Cálculos propios

La subunidades III y IV fueron subdivididas, siendo evaluada solo la subunidad IV2 (Tabla 5.18), bajando significativamente la variación de los laterales a un rango entre 2,63% y 15,38%, sin embargo la uniformidad se mantuvo deficiente, calificada como pobre.

La subunidad II presentó la menor variación de presión, adjudicado a una mejor distribución de los laterales y una compensación de las pérdidas de carga dada la pendiente negativa, así mismo presentó el mejor coeficiente de uniformidad.

Tabla 5.18. Variación de presión en valores medidos en los laterales en PSI Subunidad IV2 finca Cuabana

Subunidad	Lateral	Inicio	Final	ΔH	CU
IV2	1	19,5	19	2,63%	0,53
	2	17	16	6,25%	
	3	15	13	15,4	
	4	15	14	7,14	

Fuente: Cálculos propios

La Tabla 5.19 muestra la variación de presión en la terciaria, siendo la subunidad II la de menor variación, con un valor de 9,1%, todas las demás subunidades superan el 100% de variación, hasta un máximo de 500% en la subunidad III, apreciando que aun teniendo la subunidad II la menor variación de presión en la terciaria, adquiere el peor coeficiente de uniformidad, debido a lo manifestado anteriormente, goteros obstruidos y mezclas de laterales.

Tabla 5.19. Variación de presión en PSI en la terciaria valores medidos finca Cuabana

Subunidad	Inicio	Final	ΔH	CU
I	5	10,5	110%	0,84
II	12	11	9,09%	0,52
III	6	1	500%	0,75
IV	7,5	3,75	100%	**
IV2	19,5	15	30%	0,53

Fuente: Cálculos propios

Para corroborar el funcionamiento hidráulico se calculó el sistema bajo la base actual de distribución, estos resultados se reportan en los Apéndices E, F, G, cuyo indicador fundamental es el coeficiente de uniformidad, así como la diferencia máxima de presión establecida como hipótesis inicial.

- **Evaluación con valores calculados según distribución inicial finca Cuabana**

Al igual que la finca La Aguada, la evaluación del sistema de riego en esta unidad partió del análisis funcional, detectándose problemas graves de uniformidad y heterogeneidad en las líneas regantes. Este sistema de riego en un inicio estuvo conformado por 4 subunidades, modificado posteriormente a 6, al dividir 2 de las subunidades originales, esto lo realizó el productor de forma empírica dado las bajas presiones observadas en las líneas regantes, en especial la subunidad III y IV, Figura 5.23, Figura 5.24 y Anexo I.)

La operación de riego consistió en riego individual de las subunidades, con tiempo variable de riego entre 1,5 h a 2 h, sin embargo es bueno enfatizar nuevamente, la aplicación de riegos nocturnos con la carga que existe entre la laguna y las subunidades de riego.

Habiendo evaluado las características del sistema se procedió a redimensionarlo, de tal manera de mejorar los parámetros hidráulicos, ajustándolos a la instalación existente. En esta unidad de producción no existe diseño, levantamiento topográfico ni plan de operación, por lo que se procedió inicialmente a realizar un levantamiento planialtimétrico con el sistema de riego instalado, así como el perfil de la tubería principal.

- **Diseño lateral, condición inicial**

En el Apéndice E se presentan las características de las subunidades en cuanto a: longitud del lateral, número de emisores, caudal, diámetro interno, pérdida de carga unitaria, incluyendo pérdida por conexión de emisores, pérdida de carga en la longitud del lateral, presión mínima, presión máxima, diferencia de presión permitida (ecuación 32), marco de plantación, separación entre emisores, caudal del emisor, pendiente del lateral, coeficiente de uniformidad supuesto, coeficiente de variación, presión última, caudal mínimo y carga mínima. Dada la forma de la Finca en estudio, Anexo I y Figura 5.22, se aprecia que las longitudes de los laterales no son homogéneas, sin embargo todas las longitudes cumplen con la hipótesis de diseño, es decir, que la diferencia de carga máxima fue menor $\Delta H_{max} = 1,62$ m, Apéndice E. En términos porcentuales la diferencia máxima calculada fue de 4,80%

correspondiente a la subunidad III, bastante por debajo del rango 10-15% permitido Tabla 5.20.

Tabla 5.20. Diferencia de carga máxima en los laterales de cada subunidad finca Cuabana

Subunidad	I	II	III	IV
ΔH_{max}	2,73	1,45	4,04	4,82

Fuente: Cálculos propios

- **Diseño de las terciarias, distribución inicial**

En el Apéndice F se muestran la distribución de presiones en la tubería terciaria, desde la unidad I hasta la IV, comprobando a partir de estos resultados el cumplimiento o no de la hipótesis inicial, en este sentido solo la unidad II cumple con la suposición planteada Tabla 5.21.

Tabla 5.21. Cumplimiento de la hipótesis de diseño en la terciaria finca Cuabana.

Sub-unidad	$H_m - H_n$	Calificación	ΔH_{max}
I	$1,9 < 1,63$	NO	19,52
II	$1,61 < 1,63$	OK	15,56
III	$3,28 < 1,63$	NO	65,61
IV	$2,09 < 1,63$	NO	25,53

Fuente: Cálculos propios

Analizando las diferencias de carga máxima en porcentaje, se evidencia que las máximas variaciones ocurren en las subunidades III y IV superando todas el 10 %, pudiendo afirmar que solo la subunidad II satisface la hipótesis, Tabla 5.22.

Tabla 5.22. Diferencia de carga máxima de las terciarias en porcentaje. Finca Cuabana

Subunidad	ΔH_{max}
I	19,52%
II	11,56%
III	35,61%
IV	25,53%

Fuente: Cálculos propios

El coeficiente de uniformidad calculado en estas subunidades, supera el 90% Tabla 5.23 y Apéndice G, calificado como excelente, sin embargo el evaluado ratifica problemas de bajas presiones asociado a otros factores como obstrucciones de los filtros y tuberías.

Analíticamente el CU presentó una calificación de excelente en todas las subunidades, sin embargo el coeficiente de uniformidad evaluado calificó de inaceptable y pobre, hasta aceptable solo en la subunidad I Tabla 5.23.

Tabla 5.23. Coeficiente de uniformidad calculado, distribución inicial vs Coeficiente de uniformidad evaluado. Finca Cuabana

Sub-unidad	Coeficiente de Uniformidad Calculado CU	Coeficiente de Uniformidad Evaluado CU
I	0,93	0,84
II	0,94	0,52
III	0,90	0,75
IV	0,94	0,69

Fuente: Cálculos propios

- **Evaluación con valores calculados según diseño modificado**

A pesar de que el coeficiente de uniformidad calculado se califica como excelente, se hizo un redimensionamiento del sistema a los fines de reducir la variación máxima de presión en la terciaria y con ello disminuir los requerimientos de presión. Este

redimensionamiento consistió en dos aspectos básicos, reubicar las válvulas que alimentan la terciaria y el punto de alimentación de la secundaria nodo 1, Anexo II, arrojando los resultados que se reflejan en los apéndice H y I, donde se aprecia la distribución de presiones en las terciarias.

La Tabla 5.24 y Apéndice I muestran los coeficientes de uniformidad calculados superando todas el 90 %.

Tabla 5.24. Coeficientes de uniformidad calculados, en diseño modificado finca Cuabana

Subunidad	Coefficiente de uniformidad Calculado
I	0,95
II	0,95
III	0,93
IV	0,97

Fuente: Cálculos propios

La redistribución de las válvulas incide de manera importante en la reducción de la presión requerida y la exigencia de bombeo, tal como se muestra en la Tabla 5.25, donde se compara la redistribución original y el diseño modificado en función de las presiones calculadas.

Tabla 5.25. Comparación de presiones calculadas en las válvulas, en distribución inicial y diseño modificado finca Cuabana

Distribución inicial		Diseño Modificado	
Subunidad	Presión válvula (m)	Subunidad	Presión válvula (m)
I	11,16	I	10,89
II	11,16	II	10,83
III	12,00	III	10,93
IV	12,00	IV	11,68

Fuente: Cálculos propios

Otro aspecto significativo de la reubicación de las válvulas y el nodo 1 (Anexo II Diseño modificado), fue el equilibrio de presiones que se presentan en el referido nodo, Apéndice J, pues la presión requerida para ambos lados de la secundaria es de 12,40 m, a diferencia de la ubicación inicial donde la presión varía entre 12 y 15 m, apéndice K.

De acuerdo a la Tabla 5.26 se puede apreciar el mejoramiento de la diferencia máxima de presión calculada en la tubería terciaria, entre la versión inicial de distribución de la red de riego y el diseño el modificado, ubicándose alrededor del 10 %.

Tabla 5.26. Comparación de diferencias máximas calculadas en distribución inicial y diseño modificado finca Cuabana. (Terciaria)

Distribución inicial		Diseño Modificado	
Sub-unidad	ΔH_{max}	Sub-unidad	ΔH_{max}
I	19,52%	I	9,61%
II	16,56%	II	9,30%
III	35,61%	III	11,30%
IV	25,53%	IV	10,30%

Fuente: Cálculos propios

- **Secundaria y principal**

Una vez evaluada la terciaria, se procedió a revisar analíticamente la secundaria y principal bajo la condición inicial de diseño, en este sentido el Apéndice K presenta las características y presiones exigidas. Obsérvese que la presión necesaria en el nodo 1, varía

entre 12 m y 15 m lo que implica mayores presiones en las válvulas 1 y 2. A partir de la presión de 15 metros en el nodo 1, se calculó la potencia de bombeo, siendo necesario un motor de 5 Hp, con una carga dinámica total de 39 m y un caudal de 4,70m l/s, con una eficiencia de 60%. Sin embargo, la motobomba existente tiene una potencia de 7,5 Hp para caudal de 4,23 l/s , lo que implica un sobredimensionamiento inicial del sistema, a pesar de ello se obtienen presiones medidas muy por debajo de las que se presentarían con este equipo, lo que necesariamente evidencia problemas en el filtrado y posibles obstrucciones en la bomba y/o succión.

Posteriormente a partir de la reubicación de las válvulas y el nodo 1, Anexo II, se recalcularon las presiones y los requerimientos de bombeo, Apéndice J, donde se apreció un equilibrio de presiones en el nodo alrededor de 12,40 m, Tabla 5.27 , con una exigencia en la potencia de bombeo de 5 HP según la curva característica, Apéndice M, para una carga dinámica de 39 m, con un caudal de 4,70 l/s

Tabla 5.27. Requerimiento de presiones en el nodo y potencia de bombeo

Distribución inicial, Valores del equipo		Distribución inicial, valores calculados	Diseño Modificado
H. Nodo	-	12 – 15	12,40
Bomba	7 Hp	3 Hp	3Hp
Hm(m)	69,44	39	39
L.Tubería(m)	237,7	237,7	272,60
Caudal (l/s)	4,23	4,26	4,26

Fuente: Cálculos propios

- **Cabezal**

El cabezal en esta unidad de producción está compuesto por un filtro de anillas marca Arkal de diámetro de salida de 2", y un filtro de arena de θ 20" marca Naan, La presión de trabajo medida con el manómetro fijo instalado posterior al filtro de arena, arrojó una lectura de 52 PSI (43,49 m), presión muy por debajo de la capacidad de la bomba, que sería teóricamente de 91,61 PSI (64,44 m), incluyendo la pérdida de carga en el filtro, lo que implica pérdidas excesivas en el filtro u obstrucciones en la succión, en todo caso la motobomba está sobredimensionada para el sistema.

El dimensionamiento del filtro de anillos y el de grava se ajustan al máximo caudal de la unidad, sin embargo la alternativa de usar el equipo de bombeo actual implica regar 2 subunidades de forma simultánea, siendo necesario modificar la tubería principal dado las altas velocidades que se producirían en esta, así como el diámetro del filtro de arena, pues el actual sería insuficiente para mantener la velocidad de filtrado alrededor de 60 m/h.

La propuesta para el cabezal sería conservar su diseño, modificando la motobomba por una Peerles modelo V1731B diámetro impulsor 6" de 3 Hp, acoplado a un motor de 5 Hp. Un inconveniente en este cabezal, es la existencia de manómetros de diferentes marcas que no garantizan precisión en los valores, así como la ausencia de ventosas, lo que obliga la expulsión de todo el aire por los emisores, con una reducción indirecta del tiempo de riego y por ende de los volúmenes requeridos por las plantas, pues el sistema tarda alrededor de 20 minutos en estabilizarse.

5.2.2 Evaluación funcional de la finca La Aguada

La finca La Aguada presenta un sistema de riego dividido en ocho subunidades, Figura 5.26 y Anexo III, de las cuales fueron evaluadas seis, salvo la subunidad III y V, debido a las siguientes causas: el azar en los turnos de riego, suspensión por cambios en el tiempo de riego; lo que impidió terminar la actividad una vez iniciada, apertura y cierre de otras subunidades para controlar presiones alterando el resultado final. A objeto de analizar el funcionamiento del sistema se determinó el coeficiente de uniformidad de la subunidad, el coeficiente de uniformidad del sistema, el coeficiente de variación total y el coeficiente de uniformidad absoluta.

