

EVALUACION INTEGRAL  
DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO  
EN EL CULTIVO DE FRESA  
(*Fragaria ssp.*)

Por:

Neri Nicolás Figueroa Guerra

www.bdigital.ula.ve  
Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en  
Ingeniería de Riego y Drenaje

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E  
INVESTIGACION AMBIENTAL Y TERRITORIAL  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
MERIDA-VENEZUELA  
1994

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a las siguientes instituciones y personas por su colaboración y apoyo prestado en la realización de mis estudios y del presente trabajo:

Al Ministerio de Relaciones Exteriores de Venezuela (M.R.E.) por haberme concedido la beca.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (C.I.D.I.A.T.).

A la Empresa Chestnut Hill Farm de Venezuela.

Al Dr. Carlos J. Grassi, al Ing. Luis Rázuri, al Ing. José A. Perez R., al Dr. Roberto López, por su valiosa orientación y apoyo para la realización de este trabajo.

Al Ing. Ricardo A. Nasser, y al Ing. Juan Ban por su colaboración en el trabajo de campo.

Al Ing. Felix Carreño, por su colaboración en el laboratorio de computación del CIDIAT.

A Yamipsa Peña por su ayuda incondicional.

A mis compañeros de promoción 93-94.

A todo el plantel de profesores y personal administrativo del CIDIAT.

A todos, gracias.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# I N D I C E

AGRADECIMIENTO .....	iii
LISTA DE TABLAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xv
LISTA DE SIMBOLOS .....	xix
RESUMEN .....	xxiii

Capítulo	Página
I. INTRODUCCION .....	1
Importancia .....	1
Justificación .....	1
Objetivos .....	2
Generales .....	2
Específicos .....	2
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
Generalidades de riego por goteo .....	3
Ventajas del riego por goteo .....	3
Desventajas del riego por goteo .....	3
Componentes del sistema .....	3
Evaluación de sistemas de riego por goteo ..	5
Calidad del agua de riego .....	8
Sólidos totales disueltos .....	10
Conductividad eléctrica del agua de (ECw) ..	12
Relación de adsorción de sodio (RAS) .....	12
Relación de adsorción de sodio ajustada ....	12
Salinidad de suelos .....	16
Información sobre el cultivo de la fresa .....	18
Generalidades del cultivo .....	18
Profundidad de enraizamiento .....	20
Sistemas de cultivos .....	21
Cultivo en cepas .....	21
Cultivo en líneas con matas espaciadas.	21
Cultivo en líneas continuas .....	22

Necesidades edáficas .....	23
Necesidades hídricas .....	23
Necesidades nutricionales .....	23
Tolerancia a la salinidad .....	26
Información sobre variables que intervienen en en la metodología de evaluación .....	27
Medición del potencial hídrico .....	27
Retención de humedad .....	27
Medición de la evaporación .....	28
Medición de la evapotranspiración .....	28
Necesidades de agua de los cultivos en riego localizado de alta frecuencia .....	31
Fertirrigación .....	38
Solubilidad de fertilizantes .....	39
Pureza de fertilizantes .....	40
Aplicación de fertilizantes .....	42
Porcentaje de superficie mojada .....	44
Eficiencia de aplicación en riego localizado	45
Eficiencia de aplicación real(Ear) .....	47
Uniformidad de riego .....	48
Coefficiente de uniformidad de la sub-unidad	51
Coefficiente de uniformidad del sistema .....	52
Funciones de producción .....	53
Diseño de sistemas de riego localizado .....	53
Selección de emisores .....	53
Diseño de tuberías .....	54
<b>III. METODOLOGIA .....</b>	<b>55</b>
Recopilación de información básica del proyecto..	55
Ubicación y extensión del área de estudio ..	56
Climatología .....	57
Precipitación .....	57
Evaporación .....	57
Balance hídrico .....	59
Información edafotéctina .....	60
Suelos .....	60
Retención de humedad .....	61
Densidad aparente .....	62
Calidad del agua de riego .....	63
Información del cultivo .....	63

Control de calidad .....	66
Demanda de agua .....	72
Información sobre el sistema de riego .....	77
Area y distribución de las sub-unidades de riego .....	77
Fuentes de agua .....	77
Cabezal de riego .....	77
Tubería terciaria .....	78
Tuberías Laterales .....	79
Manejo del riego .....	84
Evaluación integral del sistema de riego ...	84
Parámetros evaluados.....	86
Profundidad radicular y por ciento de sombra .....	86
Ancho y profundidad de humedeci_ miento.....	88
Descarga del lateral/metro .....	88
Relación carga-caudal .....	88
Uniformidad de emisión de la mul_ tiple .....	88
Factor de corrección FRE .....	88
Uniformidad de emisión del Sistema	89
Lámina neta de riego dn .....	89
Lámina bruta de riego .....	89
Eficiencia de aplicación .....	89
Materiales e instrumentos utilizados...	89
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>91</b>
Discusión de resultados .....	91
Evaluación climática .....	91
Precipitación .....	91
Evaporación .....	92
Balance hídrico .....	94
Evaluación edáfica .....	95
Textura .....	95
Densidad aparente .....	96
Análisis químico .....	97
Salinidad.....	97
Contenido de materia orgánica .....	97
Lámina neta útil almacenable .....	97
Retención de humedad .....	98

Evaluación de la calidad del agua de riego...	98
Problemas físicos .....	98
Problemas químicos .....	98
Problemas biológicos .....	99
Evaluación del cultivo .....	99
Porcentaje de sombra .....	99
Profundidad radicular .....	99
Función de producción .....	100
Evaluación del sistema de riego .....	104
Ancho de humedecimiento .....	104
Porcentaje de área mojada .....	104
Profundidad de humedecimiento .....	105
Tiempo de riego .....	105
Frecuencia de riego.....	105
Variación de caudales en la sub-unidad de riego .....	107
Variación de presiones .....	108
Coeficiente de variación de caudales...	109
Lámina neta faltante en el momento del riego.....	110
Lámina bruta promedio aplicada .....	112
Lámina óptima de riego .....	112
Caudales y presiones .....	113
Características de funcionamiento de la tubería lateral .....	114
Uniformidad de emisión de la múltiple UEm, y del sistema UE .....	116
Presión en los filtros .....	116
Caudales del lateral por unidad de longitud .....	117
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>119</b>
Conclusiones .....	119
Recomendaciones.....	122
<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>125</b>
<b>APENDICE 1. INFORMACION CLIMATICA:.....</b>	<b>129</b>
Figura 46. Ubicación de las estaciones climatológicas serial 3038 y 3029.....	131
Tabla 60. Precipitación media diaria estación Mucurubá.....	132

Tabla 61. Precipitación media mensual  
estación Mucurubá (1950-1983).....138

Tabla 62. Precipitación media mensual  
estación Tabay (1955-1989).....139

Tabla 63. Evaporación diaria estación  
Mucurubá.....140

Tabla 63L/SG. Datos climáticos locales  
sistema San Gerónimo.....146

APENDICE 2. INFORMACION EDAFICA:.....147

Figuras: 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53,  
54, 55. Curvas de retención de humedad.149

Tabla 64. Análisis químico de suelos  
de las sub-unidades evaluadas.....158

APENDICE 3. INFORMACION HIDRICA:.....165

Tabla 65. Analisis de la calidad del  
agua de riego.....167

APENDICE 4. INFORMACION HIDRAULICA:.....169

Tablas: 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72.  
Datos de caudal-presión de las  
sub-unidades evaluadas.....171

APENDICE 5. RESULTADOS DEL PROGRAMA IRSIS:.....179

Tabla 73. Manejo de riego para  
Enero (1978-1982).....181

Tabla 74. Manejo de riego para  
siembras en Mayo (1978-1982).....191

Tabla 75. Manejo de riego para  
siembras en Septiembre.....200

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## L I S T A   D E   T A B L A S

Tabla	Página
1    Uniformidad del riego en función del <i>CVt</i> .....	6
2    Directrices para interpretar el agua de riego .....	9
3    Riego potencial de obturación producido por el agua de riego .....	10
4    Variación de la conductividad eléctrica ( <i>CE</i> ) con la temperatura .....	11
5    Datos para calcular el <i>Cax</i> del agua de riego .....	14
6    Clasificación de suelos según Salinidad (USSL 1954) ..	16
7    Clasificación de suelos según Salinidad (Pizarro 1986)	18
8    Clasificación de suelos salinos .....	18
9    Clasificación de suelos sódicos .....	18
10   Rangos nutricionales para interpretación de análisis foliares en el cultivo de la fresa .....	24
11   Parámetros para interpretación de análisis de suelo ..	25
12   Valor de la <i>CE/90</i> para el cultivo de la fresa .....	26
13   Coeficiente <i>ktan</i> para tina de evaporación clase "A"...	30
14   Solubilidad de productos básicos para la fabricación de abonos .....	39
15   Compatibilidad química de la mezcla de fertilizantes..	41
16   Antagonismo y sinergismo entre iones fertilizantes ...	41
17   Porcentaje de superficie mojada .....	44
18   Valores de eficiencias de aplicación ( <i>Ea</i> ) en clima árido .....	45
19   Valores de eficiencias de aplicación ( <i>Ea</i> ) en clima húmedo .....	46

20	Relación de transpiración estacional para regiones árida y húmedas .....	46
21	Sensibilidad a las obturaciones en función del diámetro de los emisores .....	49
22	Valores de coeficientes de uniformidad ( <i>CU</i> ) con fines de diseño .....	50
23	Calificación del coeficiente de uniformidad para sistemas en funcionamiento .....	51
24	Calificación del coeficiente de uniformidad absoluto de la sub-unidad de riego ( <i>CUa</i> ), unidad operacional de riego ( <i>CUur</i> ) y del sistema de riego ( <i>CUS</i> ).....	53
25	Valores de precipitación media mensual de las estaciones Tabay y Mucurubá .....	57
26	Evaporación media mensual estación Mucurubá y datos obtenidos a nivel del Sistema San Gerónimo.....	58
27	Balace hídrico sistema San Gerónimo .....	59
28	Balace hídrico sistema Mucupiches .....	60
29	Propiedades físicas de suelos sistema San Gerónimo....	61
30	Propiedades físicas de suelos sistema Mucupiches.....	61
31	Porcentaje de retención de humedad de las sub-unidades evaluadas .....	62
32	Guía de fertilización en fresa.....	66
33	Tolerancia de pesticidas en <i>PPM</i> para el cultivo de la fresa.....	67
34	Herbidas registrados ( <i>EPA</i> ), tolerancia y época de aplicación .....	68
35	Insecticidas registrados ( <i>EPA</i> ), tolerancia y época de aplicación .....	68
36	Fungicidas registrados ( <i>EPA</i> ), tolerancia y época de aplicación .....	70
37	Fumigantes del suelo y reguladores de crecimiento registrados ( <i>EPA</i> ), tolerancia en <i>PPM</i> .....	72

38	Datos del cultivo de la fresa .....	75
39	Áreas de las sub-unidades del sistema San Gerónimo ...	77
40	Análisis químico de suelo sub-unidades evaluadas.....	97
41	Lámina neta útil almacenable en el suelo .....	98
42	Datos de producción sub-unidad SG-1 (Marzo-Abril).....	101
43	Porcentaje de área mojada .....	104
44	Tiempos de riego por sub-unidad.....	105
45	Análisis estadístico de los resultados de demanda de agua del programa IRSIS .....	106
46	Análisis estadístico de los resultados obtenidos por el programa IRSIS para manejo de riego con frecuencia de dos días .....	107
47	Análisis estadístico de los resultados del manejo de riego obtenidos con el programa IRSIS para frecuencia de tres días .....	107
48	Variación de caudales sub-unidades del sistema San Gerónimo .....	108
49	Variación de caudales sub-unidades del sistema Mucupiches .....	108
50	Porcentaje de variación de presiones en las sub-unidades evaluadas.....	109
51	Coefficiente de Variación de caudales sistema San Gerónimo.....	109
52	Coefficiente de variación de caudales sistema Mucupiches .....	110
53	Lámina neta faltante en el momento del riego .....	111
54	Lámina bruta promedio aplicada .....	112
55	Lámina óptima de riego .....	113
56	Datos de Caudal-presión sub-unidad SG-1 .....	114
57	Uniformidad de emisión de la múltiple y del sistema..	116
58	Pérdida de presión en los filtros .....	117

59 Caudales por Unidad de Longitud ..... 117

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## L I S T A   D E   F I G U R A S

Figura	Página
1      Esquema típico de un sistema de riego por goteo .....	4
2      Monograma para determinación de la <i>RAS</i> en el extracto de saturación del suelo y del <i>PSI</i> en equilibrio con el extracto .....	13
3      Clasificación de las aguas de riego (U.S.S.L. 1954).....	15
4      Identificación, efectos y recuperación de suelos .....	17
5      Formación de plantas nuevas en el cultivo de fresa .....	19
6      Eliminación de la primera floración .....	20
7      Sistema de cultivo en Cepas .....	21
8      Sistema de cultivo en Líneas con matas espaciadas .....	22
9      Sistema de cultivo en Líneas continuas .....	22
10     Efecto de advección en la evaporación .....	29
11     Efecto de Localización en riego por goteo .....	33
12     Factor de corrección por advección en función del tamaño del campo y tipo de cultivo .....	36
13     Inyector de abono tipo Venturi .....	42
14     Inyección de abono por Aspiración de bomba.....	43
15     Inyección de abono por el sistema Bypass.....	43
16     Ubicación de los sistemas evaluados en la cuenca del rio Chama .....	55
17     Distribución de las sub-unidades de riego sistema san Gerónimo.....	56
18     Estación climatológica instalada durante el estudio ....	58
19     Sistema de siembra en hileras con matas espaciadas a 30 cm.....	64
20     Fase vegetativa de la fresa (formación de estolones)....	64

21	Fase reproductiva de la fresa (variedad Seascape) .....	65
22	Fase reproductiva de la fresa (variedad Chandler) .....	65
23	Comportamiento de los parámetros del cultivo de la fresa durante su ciclo .....	76
24	Tubería terciaria superficial .....	78
25	Alimentación de laterales con terciaria enterrada.....	79
26	Estructura de una tubería de goteo T-tape .....	80
27	Estructura de una tubería de goteo Bi-wall .....	80
28	Colocación de laterales enterrados (A. encamadora, B. guía de profundidad ).....	81
29	Colocación Superficial de laterales .....	82
30	Distribución normal de laterales .....	83
31	Distribución de laterales en sub-unidades con pendientes longitudinales mayores al 20% .....	83
32	Relación área cultivada/área total (para 12 plantas)....	87
33	Precipitación media mensual representativa del sistema San Gerónimo .....	91
34	Precipitación media mensual representativa del sistema Mucupiches .....	92
35	Evaporación media mensual sistema San Gerónimo .....	93
36	Evaporación media mensual sistema Mucupiches .....	93
37	Balance hídrico sistema San Gerónimo .....	94
38	Balance hídrico sistema Mucupiches .....	95
39	Perfiles de suelo característicos de los sistemas evaluados .....	96
40	Profundidad radicular del cultivo .....	99
41	Variación de la lámina de agua disponible por efecto integrado del riego y precipitación en la sub-unidad SG-1 durante el período de evaluación de la producción (Marzo-Abril).....	102

42	Representación gráfica de la función de producción .....	103
43	Medición del potencial hídrico antes del riego .....	111
44	Comportamiento hidráulico de la manguera de goteo Bi-wall.....	115
45	Comportamiento hidráulico de la manguera de goteo T-tape .....	115

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## L I S T A   D E   S I M B O L O S

Símbolo	Definición
A	: Fracción de área sombreada por el cultivo.
Ac	: Area efectiva cultivada.
Am	: Area mojada.
As	: Area sombreada en porciento.
At	: Area total cultivada.
CC	: Capacidad de campo.
CE <sub>25</sub>	: Conductividad eléctrica medida a 25°C.
CE/90	: Conductividad eléctrica tolerada por el cultivo para obtener el 90% de su producción potencial.
CEe	: Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo.
CEw	: Conductividad eléctrica del agua de riego.
Cf(w <sup>h</sup> )Bi	: Clima de selva nublada macro-mesotérmico-húmeda.
CU	: Coeficiente de Uniformidad del riego.
CUa	: Coeficiente de Uniformidad absoluto.
CUS	: Coeficiente de Uniformidad del sistema.
CU <sub>usu</sub>	: Coeficiente de Uniformidad de la sub-unidad de riego.
CU <sub>ur</sub>	: Coeficiente de Uniformidad de la unidad de riego.
CV	: Coeficiente de variación de los emisores.
CVe	: Coeficiente de variación de caudales por baja uniformidad de los emisores.
CVh	: Coeficiente de variación de caudales debido a causas hidráulicas.
CVt	: Coeficiente de variación total de caudales.
D	: Profundidad radicular.
Da	: Densidad aparente.

da : Lámina almacenable en el suelo.  
dbr : Lámina bruta de riego.  
df : Lámina faltante en el momento del riego.  
dp : Lámina promedio aplicada.  
Dx : Profundidad radical sin impedimento pedogenético.  
e : Número de emisores por lateral.  
Ea : Eficiencia de aplicación.  
Ear : Eficiencia de aplicación real.  
Ev : Evaporación.  
Et : Energía utilizada en evapotranspiración.  
Etc : Evapotranspiración del cultivo.  
Etm : Evapotranspiración máxima.  
Eto : Evapotranspiración del cultivo de referencia.  
EtrL : Evapotranspiración de diseño para riego localizado.  
FAa : Textura Franco-arcillo-arenosa.  
Fa : Textura Franco-arenosa.  
FCCur : Factor de corrección de caudales para la unidad de riego.  
FRE : Factor de ajuste de la eficiencia.  
ft : Factor de corrección para obtener CE<sub>25</sub> .  
G : Energía para elevar la temperatura del suelo y plantas.  
Gw : Aporte capilar de agua en la zona radical.  
H : Energía utilizada para el calentamiento del aire.  
ha : Carga media del emisor.  
Ir depth : Lámina neta de riego.

xx

K	: Coeficiente que agrupa las características del cultivo, humedad del suelo y otros factores agroclimáticos.
Ka	: Coeficiente de corrección por advección.
Kc	: Coeficiente de cultivo.
Kd	: Coeficiente de descarga del emisor.
Kl	: Coeficiente de corrección por localización.
Kvc	: Coeficiente de corrección por variación climática.
Ky	: Factor de efecto sobre el rendimiento.
L	: Longitud del lateral.
LR	: Requerimiento de lavado.
M	: Energía utilizada en procesos metabólicos del cultivo.
MAD	: Déficit manejable permitido.
mmhos/cm	: milimhos por centímetro.
Nn	: Necesidades netas de riego.
Nt	: Necesidades totales de riego.
p	: Fracción de agotamiento del agua en el suelo.
P	: Precipitación media mensual.
Pa	: Presión media del emisor.
Pe	: Precipitación efectiva.
ph	: Porcentaje de humedecimiento.
Pmin	: Mínima presión de entrada a la tubería terciaria.
PMP	: Punto de marchitez permanente.
Ppmin	: Promedio de presiones mínimas de entrada a la tubería terciaria.
PSI	: Porcentaje de sodio intercambiable.

q <sub>25</sub>	: Caudal medio del 25% de los puntos de muestro que reciben menos caudal.
q <sub>a</sub>	: Caudal medio de los puntos de muestreo.
q <sub>max</sub>	: Caudal máximo.
q <sub>n</sub>	: Caudal mínimo del emisor.
RAW	: Agua facilmente aprovechable por el cultivo.
R <sub>n</sub>	: Radiación neta.
R <sub>t</sub>	: Relación de transpiración.
SDM	: Déficit de humedad en el suelo.
SD <sub>p</sub>	: Desviación estandar de las presiones de los puntos de muestreo.
SD <sub>q</sub>	: Desviación estandar de los caudales de los puntos de muestreo.
S <sub>p</sub>	: Separación entre plantas.
S <sub>r</sub>	: Separación entre surcos.
t	: Tiempo en días transcurrido desde el inicio del ciclo del cultivo.
t <sub>a</sub>	: Tiempo de aplicación de riego.
TAW	: Total de agua aprovechable.
t <sub>c</sub>	: Duración del ciclo del cultivo.
T <sub>e</sub>	: Tasa de aplicación media del emisor.
TSS	: Sólidos totales disueltos.
UE	: Uniformidad de emisión de campo.
x	: Exponente de descarga del emisor.
x <sub>i</sub>	: Metros cúbicos de agua utilizados por ha.
Y <sub>i</sub>	: Producción en kg/ha.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó tomando en consideración la particularidad de los sistemas de riego por goteo San Gerónimo y Mucupiches. Ambos pertenecen a la empresa CHESTNUT HILL FARM de VENEZUELA, y están ubicados al inicio de la parte alta de la cuenca del río Chama.

Para que la evaluación fuese integral, ésta se realizó con la interrelación de todos los factores que determinan la productividad de un sistema de riego, siendo ellos: clima, suelo, agua de riego, cultivo y manejo.

Se determinó, entre otros aspectos, si el funcionamiento hidráulico de los sistemas evaluados se adapta a los factores suelo, clima y cultivo; asimismo se evaluaron las variables: uniformidad de emisión, calidad del agua de riego, comportamiento agronómico del cultivo bajo el efecto integrado de lluvia y riego, necesidades hídricas y edáficas del cultivo para desarrollar su potencial productivo.

Los resultados permitieron establecer, para estos sistemas evaluados y bajo el marco teórico de referencia establecido, que los dos sistemas presentan fallas en el diseño hidráulico y que el cultivo es susceptible a los excesos de humedad tanto en el follaje como en el suelo, lo que repercute en una reducción de su potencial productivo tanto en calidad como en cantidad. Asimismo, se determinaron las exigencias en cuanto a suelo, lámina e intervalo de riego y productos fitosanitarios, que permiten manejar el cultivo bajo las estrictas normas de calidad que exige el mercado internacional.

Desde el punto de vista económico, se determinó que el cultivo está cobrando mucha importancia, al representar un medio de ingreso para los agricultores de nuestra zona de influencia, por cuanto la fresa tiene gran demanda en el mercado nacional e internacional. Actualmente se exporta a Europa y Estados Unidos, por lo que se considera un rubro importante en la generación de divisas.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

### Importancia

La evaluación de los sistemas de riego tiene como objetivo fundamental, el comprobar si el sistema se ajusta a las condiciones agronómicas, de suelo, clima y cultivo para las cuales fue diseñado.

Las ventajas experimentales que se han logrado con los sistemas de riego por goteo, lo catalogan como un avance muy significativo en la tecnología de la irrigación, entre estas ventajas comparativas se mencionan: mayor eficiencia en el uso del agua, adaptación del sistema a topografías irregulares, y a suelos que tienen muy poco poder de retención de humedad y que precisan aplicaciones de aguas repetidas a intervalos muy cortos de tiempo, facilidad de operación del sistema, control de malas hierbas y registros de mayor y mejor calidad en la producción de los cultivos bajo este método de riego.

Como el fin perseguido en el desarrollo de este sistema ha sido el ahorro del agua, y su facilidad de dosificación, que le ha dado la característica de riego individualizado planta por planta, hace que el costo de inversión inicial sea elevado y esté directamente relacionado con el diseño y funcionamiento del sistema, razón por la cual es importante la optimización del diseño y la evaluación periódica de los sistemas en operación.

A pesar de las potenciales ventajas de utilizar el sistema de riego por goteo como un medio para aumentar cualitativa y cuantitativamente la producción de los cultivos, existen muchos problemas inherentes, entre los cuales se destaca la elevada inversión inicial, que se justifica para cultivos de alta rentabilidad, y condiciones de suelo y clima desfavorables para sistemas de riego convencionales.

### Justificación

La fresa es una especie exigente respecto a las condiciones hídricas del suelo, las cuales influyen en forma notable en la producción; por lo tanto, una regulación adecuada de los riegos, para mantener el potencial hídrico óptimo, representa uno de los requisitos más importantes en este cultivo, especialmente en zonas caracterizadas por precipitaciones escasas y mal distribuidas, donde la deficiencia hídrica durante periodos prolongados ocasionan una reducción sustancial de la producción.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y no existiendo en el país información suficiente sobre las demandas hídricas de este cultivo, se propuso este trabajo, con la idea de obtener mayor información sobre el cultivo de la fresa bajo riego por goteo.

### Objetivos

#### Generales

- Evaluar sistemas de riego por goteo para el cultivo de fresa (*Fragaria spp*).
- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo bajo el régimen actual de riego y precipitación.

#### Específicos

- Comprobar si el funcionamiento hidráulico del sistema se ajusta a las condiciones de suelo, clima y cultivo.
- Determinar algunas alternativas hidráulicas y agronómicas que mejoren la eficiencia y productividad de los sistemas evaluados.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### Generalidades del riego por goteo

El método de riego por goteo puede ser definido como la aplicación de pequeñas y precalculadas dosis de agua directamente al sistema radicular de la planta, a intervalos fijos y en cantidades óptimas para su crecimiento, desarrollo y máximo rendimiento.

Rázuri (1986) manifiesta que el agua a aplicar se puede controlar y distribuir con precisión, existiendo toda una metodología para el diseño y dimensionamiento del sistema, algunos de ellos propuestos por Keller y Karmeli (1975) y Golberg, Gornat y Rimon (1976).

#### Ventajas del riego por goteo

Gómez (1975) menciona como las ventajas más importantes el ahorro de agua y la facilidad de dosificación.

Bar-Yosef (1977), en cuanto al ahorro de agua, establece que cuando el riego por goteo es combinado con fertilización adecuada (NPK al aire libre), sólo 5.000 m<sup>3</sup> de agua/ha fueron necesarios para obtener una producción de tomate de 100 tn/ha, mientras que usando riego por aspersion en la misma área, se necesitaron de 10.000 a 13.000 m<sup>3</sup>/ha, para obtener la misma producción.

Rázuri (1986) reporta como ventajas la obtención de rendimientos mayores en riego por goteo comparado con otros métodos de aplicación, la utilización de aguas de alta salinidad sin reducir grandemente los rendimientos de los cultivos, flexibilidad en la fertilización y costo de bombeo reducido debido a menores presiones de operación comparado con otros sistemas presurizados.

#### Desventajas del riego por goteo

Rázuri (1986) menciona entre las más importantes desventajas de este método de riego, la obstrucción de los emisores, daños por roedores u otros animales, acumulación de sales cerca de las plantas y limitaciones técnico-económicas.

#### Componentes del sistema

Rázuri (1986) considera que los componentes básicos de un sistema de riego por goteo son: bomba, filtros, líneas de distribución, emisores y otros controles y equipo de monitoreo.

En la Figura 1 se presenta el esquema de un sistema de riego por goteo.

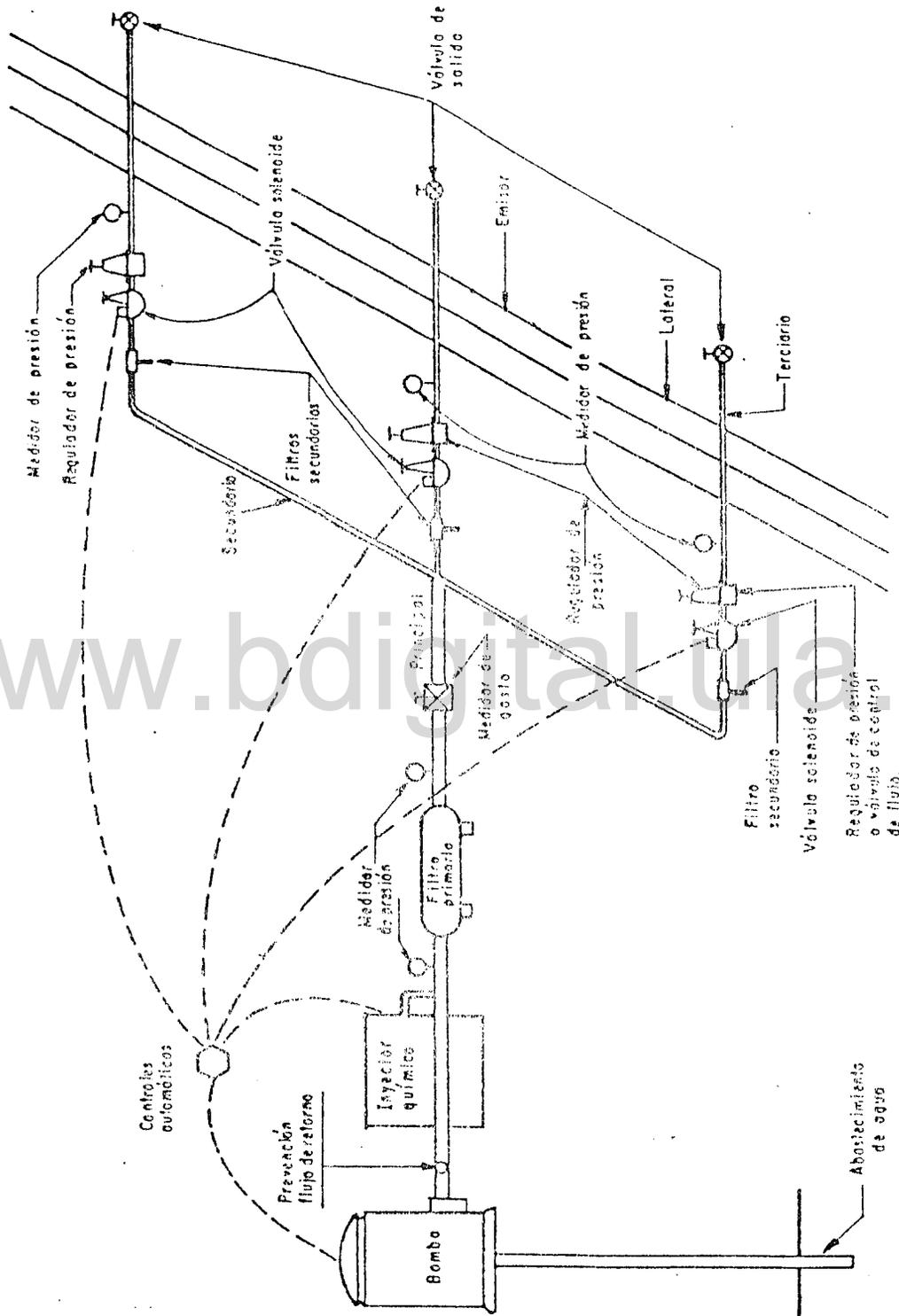


Figura 1. Esquema típico de un sistema de riego por goteo. (Rázuri 1986)

## Evaluación de sistemas de riego por goteo

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS, 1984) presenta una metodología para la evaluación de campo, donde el éxito de un sistema de riego por goteo requiere que la cantidad de agua aplicada, así como su frecuencia, se definan mediante un adecuado diseño.

Para definir la cantidad de aplicación deberá conocerse previamente la Uniformidad de Emisión de Campo, *UE*, la cual, desafortunadamente cambia con el tiempo, por lo que el funcionamiento del sistema deberá ser periódicamente comprobado.

Según esta metodología, los datos necesarios para la evaluación de un sistema de riego por goteo son:

- a) Duración, frecuencia y secuencia de operación de un ciclo de riego normal.
- b) Déficit de humedad en el suelo, *SMD*, y déficit manejable permitido, *MAD*, en el volumen humedecido.
- c) Tasa de descarga en los puntos de emisión y las presiones para varios emisores cercanos, espaciados adecuadamente en el sistema.
- d) Cambios en el caudal de descarga de los emisores después de la limpieza u otras operaciones.
- e) Porcentaje de volumen de suelo mojado.
- f) Espaciamiento y tamaño de árboles u otros cultivos existentes.
- g) Localización de los puntos de emisión con respecto a árboles frutales, u otros cultivos, y grado de uniformidad del espaciamiento de los puntos de emisión.
- h) Pérdida de carga en los filtros.

Varios autores han propuesto diversos métodos para realizar evaluaciones en sistemas de riego por goteo, considerando al proceso de evaluación, como el análisis del sistema sobre la base de mediciones hechas en el campo bajo condiciones y prácticas normales de funcionamiento.

Pizarro (1986) recomienda para determinar la uniformidad de riego de una instalación, utilizar la metodología creada por Merriam y Keller (1978), utilizando como medida de uniformidad del riego el coeficiente de uniformidad, *CU*, calculado con la ecuación siguiente:

$$CU = ( q_{25} / q_a ) 100 \quad (2.1)$$

donde:

$q_a$  es el caudal medio de los puntos de muestreo.

$q_{25}$  es el caudal medio recibido por el 25% de los puntos de muestreo que reciben menos caudal.

Bralts y Kesner (1983), citados por Pizarro (1986) consideran que la baja uniformidad del riego puede ser debida a causas hidráulicas por diseño inadecuado, o a la desuniformidad de caudal de entrega de los emisores debidas a obturaciones. Proponen un método de evaluación que consiste en calcular tres coeficientes de variación:

$CVt$  es el coeficiente de variación total de caudales, que puede calcularse con la ecuación siguiente:

$$CVt = SDq / q_a \quad (2.2)$$

donde:

$q_a$  es el caudal medio de los puntos de muestreo.

$SDq$  es la desviación típica de los caudales.

La clasificación de la uniformidad del riego en función de  $CVt$  se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Uniformidad del riego en función de  $CVt$ .

Valores de $CVt$	Uniformidad del riego
$> 0,4$	Inaceptable
$0,4 - 0,3$	Baja
$0,3 - 0,2$	Aceptable
$0,2 - 0,1$	Muy buena
$0,1 - 0,0$	Excelente

$CVh$  es el coeficiente de variación de caudales debido a causas hidráulicas, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$CVh = SDp / Pa \quad (2.3)$$

donde:

$Pa$  es la presión media de los puntos de muestreo.

$SDp$  es la desviación típica de las presiones.

*CVe* es el coeficiente de variación de caudales debido a la baja uniformidad de los emisores, su valor se obtiene con la ecuación siguiente:

$$CVe = ( CVt^2 - x^2 \cdot CVh^2 )^{1/2} \quad (2.4)$$

donde:

*x* es el exponente de descarga del emisor, que en caso de no ser conocido se puede sustituir por 0,5.

El valor de *CVe* debe mantenerse por debajo de 0,2. En caso contrario los emisores trabajan inadecuadamente, dando como resultado que se obtengan altos valores de coeficiente de variación, *CV*.

Si el valor de *CVt* da como resultado una uniformidad inadecuada y *CVe* resulta menor que 0,2, hay que comprobar cuál de las causas hidráulicas ocasiona la baja uniformidad.

Bliesner (1975) propone una metodología simplificada para realizar evaluaciones rápidas en sistemas de riego localizados, con la finalidad de hacer los ajustes necesarios, ya que a menudo la uniformidad y la eficiencia de aplicación en el campo, cambian con el tiempo en estos sistemas de riego.

Añez (1977) evalúa un sistema en Maracaibo, detectando uniformidades de emisión y eficiencias de aplicación inferiores a las recomendadas para este tipo de riego.

Valbuena (1977) compara diferentes parámetros de uniformidad en fincas de Maracaibo, encontrando valores bajos en los parámetros evaluados.

Wolhers (1978) evalúa un sistema de riego por goteo en El Estanquillo, Municipio San Juan, Estado Mérida, encontrando valores bajos de eficiencia de aplicación y uniformidad de emisión.

Ramírez (1988) evalúa un sistema de riego por goteo en el cultivo de caña, obteniéndose resultados, respecto a la uniformidad de emisión, de regular a pobre, que atribuye a la variación de presiones del sistema.

Hernández (1993) realizó una evaluación funcional y económica de cuatro sistemas de riego localizado, ubicados en el Estado Carabobo, Estado Lara y Estado Yaracuy, determinando fallas de operación, mantenimiento y de diseño, en función de los valores obtenidos con respecto a volúmenes de agua aplicados, coeficientes de uniformidad y eficiencias de aplicación.

## Calidad del agua de riego

Cualquiera que sea el tipo de riego, la calidad del agua se define en función de tres criterios: salinidad, sodicidad y toxicidad. El criterio de salinidad evalúa el riesgo de que el uso del agua ocasione altas concentraciones de sales, con el correspondiente efecto osmótico y disminución de rendimientos. El criterio de sodicidad analiza el riesgo de que se induzca un elevado porcentaje de sodio intercambiable, *PSI*, con deterioro de la estructura afectando la permeabilidad. El criterio de toxicidad estudia los problemas que pueden crear determinados iones.

Existen otros problemas relacionados con la calidad de agua que aparecen con suficiente frecuencia, como son el excesivo crecimiento vegetativo, el retraso en la maduración de los cultivos y la tendencia a encamarse, todos ellos provocados por altas concentraciones de nitrógeno en el agua de riego. Las directrices para interpretar la calidad del agua en función de los criterios descritos anteriormente se presentan en la Tabla 2.

Específicamente, cuando se trata de riegos localizados, al hablar de calidad del agua con fines de riego debe incluirse un cuarto criterio, que consiste en el riesgo potencial de obturaciones que puede producir el agua en los emisores.

Bruck y Nakayama (1980), citados por Pizarro (1986), proponen una clasificación del riesgo potencial de obturaciones producidas por el agua de riego según presente problemas de contaminación física, química o biológica. Esta clasificación aparece en la Tabla 3.

Tabla 2. Directrices para la evaluación de la calidad del agua de riego (FAO, 1985).