Esta unidad de producción carece de diseño, por lo que no fue posible realizar una comparación de lo evaluado con lo diseñado inicialmente.

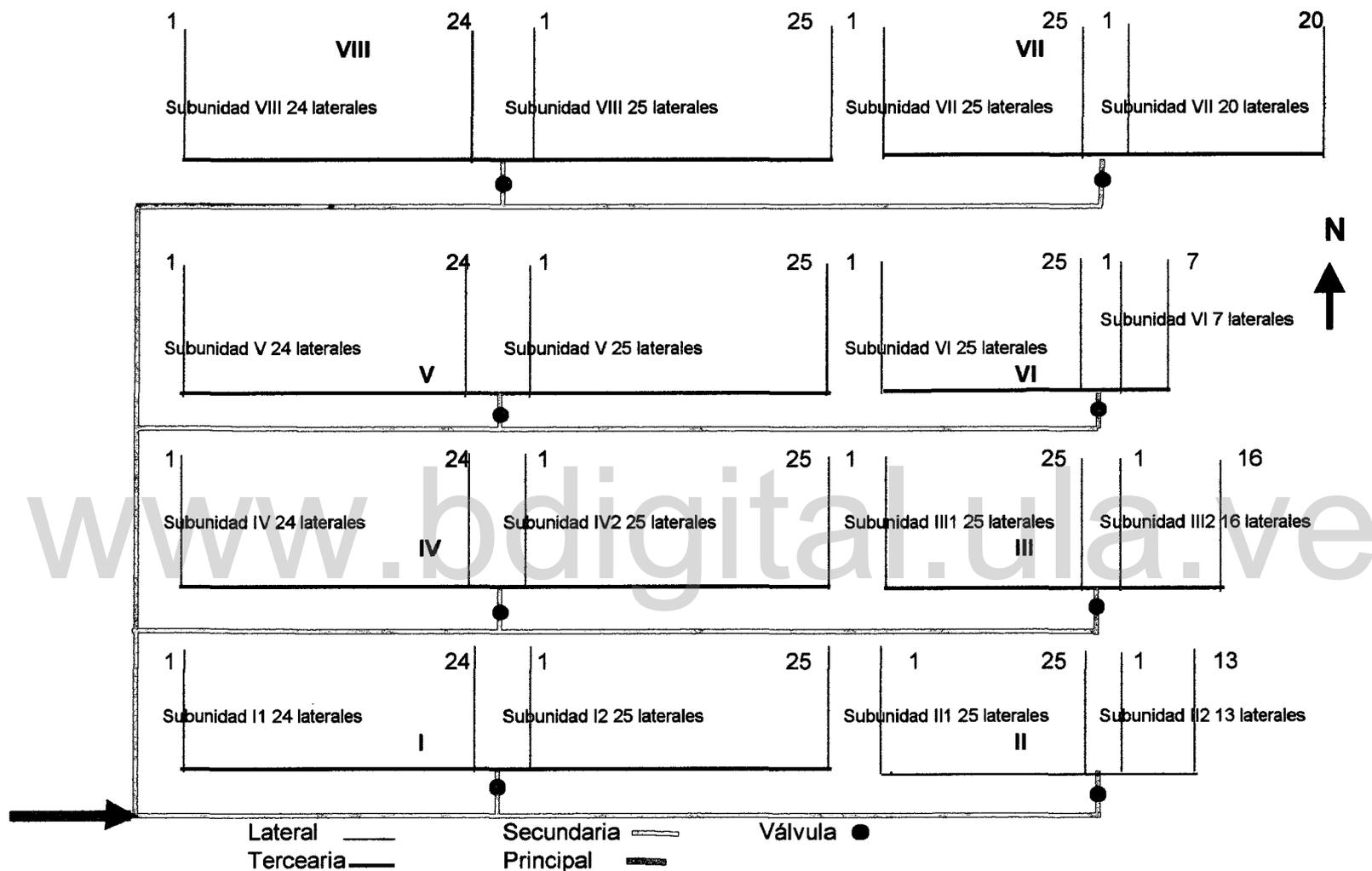


Figura 5.26. Esquema de distribución de las subunidades de la finca La Aguada.

- **Coefficiente de Uniformidad Cu(su), subunidad I**

Esta subunidad arrojó un resultado del CU (su) de 0,85, Apéndice M, considerado como aceptable según la Tabla 5.28. Este valor comparado con los propuestos para diseño, Tabla 4.1, se considera apropiado para clima árido, con pendiente menor del 2%.

- **Coefficiente de Variación Total, subunidad I**

Este coeficiente de 0,11 tiene una calificación total de muy buena, Tabla 5.28 y Apéndice M.

- **Coefficiente de Uniformidad Cu(su), subunidad II**

La subunidad II presentó el mejor comportamiento en cuanto a uniformidad de riego se refiere, comprobado a través del Cu(su) con un valor de 0,93 como se aprecia en el Apéndice M, calificado como excelente, Tabla 5.28.

- **Coefficiente de Variación Total, subunidad II**

La calificación obtenida fue de excelente (tabla 5.28), dado el resultado de 0,05 reflejado en el apéndice M, que ratifica el grado de uniformidad de caudales en los emisores evaluados.

- **Coefficiente de Uniformidad Cu(su), subunidad IV**

La uniformidad de esta subunidad presentó un comportamiento similar a la anterior con una valoración buena, pues se obtuvo un coeficiente de 0,90, Apéndice M, valor utilizado para el posterior rediseño del sistema.

- **Coefficiente de Variación Total:**

Este Coeficiente de variación relativa de los caudales, permite calificar la subunidad evaluada como excelente con un valor de 0,081 como es reflejado en la Tabla 5.28 y Apéndice M.

- **Coefficiente de Uniformidad Cu(su), subunidad VI**

Esta unidad al igual que las anteriores I, II y IV representan, las unidades más uniformes de la finca La Aguada, pues su CU (su) de 0,86, Apéndice M, lo ratifica, calificado como aceptable según la Tabla 5.28.

- **Coefficiente de Variación Total subunidad VI**

La calificación de excelente de la subunidad VI, dado el Cvt 0,10 (tabla 5.28 y apéndice M), expresa el grado de homogeneidad que presentaron los caudales, lo que presume un comportamiento uniforme del desarrollo vegetativo.

- **Coefficiente de Uniformidad Cu(su), subunidad VII**

El coeficiente de uniformidad de esta subunidad resultó en 0,74, Apéndice M, calificando este resultado como pobre, Tabla 5.28, además de tener un caudal medio 0,41 l/h, muy por debajo del normal (1,12 l/h), influyendo en una reducción importante de los requerimientos totales del cultivo.

- **Coefficiente de Variación Total, subunidad VII**

Este coeficiente es calificado como muy bueno, Tabla 5.28, dando un resultado de 0,19, Apéndice M, sin embargo; en el contexto de la poca dispersión, no expresa el deficiente comportamiento en cuanto al valor requerido para satisfacer las demandas hídricas del cultivo.

- **Coefficiente de Uniformidad Cu(su), subunidad VIII**

Representa la subunidad de peor comportamiento en cuanto a la uniformidad, considerándola como inaceptable, Tabla 5.28, reflejado por un valor de 0,67, Apéndice M, sin embargo, es importante expresar que esta uniformidad está influenciada por fugas significativas en un lateral evaluado. Al observar el valor medio, mínimo, máximo y comparado con la anterior unidad, se puede afirmar que esta se acerca más a las necesidades totales que la subunidad precedente.

- **Coefficiente de Variación Total, subunidad VIII**

De acuerdo a la Tabla 5.28 y el resultado reportado en el Apéndice M, la subunidad VII es calificada como aceptable, no siendo congruente con el coeficiente de uniformidad, sin embargo este coeficiente explica el grado de variación de los valores alrededor de la media.

Tabla 5.28. Calificación del coeficiente de uniformidad y Coeficiente de variación total en las diferentes subunidades, La Aguada.

Subunidad	CU(su)	Calificación	CVt	Calificación
I	0,85	Aceptable	0,11	Muy Buena
II	0,93	Excelente	0,05	Excelente
III	-	-	-	-
IV	0,90	Bueno	0,08	Excelente
V	-	-	-	-
VI	0,86	Aceptable	0,10	Excelente
VII	0,74	Pobre	0,19	Muy Buena
VIII	0,67	Inaceptable	0,21	Aceptable

Fuente: Cálculos propios

- **Comportamiento general de la unidad de producción La Aguada**

La unidad de producción La Aguada consta bajo riego de 6,8 ha, de la cual fue evaluado para efectos de uniformidad 5,1 ha. Del total evaluado 33,4% calificó como bueno a excelente, 31,4% se considera como aceptable y el resto 35,2% fue valorado como pobre e inaceptable.

El patrón de riego consistió en regar dos unidades de forma simultánea cuyo orden de pareja cambiaba frecuentemente ejemplo I y II, y posteriormente II y IV, esto en razón del déficit hídrico que manifiesta la planta convirtiendo la operación del riego en un proceso casi al azar, con las consecuencias de cambios importantes de presión, y por ende de caudal. El tiempo de riego aplicado en el riego simultáneo fue de 2 horas, insuficiente para alcanzar la demanda máxima en el ciclo motivado a las bajas presiones, de allí que se aplica riegos extras en aquellas subunidades que presentaron marchitez, como consecuencia de la desuniformidad y bajo caudal, ocasionado por una incorrecta distribución del orden de riego de acuerdo a la red establecida, con exceso de presión, regulado con apertura parcial de válvulas en otras subunidades y déficit de presión de acuerdo a la subunidad regada. Sobre la base de lo anterior, se modificó la red de riego, variando lo menos posible el sistema, básicamente se trabajó en los cambios de la posición de las válvulas y un ordenamiento de la operación del riego.

En la unidad de producción La Aguada, no fue posible medir las presiones de todas las subunidades, dada la aleatoriedad en el orden de riego, sin embargo, se calculó una presión mínima promedio de 3,95 m (5,62 PSI), Tabla 5.29 que arroja un caudal según la ecuación del emisor en 0,82 l/h, por debajo del caudal nominal de 1.12 l/h y una carga de 7 metros.

Tabla 5.29. Presiones de Entrada P.S.I Finca La Aguada.

Sub-unidad	Presiones de Entrada a los Laterales P.S.I				Presiones mínimas de entrada
I-III	4,8	5,5	7,5	7,5	4,8
II-IV	10	10	12	12	10
III-I	4	5,5	7,0	7,5	4
II-IV	4,9	4,9	5,1	7,5	4,9
VI-VII	6	7	7	7,5	6
VII-VI	4	4,2	5	7,5	4

Fuente : Cálculos propios.

En la Tabla 5.30 se aprecia que los caudales medios están alejados del caudal nominal que es 1,12 l/h, con mayor énfasis en las unidades VII y VIII, aun los caudales máximos promedios se ubican por debajo de la descarga nominal.

Tabla 5.30. Caudales mínimos, medios y máximos del sistema Finca La Aguada

Sub-unidad	l/h Q.min	l/h Q.med	l/h Q.Max
I	0,81	0,95	1,09
II	0,96	1,03	1,13
II			
IV	0,99	1,10	1,22
V			
VI	0,84	0,98	1,13
VII	0,41	0,55	0,68
VIII	0,63	0,94	1,11
Valores Para el sistema	$\overline{Q}_{\min} = 0,77$ l/h	$\overline{Q}_{\text{med}} = 0,93$ l/h	$\overline{Q}_{\max} = 1,06$ l/h

Fuentes: Cálculos propios.

Usando las ecuaciones 21, 22, 23 y 24 se determinaron los valores medios y mínimos de los caudales evaluados para el sistema, y a partir de allí se estableció la lámina bruta media y mínima, así como el volumen medio y mínimo aplicado por planta y por día, cuyos resultados se reflejan en la Tabla 5.31. Al comparar estos resultados, Tabla 5.32, se advierte que los requerimientos teóricos en el período intermedio del ciclo del cultivo se encuentran ligeramente por encima de lo aplicado, sin embargo se apreció un déficit producto básicamente por la irregularidad en la operación del riego.

Tabla 5.31. Lamina bruta media, mínima , volumen medio y mínimo aplicado por planta para el sistema Finca La Aguada

Lb (mm)	Vol.medio por planta	Lb min (mm)	Vol min/planta/día
6,64	1,9 l/planta	5,5 mm	1,54 l/planta

Fuentes: Cálculos propios

Tabla 5.32. Valores teóricos y aplicados de agua al cultivo melón, finca La Aguada

Mes	Valores teóricos		Valores calculados	
	Nt(mm/día)	Nt(l/planta día)	Lb (mm/día)	Vol (l/planta día)
Agosto	4,4	1,24	6,6	1,9
Septiembre	7,9	2,23	6,6	1,9
Octubre	5,1	1,44	6,6	1,9

Fuente: Cálculos propios.