Tipo de problema	Guía de Calidad de agua		
	No hay problema	Problema Creciente	Problema grave
1/. Salinidad: CE (dS/m)	< 0,75	0,75-3,0	> 3,0
2/. Permeabilidad: RAS = 0,3 = 3-6 = 6-12 = 12-20 = 20-40	y CE > 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-0,29	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
3/. Toxicidad iónica: <u>Sodio (Na)</u> - Riego superficial (RAS) - Riego por aspersión (meq/l) <u>Cloruro (Cl)</u> - Riego Superficial (meq/l) - Riego por aspersión (meq/l) <u>Boro (B) (meq/l)</u>	< 3 < 3 < 4 < 3 < 0,75	3-9 > 3 4-10 > 3 0,75-3,0	> 9  > 10 > 3,0
4/. Efectos diversos: Nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N NH <sub>4</sub> -N)(mg/l) Bicarbonato (CO <sub>3</sub> H) con aspersores (meq/l) pH	< 5 < 1,5 Rango normal 6,5-8,4	5-30 1,5-8,5	> 30 > 8,5

Tomada de Martínez 1986.

1/ La salinidad afecta la disponibilidad de agua para los cultivos por efectos de la presión osmótica. CE<sub>w</sub>, significa la conductividad eléctrica de la muestra de agua.

2/ La permeabilidad afecta la velocidad de infiltración y el drenaje del suelo. En relación al tipo de arcilla, los valores reportados en la Tabla 2 corresponden al tipo de mineral dominante en el suelo ya que la estabilidad estructural varía con el tipo de arcilla. Los problemas a desarrollarse o afectar la permeabilidad del suelo serán mayores cuanto mayores sea la sodicidad del agua; o bien, cuando ésta no contenga nada de sales.

3/ La toxicidad afecta a los cultivos sensibles al sodio, cloro y boro, por lo que deberá consultarse los valores límites para cada cultivo.

Tabla 3. Riesgo potencial de obturación producido por el agua de riego.

Tipo de problema	Riesgo		
	Reducido	Medio	Alto
<b>Físico</b>			
Sólidos suspendidos(ppm)	< 50	50 - 100	> 100
<b>Químico</b>			
pH	< 7	7.0 - 8.0	> 8.0
Sólidos disueltos (ppm)	< 500	500-2000	> 2000
Mn (ppm)	< 0.1	0.1 - 1.5	> 1.5
Fe (ppm)	< 0.1	0.1 - 1.5	> 1.5
SRc (ppm)	< 0.5	0.5 - 2.0	> 2.0
<b>Biológico</b>			
Población bacteriana (n° /cm³)	< 10.000	10 <sup>4</sup> - 5x10 <sup>4</sup>	> 50.000

Tomada de Pizarro (1986).

La concentración de sales está referida a la presencia de iones, cationes y aniones asociados formando sales en disolución. La concentración total de sales está expresada en términos de conductividad eléctrica, que puede expresarse en mmhos/cm, o siemens/metro.

La conductividad eléctrica (*CE*) varía con la temperatura. Se acostumbra transformar la conductividad eléctrica medida a una temperatura cualquiera a la correspondiente a 25°C. (*CE*<sub>25</sub>), para lo cual se utiliza el factor *ft* de la Tabla 4 en la siguiente relación:

$$CE_{25} = CE \cdot ft \quad (2.5)$$

Las diferentes clasificaciones de las aguas de riego existentes están basadas en diferentes índices, entre los más comúnmente usados se tiene:

#### Sólidos totales disueltos (TSS)

Se basa en el criterio que a medida que la concentración de sales en la solución del suelo aumenta, también se incrementa el potencial de los efectos salinos sobre el crecimiento de las plantas. Se expresa en mg/litro.

Tabla 4. Variación de la *CE* con la temperatura.

°C	°F	$f_1$	$CE_{25} - CE_t \times A$			°C	°F	$f_1$
			°C	°F	$f_1$			
3.0	37.4	1.709	22.0	71.6	1.064	29.0	84.2	0.925
4.0	39.2	1.660	22.2	72.0	1.060	29.2	84.6	.921
5.0	41.0	1.613	22.4	72.3	1.055	29.4	84.9	.918
6.0	42.8	1.569	22.6	72.7	1.051	29.6	85.3	.914
7.0	44.6	1.528	22.8	73.0	1.047	29.8	85.6	.911
8.0	46.4	1.488	23.0	73.4	1.043	30.0	86.0	.907
9.0	48.2	1.448	23.2	73.8	1.038	30.2	86.4	.904
10.0	50.0	1.411	23.4	74.1	1.034	30.4	86.7	.901
11.0	51.8	1.375	23.6	74.5	1.029	30.6	87.1	.897
12.0	53.6	1.341	23.8	74.8	1.025	30.8	87.4	.894
13.0	55.4	1.309	24.0	75.2	1.020	31.0	87.7	.890
14.0	57.2	1.277	24.2	75.6	1.016	31.2	88.2	.887
15.0	59.0	1.247	24.4	75.9	1.012	31.4	88.5	.884
16.0	60.8	1.218	24.6	76.3	1.008	31.6	88.9	.880
17.0	62.6	1.189	24.8	76.6	1.004	31.8	89.2	.877
18.0	64.4	1.163	25.0	77.0	1.000	32.0	89.6	.873
18.2	64.8	1.157	25.2	77.4	.996	32.2	90.0	.870
18.4	65.1	1.152	25.4	77.7	.992	32.4	90.3	.867
18.6	65.5	1.147	25.6	78.1	.998	32.6	90.7	.864
18.8	65.8	1.142	25.8	78.5	.983	32.8	91.0	.861
19.0	66.2	1.136	26.0	78.8	.979	33.0	91.4	.858
19.2	66.6	1.131	26.2	79.2	.975	34.0	93.2	.843
19.4	66.9	1.127	26.4	79.5	.971	35.0	95.0	.829
19.6	67.3	1.122	26.6	79.9	.967	36.0	96.8	.815
19.8	67.6	1.117	26.8	80.2	.964	37.0	98.6	.801
20.0	68.0	1.112	27.0	80.6	.960	38.0	100.2	.788
20.2	68.4	1.107	27.2	81.0	.956	39.0	102.2	.775
20.4	68.7	1.102	27.4	81.3	.953	40.0	104.0	.763
20.6	69.1	1.097	27.6	81.7	.950	41.0	105.8	.750
20.8	69.4	1.092	27.8	82.0	.947	42.0	107.6	.739
21.0	69.8	1.087	28.0	82.4	.943	43.0	109.4	.727
21.2	70.2	1.082	28.2	82.8	.940	44.0	111.2	.716
21.4	70.5	1.078	28.4	83.1	.936	45.0	113.0	.705
21.6	70.9	1.073	28.6	83.5	.932	46.0	114.8	.694
21.8	71.2	1.068	28.8	83.8	.929	47.0	116.6	.683

Pizarro (1986)

### Conductividad eléctrica del agua (ECw)

Mide la salinidad expresada en decisiemen por metro a 25 grados centígrados (ds/m), o en milimhos por centímetro a 25 grados centígrados (mmhos/cm). (1 siemens/metro = 10 mmhos/cm).

### Relación de adsorción de sodio (RAS)

Se utiliza para caracterizar el contenido de sodio en las aguas de riego y en la solución del suelo. El valor del RAS puede calcularse mediante el monograma de la Figura 2, ó mediante la siguiente ecuación:

$$RAS = \frac{Na}{[(Ca + Mg)/2]^{1/2}} \quad (2.6)$$

donde:

*Na*, *Ca*, *Mg* representan respectivamente, el contenido de sodio, calcio y magnesio en meq/litro.

### Relación de adsorción de sodio ajustada, RNa-aj

Se utiliza para predecir los problemas de infiltración debidos al contenido relativamente alto de sodio o a la baja concentración de calcio en el agua de riego, Martínez (1986) introdujo una nueva relación de adsorción de sodio ajustada:

$$RNa-aj = [Na/((Cax+Mg)/2)^{1/2}] \quad (2.7)$$

donde:

*Na* es la concentración de sodio del agua de riego (meq/l).

*Cax* es la concentración de calcio (meq/l), modificada según la CE del agua de riego, la relación CO<sub>3</sub>H/Ca y la presión estimada del CO<sub>2</sub> en la superficie del suelo que es 0,0007 atm.

*Mg* es la concentración de magnesio en el agua de riego (meq/l).

Los valores del *Cax* según Martínez (1986) se calculan con la Tabla 5.

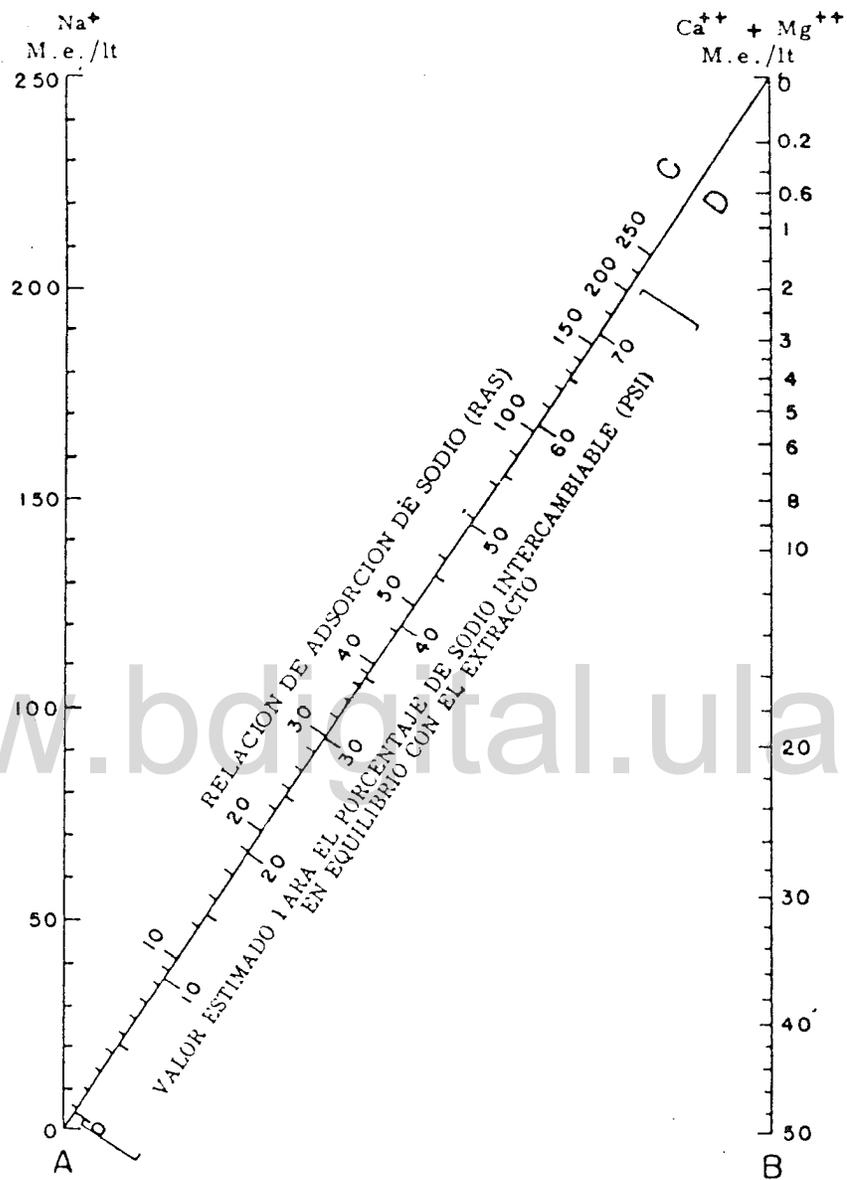


Figura 2. Monograma para la determinación de la *RAS*, en el extracto de saturación del suelo y del *PSI* en equilibrio con el extracto (López, 1991).

Tabla 5. Cálculo del  $C_{ax}$  del agua de riego.  
(Martínez 1986).

	CE <sub>i</sub> (dS/m)												
	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	
.05	13.20	13.61	13.92	14.40	14.79	15.26	15.91	16.43	17.28	17.97	19.07	19.94	
.10	8.31	8.57	8.77	9.07	9.31	9.62	10.02	10.35	10.89	11.32	12.01	12.56	
.15	6.34	6.54	6.69	6.92	7.11	7.34	7.65	7.90	8.31	8.64	9.17	9.58	
.20	5.24	5.40	5.52	5.71	5.87	6.06	6.31	6.52	6.86	7.13	7.57	7.91	
.25	4.51	4.65	4.76	4.92	5.06	5.22	5.44	5.62	5.91	6.15	6.52	6.82	
.30	4.00	4.12	4.21	4.36	4.48	4.62	4.82	4.98	5.24	5.44	5.77	6.04	
.35	3.61	3.72	3.80	3.94	4.04	4.17	4.35	4.49	4.72	4.91	5.21	5.45	
.40	3.30	3.40	3.48	3.60	3.70	3.82	3.98	4.11	4.32	4.49	4.77	4.98	
.45	3.05	3.14	3.22	3.33	3.42	3.53	3.68	3.80	4.00	4.15	4.41	4.61	
.50	2.84	2.93	3.00	3.10	3.19	3.29	3.43	3.54	3.72	3.87	4.11	4.30	
.75	2.17	2.24	2.29	2.37	2.43	2.51	2.62	2.70	2.84	2.95	3.14	3.28	
1.00	1.79	1.85	1.89	1.96	2.01	2.09	2.16	2.23	2.35	2.44	2.59	2.71	
CO <sub>3</sub> H	1.25	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.86	1.92	2.02	2.10	2.23	2.31
Ca	1.50	1.37	1.41	1.44	1.49	1.53	1.58	1.65	1.70	1.79	1.86	1.97	2.01
	1.75	1.23	1.27	1.30	1.35	1.38	1.43	1.49	1.54	1.62	1.68	1.78	1.80
	2.00	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.31	1.36	1.40	1.48	1.54	1.63	1.70
	2.25	1.04	1.08	1.10	1.14	1.17	1.21	1.26	1.30	1.37	1.42	1.51	1.58
	2.50	0.97	1.00	1.02	1.06	1.09	1.12	1.17	1.21	1.27	1.32	1.40	1.47
	3.00	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	1.00	1.04	1.07	1.13	1.17	1.24	1.30
	3.50	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.94	0.97	1.02	1.06	1.12	1.18
	4.00	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.86	0.88	0.93	0.97	1.03	1.07
	4.50	0.66	0.68	0.69	0.72	0.74	0.76	0.79	0.82	0.86	0.90	0.95	0.99
	5.00	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.83	0.88	0.95
	7.00	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74
	10.00	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58
	20.00	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37
	30.00	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27	0.28

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1954), propone una clasificación del agua de riego basada en la *CE* y *RAS*. Para tal fin se utiliza la Figura 3.

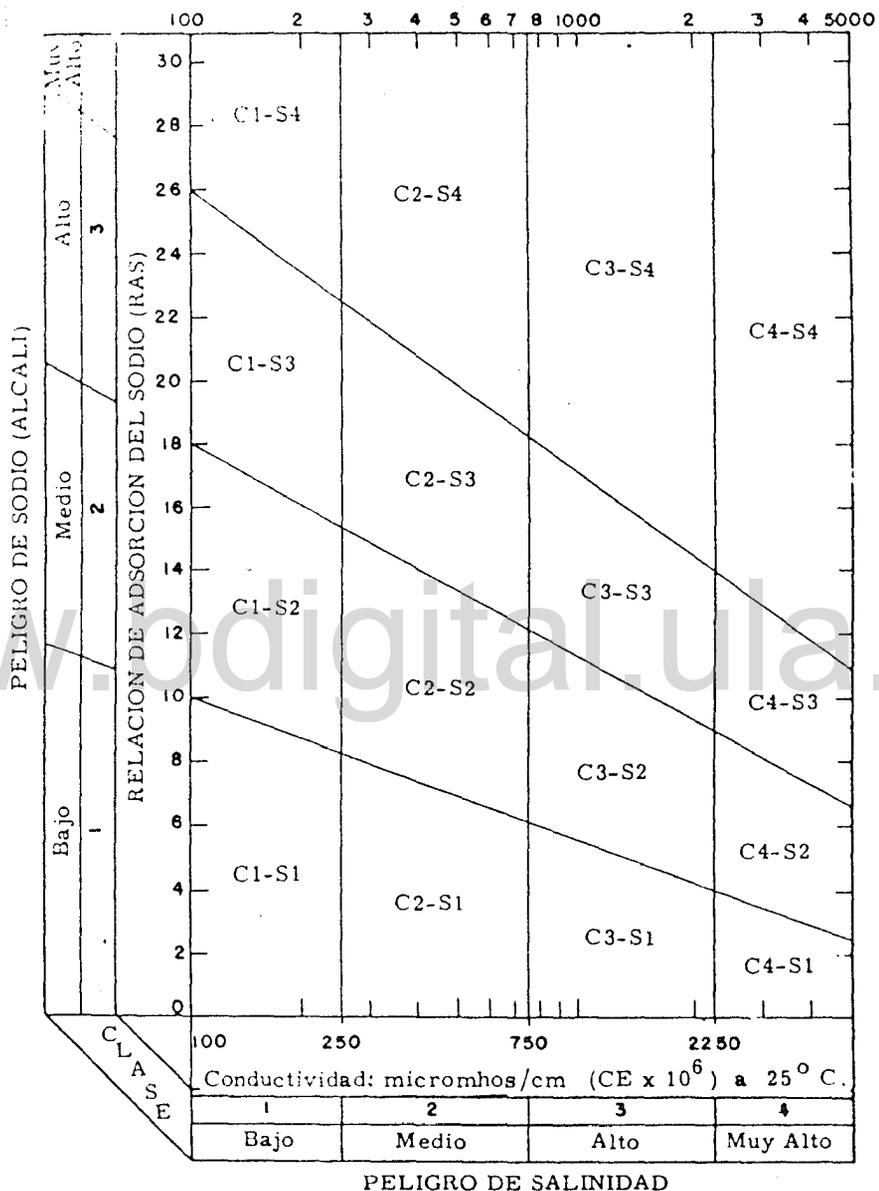


Figura 3. Clasificación de las aguas de riego. (U.S. Salinity Laboratory, 1954)

## Salinidad de suelos

U.S. Salinity Laboratory (1954) propone una clasificación para establecer la salinidad de los suelos en base a la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, el porcentaje de sodio intercambiable, *PSI*, y el *pH*, dichos valores se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de suelos según salinidad (U.S.S.L., 1954).

Clasificación del suelo	C <sub>Ec</sub> mmhos/cm.	PSI	pH
Salino	> 4	< 15	< 8,5
Sódico	< 4	> 15	8,5 - 10
Salino-sódico	> 4	> 15	+/- 8,5
Normal	< 4	< 15	< 8,5

López (1991) menciona que algunos científicos han sugerido bajar el contenido de sal, expresado a través de la conductividad eléctrica, que es usado para definir suelos salinos. La sugerencia consiste en bajar de 0,4 siemens/m (4 mmhos/cm) a 0,2 siemens/m (2 mmhos/cm) ya que muchas plantas presentan una reducción de crecimiento aún a concentraciones de sal menores de 0,2 siemens/m. Aunque esta modificación no es aún oficial ha comenzado a usarse y como tal ha aparecido en muchas publicaciones recientes.