A partir de la ecuación 25, se determinó el coeficiente de uniformidad para todo el sistema cuyo valor de 0,64 se considera inaceptable, Influenciado en gran medida por el bajo caudal de la sub-unidad VII, el cual tiene una media de 0,55 l/h.

$q_{\min} = 25\%$ de los caudales más bajos = 0,60 l/h

$q_{\text{med}} =$ media de las emisiones evaluadas = 0,93 l/h

Las variaciones de presión en los laterales y terciarios de la finca La Aguada fueron significativamente menores a los resultados obtenidos en la finca Cuabana, Tabla 5.33, siendo la subunidad II la de menor variación en los laterales, con un rango de 0 a 16,66%; de igual forma la terciaria presentó la menor diferenciación, con un valor de 20%, coincidiendo con el mayor coeficiente de uniformidad de la unidad de producción que fue de 0,93.

Tabla 5.33. Variación de presión en los laterales con valores medidos, Finca La Aguada

Sub-unidad	Lateral	Inicio	Final	ΔH
I	1	4,8	5,8	20,8%
	2	5,5	5,3	3,77%
	3	7,5	6,0	25%
	4	7,5	7,6	1,33%
Sub-unidad	1	10	10	0%
II	2	10	11	10%
	3	12	12	0%
	4	12	14	16,66%
Sub-unidad	1	4	5	25%
III	2	5,5	6	9,10%
	3	7	7,5	7,14%
	4	7,5	8,0	6,66%
Sub-unidad	1	4,9	4	22,5%
IV	2	4,9	6,3	28,57%
	3	5,1	7,5	47,01%
	4	7,5	8,3	10,67%
Sub-unidad	1	6	7,5	25%
VI	2	7	7,5	7,14%
	3	7	10	42,86%
	4	7,5	10,5	40%

Fuente Cálculos propios.

Al observar la Tabla 5.34 de variación de presión en la terciaria, se puede predecir la presencia de problemas en la distribución de los laterales, en relación con la ubicación de las válvulas y la pendiente del terreno, pues existen variaciones mayores a 20% para la subunidad II, hasta valores inaceptables de variación, que llegan al 87,5% en las subunidades III y VII.

Tabla 5.34. Variación de Presión en PSI en la Terciaria con valores medidos Finca La Aguada

Subunidad	Inicio	Final	AH
I	7,5	4,8	56,25%
IVII	12	10	20%
III	7,5	4	37,5%
IV	7,5	4,9	53,06%
V			
VI	7,5	6	25%
VII	7,5	4	87,5%
VIII			

Fuente Cálculos propios.

- **Evaluación con valores calculados según distribución inicial, finca La Aguada.**

La evaluación del sistema de riego de la finca La Aguada, partió en una primera instancia de la evaluación funcional y posteriormente se calculó el sistema bajo la condición de distribución actual, hasta el cabezal. Este análisis permitió detectar algunos problemas que se solventan con un rediseño del sistema, tratando de modificar lo menos posible la red de riego.

Una vez evaluadas las características del sistema de riego y en función de sus carencias, se procedió a realizar un redimensionamiento del sistema que permita mejorar los parámetros hidráulicos y que estos se ajustan a la capacidad instalada, es decir, tratar de variar lo menos posible la red de riego y el sistema de bombeo.

La evaluación hidráulica del sistema requirió el levantamiento planialtimétrico de la unidad de producción, ya que al igual que la finca Cuabana careció del mismo. En el Anexo III se presenta la distribución original de tuberías laterales, terciarias, secundarias y principal, así como la ubicación de las válvulas que alimentan cada subunidad. En el Anexo IV se presenta la distribución mejorada de la red.

A partir de esta información así como la referida a emisores y tuberías se procedió a calcular el sistema bajo la condición actual, cuyo fin último fue determinar el coeficiente de

uniformidad de cada subunidad y verificar si se ajusta a lo permitido para un sistema de riego por goteo, bajo la condición climática imperante; de igual forma se calculó la distribución de presiones en los laterales y terciarias para establecer si se encuentra entre los rangos aceptados de un 10% para tuberías laterales y un 15 % para tuberías terciarias.

A fin de determinar la potencia de bombeo demandada para la condición actual de diseño, se procedió a determinar las presiones de trabajo en las válvulas que alimentan cada subunidad y los nodos en las tuberías secundarias.

- **Diseño lateral condición inicial**

En el Apéndice N se presenta el número de laterales por subunidad, longitud de laterales, número de emisiones, caudal, diámetro interno, pérdida de carga unitaria, pérdida de carga unitaria incluyendo pérdida por emisores, pérdida de carga en la longitud lateral, presión mínima, presión máxima, diferencia de presión y la máxima diferencia de presión permitida según la ecuación 32. Así mismo aparece reflejado el marco de plantación, separación entre emisores, calidad del emisor, pendiente del lateral, coeficiente de uniformidad supuesto, coeficiente de variación y presión última.

Los cálculos reflejados en el Apéndice N permiten determinar que la elección de la longitud de los laterales fue correcta, pues la máxima diferencia de presión en todas las unidades se ubican por debajo de la hipótesis ($H_{max} = 1,15m$).

Una vez comprobado que el cálculo de los laterales de las 8 subunidades cumple con la hipótesis de máxima variación establecida, se procedió a calcular la terciaria siguiendo la distribución existente.

- **Diseño de las terciarias distribución inicial**

En el Apéndice Ñ se presenta los cálculos de las terciarias desde la subunidad I hasta la subunidad VIII, donde se muestran los resultados por tramo, cuyo objeto es determinar las presiones iniciales de cada lateral y por ende la presión en las válvulas, así mismo se precisó, basándose en la hipótesis planteada originalmente(Ecuación 33), si la diferencia máxima de presión en la terciaria se ubica por debajo de lo establecido, en razón de ello se determinó que solo las unidades IV y VIII, Tabla 5.35, cumplen con la hipótesis de diseño.

Tabla 5.35. Cumplimiento de la hipótesis de diseño en la terciaria Finca La Aguada.

Subunidad	Hm-Hn	Calificación	ΔH
I	2,21 < 1,15	No	32,40%
II	1,22 < 1,15	No	17,34%
III	2,27 < 1,15	No	33,24%
V	0,94 < 1,15	Sí	12,93%
IV	2,18 < 1,15	No	231,59%
VI	1,84 < 1,15	No	25,38%
VII	2,28 < 1,15	No	35,51%
VIII	1,11 < 1,15	Sí	15,37%

Fuente Cálculos propios.

Posteriormente fue calculado el coeficiente de uniformidad, Apéndice O, manteniendo las condiciones de diseño y comparándolo con el coeficiente de uniformidad evaluado, Tabla 5.36.

Tabla 5.36. Coeficiente de uniformidad calculado, distribución inicial vs Coeficiente de uniformidad evaluado. Finca La Aguada.

Subunidad	Coeficiente de Uniformidad Calculado CU	Coeficiente de Uniformidad Evaluado CU
I	0,90	0,85
II	0,93	0,93
III	0,90	
IV	0,91	0,90
V	0,92	
VI	0,89	0,86
VII	0,88	0,74
VIII	0,93	0,67

Fuente Cálculos propios.

Los coeficientes de uniformidad calculados se califican de bueno a excelente; sin embargo, se debe precisar la ubicación incorrecta de las válvulas, que si bien no desmejora significativamente la desuniformidad, incide de manera substancial en los requerimientos de presión y por supuesto en la potencia de bombeo, así como los volúmenes de agua requeridos por las plantas.

Las variaciones de presión en la terciaria, además de no cumplir con la hipótesis de diseño, superan el 20% de variación de presión en cinco de las subunidades de la finca La Aguada, Tabla 5.37, es relevante recalcar que a pesar de ello se presentan CU alrededor de 90 %.

Tabla 5.37. Diferencia de carga máxima de las terciarias en porcentaje y el coeficiente de uniformidad calculado Cu(su), Finca La Aguada.

Sub-unidad	ΔH_{max} %	CU
I	32,40 %	0,90
II	17,34%	0,93
III	33,24%	0,90
IV	12,93%	0,91
V	31,59%	0,93
VI	25,38%	0,89
VII	35,51%	0,88
VIII	15,37%	0,88

Fuente Cálculos propios.

Verificando las variaciones máximas de presión en las subunidades, se aprecia que la II, IV, VIII se ubican por debajo del 20%, el resto de las sub-unidades, se ubican entre 25,38% y 35,51% de variación máxima de presión en la terciaria.

- **Evaluación con valores calculados según diseño modificado, finca La Aguada**

Sobre la base de la evaluación funcional, el incumplimiento de la hipótesis de diseño y la alta variación de presión señalada, se procedió a recalcar la red de riego, a partir de la reubicación de las válvulas, de tal manera de mejorar la distribución de presiones en la terciaria cuyo objeto es reducir la máxima variación de presión sin necesidad de recurrir al cambio de diámetros.

Al corregir la ubicación de las válvulas en la terciaria, Anexo IV, los parámetros de uniformidad mejoran significativamente, estando cada unidad igual o por encima de lo establecido para el diseño que fue 0,90, Tabla 5.38 y Apéndice Q.

Tabla 5.38. Coeficiente de uniformidad en diseño modificado, finca La Aguada

Sub-unidad	CU calculado
I	0,93
II	0,94
III	0,94
IV	0,90
V	0,94
VI	0,94
VII	0,93
VIII	0,94

Fuente Cálculos propios.

Al realizar la reubicación de las válvulas, no solo se mejora el coeficiente de uniformidad, sino que se cumple en todas las subunidades la hipótesis de diseño, es decir, por debajo del $H_{max} = 1,15$ m Apéndice P, lo que corrobora lo innecesario de modificar los diámetros. De la misma manera, la diferencia máxima de presión en la terciaria, se ubica en todas las subunidades por debajo del 20%, Tabla 5.39.

Tabla 5.39. Diferencia máxima de presión en la terciaria en diseño propuesto. Finca La Aguada.

Subunidad	Hm-Hn	Calificación	ΔH_{max}
I	1,12 < 1,15	OK	15,47%
II	0,53 < 1,15	OK	7,33%
III	0,68 < 1,15	OK	9,20%
IV	1,03 < 1,15	OK	14,55%
V	1,01 < 1,15	OK	14,35%
F VI	0,33 < 1,15	OK	4,23%
VII	0,84 < 1,15	OK	12,01%
VIII	1,00 < 1,15	OK	13,8%

Fuente Cálculos propios.

La disminución de la presión requerida en las válvulas de esta subunidad, Tabla 5.40, al modificar la ubicación de las válvulas, representa un aspecto notable, pues incide en una menor potencia en bombeo, ajustada al equipo existente.

Tabla 5.40. Presión en las válvulas distribución inicial y diseño modificado. Finca La Aguada.

Distribución inicial		Diseño Modificado	
Sub-unidad	Presión Válvula (m)	Sub-unidad	Presión Válvula (m)
I	8,81	I	8,36
II	8,24	II	7,76
III	9,01	III	8,08
IV	7,99	IV	8,11
V	8,36	V	8,05
VI	9,08	VI	8,13
VII	8,70	VII	7,83
VIII	8,33	VIII	8,25

Fuente Cálculos propios.

- **Secundaria y principal**

Una vez evaluada la terciaria se procedió a evaluar analíticamente la secundaria y principal bajo el funcionamiento inicial del sistema, vale decir dos subunidades bajo riego simultáneo, computando las presiones en los nodos, caudal máximo requerido y estableciendo la mejor secuencia de riego de acuerdo a las subunidades, Tabla 5.41.

Tabla 5.41. Secuencia de riego simultaneo, finca La Aguada

Sub-unidad	Caudal l/s
I – III	9,33
II – IV	9,02
V – VII	9,41
VIII – VI	8,12

Fuente Cálculos propios.

Esta secuencia fue seleccionada en razón de ser la de menor caudal máximo, el cual resultó en 9,41 l/s.

Conservando la posición original de las válvulas y el riego simultáneo de dos subunidades, se construyó el Apéndice R y Tabla 5.42, siendo necesaria en estas condiciones una altura dinámica total de 87,32 m y un caudal de 9,41 l/s. De acuerdo a la curva

característica de la bomba existente, Apéndice S, no es posible alcanzar estas condiciones de trabajo, lo que implicaría cambiar de bomba. Esta opción de riego simultáneo de dos subunidades queda descartada al realizar un análisis de la oferta y la demanda, pues la fuente arroja un caudal de 3 l/s y la capacidad de almacenamiento es de 259.000 litros, lo que dificulta esta opción.