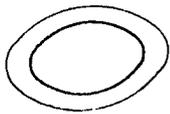
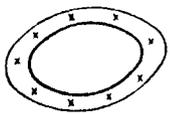
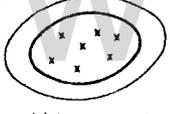
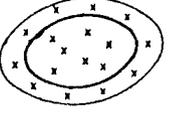
Pizarro (1986) considera que las partículas sólidas, arena, limo, arcilla, están rodeadas por el agua del suelo, formando una película de espesor variable según el contenido de humedad del suelo, como se representa en la Figura 4.

Las sales que en la Figura 4 se representan con una X pueden estar presentes en dos sitios distintos:

a) Disueltas en la solución del suelo, lo que en los análisis se manifiesta por altos valores de la C<sub>Ec</sub>, causados por cualquier sal soluble.

b) Adsorbidas por el complejo de cambio cuando específicamente se trata de sodio. En este caso el análisis manifiesta altos valores de PSI.

Las cuatro combinaciones posibles de los casos a) y b), da como resultado la clasificación de suelos según la salinidad que aparece en la Tabla 7.

Localización de las sales	Denominación del suelo	Identificación (1)	Efectos	Recuperación
 inexistentes	Normal	$CE_e < 2$ $PSI < 7$	-	-
 disueltas en la solución del suelo	Salino	$CE_e > 2$ $PSI < 7$	Las sales disueltas afectan a los cultivos y no a las propiedades del suelo. Dificultan la absorción de agua y nutrientes y provocan toxicidad.	Lavado de sales
 adsorbidas por el complejo de cambio	Sódico	$CE_e < 2$ $PSI > 7$	El sodio adsorbido afecta a las propiedades del suelo, destruyendo su estructura. En general no afecta a los cultivos, aunque algunos experimentan toxicidad.	1.- Mejora química (aporte de Ca) 2.- Lavado de sales
 adsorbidas por el complejo de cambio y disueltas en la solución del suelo.	Salino - sódico	$CE_e > 2$ $PSI > 7$	Las sales disueltas evitan la pérdida de estructura. Los efectos de este suelo son iguales que los de los suelos salinos.	1.- Mejora química 2.- Lavado de sales

(1)  $CE_e$  en mmhos/cm.

Figura 4. Identificación, Efectos y Recuperación de suelos.  
Tomada de Pizarro, 1986.

Tabla 7. Clasificación de suelos según salinidad.

Clasificación del suelo	C <sub>Ec</sub> (mmhos/cm)	PSI	pH
Normal	< 2	< 7	< 7
Salino	> 2	< 7	7 - 8,5
Sódico	< 2	> 7	8 - 9,5
Salino-sódico	> 2	> 7	7 - 8,5

Tomada de Pizarro (1986).

En cuanto a la intensidad de la salinidad, los suelos salinos se pueden clasificar según la Tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de suelos salinos.

Clasificación de suelos salinos	C <sub>Ec</sub> (mmhos/cm)
Ligeramente salinos	2 - 4
Medianamente salinos	4 - 8
Fuertemente salinos	8 - 16
Extremadamente salinos	> 16

Tomada de Pizarro (1986).

La clasificación de los suelos sódicos se hace en función del PSI, como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de suelos sódicos.

Clasificación de suelos sódicos	PSI
Ligeramente sódico	7 - 15
Medianamente sódico	15 - 20
Fuertemente sódico	20 - 30
Extremadamente sódico	> 30

Tomada de Pizarro (1986).

## Información sobre el cultivo de la fresa

### Generalidades del cultivo

Stolk (1963) manifiesta que la fresa es considerada como la más importante de las llamadas frutas pequeñas, es una de las pocas frutas que pueden conservarse por congelación sin que sufra alteraciones sensibles en su sabor. En Venezuela se ha cultivado,

aunque sea en forma restringida en las tierras altas de los alrededores de Caracas, Lara, Yaracuy y los estados andinos.

La fresa es una planta rastrera que pertenece a la familia de las Rosáceas, se ha encontrado silvestre tanto en Europa como en América, lo que explica las numerosas variedades existentes.

El tallo es un pequeño rizoma que crece casi a nivel del suelo, del cual se originan los estolones en cuyos extremos se forman plantas idénticas a las madres, y son las únicas que deben utilizarse para el cultivo, si se quieren conservar las características de la variedad. En la Figura 5 se muestra la formación de plantas nuevas a partir de estolones.

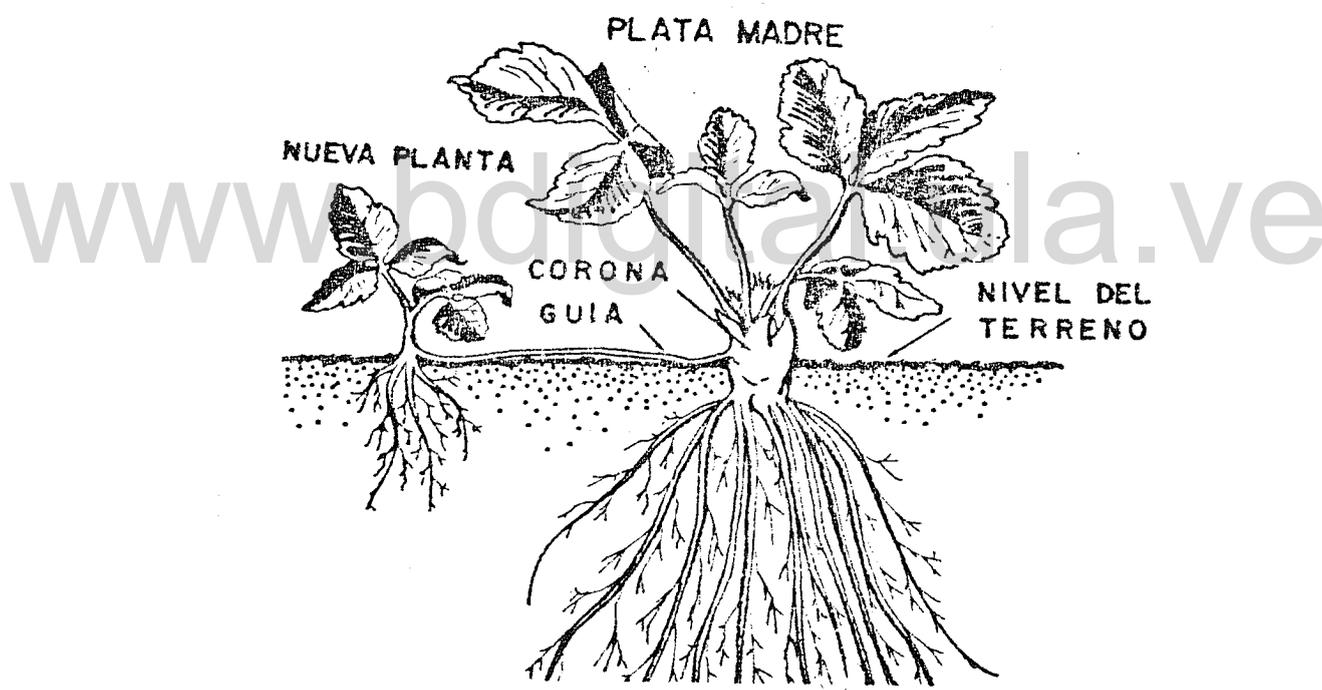


Figura 5. Formación de plantas nuevas en el cultivo de fresa. Tomada de Stolck (1963).

Según la Secretaría de los Recursos Hidráulicos de México (1967) las plantas de fresa producen flores el primer año; generalmente éstas se destruyen en este período, con la finalidad de que la planta se desarrolle vigorosa y en condiciones de producir una buena cosecha. Las primeras flores producen los frutos más grandes, reduciendo su tamaño en las siguientes floraciones sucesivas. En climas templados las fresas maduran en más o menos 30 días después de la floración, en clima cálido maduran más rápidamente.

En la Figura 6 se muestra la práctica de eliminación de la primera floración que realizan algunos agricultores.



Figura 6. Eliminación de la primera floración.

#### Profundidad de enraizamiento

Varios autores (Guevara 1989, Grassi 1988 y la Sociedad Americana de Fitopatología 1987), establecen que en suelos con granulometría y espesor adecuado, y libre de patógenos, el sistema radicular de la fresa puede penetrar hasta dos metros, pero que el mayor porcentaje está confinado en los primeros 30 centímetros.

Norero (1983) citado por Grassi (1988) propone la siguiente ecuación para estimar la profundidad radicular de cualquier cultivo,  $D$ , para un tiempo  $t$  de desarrollo vegetativo:

$$D = 1,8 ( t / tc ) ( 1,5 - t / tc ) Dx \quad (2.8)$$

donde:

$tc$  es el tiempo en días que dura el ciclo vegetativo del cultivo considerado.

$t$  es el tiempo en días variable desde  $t = 0$  a  $t = tc$ .

$Dx$  es la profundidad radical sin impedimento pedogenético.

### Sistemas de siembra

Según Stolk (1963) para el cultivo de la fresa se usan generalmente tres sistemas de siembra:

#### Cultivo en Cepas

No se permite el desarrollo de estolones; esta práctica consiste en eliminar mediante podas los estolones formados durante la fase vegetativa, esto con el objeto de fortalecer el desarrollo de la planta madre como se puede observar en la Figura 7.

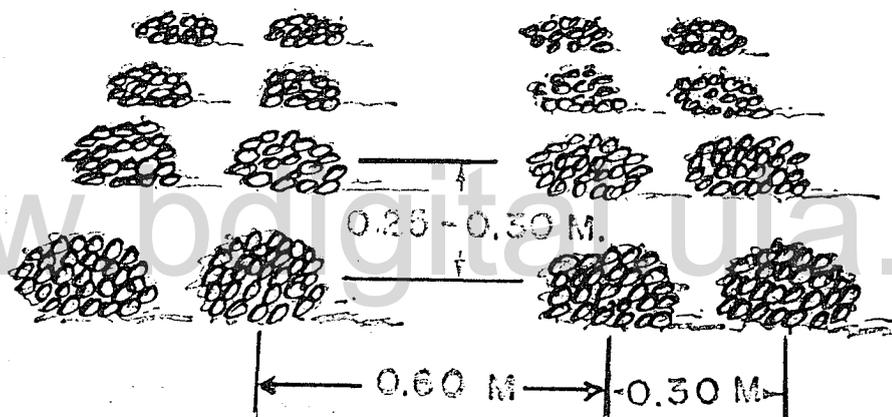


Figura 7. Sistema de cultivo en Cepas. -  
Stolk (1963).

#### Sistemas de cultivo en líneas con matas espaciadas

Este sistema permite el desarrollo de algunos estolones, y se realiza cuando el material para siembra es escaso y se necesita aumentar la densidad de población inicial. Para tal fin se selecciona el número de plantas hijas y su mejor ubicación como puede verse en la Figura 8.

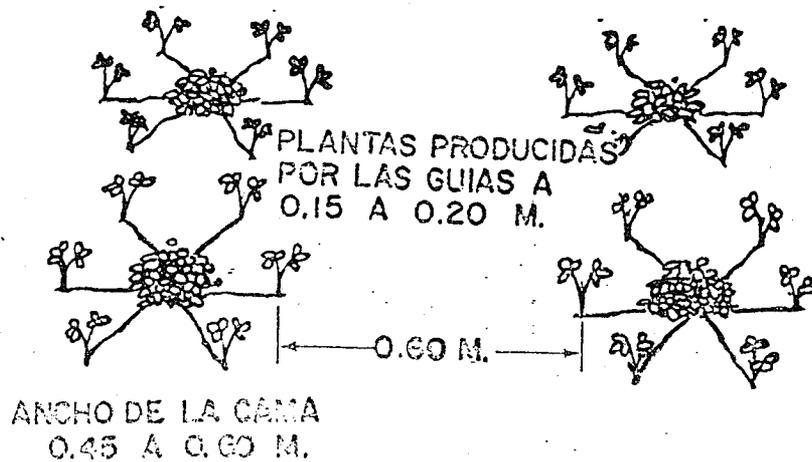


Figura 8. Sistema de cultivo en líneas con matas espaciadas.  
Stolk (1963)

#### Sistemas de cultivos en líneas continuas

Se permite el desarrollo de la mayor parte de los estolones, este sistema se utiliza en suelos sin cobertura cuando se necesita la propagación de suficiente material para siembras nuevas. Las líneas llevan adecuado espaciamiento para permitir el enraizamiento de plantas hijas, como puede verse en la Figura 9.

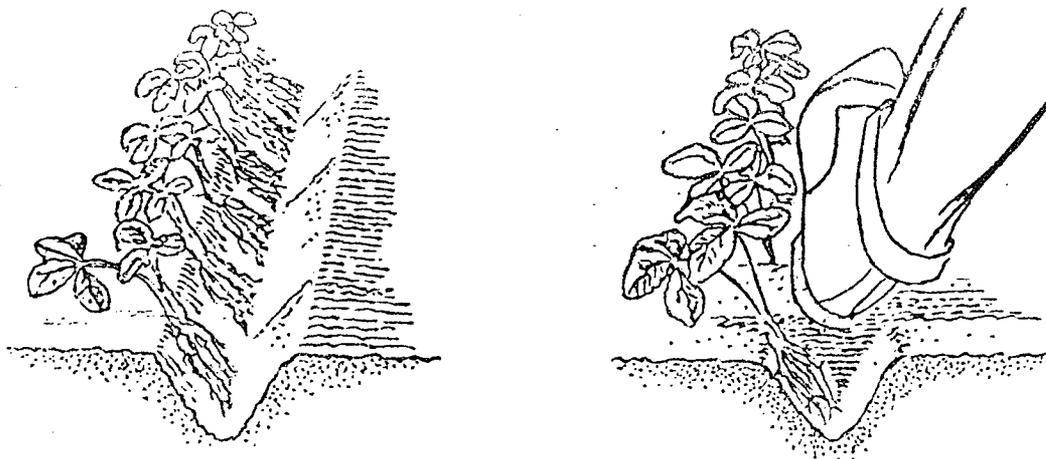


Figura 9. Sistema de cultivo en líneas continuas.  
Stolk (1963).

Los sistemas de cultivo en cepas y en líneas espaciadas a 20-40 cm se recomiendan para las plantaciones intensivas con riego.

Castellanos, Leal y Bautista (1970) señalan que en ensayos llevados a cabo en la estación experimental "La Hechicera", se demostró que en las distintas variedades utilizadas, entre el 25 al 30 % de las infrutescencias eran afectadas por el hongo *Botritis cynerea*. Cualquiera que sea la etapa de desarrollo y el sistema de cultivo utilizado, los daños aumentan a medida que aumenta el contacto de la infrutescencia con el suelo, los autores mencionados determinaron, asimismo, que las pudriciones aumentan a los 4 o 5 días después de 2 o más precipitaciones continuas. Para reducir las infestaciones del hongo experimentaron cinco tipos de cobertura del suelo, obteniendo los mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad del fruto con la utilización de plástico negro como cobertura (mulch).

#### Necesidades edáficas

Stolk (1963) asegura que la fresa requiere, para su buen desarrollo, suelos franco a franco arenosos con buen drenaje, 3 a 4% de materia orgánica y un pH entre 5.8 a 6,2.

#### Necesidades hídricas

Stolk (1963) considera que la fresa es muy exigente en cuanto a humedad del suelo, no tolera ni excesos ni deficiencia de agua, por lo tanto deberá ajustarse la lámina aplicada y la frecuencia de riego a las características de suelo y clima de cada zona.

Pizarro (1986) establece que el punto óptimo de riego debe definirse en función del potencial hídrico y no del contenido de humedad. El valor del potencial hídrico del suelo que no se debe superar para que no se produzca una disminución inaceptable de la transpiración y en consecuencia de los rendimientos del cultivo de la fresa está entre 0,2 y 0,3 bares.

#### Necesidades nutricionales

Ulrich, Mostafa, y Allen (1980) concluyen que en el cultivo de la fresa, el rendimiento y las cualidades de la fruta dependen de las prácticas culturales, incluyendo el buen uso de fertilizantes.

Para respetar la relación suelo-planta, es necesario conocer los siguientes parámetros interdependientes:

a) Extracción diaria de nutrientes por las plantas durante el período de crecimiento.

b) Relación entre la extracción y la concentración de nutrientes en la solución del suelo que rodea a la zona radicular.

c) Requerimientos diarios de agua por la planta.

En el cultivo de la fresa se utilizan corrientemente tres métodos para evaluar y mejorar un programa de fertilización:

- Observación visual e identificación de síntomas de deficiencia.

- Ensayos de campo.

- Análisis de suelo y planta.

Cualquiera que sea el método elegido para determinar las necesidades nutricionales de la fresa, su éxito depende de la toma de muestras, de la técnica utilizada y de la correcta interpretación de los resultados. En la Tabla 10 se detallan los valores para determinar el estatus mineral del cultivo de la fresa mediante análisis de planta.

Tabla 10. Rangos nutricionales para interpretación de análisis foliares

Nutriente	parte muestreada	concentración crítica tentativa	presencia síntomas	Rango normal
Boro:B	hoja	25 ppm	18-22	35-200
Calcio: Ca	hoja	0,3 %	0,08-0,20	0,4-2,7
Cloro : Cl	peciolo	-----	< 0,07	0,07-0,4
Cobre : Cu	hoja	3,0 ppm	< 3,0	3-30
hierro: Fe	hoja	50 ppm	5-40	50-3000
Magnesio:mg	hoja	0,2 %	0,02-0,10	0,3-0,7
Manganeso:Mn	hoja	30 ppm	4-25	30-700
Molybdeno:Mo	hoja	0,5 ppm	0,12-0,40	0,5 +
Nitrógeno NO <sub>3</sub> -N	peciolo	500 ppm	0-500	700-20.000
Total-N	hoja	2,8 %	2,0-2,8	3,0 +
Fósforo H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	hoja	700 ppm	150-700	1.000-5.000
Total-P	hoja	1.000 ppm	300-1100	1.500-13.000
Potasio: K	peciolo	1,0 %	0,1-0,4	1,0 - 6,0
	hoja	1,0 %	0,1-0,5	1,0 - 6,0
Sodio:Na	hoja	----- %	< 0,01	0,01 - 0,4
Azufre SO <sub>4</sub> -S	hoja	100 ppm	25 - 80	100 - 500
Total-S	hoja	1.000 ppm	300-900	1.000 +
Zinc : Zn	hoja	20 ppm	6 - 10	20 - 50

Tomada de Ulrich, Mostafa y Allen (1980).

El momento oportuno y cantidad de las aplicaciones de fertilizantes están determinados generalmente sobre la base del tipo de suelo, su análisis y el análisis foliar, así como por las expectativas de producción. El agotamiento de los nutrientes puede ser prevenido mediante el reaprovisionamiento, siguiendo técnicas de mantenimiento de la fertilización. En la Tabla 11 se presentan los rangos de fertilidad para la interpretación de los análisis de suelo para el cultivo de fresa.

Tabla 11. Rango de parámetros de fertilidad para interpretación de análisis de suelo en el cultivo de fresa.