Dado el problema de llevar a cabo el riego simultáneo, se presenta el análisis del riego individual, opción que el productor tuvo que asumir después de los 35 días, dada las condiciones de déficit hídrico que se le presentó al cultivo. En el Apéndice T se presenta la condición de riego individual, donde se reflejan las presiones requeridas en las válvulas y en los nodos, para un caudal máximo de 5,08 l/s, demandando una carga dinámica total de 47,94 m, valores que coinciden con lo establecido en la curva característica de la bomba KSB existente en la unidad de producción, así como los valores medidos en la condición de riego individual, en tal sentido, se ratifica que la forma de operación bajo las condiciones actuales es el riego por subunidad.

Tabla 5.42. Requerimiento de presiones en el nodo y potencia de bombeo, finca La Aguada

Distribución inicial, Valores del equipo		Distribución inicial, valores calculados (Riego dos unidades simultaneas)	Diseño Modificado
H. Nodo	-	47,56	23,94
Bomba	12 Hp	12 Hp	5 Hp
Hm(m)	48	87,32	47,94
L.Tubería(m)	455	455	455
Caudal (l/s)	5,08	9,41	5,08

Fuente : Cálculos propios

5.3. ANÁLISIS FINANCIERO

5.3.1. Finca La Aguada:

En el Apéndice U se apuntan los costos variables y costos fijos de desarrollo del cultivo melón en la unidad de producción La Aguada, a partir de allí se calcularon los indicadores VAN y TIR a una tasa de interés de 12 % (Tasa del Fondo de crédito estatal, FONECRA) y a un precio de venta promedio a puerta de finca para el período de 200

Bs./Kg. También fue realizado un análisis de sensibilidad bajo los precios de Bs./Kg 50, 60, 70, y 150, Tabla 5.43, siendo este último el valor más frecuente,.

Tal como se puede apreciar en los escenarios de realización de 50 Bs./Kg y 60 Bs./Kg el, proyecto no resulta rentable a la tasa de 40 % y el primer precio no satisface la tasa del 12 %, pues los valores del VAN son negativos aun a tasas inferiores. Siguiendo con el análisis de sensibilidad se estableció un precio de realización de 70 Bs./Kg, adquiriendo el VAN un valor positivo para la tasa del 40 % lo que implica que es capaz de soportar una tasa mayor aun a este bajo precio, en tal sentido el proyecto comienza a adquirir solidez.

En el contexto de realización del producto a Bs. 150 por cada Kg, se puede apreciar que el proyecto puede soportar hasta una tasa de 224.57 %, lo que señala la alta rentabilidad del proyecto en estas circunstancias

Al revisar la valoración del proyecto con un precio de 200 Bs/Kg., este es capaz de soportar una TIR de 334,07 % , lo que demuestra la alta rentabilidad de la unidad de producción; al usar una tasa de interés de 40 % se aprecia que el VAN es positivo a partir del primer año, lo que implica que la inversión se recupera totalmente al inicio.

Tabla 5.43. Cálculos del VAN y TIR en diferentes escenarios de precios finca La Aguada

PRECIO DE VENTA Bs 50,00					
AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	26.000.000,00	26.000.000,00	26.000.000,00	26.000.000,00	34.568.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	1.376.779,57	1.229.267,47	1.097.560,25	979.964,50	5.737.087,32
VAN (12%)	-13.380.020,89				

PRECIO DE VENTA Bs 60,00					
AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	31.200.000,00	31.200.000,00	31.200.000,00	31.200.000,00	39.768.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	6.019.636,71	5.374.675,64	4.798.817,53	4.284.658,51	8.687.706,97
VAN (12%)	5.364.815,37				

PRECIO DE VENTA Bs 150,00					
AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	31.200.000,00	31.200.000,00	31.200.000,00	31.200.000,00	39.768.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	4.815.709,37	3.439.792,41	2.456.994,58	1.754.996,13	2.846.787,82
VAN (40%)	-8.486.399,70				

Continuación **Tabla 5.43** Cálculos del VAN y TIR en diferentes escenarios de precios finca La Aguada

PRECIO DE VENTA Bs70,00

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	36.400.000,00	36.400.000,00	36.400.000,00	36.400.000,00	44.968.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	8.529.995,09	6.092.853,63	4.352.038,31	3.108.598,79	3.813.646,87
VAN (40%)	2.096.452,69				

PRECIO DE VENTA Bs 150

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	78.000.000,00	78.000.000,00	78.000.000,00	78.000.000,00	86.568.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	16.474.459,42	5.069.064,44	1.559.712,13	479.911,43	171.296,97
VAN (225%)	-46.235,61				

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	78.000.000,00	78.000.000,00	78.000.000,00	78.000.000,00	86.568.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	16.731.872,85	5.228.710,27	1.633.971,96	510.616,24	185.104,33
VAN (220%)	489.595,65				

TIR = 224,57

PRECIO DE VENTA Bs 200

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	104.000.000,00	104.000.000,00	104.000.000,00	104.000.000,00	112.568.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	18.285.515,66	4.203.566,82	966.337,20	222.146,48	56.569,51
VAN (335%)	-66.544,33				

PRECIO DE VENTA Bs 200

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	104.000.000,00	104.000.000,00	104.000.000,00	104.000.000,00	112.568.715,00
EGRESOS	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88	24.458.006,88
V.Actualizado	18.498.137,93	4.301.892,54	1.000.440,13	232.660,49	59.935,81
VAN (330%)	292.386,91				

TIR = 334,07

Fuente : Cálculos propios.

5.3.2. FINCA CUABANA

El rendimiento obtenido en esta unidad de producción fue de 26898,73 Kg/ha , valor que coincide con los registros históricos de la FUNDACIÓN PROPARAGUANA, calificado como pobre rendimiento equipara al riego por surco, sin embargo dadas las características de eficiencia en la conducción del agua en el riego por goteo le permite al productor regar mayor superficie y por ende producir mayor cantidad del rubro, en consecuencia la competencia internacional no será posible en estas circunstancias de ineficiencia.

En el Apéndice V se incorporan los costos variables y costos fijos de desarrollo del cultivo melón en la finca Cuabana, a partir de allí se calcularon los indicadores VAN y TIR a un precio de venta promedio para el período de 200 Bs./Kg y un análisis de sensibilidad bajo los precios de Bs./Kg. de 50 , 60 , 70 , 80 , 100 150 y 200, Tabla 5.44. Tal como se puede apreciar, los escenarios de realización de 50, 60, 70 y 80. Bs./Kg no son rentables ni siquiera a la tasa del Fondo de Crédito Estatal (FONECRA), que está fijada en 12%, pues los valores del VAN son negativos aun a tasas inferiores. Al realizar la comparación con la finca La Aguada se puede apreciar que el precio de 70 Bs./Kg soporta la tasa de 40 % , en cambio la finca Cuabana soporta la tasa de 40 % en precio cercano a 100 Bs./Kg. Al plantearnos este contexto de precio de venta del producto el proyecto viene adquiriendo solidez, 30 Bs por encima en comparación con la Finca la Aguada,

La venta del producto a Bs. 150 por cada Kg considerado el precio promedio histórico por PROPARAGUANA, se aprecia que el proyecto puede soportar hasta una tasa de 174,92 %, indicando la alta rentabilidad del proyecto en estas circunstancias

Al revisar la valoración del proyecto con un precio de 200 Bs/Kg, este soporta una TIR de 291,06 % , lo que demuestra la alta rentabilidad de la unidad de producción en este precio, valor relativamente frecuente en el mercado nacional. Al comparar este escenario con la finca La Aguada, se obtiene que ésta soporta una tasa de interés de aproximadamente 43 % por encima de la Finca Cuabana, un indicativo del mejor manejo de la primera explotación.

Tabla 5.44. Cálculos del VAN y TIR en diferentes escenarios de precios, finca Cuabana

AÑO	PRECIO DE VENTA Bs 50,00				
	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	8.500.000,00	8.500.000,00	8.500.000,00	8.500.000,00	10.409.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	-3.634.025,16	-3.244.665,32	-2.897.022,61	-2.586.627,33	-1.226.089,53
VAN (12%)	-20.945.570,81				

Continuación **Tabla 5.44.** Cálculos del VAN y TIR en diferentes escenarios de precios finca Cuabana.

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	10.200.000,00	10.200.000,00	10.200.000,00	10.200.000,00	12.109.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	-2.116.168,02	-1.889.435,73	-1.686.996,19	-1.506.246,60	-261.463,87
VAN (12%)	-14.817.451,26				

PRECIO DE VENTA Bs70,00

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	11.900.000,00	11.900.000,00	11.900.000,00	11.900.000,00	13.809.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	-598.310,88	-534.206,14	-476.969,77	-425.865,86	703.161,78
VAN (12%)	-8.689.331,72				

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	11.900.000,00	11.900.000,00	11.900.000,00	11.900.000,00	13.809.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	-478.648,70	-341.891,93	-244.208,52	-174.434,66	230.412,05
VAN (40%)	-8.365.912,61				

PRECIO DE VENTA Bs 80,00

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	13.600.000,00	13.600.000,00	13.600.000,00	13.600.000,00	15.509.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	919.546,27	821.023,45	733.056,65	654.514,87	1.667.787,44
VAN (12%)	-2.561.212,18				

PRECIO DE VENTA Bs 100

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	17.000.000,00	17.000.000,00	17.000.000,00	17.000.000,00	18.909.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	3.164.208,44	2.260.148,89	1.614.392,06	1.153.137,19	1.178.677,66
VAN (40%)	2.013.423,38				

PRECIO DE VENTA Bs 150

AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	25.500.000,00	25.500.000,00	25.500.000,00	25.500.000,00	27.409.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	4.701.778,84	1.709.737,76	621.722,82	226.081,03	94.351,18
VAN (175%)	-3.469,22				

Continuación **Tabla 5.44.** Cálculos del VAN y TIR en diferentes escenarios de precios finca Cuabana.

PRECIO DE VENTA Bs 150					
AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	25.500.000,00	25.500.000,00	25.500.000,00	25.500.000,00	27.409.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	4.788.848,82	1.773.647,71	656.906,56	243.298,73	103.417,02
VAN (170%)	208.977,98				
TIR =	174,92				

PRECIO DE VENTA Bs 200					
AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	34.000.000,00	34.000.000,00	34.000.000,00	34.000.000,00	35.909.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	5.425.289,07	1.373.490,90	347.719,22	88.030,18	24.271,73
VAN (295%)	-98.339,76				

PRECIO DE VENTA Bs 200					
AÑO	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
INGRESOS	34.000.000,00	34.000.000,00	34.000.000,00	34.000.000,00	35.909.319,50
EGRESOS	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18	12.570.108,18
V.Actualizado	5.494.844,06	1.408.934,37	361.265,22	92.632,11	25.868,02
VAN (290%)	26.402,92				
TIR =	291,06				

Fuente : Cálculos propios.

En la Tabla 5.45 se aprecian algunas diferencias significativas entre las fincas estudiadas, siendo resaltante que la finca La Aguada requiere de Bs 50,33 para producir un Kg de melón, en cambio la finca Cuabana necesita de una inversión de Bs 76,19 para producir ese mismo Kg, lo cual denota la mayor eficiencia de la primera finca, pues sus rendimientos casi duplican la de la finca Cuabana.

En la Tabla 5.46 se muestran los indicadores financieros a las tasas de 12 % y 40 %, apreciando la alta rentabilidad manifiesta de la finca La Aguada con una tasa interna de retorno de 224,57 % contra 174,92 % correspondiente a la finca Cuabana, siendo ambos proyectos altamente rentables.

El análisis de sensibilidad realizado para ambas fincas, Tabla 5.47, permite estimar que la finca La Aguada puede recuperar la inversión a la tasa de 12 % a un precio de Bs 60, sin embargo a esa misma tasa la finca Cuabana recuperará la inversión solo si tiene un precio

de venta de Bs 100, de la misma manera pero a la tasa de 40 % la finca La Aguada puede recupera la inversión a la tasa de 40 % con un precio de venta de Bs 70, en cambio Cuabana requiere un precio mínimo de Bs 100.