PARAMETRO	BAJO	MEDIO A BAJO	MEDIO A ALTO (IDEAL)	ALTO	MUY ALTO
% C	< 1.10	1.10 - 2.14	2.15 - 4.2	4.3 - 6.43	> 6.43
% N	< 0.094	0.095 - 0.18	0.19 - 0.36	0.37 - 0.55	> 0.55
% MO	< 1.9	1.91 - 3.70	3.71 - 7.40	7.41 - 11.10	> 11.10
K (me/100 g)	< 0.10	0.11 - 0.20	0.21 - 0.30	0.31 - 0.40	> 0.40
CIC EFECTIVA	< 7.0	7.1 - 12.0	12.1 - 24.0	> 24	
PARÁMETRO	MUY BAJO	BAJO	NORMAL	ALTO	MUY ALTO
P (ppm)	0 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40	
Ca (me/100g)	1.25 - 2.5	2.5 - 5.0	6.0 - 10	10 - 15	> 15
Mg (me/100g)	1.0 - 2.0	2.0 - 4.0	4.0 - 8.0	8.0 - 10	> 10
Na (me/100g)			< 0.5	0.5 - 0.9	> 0.9
CCC (me/100g)	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	> 30
BTC (me/100g)	3	5 - 10	10 - 20	20 - 30	> 30
% STB	0 - 5	5 - 10	10 - 30	30 - 60	> 60
% SNa			0 - 5	5 - 10	> 10
CE			< 1	> 1	
Fe (ppm)	< 20	20 - 30	100 - 300	> 300	
Mn (ppm)	< 8	8 - 12	13 - 15	> 200	
Zn (ppm)	< 1	1.1 - 2.0	4 - 25	> 25	
Cu (ppm)	< 1	1.5 - 2.0	2.5 - 3	> 3	
B (ppm)	< 0.3	0.5 - 0.6	0.8 - 0.9	> 1	
Co (ppm)	< 1.0	2 - 4			

Tomada de Ulrich, Mostafa y Allen (1980).

## Tolerancia a la salinidad

Ayres y Westcott (1976) en su trabajo realizado para la FAO, han recopilado y elaborado la información existente sobre la tolerancia de las plantas a la salinidad; en dicha información se establece que la fresa es el frutal de más baja resistencia o, de mayor sensibilidad a la salinidad.

Como se puede ver en la Tabla 12, se reporta un valor de conductividad eléctrica para un 90 % de la producción,  $CE/90$ , para el cultivo de la fresa de 1,3, para valores de  $a$  y  $b$  de 1,3 y 33,33 de la Ecuación (2.9).

Tabla 12. Valor de  $CE/90$  para el cultivo de la fresa.

Cultivo	$a : CE/90$	Resistencia	Parámetro $b$
Fresa	1.3	baja	33.33

Tomada de Pizarro, 1986.

Maas y Hoffman, citado por Pizarro (1986) a partir de datos reales han encontrado que entre la salinidad del suelo y la producción de los cultivos existe una relación lineal, que puede expresarse por la fórmula siguiente:

$$P = 100 - b ( CEe - a ) \quad (2.9)$$

donde:

$P$  es la Producción del cultivo en % respecto al máximo.

$CEe$  es la salinidad del suelo expresada como conductividad eléctrica del extracto de saturación y medida en mmhos/cm.

$a$  y  $b$  son dos parámetros cuyos valores son constantes para cada cultivo.

Pizarro (1986) asegura que los efectos de las sales del suelo sobre las plantas se pueden reunir en tres grupos siguientes:

- Efecto osmótico de las sales disueltas.
- Efecto de sodio adsorbido.
- Toxicidad de algunos iones.

Se ha confirmado que la toxicidad de algunos iones no es ocasionado por el efecto directo de la absorción de éstos, sino

más bien se debe a que estos iones inducen alteraciones en el metabolismo, ocasionando formación de productos tóxicos.

Pizarro (1986) establece que la fresa tolera una concentración máxima de cloro en el extracto de saturación, de 5 meq/litro.

### Información sobre variables que intervienen en la metodología de evaluación

#### Medición del potencial hídrico

Grassi (1978) menciona que para la medición del potencial hídrico del suelo se emplea comúnmente el tensiómetro, que da una medida directa de la succión matriz. También se usan los bloques de yeso a través de los cuales se mide la resistencia eléctrica de la humedad del suelo, en equilibrio con el bloque. Si bien ambos procedimientos presentan limitaciones, constituyen sin embargo excelentes indicadores del movimiento del agua durante el riego y de su profundidad de penetración; así como también del potencial de extracción de agua por las raíces en diferentes estratos.

El tensiómetro presenta la limitación de que mide una succión matriz máxima de 0,8 bares, por lo tanto pueden usarse en tratamientos en estudio sobre suelos que presenten la mayor parte del agua disponible a menos 1,0 bar, como sucede en riegos localizados de alta frecuencia.

Pizarro (1986) dice que las propiedades del suelo que afectan a la retención del agua son: textura, estructura y el fenómeno de histéresis; menciona entre los aparatos más frecuentes para determinar el potencial mátrico del suelo: tensiómetros, bloques de yeso y psicrómetros de termopar. Los tensiómetros se pueden utilizar para determinar el momento y las dosis óptimas de riego, dado que la humedad óptima para la mayoría de los cultivos se encuentra alrededor de -0,80 centibares. El mismo autor reporta que el potencial hídrico óptimo para el cultivo de la fresa oscila entre -0,2 y -0.3 bares.

#### Retención de humedad

Grassi (1978) recomienda que para obtener las propiedades de retención de humedad del suelo, se establezca la relación entre el contenido de humedad y las siguientes presiones de desplazamiento: 0,1, 0,33, 0,5, 1,0, 7,5, y 15 bares.

Pizarro (1986) describe dos tipos de tensiómetros, los de manómetro y los de mercurio. La utilización del tensiómetro consiste en llenarlo de agua e introducirlo en el suelo, colocando la cápsula en la profundidad del perfil a medir. La porosidad de la cápsula permite que el agua salga de ella o

entre, lo que hace que al cabo de cierto tiempo se establezca el equilibrio entre el agua del interior de la cápsula y el agua del suelo, obteniéndose la medición del potencial hídrico de éste.

### Medición de la evaporación

Grassi (1988) establece que las medidas de evaporación constituyen una forma de estimar la evapotranspiración, dado la íntima relación que existe entre ambos procesos, con la diferencia que las plantas que componen la cobertura vegetal interrumpen la transpiración durante la noche, y en determinadas condiciones incluso al medio día; lo que no ocurre con la evaporación. Los mejores resultados en la medida de la evaporación se han obtenido con el Tanque Standard tipo A.

El mismo autor asegura que existen algunas fuentes de error en las mediciones que se realizan con el tanque, las que se deben a las siguientes causas:

- El medio que rodea el tanque y muy particularmente el efecto de advección.

- En el agua se almacena calor durante el día, lo que hace que el proceso de evaporación continúe durante la noche, cuando en realidad la casi totalidad de la transpiración ocurre durante el día.

- Existe intercambio calórico a través de las paredes entre el ambiente y el agua almacenada.

- El coeficiente de reflexión que es de 5 a 8 % en una superficie de agua libre, y 20 a 25 % en el caso de una cobertura vegetal.

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

De todos los factores anteriores el que más influye es el efecto de advección.

### Medición de la evapotranspiración

Jensen (1970), consultado por Grassi (1988) define la evapotranspiración de referencia, *E<sub>to</sub>*, como " el límite superior o evapotranspiración máxima que ocurre bajo condiciones climáticas dadas, en un campo con cultivo bien abastecido de agua, que tiene una aspereza aerodinámica de una superficie como la alfalfa, de una altura de 12 a 18 pulgadas".



Doorembos y Pruitt (1976), citado por Grassi (1988) define la evapotranspiración del cultivo de referencia,  $E_{to}$ , como la evapotranspiración de una extensa superficie cubierta con gramíneas, de una altura uniforme de 8 a 15 cm, en activo crecimiento, que sombrea íntegramente el suelo y que no le falta agua.

Doorembos 1976 estableció una fórmula que permite calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia  $E_{to}$  :

$$E_{to} = E_v \cdot k_{tan} \quad (2.10)$$

donde:

$E_v$  es la evaporación medida en el tanque tipo A.

$k_{tan}$  es el coeficiente de evaporación del tanque que corrige el valor de la evaporación por efecto de la advección y de la influencia del viento y humedad relativa. Este coeficiente se obtiene de la Tabla 14, según sea el caso A o B presentado en la Figura 10.

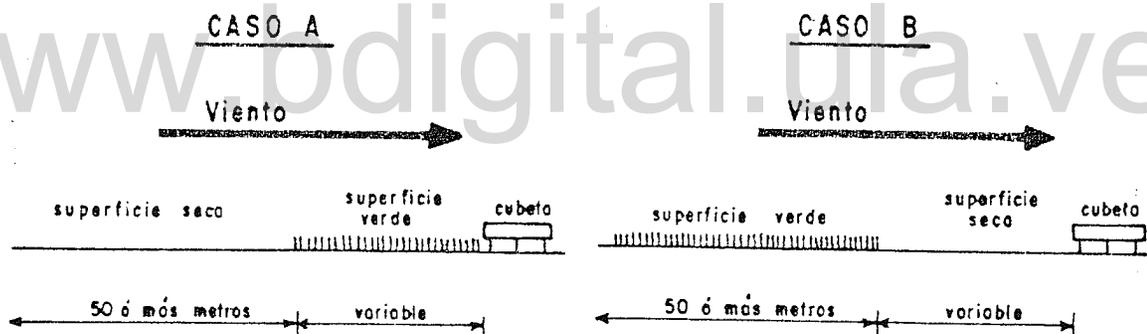


Figura 10. Efecto de Advección (Grassi 1993).

Grassi (1988) define la evapotranspiración real, o de un cultivo en particular,  $E_t$ , como la cantidad real de vapor de agua transferida a la atmósfera, que depende no solo de las condiciones meteorológicas existentes, sino también de la disponibilidad de agua para satisfacer la demanda evapotranspiratoria, y de la habilidad de las plantas para extraer la humedad del suelo. La evapotranspiración real,  $E_t$ , puede expresarse como:

$$E_t = E_{to} \cdot k \quad (2.11)$$

donde:

$E_{to}$  es la evapotranspiración del cultivo de referencia.

$k$  es el factor que corrige el cultivo, su fase vegetativa, y el nivel de humedad edáfica.

Tabla 13. Coeficiente  $k_{tan}$ , en el caso de una cubeta clase A, para diferentes cubiertas y niveles de humedad relativa media y vientos durante las 24 horas (Grassi 1993).

Cubeta clase A	Caso A Cubeta rodeada de cubierta verde baja				Caso B 1/ cubeta con barbecho de secano			
		baja < 40	media 40-70	alta > 70		baja < 40	media 40-70	alta > 70
RH media %								
Vientos (km/día)	Distancia a barlovento de la cubierta verde (m)				Distancia a barlovento del barbecho de secano (m)			
Débiles < 175	0	0,55	0,75		0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,85		10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,85		100	0,55	0,65	0,75
	1.000	0,75	0,85		1.000	0,50	0,60	0,70
Moderados 175-425	0	0,50	0,65		0	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,75		10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,80		100	0,50	0,60	0,65
	1.000	0,70	0,80		1.000	0,45	0,55	0,60
Fuertes 475-700	0	0,45	0,60		0	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,65		10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,70		100	0,45	0,50	0,60
	1.000	0,65	0,75		1.000	0,40	0,45	0,55
Muy fuertes > 700	0	0,40	0,50		0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,60		10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,65		100	0,40	0,45	0,50
	1.000	0,55	0,65		1.000	0,35	0,40	0,45

1/ En caso de superficies extensas de barbecho desnudo y con un desarrollo agrícola nulo, se deben reducir los valores de  $k_{tan}$  en un 20% en condiciones de mucho calor y vientos fuertes, y en un 5-10% tratándose de una temperatura, humedad y vientos moderados.

Grassi (1988) afirma que la ingeniería del riego ha tenido preferencia por los procedimientos empíricos o semi-empíricos, basados en datos fáciles de obtener, debido a que la planificación, diseño y construcción de proyectos se realiza generalmente en nuevas tierras, donde no se cuenta con la información requerida para aplicar procedimientos elaborados.

Grassi (1978) establece una metodología para medir la evapotranspiración en parcelas de campo, dicha metodología consiste en lo siguiente:

La evapotranspiración se mide en cultivos instalados en el sistema en las condiciones usuales de manejo del riego (método, lámina y frecuencia) y en los predios del área; en el entendido que se trata de cultivos bien establecidos y sometidos a adecuadas prácticas culturales.

En base a los datos de disminución de contenidos de humedad entre dos riegos sucesivos, se calcula la lámina consumida en la profundidad del suelo donde se desarrolla la extracción radicular.

Torres (1980) presenta el método gravimétrico para determinar evapotranspiración, cuya metodología se basa en la determinación de los diferentes valores de densidades registrados en una serie de pesadas, que se efectúan a través del ciclo vegetativo, a muestras de suelo obtenidas en una profundidad igual a la que tienen las raíces de las plantas del cultivo considerado. Este método es aplicable en terrenos bien drenados, es decir en lugares donde no exista aporte subterráneo.

### Necesidades de agua de los cultivos en riego localizados de alta frecuencia

Varios autores (Pizarro 1986, Rázuri 1988), aseguran que la característica fundamental del riego localizado son: La localización y la alta frecuencia.

La localización consiste en que sólo se humedece parte del volumen del suelo y se pretende que las raíces obtengan de ese volumen el agua y los nutrientes que necesitan. El efecto de la localización se manifiesta en la modificación de la evaporación y la transpiración, en la distribución de las raíces y en un régimen especial de sales. El volumen de suelo mojado es reducido y por lo tanto la capacidad de almacenamiento es baja, lo que obliga a aplicar dosis reducidas con alta frecuencia.

La alta frecuencia del riego tiene como importancia mantener constantemente una humedad elevada que afecta la absorción del agua, concentración de sales y aireación.

El efecto de la localización en el valor de la evapotranspiración se ilustra en la Figura 11, donde se establece la relación siguiente:

La radiación neta, " $R_n$ ", que incide en un terreno agrícola realiza distintas funciones que consumen energía:

$$R_n = H + E_t + G + M \quad (2.12)$$

donde:

$H$  es la energía que se utiliza en calentar el aire.

$E_t$  es la energía utilizada en evapotranspiración.

$G$  es la energía utilizada en elevar la temperatura del suelo y las plantas.

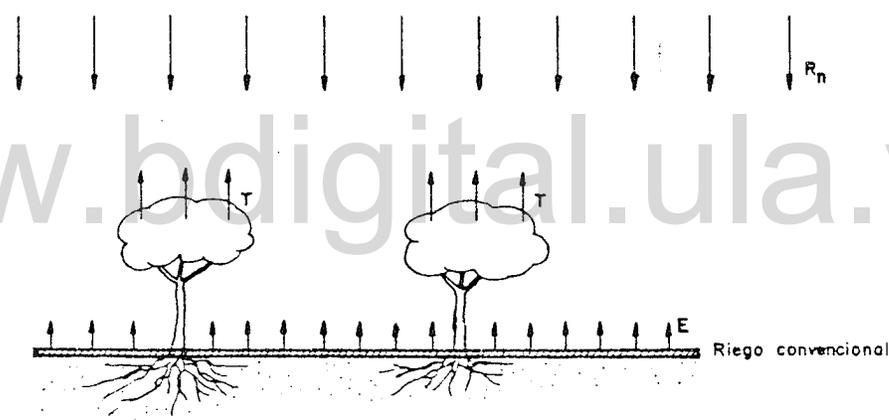
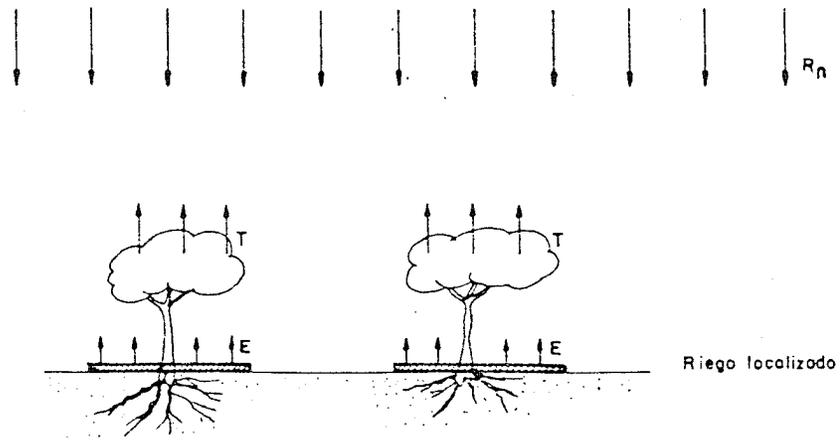
$M$  es la energía utilizada en procesos metabólicos.

Los componentes de  $G$  y  $M$  son prácticamente despreciables a efectos del cálculo de la  $E_t$ , por lo que ésta puede expresarse así:

$$E_t = R_n - H \quad (2.13)$$

Como en riego localizado sólo se moja una parte de la superficie del suelo, mientras que en el riego convencional se moja toda, esto tiene como consecuencia que la evaporación directa desde el suelo,  $E$ , será menor en riego por goteo, lo que constituye un mecanismo de ahorro de agua. En cambio la transpiración,  $T$ , puede aumentar ligeramente por la causa siguiente:

- Debido a que el suelo seco se calienta más que el húmedo, emite más radiación de onda larga, que es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo emisor, en este caso el suelo. Parte de esta radiación es captada por el follaje de la planta, aumentando la transpiración. Así mismo, el aire situado sobre el suelo no mojado se calienta más que si todo el suelo estuviera mojado, y por medio de fenómenos de micro-advención aporta más energía al follaje, aumentando igualmente la transpiración.



▬ Suelo mojado

$R_n$  : Radiación neta

T : Transpiración

E : Evaporación

$R_n, T$  y E se pueden medir en langley/min. o en lámina de agua (m.m./día)

Figura 11. Efecto de la localización en riego por goteo.  
Tomada de Pizarro (1986).

Pizarro (1986) propone una metodología para el cálculo de las necesidades de agua para fines de diseño de riego localizados, que se fundamenta en el desarrollo de las siguientes etapas:

### Etapa 1

Consiste en la determinación de los efectos del clima en las necesidades hídricas, que viene dado por el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia *Eto*, que puede realizarse por cualquier método dependiendo de la información climatológica existente.

### Etapa 2

Consiste en estimar el efecto de las características del cultivo en las necesidades hídricas, el cual viene dado a través del coeficiente del cultivo *kc*.

$$Etc = Eto \cdot kc \quad (2.14)$$

donde:

*Etc* es la evapotranspiración del cultivo libre de enfermedades, creciendo en áreas grandes, sin restricciones nutricionales, hídricas ni edáficas, obteniendo la producción potencial bajo las condiciones de crecimiento dadas.

*Eto* es la evapotranspiración del cultivo de referencia.

*kc* es el factor que corrige el valor de la *Eto* por efecto del cultivo, la fase vegetativa del mismo y el nivel de humedad del suelo.