Tabla 5.45. Análisis financiero

Concepto	Finca la Aguada	Finca Cuabana
Hectáreas totales (Ha)	6,8	3,16
Costos fijos (Bs)	1.713.743	381.863,90
Costos variables 2 ciclos (Bs)	24.458.006,88	12.570.108,18
Total de costos (Bs)	26.171.749,88	12.951.972,08
Total de costos (Bs/Ha)	3.848.786,75	4.098.725,34
Rendimiento (Kg/Ha)	42.139,38	26.898,73
Costo unitario 2 ciclos (Bs/kg)	50,33	76,19
Producción total 2 ciclos (Kg)	520.000,00	170.000,00

Fuente: Cálculos propios

Tabla 5.46 Indicadores financieros a la tasa de 12 % y 40 %

	Finca La Aguada	Finca Cuabana
Precio (Bs/Ha)	150	150
VAN (12%)	174.068.341,64	40.335.624,63
VAN (40%)	86.759.271,75	19.312.316,70
TIR (%)	224,57	174,92

Fuente : Cálculos propios

Tabla 5.47 Análisis de sensibilidad

Precio	Finca La Aguada		Finca Cuabana	
	Tasa	VAN	Tasa	VAN
50	12	-13.380.020,89	12	-20.945.570,81
50	40	-19.069.252,08	40	-15.285.469,94
60	12	5.364.815,37	12	-14.817.451,26
60	40	-8.486.399,70	40	-11.825.691,28
70	12	24.109.651,62	12	-8.689.331,72
70	40	2.096.452,69	40	-8.365.912,61
80	12	37.992.368,86	12	-2.561.212,18
80	40	11.086.085,91	40	-4.906.133,95
90	12	56.737.205,11	12	-1.043.355,03
90	40	21.668.938,29	40	-3.691.848,24
100	12	75.482.041,36	12	9.695.026,91
100	40	32.251.790,68	40	2.013.423,38
150	12	174.068.341,64	12	40.335.624,63
150	40	86.759.271,75	40	19.312.316,70
200	12	267.792.522,90	12	70.976.222,35
200	40	139.673.533,66	40	40.335.624,63

Fuente: Cálculos propios.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Una de las premisas referida a facilidad de acceso no fue posible cumplir, dado la distancia y la difícil vía de penetración, lo cual tuvo implicaciones en la medición de parámetros como la evaporación, temperatura, humedad relativa, tensión de humedad y el muestreo para determinar contenido de humedad por gravimetría. En estas circunstancias se tomaron registros en diferentes horas del día y estados del riego, es decir, antes, durante y después del riego, agravado por la aleatoriedad en el orden de suministro a las diferentes subunidades de riego. Esta situación dificulta hacer una valoración puntual de tensión versus humedad, más aun cuando el número de lecturas de tensiómetros no necesariamente tiene asignada una lectura por gravimetría, de allí que éstas reflejen solo tendencias de su comportamiento.
- La mayoría de las curvas de tensión de humedad manifiestan que se riega en condiciones de tensión baja (Altos contenidos de humedad), situación que pareciera no ser congruente con el riego deficitario aplicado y expuesto por el cultivo, en especial en el período intermedio del ciclo, sin embargo se debe recordar que estas estaciones reflejan datos de una zona específica de la finca, no necesariamente extrapolable, más aun si se tienen evidencias de grandes desuniformidades del sistema, por lo que sería necesario aumentar el número de estaciones con tensiómetros.
- La demanda hídrica fue desarrollada usando dos metodologías, el método de la tina estándar y Penman Monteith, este último a través del programa Cropwat. Ambas coinciden en que se riega en déficit en el periodo intermedio, evidenciado al nivel de campo con pérdida de la turgencia de las hojas, lo cual fue compensado con riegos adicionales, bien sean nocturnos y por gravedad (Finca Cuabana), o riego interdiario en detrimento de algunas subunidades de riego. (Finca La Aguada).
- La lámina de riego aplicada y evaluada en todo el sistema de riego de la finca Cuabana osciló entre 4,44 mm y 6,27 mm y las necesidades calculadas variaron entre 5 mm y 8,6 mm (Método de Penman Monteith).
- La lámina aplicada y evaluada en todo el sistema de la finca La Aguada fue de 5,5 mm hasta 6,64 mm y la lámina calculada fue de 4,4 mm hasta 7,60 mm, aunque se regó en déficit este se manifestó en el período intermedio del ciclo del cultivo.

- Aun cuando el tiempo de riego calculado y aplicado coincide, la lámina aplicada es inferior a la requerida, como consecuencia de las bajas presiones de los sistemas.
- El comportamiento deficiente en la tensión de humedad a causa de un inadecuado funcionamiento hidráulico, fue determinante en el bajo rendimiento obtenido en la finca Cuabana.
- La finca La Aguada presentó un comportamiento irregular de los contenidos de humedad en las profundidades iniciales, esto se explica en que a diferencia de la finca Cuabana ésta no practica la plasticultura, aun así se obtuvieron los mejores rendimientos dado el mejor comportamiento hidráulico de la unidad de producción.
- Las características químicas del agua con relación a su conductividad eléctrica, potencial hidrógeno, composición iónica indican ciertas restricciones para su uso, sin embargo dadas las características de manejo en rotación de diferentes áreas dentro de la finca y la textura franco arenosa con buen drenaje interno y externo, restringe las tendencias a la salinización de los suelos.
- En los análisis de fertilidad de la finca Cuabana se aprecia la existencia de posibles evidencias de pérdida de fertilizante, dado que los contenidos de fósforo y potasio permanecieron altos al final del período.
- La conductividad eléctrica no fue significativamente alterada con la aplicación de fertilizantes.
- Los valores de macronutrientes en la finca La Aguada presentó valores decrecientes a medida que se profundizaba en el perfil, a excepción del potasio que presentó calificaciones altas a partir de 60 cm lo cual pudiera significar una pérdida de este elemento.
- La unidad de producción Cuabana presentó un diseño hidráulico deficiente, ratificado por los parámetros evaluados, heterogeneidad en líneas regantes que influyeron en el comportamiento productivo de la finca, expresado en que solo el 33,27 % se considera hidráulicamente aceptable valorado a través del coeficiente de uniformidad.

- La finca Cuabana consta de un equipo de bombeo de 7,5 Hp, aun así no se satisfacen las presiones, evidenciándose con ello problemas de obstrucción del filtro de anillas, arena, y probablemente en la succión del referido equipo.
- La evaluación financiera determinó que las fincas estudiadas presentan proyectos factibles aun en las condiciones actuales.
- La finca Cuabana es la unidad de producción que presenta menor rentabilidad, sin embargo al precio histórico de venta a puerta de finca de Bs. 150,00 es capaz de soportar una tasa de interés de 174,92
- La unidad de producción La Aguada presentó la mayor rentabilidad siendo capaz de soportar una tasa de 224,57 % al precio histórico de Bs. 150,00.
- Según el análisis de sensibilidad de la finca La Aguada esta soporta precios no menores de 60 Bs/Kg al 12 % y 70 Bs/Kg al 40 % , mientras la finca Cuabana no acepta precios inferiores a 100Bs/Kgr para ambas tasas.
- Ninguna unidad de producción evaluada realiza análisis de fertilidad, solo se deja guiar por vendedores e insumos agrícolas, bajo un paquete de producción y no basado en los requerimientos del cultivo.
- A pesar de la poca influencia que ejerce tener o no diseño de riego en el criterio de rentabilidad, se debe establecer como meta corregir esta situación, pues con la misma cantidad de agua, recurso escaso de la región, se pudieran duplicar los rendimientos, y el proyecto pudiera soportar bajos precios en el mercado.
- Se hace necesario que estos productores incorporen un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de válvulas, filtros, y chequeo periódico de válvulas check, filtros de arena y de anillas, así como la colocación de aditamentos hidráulicos, en especial de ventosas y tomas de presión.
- Se debe incorporar como requisito fundamental un plan de fertilización dada la carencia del mismo, donde se tomen en cuenta no solo los parámetros en cuanto a la demanda del cultivo, sino también la compatibilidad o no de los fertilizantes, a objeto de evitar problemas de obstrucciones en los emisores y/o deficiencias de nutrientes.

- El riego por azar y manejo operacional de acuerdo a las circunstancias, sin plan de operación, ni seguimiento debe ser revertida en aras de lograr competir con ventajas en la exportación.
- Los productores deben presentar como requisito ante los organismos estatales de créditos agrícolas el proyecto de los sistemas de riego.
- Además del análisis técnico financiero se recomienda realizar un estudio ambiental para determinar la sostenibilidad de los proyectos de riego en la zona.
- Realizar un estudio del acuífero de la Península de Paraguaná dado el incremento de la superficie de riego.

www.bdigital.ula.ve

BIBLIOGRAFIA

- AVIDAN ALBERTH, KREMER OIZER Y KREMER SHLOMO (S/F).
El tensiómetro CINADCO, Israel.
- BOHM WOLFGANG. 1979. Methods of Studying Root Systems.
- COSSI. 1988. Estudio sobre las características de las aguas subterráneas utilizadas con fines de riego en la Península de Paraguaná, Edo Falcón, FUSAGRI MARAVEN.
- DOORENBOS J. KASSAM A.H. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos, Estudio FAO, Riego y Drenaje.
- FUDECO. 1988. Proyecto lago colinario Jadacaquiva, Estado Falcón.
- FUENTES JOSÉ. 1998. Técnicas de riego, Madrid España, Editorial Mundi-Prensa.
- GARABAN AZALIA. 1999. Evaluación de las aguas subterráneas de riego en el Sector Cruz Verde de La Península de Paraguaná UNEFM.
- GRASSI CARLOS. 1998. Fundamentos del riego, CIDIAT. Mérida.
- HERNÁNDEZ, OMAR. 1993. Evaluación funcional y económica de sistemas de riego localizado, Tesis de maestría, CIDIAT, Mérida.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). 1989. El análisis de suelos, plantas y aguas para riego, Manual de asistencia técnica N° 47, Bogotá.
- JIMÉNEZ E. 1997. Evaluación del uso sostenible de las tierras del sistema de riego Cruz Verde, Estado Falcón. UNEFM
- LAGUNA ROGER. 1997. Evaluación de la producción firme y calidad de las aguas subterráneas en el sector Moruy – Adaure Baruma Los Llanitos – Yumaruse Caseto, de la Península de Paraguaná. UNEFM.
- LÓPEZ ELIAS, SAMANI Z, PRECIADO FLORES, ALVAREZ A., VALENZUELA P. 1999. Evaluación de dos coeficientes de tina en sandía (*Citrillus lanatus* (Thunb) Matsun & Nakai) CV. Sangría, bajo acolchado plástico. IX Congreso Nacional de Irrigación México

- LOSADA ALBERTO. 1999. Mejora y modernización del riego, Universidad Politécnica de Madrid.
- MARTINEZ LEONCIO. 2001. Manual de operación y mantenimiento de equipos de riego presurizado, INIA, Chile.
- MEDINA SAN JUAN. 2000. Riego por goteo Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- MENDOZA FREDDY. 1988. Introducción y evaluación de 12 variedades de sorgo, bajo las condiciones de secano en Buena Vista, Península de Paraguaná, UNEFM.
- PIÑA M. 1994. Caracterización de las exportaciones de frutas y hortalizas del Estado Falcón. UNEFM.
- PIZARRO, FERNANDO. 1990. Riego localizado de alta frecuencia Ediciones Mundi Prensa, 2da edición Madrid, España.
- PROPARGUANÁ. 1999. Cuadro de superficie de riego por goteo, lapso 1995-1999.
- RAZURI LUIS. 1988. Diseño del riego por goteo, CIDIAT, Mérida.
- SAPAG NASSIR, SAPAG REINALDO. 2000. Preparación y evaluación de proyectos, Ediciones McGraw-Hill, 4ta. Edición, Santiago de Chile, Chile.
- SMITH, MARTIN. 1993. Programa de ordenador para planificar y manejar el Riego (CROPWAT). FAO. Roma, Italia.
- UNEFM- PALMAVEN. 1993. Estudio agroeconómico de los cultivos cereales y hortalizas en la Península de Paraguaná, Estado Falcón.
- VILLAFANE ROBERTO. 1996. Interpretación de análisis de agua para diagnóstico de riesgos de salinidad y sodio en el suelo, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo, Maracay.

APENDICES

www.bdigital.ula.ve

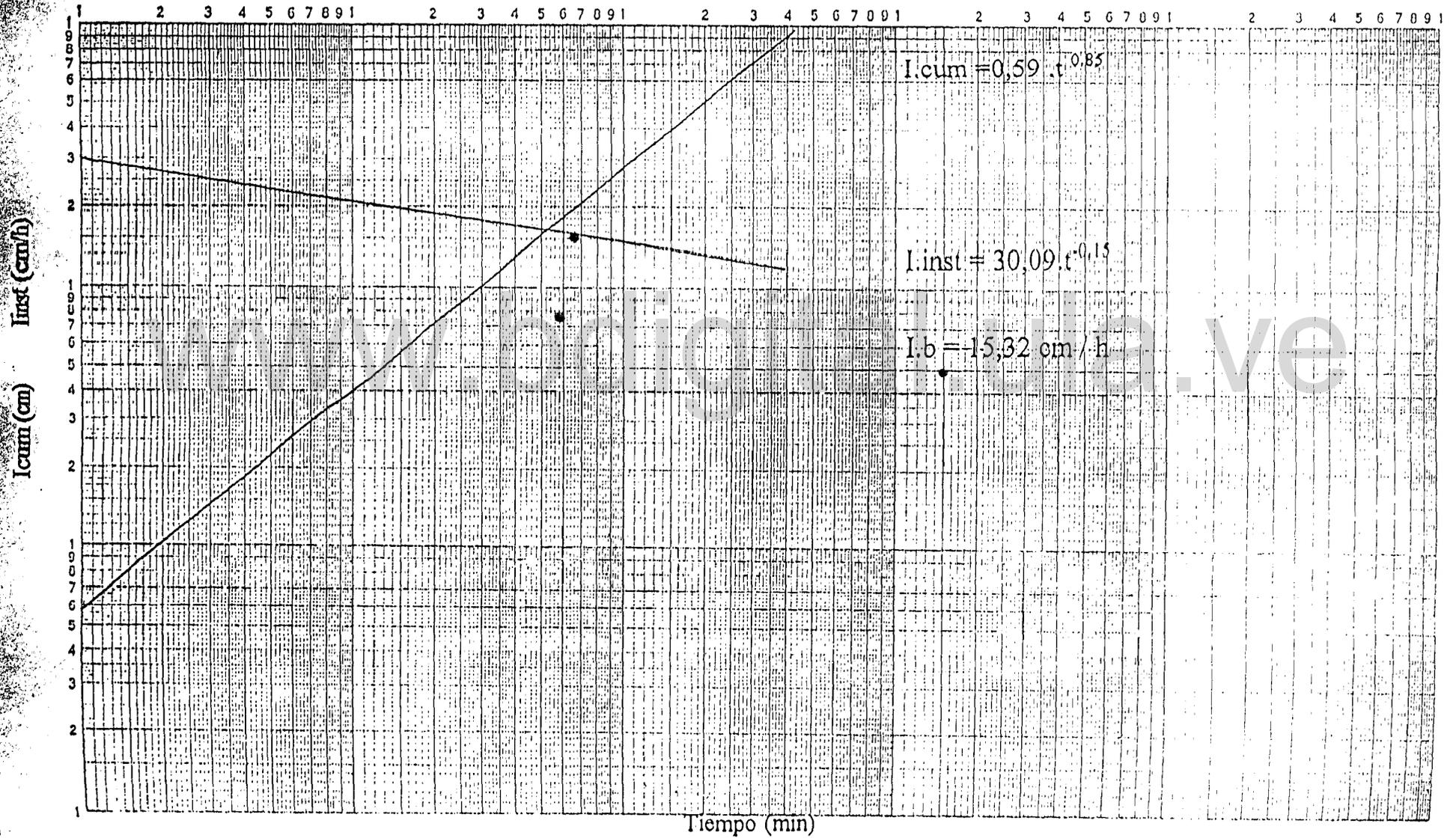
www.bdigital.ula.ve

logarítmico
3 x 5 ciclos

APENDICE A

(Estación 1 finca Cuabana)

12



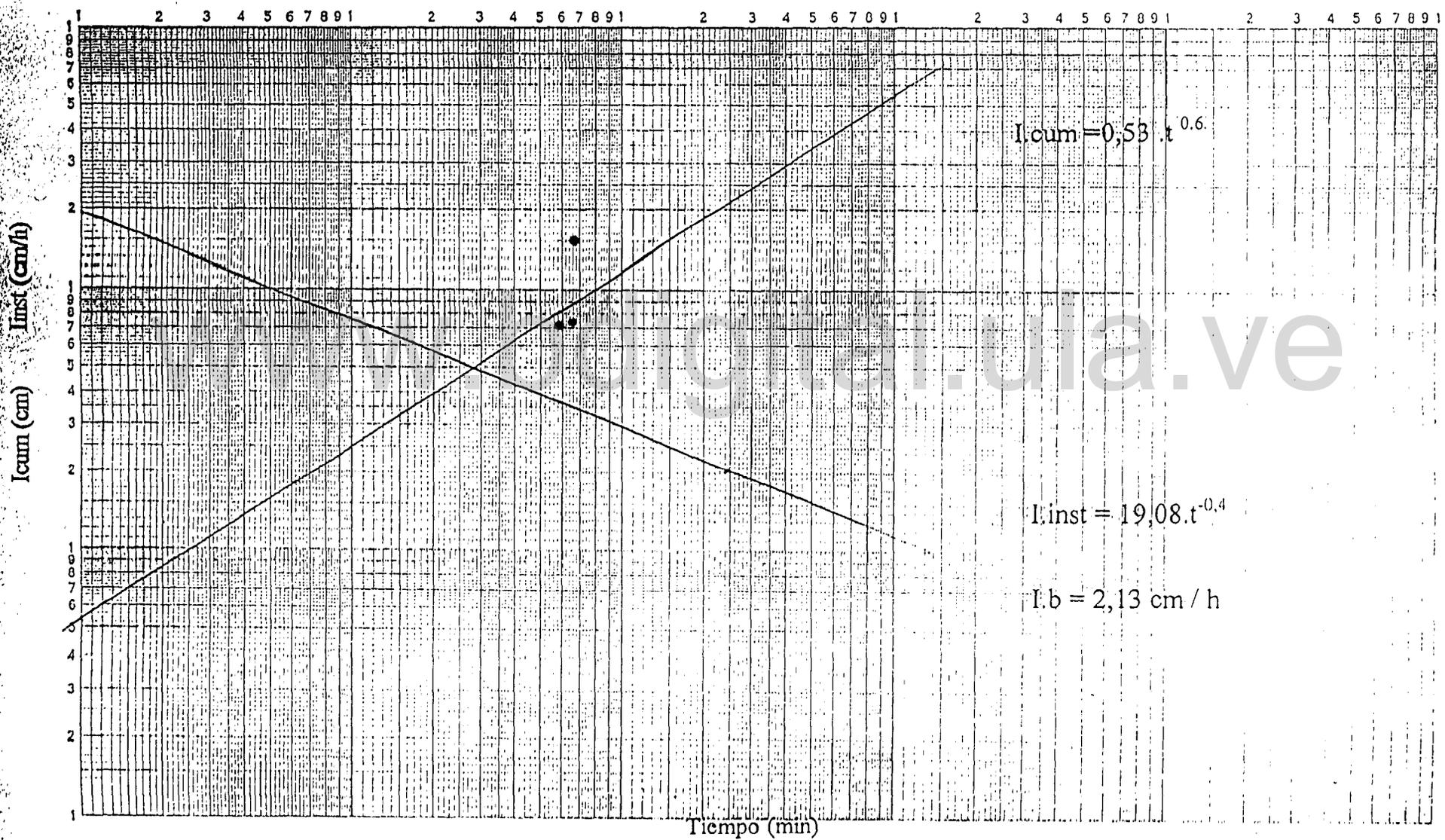
www.bdigital.ula.ve

logarítmico
3 x 5 ciclos

APÉNDICE B

(Estación 3 finca Cuabana)

129

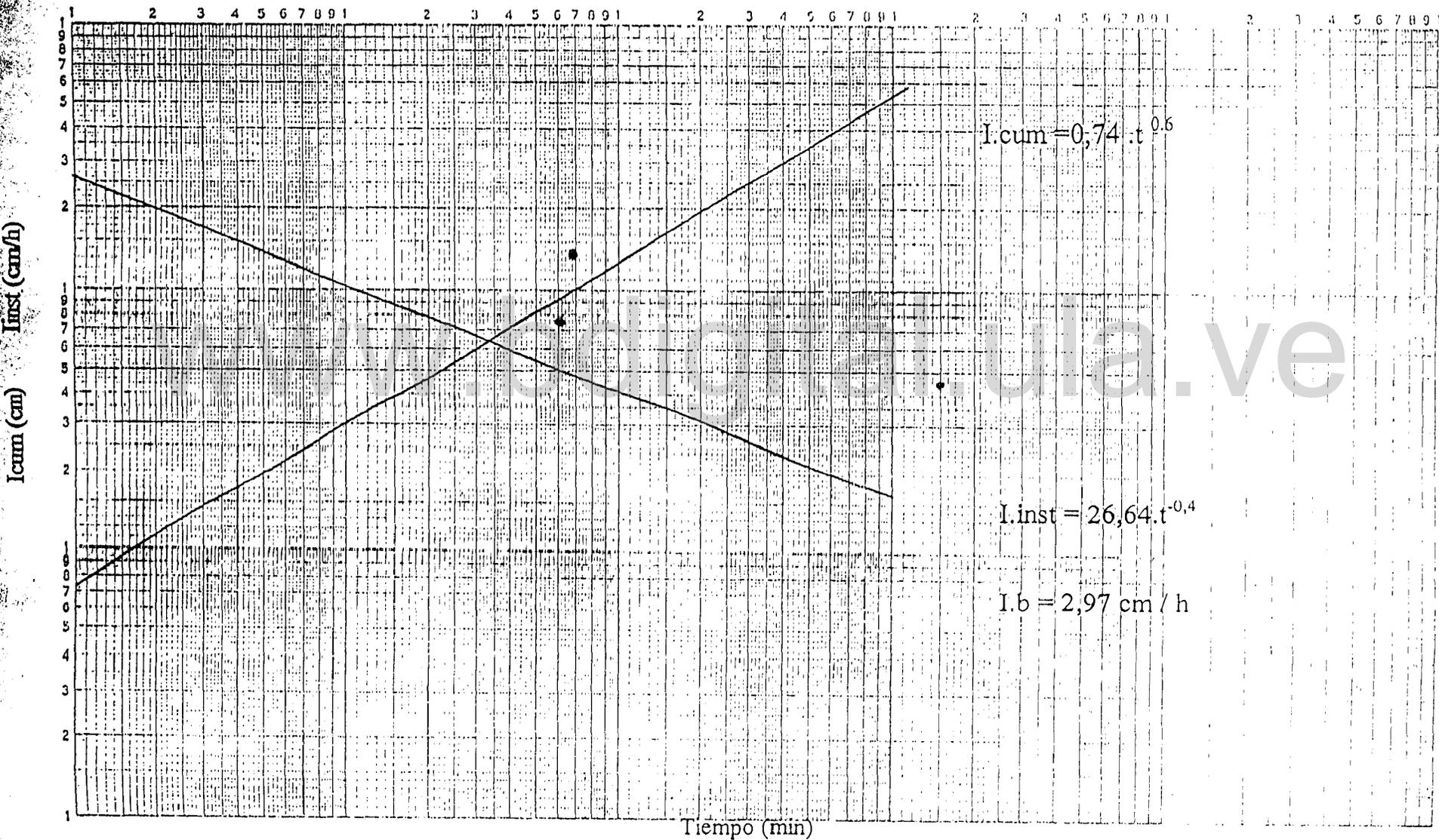


www.bdigital.ula.ve

logaritmo
3 x 5 ciclos

APÉNDICE C (Estación 1 finca La Aguada)

131



www.bdigital.ula.ve

APÉNDICE D

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

FINCA : CUABANA

CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD FINCA CUABANA

Fecha de muestreo	19/09/00		Presión en la subunidad =5 psi							
SUBUNIDAD I										
Punto	Volumen(ml)	Volumen(l)	Tiempo (s)	Tiempo (H)	Caudal (l / h)	MARCA	CU	Caudal (l / h)	CVt	Cua
1	20	0,0200	65,98	0,02	1,09	NAANPAZ	0,84	1,09	0,119	0,843
2	18	0,0180	61,11	0,02	1,06	NAANPAZ		1,06		
3	17	0,0170	60,49	0,02	1,01	NAANPAZ		1,01		
4	22	0,0220	90,75	0,03	0,87	NAANPAZ		0,87		
5	34	0,0340	107,16	0,03	1,14	NAANPAZ		1,14		
6	20	0,0200	62,48	0,02	1,15	NAANPAZ		1,15		
7	20	0,0200	62,27	0,02	1,16	NAANPAZ		1,16		
8	23	0,0230	67,88	0,02	1,22	NAANPAZ		1,22		
9	19	0,0190	66,30	0,02	1,03	NAANPAZ		1,03		
10	22	0,0220	83,72	0,02	0,95	NAANPAZ		0,95		
11	16	0,0160	60,54	0,02	0,95	NAANPAZ		0,95		
12	18	0,0180	61,27	0,02	1,06	NAANPAZ		1,06		
13	16	0,0160	62,41	0,02	0,92	NAANPAZ		0,92		
14	23	0,0230	64,35	0,02	1,29	NAANPAZ		1,29		
15	23	0,0230	63,71	0,02	1,30	NAANPAZ		1,30		
16	21	0,0210	62,38	0,02	1,21	NAANPAZ		1,21		
					1,09			0,129571648		

Caudal medio (l/h)	Caudal mínimo (l/h)	Caudal máximo (l/h)	Desviación estándar
1,09	0,92	1,30	0,129571648