### Etapa 3

Esta etapa consiste en la corrección de la *Etc* por condiciones de localización, que es función del área sombreada de los cultivos.

$$Etl = Etc \cdot kl \quad (2.15)$$

donde:

*Etl* es la evapotranspiración disminuida por localización.

*kl* es el coeficiente de localización, que es función del área sombreada por el cultivo.

Según Rázuri (1988), "A" es la fracción del área sombreada por la cubierta vegetal al medio día respecto de la superficie total, que se calcula con la ecuación siguiente:

$$A = as / at \quad (2.16)$$

donde:

*as* es el área sombreada al medio día por la copa del árbol.

*dc* es el diámetro de copa.

*at* es el área total cultivada =  $Sp \cdot Sr$

*Sp* es la separación entre plantas

*Sr* es la separación entre hileras.

Varios autores han propuesto fórmulas para calcular *kl* en función de *A*:

Aljibury et al. -----  $kl = 1,34 \cdot A$  (2.17)

Decroix -----  $kl = 0,10 + A$  (2.18)

Hoare et al. -----  $kl = A + 0,5 (1 - A)$  (2.19)

Keller -----  $kl = A + 0,15 (1 - A)$  (2.20)

#### Etapa 4

Esta etapa consiste en la corrección de la *Et* por condiciones locales:

$$ETrL = Etl \cdot Kvc \cdot ka \quad (2.21)$$

donde:

*ETrL* es la evapotranspiración de diseño para riego localizado.

*Kvc* es el coeficiente de corrección por variación climática, cuyo valor está entre 1,15-1,20.

*ka* es el coeficiente de corrección por advección que depende del tamaño de la zona de riego, y del cultivo. Este

coeficiente puede estimarse mediante la Figura 12 presentada por Grassi (1993).

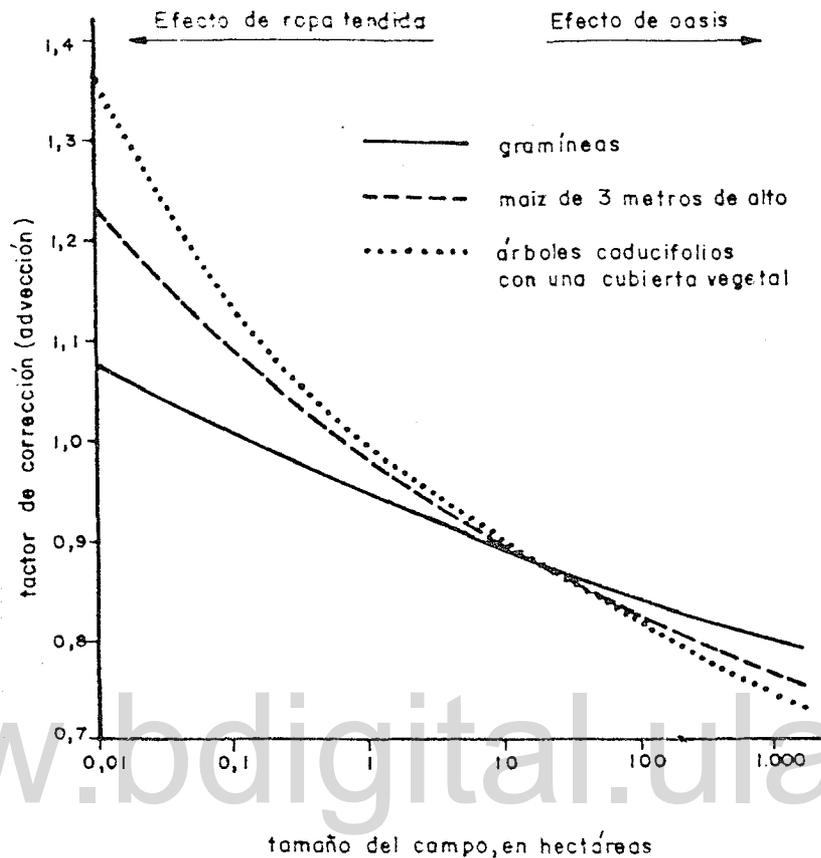


Figura 12. Factor de corrección por advección en función del área y tipo de cultivo

#### Etapa 5

Consiste en calcular las necesidades netas de riego, " $Nn$ ".

$$Nn = ETrL - Pe - Gw - \Delta w \quad (2.22)$$

donde:

$Pe$  es la precipitación efectiva, es decir la parte de la lluvia que puede ser utilizada por los cultivos.

$Gw$  es el aporte por capilaridad a la zona radicular, cuando hay una capa freática próxima.

$\Delta w$  es la variación en el almacenamiento del agua en el suelo.

Para fines de diseño se descartan los términos  $Pe$ ,  $Gw$ , y  $\Delta w$ , por lo tanto:

$$Nn = ETrL \quad (2.23)$$

### Etapa 6

Consiste en calcular las necesidades totales de riego,  $Nt$ , a partir de las necesidades netas,  $Nn$ . Para tal fin hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Pérdidas de agua por percolación.
- Necesidades de lavado.
- Falta de uniformidad del riego.

$$Nt = Nn / [ (1 - K) CU ] \quad (2.24)$$

eligiendo siempre el mayor valor de  $K$ .

donde:

$CU$  es el coeficiente de uniformidad de diseño del sistema, que asegura que la parte menos regada reciba la cantidad de agua necesaria.

$K = (1 - Ea)$  en el caso de pérdidas por percolación

$K = LR$  en el caso de requerimientos de lavado.

$LR$  es el requerimiento de lavado (%), que se puede calcular de la forma siguiente:

$$LR = [ CEw / 2 (maxCEe) ] 100 \quad (2.25)$$

donde:

$CEw$  es la máxima conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm).

$maxCEe$  es la máxima conductividad eléctrica que soporta el cultivo, medido en el extracto de saturación del suelo (mmhos/cm).

$Ea$  es la eficiencia de aplicación, que puede calcularse como:

$$Ea = ( Nn / Nt ) \quad (2.26)$$

## Fertirrigación

La combinación de la irrigación con la fertilización está bien reconocida como el más efectivo y conveniente modo de mantener un nivel óptimo de fertilidad y provisión de agua, de acuerdo a las exigencias específicas de cada planta y tipo de suelo, dando como resultado elevadas producciones y mejores calidades de cultivo.

Grobbelaar y Lowrens (1980) aseguran que en áreas con insuficientes lluvias la fertirrigación ofrece la mejor y, algunas veces, la única forma de asegurar que los nutrientes entren en la zona radicular.

Kafkafi (1973) dice que la esencia de la fertirrigación es aplicar soluciones nutrientes en el suelo.

Locascio y Myers (1975) señalan que la aplicación de fertilizantes a través de riego por goteo en el cultivo de fresa da como resultado un aumento de 20 a 25% en el peso de la fruta, comparado con el riego a manta.

Kovach (1983) dice que la fertirrigación ofrece una mayor versatilidad en el cálculo de la aplicación conociendo las necesidades específicas del cultivo, además puede ser aplicado en tiempo predeterminado de acuerdo con el desarrollo y estado fisiológico de la planta.

Pizarro (1986) asegura que una consecuencia del enorme éxito de los riegos localizados lo constituye la fertirrigación. Que el efecto de localización y alta frecuencia del riego por goteo obliga a la aplicación de abonos también en forma localizada y frecuente, dando como resultado numerosas ventajas en relación con prácticas tradicionales de abonado entre las que se pueden considerar las siguientes:

- Ahorro de fertilizantes.
- Mejor asimilación.
- Mejor distribución.
- Adecuación del abonado a las necesidades del momento.
- Rapidez de actuación ante síntomas carenciales.
- Economía en la distribución de los abonos.

Haifa Chemicals LTD. Israel (1993) menciona entre las ventajas de la fertirrigación las siguientes:

- Mejora la disponibilidad de los nutrientes y su absorción por las raíces, ya que tanto el agua como los nutrientes se suministran directamente a las raíces, creando una zona húmeda de gran concentración radicular.

- Es considerado como un método de aplicación seguro que elimina los riesgos de quemaduras en el sistema radicular de las plantas, ya que el fertilizante está muy diluido en el agua.

- Mejora la eficiencia, pues la cantidad de fertilizante presente en el suelo en cualquier momento es pequeña y por eso se producen menores pérdidas por lixiviación y escorrentía durante las lluvias.

- Permite a las plantas crecimientos en zonas marginales, tales como suelos arenosos y suelos rotos donde el correcto control del agua y los iones en las cercanías de las raíces de las plantas es crítico.

Los abonos utilizados en fertirrigación deberán cumplir con los siguientes requisitos:

#### Solubilidad de los fertilizantes

Deben ser solubles o emulsificables en agua, con el objeto de evitar obturaciones. A este respecto hay que tener en cuenta la compatibilidad con otros abonos y con la propia agua de riego. Para la preparación de una solución concentrada de fertilizantes se recomienda no pasar del 75 % del límite de solubilidad de los productos presentados en la Tabla 14.

Tabla 14. 100 % de solubilidad de productos básicos para fabricación de abonos. (Pizarro 1986)

Producto	Composición	Solubilidad	
		gr/l	°C
1. Para NPK y elementos secundarios			
Ácido nítrico	13 - 0 - 0		
Solución N-20	20 - 0 - 0		
Solución N-32	32 - 0 - 0		
Polifosfato amónico	10 - 34 - 0		
Ácido fosfórico	0 - 68 - 0		
Urea	46 - 0 - 0	1000	17
Nitrato potásico	13 - 0 - 46	257	15

Tabla 14. Continuación

Nitrato cálcico	15,5 - 0 - 0 (26 CaO)	1.130	15
Sulfato amónico	21 - 0 - 0 (23 S)	742	15
Fosfato monoamónico	12 - 60 - 0	227	0
Fosfato diamónico	21 - 53 - 0	413	15
Nitrato amónico	33,5 - 0 - 0	1.630	15
Fosfato monopotásico	0 - 51 - 34	148	0
Sulfato potásico	0 - 0 - 50 (18 S)	102	15
Cloruro potásico	0 - 0 - 60	326	15
Nitrato magnésico	11 - 0 - 0 (9,5 Mg)		
Sulfato magnésico	11-0-0 (16 Mg-13 S)		
2. para microelementos			
Sulfato de hierro	FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	20 % Fe	
Sulfato de magnesio	MnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	32 % Mn	
Sulfato de Zinc	ZnSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	22 % Zn	
Sulfato de cobre	CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	25 % Cu	
Molibdato amónico	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> 4H <sub>2</sub> O	15 % Mo	
Acido bórico	H <sub>3</sub> Bo <sub>3</sub>	17 % B	
Tetraborato sódico	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> 10H <sub>2</sub> O	11 % B	
Quelato de hierro			
Quelato de manganeso			
Quelato de Zinc			

### Pureza de los fertilizantes

Los abonos son sales que aumentan la concentración salina inicial del agua de riego que puede producir toxicidad. Al calcular las dosis no se deben superar los valores admisibles de salinidad, que son diferentes para cada cultivo. Debe tomarse en cuenta la compatibilidad entre los componentes de la mezcla presentada en la Tabla 15 y el antagonismo o sinergismo entre los iones en la Tabla 16.

Tabla 15. Compatibilidad química de la mezcla de fertilizantes. (Pizarro 1986).

I = Incompatible C = Compatible L = Compabilidad limitada										
NITRATO AMONICO	UREA	SULFATO AMONICO	SUPERFOSFATO TRIPLE	SUPERFOSFATO SIMPLE	FOSFATO DIAMONICO	FOSFATO MONOAMONICO	CLORURO POTASICO	SULFATO POTASICO	NITRATO POTASICO	NITRATO CALCICO
I										
C	C									
C	L	C								
C	L	C	C							
C	C	C	L	L						
C	C	C	C	C	C					
C	C	C	C	C	C					
C	C	C	C	C	C	C				
C	C	C	C	C	C	C	C			
C	C	C	C	C	C	C	C	C		
C	C	L	L	L	L	L	C	L	C	

Tabla 16. Antagonismo y sinergismo entre iones (Pizarro 1986).

Ión	Antagónico con	Sinérgico con
Nitrógeno	Potasio	Magnesio
Fósforo	Potasio, Hierro, Cinc	Magnesio
Potasio	Boro, Magnesio	Magnesio, hierro.
Calcio	Potasio, hierro, magnesio	-----
Sodio	Magnesio, calcio	-----
Bicarbonato	Hierro	-----
Sulfato	Calcio	Sodio

## Aplicación de fertilizantes

Con respecto a la práctica de fertirrigación, Haifa Chemicals LTD. Israel (1993), explica que en la actualidad se conocen diferentes técnicas para la aplicación de los fertilizantes utilizados en los sistemas de riego, y que atendiendo a sus principios de actuación, estas técnicas pueden clasificarse en dos grupos:

- a) Sistemas de Succión.
- b) Sistemas de impulsión.

Entre los sistemas de succión están el tipo venturi y el sistema de bomba de fertilizante que se describen a continuación.

Tipo venturi. Es basado en el principio del tubo venturi, suministra el fertilizante a concentración constante que depende del flujo de agua como se muestra en la Figura 13.

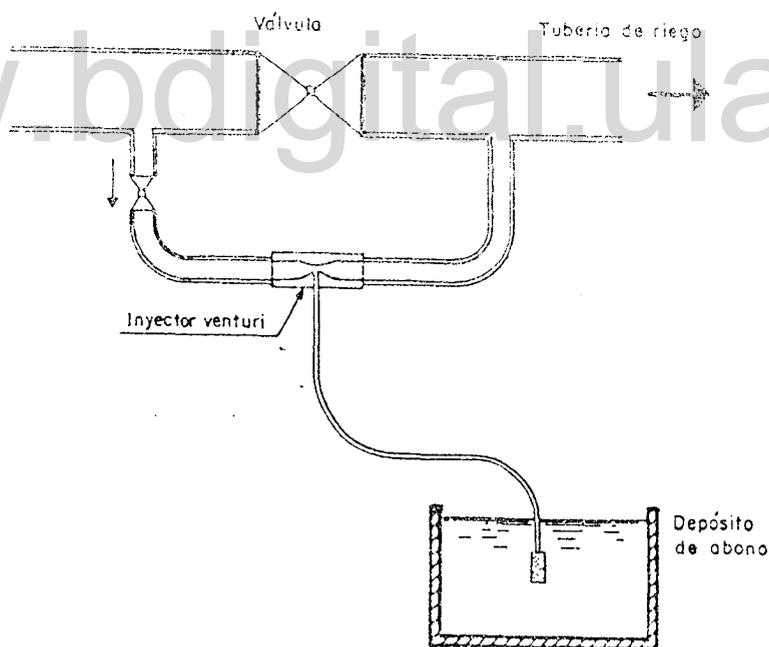


Figura 13. Inyector de abono tipo venturi.

**Bomba de fertilizante.** En este sistema la solución fertilizante (solución stock o madre) es preparada en un tanque desde el que es bombeada e inyectada al sistema de riego. La solución fertilizante es suministrada a presión constante. Este sistema se ilustra en la Figura 14.

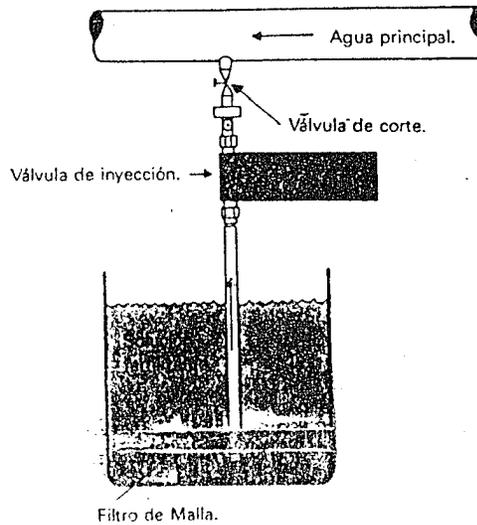


Figura 14. Inyección de abono por aspiración de la bomba.

**Sistema Bypass.** Entre los sistemas de impulsión más utilizados está el sistema Bypass. Este consiste en que un tanque que contiene fertilizantes solubles es conectado a la red de riego. Parte del agua de riego es desviada hacia el tanque fertilizante, diluyendo la solución nutriente y retornando de nuevo a la red. La concentración de fertilizante en el tanque irá disminuyendo a medida que transcurre el tiempo. Este sistema se presenta en la Figura 15.

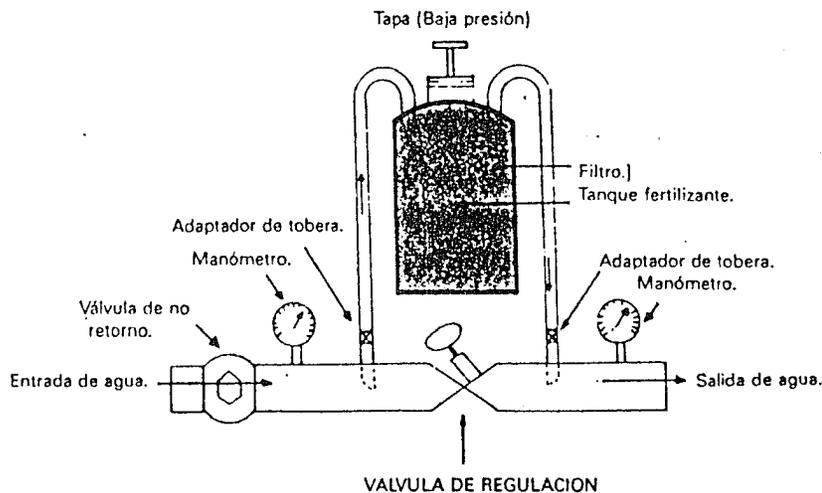


Figura 15. Inyección de abono por el sistema Bypass.

### Porcentaje de superficie mojada

Keller y Karmeli (1975) definen el porcentaje de superficie mojada, como la relación expresada en %, entre el área mojada por los emisores y el área total del cultivo.

Keller y Merriam (1978) estandarizan que el porcentaje de área mojada, *Ph*, se mida a 30 cm de profundidad, recomendando los valores mínimos en el caso de árboles, según la Tabla 17.

Tabla 17. Porcentaje de superficie mojada. (Rázuri, 1986) 1/

Clima	Ph mínimo	Ph máximo
Clima húmedo	20 %	35 %
Clima árido	33 %	50 %

1/ Para cultivos herbáceos recomiendan valores más altos llegando hasta un 70 %.

Rázuri (1988) establece que para cultivos permanentes con amplia separación, el valor del porcentaje de área mojada durante el riego, *Ph*, está entre 33 % y 50 %; en cultivos de tipo hortícola, de poco espaciamento, los valores son más altos, llegando hasta un 80 %. El *Ph* es utilizado para calcular la lámina almacenable de agua, *da*.

$$da = [(CC - PMP) / 100] Da \cdot D \cdot Ph \quad (2.27)$$

donde:

*da* es la lámina almacenable en suelo.

*CC* es el porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo, en base a peso seco.

*PMP* es el porcentaje de humedad del suelo a punto de marchitez permanente, en base a peso seco.