FINCA : CUABANA

CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD FINCA CUABANA

Fecha de muestreo	19/09/00		Presión en la subunidad =5 psi							
SUBUNIDAD II										
Punto	Volumen(ml)	Volumen(l)	Tiempo (s)	Tiempo (H)	Caudal (l / h)	MARCA	CU	Caudal (l / h)	CVt	Cua
1	15	0,0150	139,05	0,04	0,39	CHAPIN	0,52	0,39	0,465	0,574
2	14	0,0140	120,42	0,03	0,42	CHAPIN		0,42		
3	17	0,0170	129,97	0,04	0,47	CHAPIN		0,47		
4	14	0,0140	120,53	0,03	0,42	CHAPIN		0,42		
5	17	0,0170	137,46	0,04	0,45	CHAPIN		0,45		
6	20	0,0200	123,88	0,03	0,58	CHAPIN		0,58		
7	39	0,0390	287,88	0,08	0,49	CHAPIN		0,49		
8	16	0,0160	132,77	0,04	0,43	CHAPIN		0,43		
9	21	0,0210	60,74	0,02	1,24	NAANPAZZ		1,24		
10	20	0,0200	60,29	0,02	1,19	NAANPAZZ		1,19		
11	18	0,0180	60,49	0,02	1,07	NAANPAZZ		1,07		
12	21	0,0210	60,58	0,02	1,25	NAANPAZZ		1,25		
13	16	0,0160	61,09	0,02	0,94	NAANPAZZ		0,94		
14	44	0,0440	122,53	0,03	1,29	NAANPAZZ		1,29		
15	21	0,0210	60,33	0,02	1,25	OTRO TIPO		1,25		
16	16	0,0160	61,69	0,02	0,93	OTRO TIPO		0,93		
					0,80			0,373108957		
Caudal medio (l/h)	Caudal mínimo (l/h)	Caudal máximo (l/h)	Desviación estándar							
0,80	0,42	1,27	0,373108957							

FINCA : CUABANA

CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD FINCA CUABANA

Fecha de muestreo	19/09/00		Presión en la subunidad =10 psi							
SUBUNIDAD III										
Punto	Volumen(ml)	Volumen(l)	Tiempo (s)	Tiempo (H)	Caudal (l / h)	MARCA	CU	Caudal (l / h)	CVt	Cua
1	24	0,0240	139,05	0,04	0,62	NAANPAZZ	0,75	0,62	0,191	0,768
2	27	0,0270	128,28	0,04	0,76	NAANPAZZ		0,76		
3	20	0,0200	97,27	0,03	0,74	NAANPAZZ		0,74		
4	18	0,0180	122,74	0,03	0,53	CHAPIN		0,53		
5	28	0,0280	122,06	0,03	0,83	NAANPAZZ		0,83		
6	30	0,0300	120,51	0,03	0,90	NAANPAZZ		0,90		
7	31	0,0310	120,82	0,03	0,92	NAANPAZZ		0,92		
8	29	0,0290	109,10	0,03	0,96	NAANPAZZ		0,96		
9	32	0,0320	99,17	0,03	1,16	NAANPAZZ		1,16		
10	27	0,0270	94,31	0,03	1,03	NAANPAZZ		1,03		
11	24	0,0240	87,20	0,02	0,99	NAANPAZZ		0,99		
12	22	0,0220	73,27	0,02	1,08	NAANPAZZ		1,08		
13	24	0,0240	87,74	0,02	0,98	NAANPAZZ		0,98		
14	23	0,0230	103,97	0,03	0,80	NAANPAZZ		0,80		
15	30	0,0300	116,28	0,03	0,93	NAANPAZZ		0,93		
16	19	0,0190	86,70	0,02	0,79	NAANPAZZ		0,79		
					0,88	0,167208243				
Caudal medio (l/h)	Caudal mínimo (l/h)	Caudal máximo (l/h)	Desviación estandar							
0,88	0,66	1,12	0,167208243							

CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD FINCA CUABANA

Fecha de muestreo	19/09/00		Presión en la subunidad = **							
SUBUNIDAD IV-2										
Punto	Volumen(ml)	Volumen(l)	Tiempo (s)	Tiempo (H)	Caudal (l / h)	MARCA	CU	Caudal (l / h)	CVt	Cua
1	32	0,0320	74,04	0,02	1,56	NAANPAZZ	0,53	1,56	0,3	0,671
2	31	0,0310	62,72	0,02	1,78	NAANPAZZ		1,78		
3	30	0,0300	60,71	0,02	1,78	NAANPAZZ		1,78		
4	30	0,0300	60,74	0,02	1,78	NAANPAZZ		1,78		
5	11	0,0110	60,74	0,02	0,65	CHAPIN		0,65		
6	16	0,0160	73,58	0,02	0,78	CHAPIN		0,78		
7	15	0,0150	76,23	0,02	0,71	CHAPIN		0,71		
8	12	0,0120	60,54	0,02	0,71	CHAPIN		0,71		
9	28	0,0280	61,50	0,02	1,64	NAANPAZZ		1,64		
10	26	0,0260	60,65	0,02	1,54	NAANPAZZ		1,54		
11	25	0,0250	60,53	0,02	1,49	NAANPAZZ		1,49		
12	24	0,0240	60,34	0,02	1,43	NAANPAZZ		1,43		
13	24	0,0240	60,90	0,02	1,42	NAANPAZZ		1,42		
14	27	0,0270	60,60	0,02	1,60	NAANPAZZ		1,60		
15	30	0,0300	70,50	0,02	1,53	NAANPAZZ		1,53		
16	18	0,0180	50,60	0,01	1,28	NAANPAZZ		1,28		
					1,36					
					0,406007422					

Caudal medio (l/h)	Caudal mínimo (l/h)	Caudal máximo (l/h)	Desviación estandar
1,36	0,71	1,66	0,406007422

FINCA : CUABANA

CALCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD FINCA CUABANA

Fecha de muestreo	19/09/00			Presión en la subunidad =**						
SUBUNIDAD IV-1										
Punto	Volumen(ml)	Volumen(l)	Tiempo (s)	Tiempo (H)	Caudal (l / h)	MARCA	CU	Caudal (l / h)	CVt	Cua
1	30	0,0300	60,91	0,02	1,77	NAANPAZZ	0,85	1,77	0,112	0,872
2	31	0,0310	60,48	0,02	1,85	NAANPAZZ		1,85		
3	27	0,0270	61,14	0,02	1,59	NAANPAZZ		1,59		
4	31	0,0310	60,49	0,02	1,84	NAANPAZZ		1,84		
5	28	0,0280	60,24	0,02	1,67	NAANPAZZ		1,67		
6	28	0,0280	60,48	0,02	1,67	NAANPAZZ		1,67		
7	29	0,0290	60,52	0,02	1,73	NAANPAZZ		1,73		
8	31	0,0310	60,29	0,02	1,85	NAANPAZZ		1,85		
9	32	0,0320	60,44	0,02	1,91	NAANPAZZ		1,91		
10	16	0,0160	30,02	0,01	1,92	NAANPAZZ		1,92		
11	26	0,0260	60,22	0,02	1,55	NAANPAZZ		1,55		
12	25	0,0250	60,38	0,02	1,49	NAANPAZZ		1,49		
13	31	0,0310	60,31	0,02	1,85	NAANPAZZ		1,85		
14	20	0,0200	60,36	0,02	1,19	NAANPAZZ		1,19		
15	31	0,0310	63,49	0,02	1,76	NAANPAZZ		1,76		
16	32	0,0320	60,70	0,02	1,90	NAANPAZZ		1,90		
					1,72			0,192429057		

Caudal medio (l/h)	Caudal mínimo (l/h)	Caudal máximo (l/h)	Desviación estandar
1,72	1,46	1,92	0,192429057

** Carece de punto de medición

www.bdigital.ula.ve

APÉNDICE E

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD I1

MARCO DE PLANTACION =1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES= 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

qns = 1,59 l/h

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR =1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

hnc= 8,8 m

$q (l/s) = K \times H^{0,499}$ $K = 0,5376$

$i = - 0,00237$

$i < j$

hn intermedio del lateral

$t =$

0,37

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
2	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
3	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
4	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
5	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
6	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
7	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
8	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
9	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
10	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
11	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
12	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
13	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
14	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
15	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
16	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
17	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
18	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
19	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
20	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
21	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
22	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
23	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
24	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
25	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
26	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
27	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
28	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
29	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
	1960,4	3944	1,8624									

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD I2

MARCO DE PLANTACION = 1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES = 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR = 1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

 $q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$ $i = -0,00237$ $i < j$

hn intermedio del lateral

 $t = 0,37$

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
2	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
3	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
4	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
5	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
6	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
7	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
8	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
9	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
10	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
11	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
12	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
13	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
14	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
15	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
16	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
17	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
18	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
19	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,941199	10,2132	0,271984	1,62	H<Hmax
20	57,9	117	0,0553	15,6	0,0106806	0,01239	0,264	9,933986	10,1134	0,179448	1,62	H<Hmax
21	53,0	107	0,0505	15,6	0,0091347	0,0106	0,207	9,930947	10,0714	0,140455	1,62	H<Hmax
22	48,1	97	0,0458	15,6	0,0076935	0,00892	0,158	9,928388	10,036	0,107621	1,62	H<Hmax
23	43,1	87	0,0411	15,6	0,0063596	0,00738	0,117	9,926224	10,0061	0,079855	1,62	H<Hmax
24	38,2	77	0,0364	15,6	0,0051361	0,00596	0,084	9,924467	9,98177	0,057306	1,62	H<Hmax
25	33,3	68	0,0321	15,6	0,004132	0,00479	0,059	9,92314	9,96343	0,040291	1,62	H<Hmax
26	28,4	58	0,0274	15,6	0,003128	0,00363	0,038	9,922032	9,9481	0,026067	1,62	H<Hmax
27	26,0	53	0,0250	15,6	0,0026715	0,0031	0,03	9,921595	9,94206	0,020468	1,62	H<Hmax
28	23,7	48	0,0227	15,6	0,0022462	0,00261	0,023	9,921223	9,93691	0,015691	1,62	H<Hmax

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD I2

hm = hn

MARCO DE PLANTACION = 1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES = 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR = 1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

$q (l/s) = K \times H^{0,499}$

$i = - 0,00237$

$i > j$

hn intermedio del lateral

$t =$

0,37

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
29	21,3	44	0,0208	15,6	0,0019289	0,00224	0,018	9,995224	9,93311	0,062111	1,62	H<Hmax
30	18,9	39	0,0184	15,6	0,0015618	0,00181	0,013	9,996562	9,92944	0,067125	1,62	H<Hmax
31	16,6	34	0,0161	15,6	0,0012285	0,00143	0,009	9,997613	9,92655	0,071058	1,62	H<Hmax
32	14,2	29	0,0137	15,6	0,00093	0,00108	0,006	9,998437	9,92429	0,074147	1,62	H<Hmax
33	11,9	25	0,0118	15,6	0,0007172	0,00083	0,004	9,998987	9,92278	0,076204	1,62	H<Hmax
34	9,5	20	0,0094	15,6	0,0004854	0,00056	0,002	9,999443	9,92153	0,077915	1,62	H<Hmax
35	7,2	15	0,0071	15,6	0,0002934	0,00034	1E-03	9,999742	9,92071	0,079033	1,62	H<Hmax
36	4,8	11	0,0052	15,6	0,0001705	0,0002	4E-04	9,999896	9,92029	0,079611	1,62	H<Hmax
TOTAL	1740,5	3513	1,6589									

www.bdigital.ula.ve

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD II1

MARCO DE PLANTACION =1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES= 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR =1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

 $q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$ $i = - 0,00789$ $i < j$

hn al inicio del lateral

 $t = 0,31$

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	71,6	144	0,0680	15,6	0,0153605	0,01782	0,468	9,938054	10,0832	0,145146	1,62	H<Hmax
2	71,4	144	0,0680	15,6	0,0153605	0,01782	0,467	10,1975	10,3422	0,14474	1,62	H<Hmax
3	71,2	143	0,0675	15,6	0,0151743	0,0176	0,46	10,19456	10,3371	0,142585	1,62	H<Hmax
4	71,0	143	0,0675	15,6	0,0151743	0,0176	0,459	10,19401	10,3362	0,142185	1,62	H<Hmax
5	70,8	143	0,0675	15,6	0,0151743	0,0176	0,457	10,19347	10,3353	0,141784	1,62	H<Hmax
6	70,6	142	0,0671	15,6	0,0149891	0,01739	0,451	10,19057	10,3302	0,139658	1,62	H<Hmax
7	70,4	142	0,0671	15,6	0,0149891	0,01739	0,449	10,19452	10,3293	0,13477	1,62	H<Hmax
8	70,2	141	0,0666	15,6	0,0148049	0,01717	0,442	10,19601	10,3243	0,128311	1,62	H<Hmax
9	70,0	141	0,0666	15,6	0,0148049	0,01717	0,441	10,19545	10,3234	0,127945	1,62	H<Hmax
10	69,8	140	0,0661	15,6	0,0146216	0,01696	0,434	10,19682	10,3185	0,121656	1,62	H<Hmax
11	69,6	140	0,0661	15,6	0,0146216	0,01696	0,433	10,19626	10,3176	0,121307	1,62	H<Hmax
12	69,4	140	0,0661	15,6	0,0146216	0,01696	0,432	10,19569	10,3167	0,120959	1,62	H<Hmax
13	69,2	139	0,0656	15,6	0,0144393	0,01675	0,425	10,19695	10,3118	0,114853	1,62	H<Hmax
14	69,0	139	0,0656	15,6	0,0144393	0,01675	0,424	10,19638	10,3109	0,114521	1,62	H<Hmax
15	68,8	139	0,0656	15,6	0,0144393	0,01675	0,423	10,19581	10,31	0,114189	1,62	H<Hmax
16	68,6	138	0,0652	15,6	0,014258	0,01654	0,416	10,19696	10,3052	0,108263	1,62	H<Hmax
17	68,4	138	0,0652	15,6	0,014258	0,01654	0,415	10,19638	10,3043	0,107948	1,62	H<Hmax
18	68,2	137	0,0647	15,6	0,0140777	0,01633	0,409	10,19742	10,2996	0,102183	1,62	H<Hmax
19	68,0	137	0,0647	15,6	0,0140777	0,01633	0,408	10,19684	10,2987	0,101884	1,62	H<Hmax
20	67,8	137	0,0647	15,6	0,0140777	0,01633	0,406	10,20032	10,2978	0,097521	1,62	H<Hmax
21	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	10,19719	10,2932	0,095994	1,62	H<Hmax
22	67,4	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,399	10,19661	10,2923	0,09571	1,62	H<Hmax
23	67,2	135	0,0638	15,6	0,01372	0,01592	0,393	10,19743	10,2877	0,090277	1,62	H<Hmax
24	67,0	135	0,0638	15,6	0,01372	0,01592	0,391	10,19684	10,2869	0,090008	1,62	H<Hmax
25	66,8	135	0,0638	15,6	0,01372	0,01592	0,39	10,19626	10,286	0,089739	1,62	H<Hmax
26	66,6	134	0,0633	15,6	0,0135427	0,01571	0,384	10,19698	10,2815	0,084474	1,62	H<Hmax
27	66,4	134	0,0633	15,6	0,0135427	0,01571	0,383	10,19639	10,2806	0,084221	1,62	H<Hmax
28	66,2	133	0,0628	15,6	0,0133663	0,0155	0,377	10,19325	10,2761	0,082874	1,62	H<Hmax
29	66,0	133	0,0628	15,6	0,0133663	0,0155	0,376	10,19642	10,2753	0,078868	1,62	H<Hmax
TOTAL	1995,2	4018	1,8974									

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD II2

MARCO DE PLANTACION =1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES= 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR =1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

$q (l/s) = K \times H^{0,499}$

$i = - 0,00789$

$i < j$

hn al inicio del lateral

$t = 0,31$

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	66	133	0,0628	15,6	0,0133663	0,0155	0,376	10,19642	10,2753	0,078868	1,62	H<Hmax
2	65,8	133	0,0628	15,6	0,0133663	0,0155	0,374	10,19582	10,2745	0,078629	1,62	H<Hmax
3	65,6	132	0,0623	15,6	0,0131909	0,0153	0,368	10,19267	10,27	0,077361	1,62	H<Hmax
4	65,4	132	0,0623	15,6	0,0131909	0,0153	0,367	10,19575	10,2692	0,073453	1,62	H<Hmax
5	65,2	131	0,0619	15,6	0,0130166	0,0151	0,361	10,19619	10,2648	0,068647	1,62	H<Hmax
6	65	131	0,0619	15,6	0,0130166	0,0151	0,36	10,19558	10,264	0,068436	1,62	H<Hmax
7	64,75	130	0,0614	15,6	0,0128432	0,0149	0,355	10,19631	10,2602	0,063898	1,62	H<Hmax
8	64,54	130	0,0614	15,6	0,0128432	0,0149	0,354	10,19567	10,2594	0,063691	1,62	H<Hmax
9	64,33	130	0,0614	15,6	0,0128432	0,0149	0,353	10,19504	10,2585	0,063484	1,62	H<Hmax
10	64,2	129	0,0609	15,6	0,0126708	0,0147	0,347	10,1955	10,2545	0,059033	1,62	H<Hmax
11	63,9	129	0,0609	15,6	0,0126708	0,0147	0,346	10,19459	10,2533	0,058757	1,62	H<Hmax
12	63,7	128	0,0604	15,6	0,0124994	0,0145	0,34	10,19475	10,2491	0,054382	1,62	H<Hmax
13	63,5	128	0,0604	15,6	0,0124994	0,0145	0,339	10,19414	10,2484	0,054211	1,62	H<Hmax
14	63,3	127	0,0600	15,6	0,012329	0,0143	0,333	10,19089	10,2442	0,053304	1,62	H<Hmax
15	63,1	127	0,0600	15,6	0,012329	0,0143	0,332	10,19029	10,2434	0,053135	1,62	H<Hmax
16	62,9	127	0,0600	15,6	0,012329	0,0143	0,331	10,18969	10,2427	0,052967	1,62	H<Hmax
17	62,7	126	0,0595	15,6	0,0121596	0,01411	0,325	10,18974	10,2386	0,048818	1,62	H<Hmax
18	62,45	126	0,0595	15,6	0,0121596	0,01411	0,324	10,18898	10,2376	0,048624	1,62	H<Hmax
19	62,24	125	0,0590	15,6	0,0119912	0,01391	0,319	10,18893	10,2335	0,044603	1,62	H<Hmax
20	62,0	125	0,0590	15,6	0,0119912	0,01391	0,317	10,1882	10,2326	0,044431	1,62	H<Hmax
21	61,8	125	0,0590	15,6	0,0119912	0,01391	0,316	10,18759	10,2319	0,044288	1,62	H<Hmax
22	61,6	124	0,0586	15,6	0,0118239	0,01372	0,311	10,18748	10,2279	0,040419	1,62	H<Hmax
23	61,4	124	0,0586	15,6	0,0118239	0,01372	0,31	10,18687	10,2272	0,040288	1,62	H<Hmax
24	61,2	123	0,0581	15,6	0,0116575	0,01352	0,305	10,18669	10,2232	0,036546	1,62	H<Hmax
25	61,0	123	0,0581	15,6	0,0116575	0,01352	0,304	10,18605	10,2225	0,036421	1,62	H<Hmax
26	57,4	116	0,0548	15,6	0,0105214	0,0122	0,258	10,17402	10,189	0,014953	1,62	H<Hmax
27	57,4	116	0,0548	15,6	0,0105214	0,0122	0,258	10,17402	10,189	0,014953	1,62	H<Hmax
28	53,9	109	0,0515	15,6	0,0094356	0,01095	0,218	10,15935	10,1596	0,000218	1,62	H<Hmax
29	50,4	102	0,0482	15,6	0,0084008	0,00974	0,181	10,13284	10,1328	0	1,62	H<Hmax
30	46,8	95	0,0449	15,6	0,007418	0,0086	0,149	10,10892	10,1089	0	1,62	H<Hmax

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD II2

MARCO DE PLANTACION = 1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES = 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR = 1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

 $q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$ $i = - 0,00789$ $i > j$

hn al inicio del lateral

 $t = 0,31$

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
31	43,3	88	0,0416	15,6	0,0064881	0,00753	0,121	9,927806	9,82838	0,099423	1,62	H<Hmax
32	39,7	80	0,0378	15,6	0,0054913	0,00637	0,094	9,935017	9,80859	0,126432	1,62	H<Hmax
33	36,2	73	0,0345	15,6	0,0046783	0,00543	0,073	9,94054	9,79342	0,147117	1,62	H<Hmax
34	32,7	66	0,0312	15,6	0,0039217	0,00455	0,055	9,945225	9,78056	0,164662	1,62	H<Hmax
35	29,1	59	0,0279	15,6	0,003223	0,00374	0,041	9,949157	9,76977	0,179391	1,62	H<Hmax
36	25,6	52	0,0246	15,6	0,0025839	0,003	0,029	9,952276	9,7612	0,191072	1,62	H<Hmax
37	22,0	38	0,0179	15,6	0,0014924	0,00173	0,014	9,956268	9,75025	0,206022	1,62	H<Hmax
38	18,5	38	0,0179	15,6	0,0014924	0,00173	0,012	9,956759	9,7489	0,207862	1,62	H<Hmax
39	15,0	31	0,0146	15,6	0,0010451	0,00121	0,007	9,95816	9,74505	0,213108	1,62	
TOTAL	2115,6	4261	2,0121									

www.bdigital.ula.ve

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD III 1

MARCO DE PLANTACION =1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES= 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR =1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

$q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$

$i = 0$

hn al final del lateral

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
2	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
3	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
4	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
5	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
6	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
7	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
8	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
9	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
10	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
11	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
12	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
13	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
14	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
15	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
16	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
17	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
18	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
19	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
20	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
21	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
22	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
23	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
24	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
25	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
26	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
27	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
TOTAL	1825,2	3672	1,7340									

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD III 2

MARCO DE PLANTACION =1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES= 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR =1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

 $q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$

j= 0

hn al final del lateral

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
2	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
3	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
4	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
5	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
6	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
7	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
8	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
9	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
10	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
11	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
12	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
13	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
14	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
15	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
16	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
17	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
18	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
19	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
20	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
21	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
22	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
23	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
24	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
25	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
26	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
27	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
28	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
29	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
30	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
31	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD IV 1

MARCO DE PLANTACION =1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES= 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR =1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

$q (l/s) = K \times H^{0,499}$

$i = 0$

hn al final del lateral

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
2	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
3	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
4	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
5	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
6	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
7	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
8	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
9	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
10	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
11	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
12	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
13	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
14	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
15	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
16	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
17	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
18	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
19	72	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
20	72,0	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
21	72,0	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
22	72,0	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
23	72,0	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
24	72,0	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
25	71,9	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,476	9,872899	10,3489	0,476035	1,62	H<Hmax
26	71,8	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,475	9,873181	10,3482	0,474976	1,62	H<Hmax
27	71,6	144	0,0680	15,6	0,0153605	0,01782	0,468	9,874987	10,3432	0,468212	1,62	H<Hmax
TOTAL	1943,3	3914	1,8483									

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD III 2

MARCO DE PLANTACION = 1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES = 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR = 1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

 $q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$ $i = 0$

hn al final del lateral

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
32	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
33	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
34	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
35	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
36	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
37	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
38	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
39	67,6	136	0,0642	15,6	0,0138984	0,01612	0,4	9,893206	10,2932	0,399977	1,62	H<Hmax
TOTAL	2636,4	5304	2,5000									

www.bdigital.ula.ve

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD IV 2

MARCO DE PLANTACION =1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES= 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR =1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

$q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$

$i = 0$

hn al final del lateral

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	j	Hf	hn	hm	H	Hmax	
1	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,479	9,872064	10,3512	0,479162	1,62	H<Hmax
2	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,479	9,872064	10,3512	0,479162	1,62	H<Hmax
3	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,478	9,872411	10,3503	0,477863	1,62	H<Hmax
4	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,478	9,872411	10,3503	0,477863	1,62	H<Hmax
5	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
6	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
7	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
8	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
9	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
10	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
11	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
12	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
13	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
14	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
15	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
16	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
17	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
18	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
19	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
20	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
21	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
22	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
23	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
24	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
25	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
26	72,00	145	0,0685	15,6	0,0155477	0,01804	0,477	9,872757	10,3493	0,476565	1,62	H<Hmax
27	70,9	143	0,0674	15,6	0,0151298	0,01755	0,457	9,878069	10,3347	0,45667	1,62	H<Hmax
28	70,70	142,36	0,0672	15,6	0,0150557	0,01746	0,453	9,879009	10,3322	0,453152	1,62	H<Hmax

LATERALES

FINCA : CUABANA

UNIDAD IV 2

MARCO DE PLANTACION = 1,8 X 0,3

SEPARACION ENTRE EMISORES = 0,5 m

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD = 0,90

ALIMENTACION PUNTO EXTREMO

CAUDAL DEL EMISOR = 1,7 L/H

COEFICIENTE DE VARIACION = 0,03

 $q \text{ (l/s)} = K \times H^{0,499}$ $i = 0$

hn al final del lateral

Numero de lateral	Long. del lat.	e	Caudal(l/s)	D.interno (mm)	J (m/m)	J	Hf	hn	hm	H	Hmax	
29	67,60	136,2	0,0643	15,8	0,0139342	0,01618	0,401	9,892931	10,2939	0,401007	1,62	H<Hmax
30	62,40	125,8	0,0594	15,8	0,0121259	0,01407	0,322	9,913993	10,2361	0,322122	1,62	H<Hmax
31	57,20	115,4	0,0545	15,6	0,0104263	0,01209	0,254	9,93221	10,1861	0,253893	1,62	H<Hmax
32	52,00	105	0,0496	15,6	0,008838	0,01025	0,196	9,947761	10,1434	0,19565	1,62	H<Hmax
33	46,80	94,6	0,0447	15,6	0,0073634	0,00854	0,147	9,960829	10,1075	0,146707	1,62	H<Hmax
TOTAL	2299,60	4632,12	2,1874									

www.bdigital.ula.ve