*D* es la profundidad radicular de diseño.

*Da* es la densidad aparente del suelo.

Keller y Karmelli (1975) proponen, para calcular el porcentaje de suelo mojado *ph*, la ecuación:

$$Ph = (Am / At) 100 \quad (2.28)$$

donde:

*Am* es el área mojada medida a 30 cm de profundidad.

$A_t$  es el área total cultivada.

El cálculo del área mojada por un emisor se puede hacer por tres procedimientos:

- a) empleando fórmulas.
- b) utilizando tablas.
- c) mediante pruebas de campo.

Varios autores ( Keller y Merriam 1978, Rázuri 1988, y Pizarro 1986), afirman que el mejor procedimiento de conocer el área mojada por un emisor consiste en realizar pruebas de campo.

### Eficiencia de aplicación, $E_a$ , en riego localizado

Rázuri (1993) considera que la eficiencia de riego es la relación que existe entre la lámina de agua transpirada o lámina utilizada por el cultivo y la lámina derivada; para su evaluación hay que considerar las pérdidas inevitables, los requerimientos de lavado y los desperdicios de agua.

Keller (1978), citado por Pizarro (1986) explica que para estimar la  $E_a$  distingue dos casos:

#### a) Climas áridos.

Aquellos en los que el aporte de agua por precipitación efectiva es insignificante. Los valores se dan en la Tabla 18.

Tabla 18. Valores de  $E_a$  en climas áridos. (Pizarro, 1986).

Profundidad de raíces (m).	Textura			
	Muy porosa (graba)	Arenosa	Media	Fina
< 0,75	0,85	0,90	0,95	0,95
0,75 - 1,50	0,90	0,90	0,95	1,00
> 1,50	0,95	0,95	1,00	1,00

En riegos por difusión o microaspersión, disminuir estos valores un 10%.

#### b) Climas húmedos.

Donde se toma en cuenta el aporte por precipitación efectiva. Los valores de  $E_a$  se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Valores de  $Ea$  en climas húmedos (Pizarro, 1986).

Profundidad radicular (m)	Textura			
	Muy porosa	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

En riegos por difusión o microaspersión, disminuir estos valores en 5%.

Otra metodología para calcular la  $Ea$  es dada por Rázuri (1988), donde las eficiencias de riego del ciclo vegetativo o estacionales serán estimadas para los siguientes casos:

- Cuando:  $Rt < 1 / (1-RL)$

$$Ea = ( 1 - RL ) \quad (2.29)$$

- Cuando:  $Rt > 1 / (1-RL)$ , entonces  $Ea ( 1 - RL ) = CU / Rt$

$$Ea = CU / Rt ( 1- RL ) \quad (2.30)$$

donde:

$RL$  es el requerimiento de lavado.

$Rt$  es la relación de transpiración, que se define como la relación entre el uso consuntivo máximo y la transpiración del cultivo.

Los valores de  $Rt$  en función del clima, profundidad radicular y textura del suelo se puede obtener de la Tabla 20.

Tabla 20. Relación de transpiración estacional para regiones áridas y húmedas, con suelos de diferentes texturas y cultivos de diferente profundidad radicular (Rázuri 1986). Estos valores son para goteros. Para emisores tipo aerosol agregar el 5% en climas húmedos y 10 % en áridos.

Clima	Profundidad radicular (m)	Textura			
		Muy gruesa	Gruesa	Media	Fina
Arido	0,75	1,15	1,10	1,05	1,05
	0,75 - 1,50	1,10	1,10	1,05	1,00
	> 1,50	1,05	1,05	1,00	1,00
Húmedo	0,75	1,45	1,25	1,15	1,10
	0,75 - 1,50	1,25	1,20	1,10	1,05
	> 1,50	1,20	1,10	1,05	1,00

Anderson y Bishop (1978), citados por Hernández (1993), suponen que en sistemas de riego localizado, el volumen de agua infiltrado es igual al volumen de agua aplicado. Describen algunos términos de eficiencia útiles para evaluar la efectividad real y/o potencial de las aplicaciones de agua de riego en un sistema dado. Entre los términos de eficiencia que ellos describen están:

- Eficiencia de aplicación de la cuarta parte del área total con mínima infiltración y almacenamiento,  $EA_{25}$ , que es la relación entre la lámina promedio de la cuarta parte del área con menor infiltración y almacenamiento,  $dp_{25}$ , y la lámina promedio de agua aplicada,  $dp$ . Cuando  $dp_{25}$  excede la humedad faltante del suelo en el momento del riego,  $df$ , siendo esta última, la diferencia entre el contenido de humedad a capacidad de campo y el contenido de humedad existente antes del riego, la eficiencia podría expresarse con la fórmula siguiente:

$$EA = ( df / dp ) \quad (2.31)$$

donde:

$EA$  es una variante de la eficiencia de aplicación que incluye el concepto de uniformidad y suficiencia del riego.

$df$  es la lámina faltante en el suelo en el momento del riego (mm), que se calcula con la relación:

$$df = [ ( W_{max} - W_r ) / 100 ] \cdot Da \cdot D \quad (2.32)$$

donde:

$W_{max}$  es el máximo contenido de humedad útil en porcentaje, en base a peso seco.

$W_r$  es el % de humedad en el suelo en el momento del riego, en base a peso seco.

$Da$  es la densidad aparente del suelo.

$D$  es la profundidad radicular efectiva en mm.

$dp$  es la lámina promedio aplicada en mm.

### Eficiencia de aplicación real, $E_{ar}$

Esta eficiencia obtenida a nivel de campo indica cuán bien está siendo utilizado el sistema de riego. Puede ser estimada mediante las expresiones para dos casos particulares.

a) Cuando se apliquen riegos excesivos:

$$E_{ar} = ( df / dbr ) \cdot 100 \quad (2.33)$$

b) Cuando se apliquen riegos deficientes:

$$E_{ar} = CUS \quad (2.34)$$

donde:

*CUS* es el coeficiente de uniformidad del sistema.

*dbr* es la lámina de riego bruta promedio aplicada en mm, que puede calcularse mediante la ecuación:

$$dbr = Te \cdot ta \quad (2.35)$$

donde:

*Te* es la tasa de aplicación media del emisor, en mm/h.

*ta* es el tiempo de aplicación en horas.

### Uniformidad de riego

La uniformidad es una magnitud que caracteriza a todo sistema de riego y que además interviene en su diseño, tanto en el agronómico, pues afecta al cálculo de las necesidades totales de agua (*Nt*), como en el hidráulico, pues en función de ella se definen los límites de variación de caudales de los emisores.

Keller y Karmeli (1975), han propuesto la ecuación siguiente para estimar el coeficiente de uniformidad con fines de diseño:

$$CU = 100 ( 1 - 1,27 \cdot CV/Te ) qn / qa \quad (2.36)$$

donde:

*CU* es el coeficiente de uniformidad.

*CV* es el coeficiente de variación de fabricación del emisor.

*qn* es el caudal mínimo del emisor correspondiente a la presión mínima.

*qa* es el caudal medio de los emisores.

*e* es el número de emisores por planta.

El SCS (1984) manifiesta que la selección del *CU* ideal para diseño requiere de consideraciones económicas, debiendo tomarse en cuenta cuatro factores:

- Costo de instalación requerido para elevar el *CU* al valor deseado.
- Costo del agua y relacionados con ella.
- Sensibilidad del rendimiento del cultivo a riegos no uniformes.
- Precio de los cultivos.

Pizarro (1986) indica que en la uniformidad de riego intervienen varios tipos de factores:

#### Constructivos.

Los procesos de fabricación de los emisores y los materiales empleados hacen que los emisores de un mismo modelo no sean exactamente iguales entre sí, proporcionando caudales diferentes incluso para la misma presión de trabajo. El efecto de los factores constructivos se engloban en el coeficiente de variación de fabricación, *CV*.

#### Hidráulicos.

Los distintos emisores de una instalación están sometidos a presiones diferentes, debido a las pérdidas de carga y los desniveles.

#### Envejecimiento y obturaciones.

El envejecimiento puede producir alteración del diámetro por formación de depósitos, afectando la velocidad de paso del agua. Se considera que una velocidad por encima de 4,5 m/seg disminuye el riesgo de obturaciones por sedimentación. La sensibilidad a las obturaciones en función del diámetro se puede obtener de la Tabla 21.

Tabla 21. Sensibilidad a las obturaciones en función del diámetro.

Diámetro mínimo (mm)	Sensibilidad a las obturaciones
< 0,7	Alta
0,7 - 1,5	Mediana
> 1,5	Baja

## Diferencias de temperatura.

Producen un doble efecto:

a) Envejecimiento acelerado de materiales plásticos de goteros autocompensantes.

b) El aumento de la temperatura disminuye la viscosidad cinemática del agua y aumenta el número de Reynolds, ocasionando como consecuencia disminución en el coeficiente de rozamiento, incrementando la descarga.

Los valores recomendados del coeficiente de uniformidad *CU*, con fines de diseño aparecen en la Tabla 22.

Tabla 22. Valores de *CU* con fines de diseño (Pizarro 1986).

Emisores	Pendiente (i)	CU	
		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 u ondulada (i > 2%)	0,85 - 0,90	0,75 - 0,80
Emisores espaciados menos de 2,5 m. en cultivos permanentes o semi-permanentes	Uniforme (i < 2%)	0,85 - 0,90	0,75 - 0,80
	Uniforme u ondulada (i > 2%)	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 u ondulada (i > 2%)	0,70 - 0,85	0,65 - 0,75

Para la evaluación de sistemas de riego en funcionamiento, el coeficiente de uniformidad de una sub-unidad de riego, *CU<sub>su</sub>*, es un parámetro de la eficiencia de distribución de la lámina de agua dentro de la sub-unidad evaluada y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$CU_{su} = ( q_n / q_a ) 100 \quad (2.37)$$

donde:

$q_n$  es el caudal mínimo de la sub-unidad de riego, calculado como un promedio del 25% de los menores valores de descarga en la sub-unidad.

$q_a$  es el caudal medio de la sub-unidad de riego, calculado como un promedio de todos los valores de descarga en la sub-unidad.

Hernández y Rodrigo (1980) reportan unos intervalos para la calificación del coeficiente de uniformidad como aparecen en la Tabla 23.

Tabla 23. Calificación de  $CU$ , (Hernández y Rodrigo 1980).

Valores de $CU$	Calificación
> 92 %	Excelente
87 - 92 %	Bueno
80 - 87 %	Aceptable
70 - 80 %	Pobre
< 70 %	Inaceptable

Keller (1978) propone tres parámetros de evaluación de la uniformidad del riego:

Coficiente de uniformidad absoluto de la sub-unidad de riego,  $CU_a$

Sirve para identificar las posibles aplicaciones excesivas de agua, que pueden ser igualmente dañinas que los déficits. Se obtiene mediante la relación de las descargas máximas y mínimas que ocurren en la sub-unidad de riego, aplicando la ecuación siguiente:

$$CU_a = 1/2 [ (q_n / q_a ) + ( q_a / q_{max} ) 100 ] \quad (2.38)$$

donde:

$q_{max}$  es el promedio de los dos aforos más altos en la sub-unidad de riego.

Según Keller (1975) el valor de  $CU_a$  debe ser mayor que 90 por ciento.

Coefficiente de uniformidad de la unidad operacional de riego,  $CU_{ur}$

Este coeficiente indica el grado de uniformidad de aplicación del riego dentro de la unidad operacional a la que pertenece la sub-unidad evaluada. Se calcula por medio de la expresión:

$$CU_{ur} = CU_{su} \cdot FCCur \quad (2.39)$$

donde:

$FCCur$  es el factor de corrección de caudales para la unidad de riego, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$FCCur = ( Ppmin / pmin )^x \quad (2.40)$$

siendo:

$Ppmin$ , el promedio de las presiones mínimas de entrada en las tuberías terciarias de la unidad de riego.

$pmin$ , la presión mínima de entrada a la tubería terciaria de la sub-unidad evaluada.

Coefficiente de uniformidad para el sistema de riego  $CUS$

Indica la uniformidad de riego a nivel de todo el sistema, se calcula mediante la expresión siguiente:

$$CUS = CU_{su} \cdot FRE \quad (2.41)$$

donde:

$FRE$  es el factor de ajuste de la eficiencia que se puede estimar mediante la expresión siguiente:

$$FRE = ( Min Pmin / Ppmin )^x \quad (2.42)$$

siendo:

$Min Pmin$ , la mínima presión de entrada de las tuberías terciarias del sistema.

$Ppmin$ , el promedio de las presiones mínimas de entrada a las tuberías laterales de todo el sistema.

$x$  el exponente de descarga.

La calificación de los coeficientes anteriores según Keller (1980), viene dada por la Tabla 24.

Tabla 24. Calificación de *CUa*, *CUur*, y *CUS*. (Keller 1980).

Valores de <i>CUa</i> , <i>CUur</i> , <i>CUS</i> .	Calificación
> 90 %	Excelente
80 - 90 %	Bueno
70 - 80 %	Aceptable
< 70 %	Pobre

### Funciones de producción

Grassi (1988) considera que el análisis de las respuestas de los cultivos a diferente régimen de riego se han orientado hacia la obtención de funciones de producción, que relacionan el rendimiento del cultivo con el nivel de humedad del suelo o la cantidad de agua usada.

La productividad o rendimiento de un cultivo, en cierto ambiente edafoclimático y bajo la aplicación de determinados insumos y prácticas de manejo, dependen de múltiples factores. Si se toma en cuenta solo el factor de más relevancia, el régimen hídrico se puede identificar mediante simples funciones de producción.

Cuando se estudia sólo el régimen de riego, la función de producción responde comúnmente a la ecuación cuadrática del tipo:

$$Y_i = b_0 + b_1 \cdot x_i + b_2 \cdot x_i^2 \quad (2.43)$$

donde:

$Y_i$  es la producción en kg/ha.

$x_i$  son los metros cúbicos de agua utilizados por hectárea.

### Diseño de sistemas de riego localizado

Todo sistema de riego localizado tiene ciertas particularidades y condiciones específicas que deben tomarse muy en cuenta en el momento de su diseño, entre ellos se pueden considerar:

#### **Selección de emisores**

Varios autores (Keller y Karmeli 1975, Rázuri 1986), han sugerido que el flujo de los emisores puede ser caracterizado por la ecuación:

$$q = kd \cdot h^x \quad (2.44)$$

donde:

$q$  es el caudal erogado por el emisor.

$kd$  es el coeficiente de descarga característico del tipo de emisor.

$h$  es la carga hidráulica en la entrada del emisor.

$x$  es el exponente de descarga que depende del régimen de funcionamiento del emisor, e indica la sensibilidad de éste a las variaciones de presión.

De acuerdo a los autores mencionados, los emisores deben seleccionarse según las características de funcionamiento del sistema, dado que su funcionamiento puede ser afectado por las causas siguientes:

- Variaciones de fabricación del emisor.
- Variaciones debido a la temperatura.
- Variaciones debido a obturaciones.

#### Diseño de tuberías

Para el diseño de tuberías, debe tomarse en cuenta la tolerancia en la variación de presiones y caudales.

Medina (1979) citado por Hernández (1993), indica que en el caso de tuberías laterales se admite un margen de variación de caudales del 10 %, lo cual corresponde a una variación de presiones del 10 al 20 %, según si el régimen de funcionamiento del emisor sea laminar o turbulento, pudiendo tolerarse hasta el 40 % en las variaciones de presión cuando se utilizan emisores autocompensantes. Así mismo la pendiente de estas tuberías no debe ser mayor del 2 % a menos que se usen emisores autocompensantes.

Para el diseño de tuberías secundarias y terciarias, se siguen los siguientes criterios: la diferencia del caudal entregado a laterales extremos, debe ser menor o igual a 10 %; su pendiente puede llegar hasta 4 %, aunque puede aceptarse mayores valores para condiciones especiales de diseño; deben colocarse siguiendo las líneas de mayor pendiente, y la pérdida de carga admisible debe ser del 10 al 20 % de la presión promedio de trabajo del emisor, menos la pérdida de carga que se produzca en la tubería lateral.

### CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### Recopilación de información básica del proyecto

Esta información es muy importante ya que representa un marco de referencia o punto de apoyo para la evaluación del sistema de riego. La información está basada en: ubicación y extensión, clima, agua, suelo, cultivo, y condiciones actuales de funcionamiento del sistema.

#### Ubicación y extensión del área de estudio

La zona de estudio corresponde a dos fincas pertenecientes a la empresa privada "CHESTNUT HILL FARMS DE VENEZUELA": La finca San Gerónimo, con un área de 24 ha y la finca Mucupiches con 30 ha, ambas cultivadas con fresa. Estas fincas están ubicadas al inicio de la parte alta de la cuenca del río Chama, entre los municipios de Tabay y Mucurubá del Estado Mérida, entre  $08^{\circ} 38' 09'' - 08^{\circ} 42' 27''$  de latitud norte y  $70^{\circ} 59' 21'' - 71^{\circ} 01' 30''$  de longitud oeste. El área de estudio está a 1800 y 2300 m.s.n.m. respectivamente. En la Figura 16 se presenta la ubicación relativa de las zonas de estudio en la cuenca del río Chama, y en la Figura 17 se presenta la distribución de las sub-unidades de riego del sistema San Gerónimo

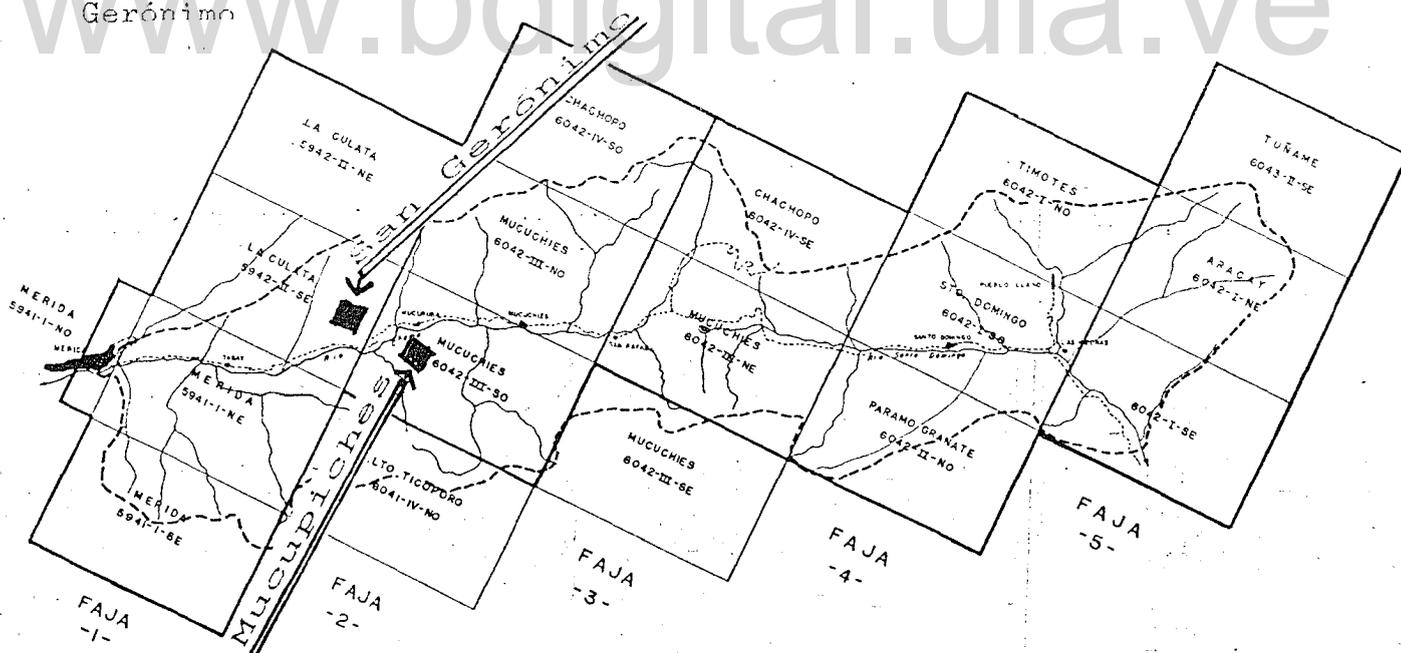


Figura 16. Ubicación de los sistemas evaluados en la cuenca del río Chama.

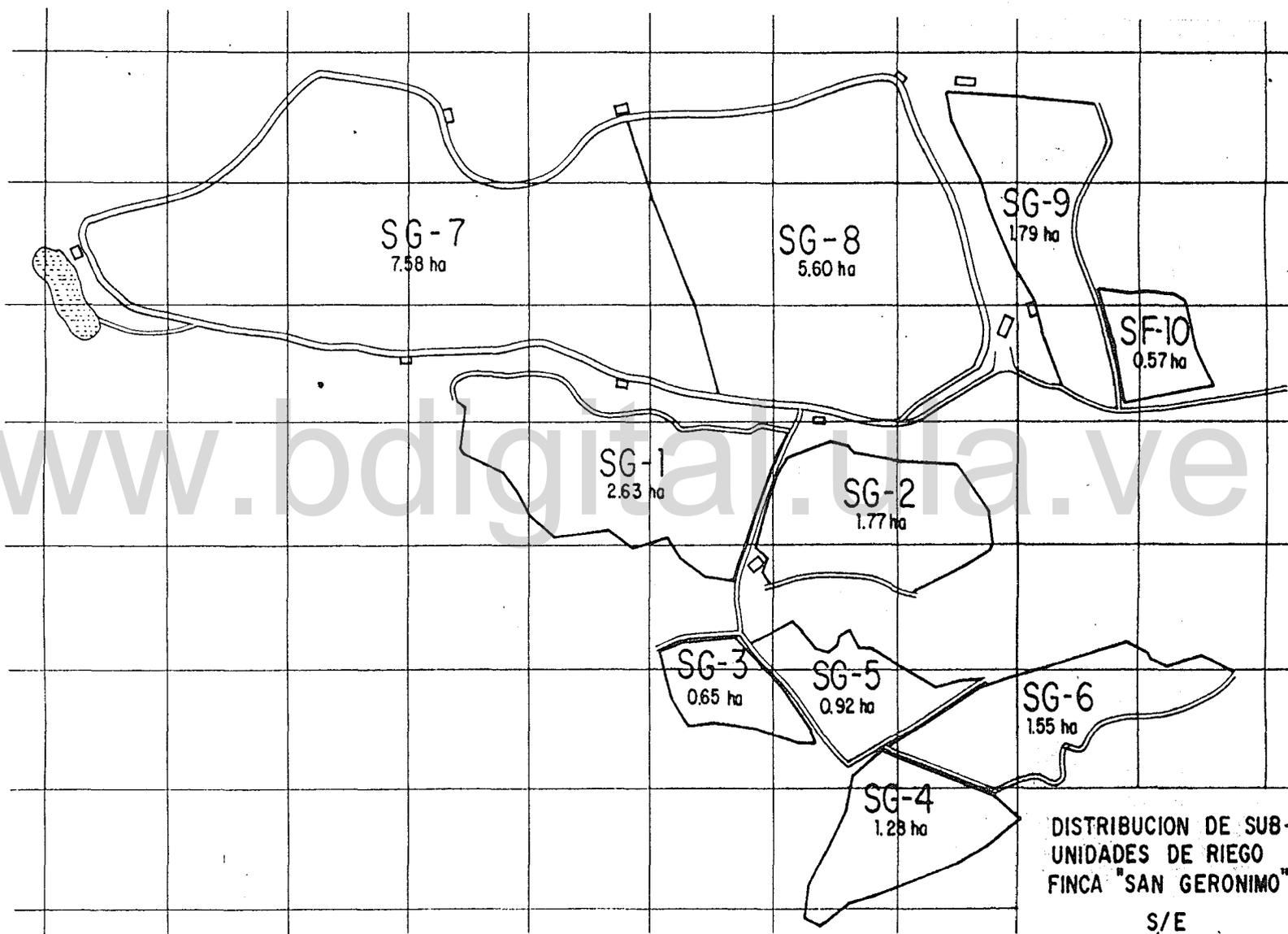


Figura 17. Distribución de las sub-unidades de riego Sistema San Gerónimo.

## Climatología

La precipitación y la temperatura son los elementos que en diferentes combinaciones determinan, en gran medida, los diferentes tipos de clima.

Para el análisis del clima se utilizaron los registros climatológicos de las estaciones meteorológicas representativas del área de estudio: estación serial No. 3039 ubicada en Tabay, representativa de la finca San Gerónimo, y la estación serial No. 3029 ubicada en Mucurubá, representativa de la finca Mucupiches. Los datos climatológicos se presentan en el Apéndice 1.

Según Koppen, citado por Castillo (1965) el clima de esta zona se clasifica como Cf(ww")bi, que corresponde a clima de selva nublada macro-mesotérmico húmedo.

### Precipitación

Se analizaron los datos de precipitación existentes en las estaciones anteriormente mencionadas. Se calculó la precipitación media mensual cuyos resultados aparecen en la Tabla 25.

Tabla 25. Valores de precipitación media mensual (mm)

ESTACION	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TABAY 1955-1989	33,7	44,1	69,4	188	229,0	107,7	89,9	129,6	178,3	248,8	163,8	70,6
MUCURUBA 1966-1983	27,6	33,2	50,2	152,5	116,2	63,3	54,6	64,1	82,2	104,5	74,9	34,4

### Evaporación

Para la estación de Mucurubá que cuenta con datos de evaporación de tina, se calculó la evaporación media anual para el período 1966-1983. Para la estación Tabay que no cuenta con datos de evaporación, éstos se generaron a partir de registros de temperatura máxima y mínima tomados a nivel de finca durante 1992-1993. Los datos de evaporación media mensual se reportan en la Tabla 26.

Tabla 26. Evaporación media mensual, Ev, (mm).

ESTACION	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
NUCOBOSA 1966-1983	136.5	139.2	144.5	108.5	124.4	103.9	113.4	131.3	113.5	129.2	136.3	120.7
SAN GERONIMO 1992-1993	120.9	117.6	139.5	90.2	125.4	96.0	139.5	114.7	117.2	124.2	135.0	111.6

Durante el presente estudio se implementó una estación climatológica para obtener datos consistentes de evaporación, precipitación y temperatura máximas y mínimas a nivel de finca. En la Figura 18 se muestra la estación instalada, y en el Apéndice 1 se presentan los datos medidos.

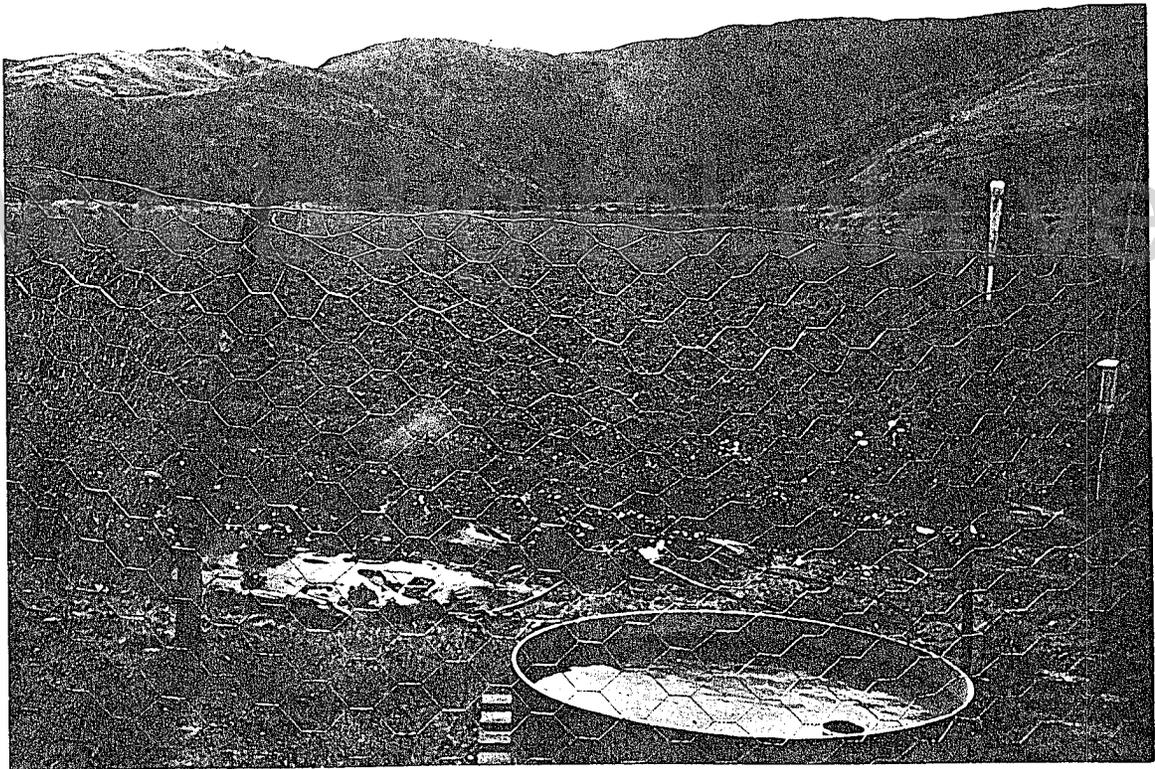


Figura 18. Estación climatológica instalada durante el estudio.

## Balance hídrico

Para tener una idea general y a fin de calificar las características climáticas de la zona de estudio que pueden utilizarse a nivel de planificación, se realizó un balance hídrico a nivel mensual del suelo en equilibrio con el clima. Para el sistema Mucupiches se utilizaron los datos climáticos de precipitación media mensual y evaporación de tina del período 1966-1983, según Tablas 25 y 26. Para el sistema San Gerónimo, que no dispone de datos de evaporación, se utilizó la evapotranspiración del cultivo de referencia, *Eto*, generada a partir de datos de temperatura máxima y mínima medidos a nivel de finca. los cálculos se detallan en las Tablas 27 y 28.

El balance se calculó mediante la ecuación siguiente:

$$Nr = Eto - ( P + S ) \quad (3.1)$$

donde:

*Nr* es la necesidad de riego.

*Eto* es la Evapotranspiración del cultivo de referencia.

*P* es la precipitación media mensual.

*S* es el cambio en el almacenamiento del agua en la zona radical.

La lámina neta útil almacenable en el suelo, *dna*, se calculó mediante la fórmula:

$$dna = [ ( CC - PMP ) / 100 ] \cdot Da \cdot D \quad (3.2)$$

Tabla 27. Balance hídrico Sistema San Gerónimo (sub-unidad SG-1 1992-1993).

Parámetro (mm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evaporación	120.9	117.6	139.5	90.0	105.4	96.0	108.5	114.7	117.0	124.0	105.0	11.6
Eto *	96.7	94.1	111.6	72.0	84.3	76.8	86.8	91.8	93.6	99.2	84.0	89.3
Precipitación	33,7	44,1	69,4	188,0	229,0	107,7	89,9	129,6	178,3	248,8	163,8	70,6
Almacenaje	--	--	--	91,5	91,5	30,9	3,1	37,8	85,0	91,5	79,8	--
Exceso	--	--	--	24,5	53,2	--	--	--	--	58,1	---	--
Déficit	63,0	50,0	42,2	--	--	--	--	---	--	---	--	18,7

Eto = 0,8 \* Ev.

Tabla 28. Balance hídrico sistema Mucupiches (sub-unida M-1).

Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Evaporación	136,5	128,2	144,5	108,5	104,4	100,9	113,4	121,3	115,5	109,2	108,8	120,7
Eto. *	109,2	120,6	115,6	86,8	83,5	80,7	90,7	97,0	92,4	87,4	87,0	96,6
Precipitac.	27,6	33,2	50,2	152,5	116,2	63,3	54,6	64,1	82,8	104,5	74,9	34,4
Almacenam.	-	-	-	65,7	32,7	-	-	-	-	17,1	-	-
Exceso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Déficit.	81,6	87,4	65,4	-	-	17,4	36,1	32,9	9,6	-	12,1	62,2

Eto = 0,8 \* Ev.

Los déficit hídricos a nivel mensual, reportados en los dos balances anteriores, pueden utilizarse satisfactoriamente a nivel de planificación, pero que serán muy distanciados de la realidad si se utilizan para identificar los verdaderos períodos de requerimiento de agua para esta zona de estudio.

### Información edafotécnica

#### Suelos

Según Castillo (1965), se tiene como información general que los suelos del área de estudio, atendiendo a las características fundamentales de clima-vegetación, pertenecen a la franja Macro-mesotérmica húmeda (montano bajo), comprendida entre los 1.400 y 2.500 metros de altitud de la cuenca del río Chama, que se caracteriza por no tener ningún mes con precipitación menor de 30 mm, nieblas frecuentes con vegetación de selva nublada.

Generalmente estos suelos pertenecen a la serie A-20a y A-20c. La serie A-20a se caracteriza por ser suelos desarrollados en materiales de terrazas, con pendientes del 5 al 20%, la textura del horizonte superficial es franco arenosa a franco arcillo-arenosa. El color del horizonte superficial varía con el contenido de materia orgánica, de 2,8 a 3,8%, de marrón grisáceo a negro; el color del subsuelo varía de marrón amarillento a marrón rojizo, pedregoso. Este último en su contacto con el horizonte superficial tiene una capa enriquecida de arcilla. La estructura es de grano simple a masiva.

La serie A-20c se caracteriza por ser suelos franco arenoso, relieve plano ; pendiente 5 a 15%. La profundidad del horizonte superficial es de 60 a 80 cm. con contenido de materia orgánica que va de 2,94 a 5,85 % según el manejo al que hayan sido sometidos. El pH es de 4,7 a 5,4 , la estructura granular moderada media.

Los suelos de los sistemas evaluados disponen de análisis químico, realizado en el laboratorio Agro Services International INC. de Orange City Florida; estos se presentan en el Apéndice 4.

Para efectos de la evaluación del riego se realizó análisis mecánico tomando muestras a profundidades de 0 - 20 cm y de 20 - 40 cm, las que fueron analizadas en el laboratorio de suelos del Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales de la Universidad de los Andes. Los resultados se presentan en las Tablas 29 y 30.

Tabla 29. Propiedades físicas de los suelos sistema San Gerónimo.

Muestra	Prof (cm)	Granulometría			Textura	Densidad aparente
		Arena % a	Arcilla % A	Limo % L		
SG-1	0-20	48	26	26	FAa	1,60
	20-40	44	36	20	FA	1,44
SG-2	0-20	48	30	22	FAa	1,58
	20-40	42	36	22	FA	1,64
SG-4	0-20	50	28	22	FAa	1,59
	20-40	50	28	22	FAa	1,60

Tabla 30. Propiedades físicas de los suelos sistema Mucupiches.

Muestra	Prof. (cm)	Granulometría			Textura	Densidad aparente
		Areana % a	Arcilla % A	Limo % L		
M-1	0-40	62	10	28	Fa	1,50
M-2 M-2G	0-40	74	06	20	Fa	1,52
M-3 M-3G	0-40	72	06	22	Fa	1,48

#### Retención de humedad

Los valores de retención de humedad en el suelo, para las diferentes tensiones, se determinaron mediante el uso del plato de presión y la mesa de tensión, sometiendo las muestras de suelo saturadas a presiones de 1/10, 1/5, 1/3, 1/2, 1, 3, 5, 7 y 15 atmósferas. A partir de esos valores y los contenidos de humedad correspondientes, se construyeron las curvas medias de retención de humedad de las unidades de producción consideradas.

Los valores de retención de humedad aparecen en la Tabla 31 y las curvas de retención en el Apéndice 2.

Tabla 31. Porcentaje de retención de humedad de las sub-unidades evaluadas.

Muestra	Prof. (cm)	ATMÓSFERAS								
		1/10	1/5	1/3	1/2	1	3	5	7	15
SG-1	0-20	32,13	27,87	25,51	23,75	21,64	18,74	17,98	16,45	16,33
SG-1	20-40	33,95	27,90	24,68	22,62	24,35	22,89	21,98	19,77	19,55
SG-2	0-20	32,32	25,99	23,15	23,13	22,13	19,33	18,73	17,11	16,90
SG-2	20-40	31,03	26,57	25,92	25,63	25,14	21,66	20,71	19,45	19,21
SG-4	0-20	29,11	25,09	22,13	22,11	21,14	18,43	17,58	16,49	16,30
SG-4	20-40	29,22	27,66	22,04	22,00	21,98	18,75	18,00	16,15	15,91
M-1	0-40	36,79	31,79	29,35	24,52	17,78	16,20	15,6	15,49	13,77
M-2 M-2G	0-40	31,55	26,55	23,48	22,95	16,18	14,35	13,50	13,21	12,89
M-3 M-3G	0-40	31,83	24,83	22,79	15,92	14,67	14,49	14,38	14,35	13,97

#### Densidad aparente

Para determinar los valores de densidad aparente,  $D_a$ , se utilizaron muestras sin disturbar que se secaron en una estufa a 105 °C hasta lograr un peso constante de la misma. Los valores registrados de  $D_a$  aparecen en las Tablas 28 y 29.

Con respecto a la preparación de suelos, ésta se realiza mediante una pasada de aradura, una pasada de rastra, una pasada de subsolado cruzado, y preparación de tabloncillos. Regularmente se aprovecha la preparación del suelo para aplicaciones de cal cuando se requiere corregir el pH, y aplicar el 50% del fertilizante (NPK) requerido según el análisis de suelo.

Los tabloncillos se preparan de 30 cm de alto por 90 cm de ancho en forma transversal al sentido de la pendiente, dejándole su cuneta de drenaje respectiva con el fin de drenar los excesos de precipitación y proveer el espacio necesario para realizar las labores culturales.

### Calidad del agua de riego

El análisis químico de las fuentes de agua utilizadas para el riego se realizó en los laboratorios Agro Services International INC. de Orange City Florida. Los resultados del análisis se adjunta en el Apéndice 3.

### Información del cultivo

El área de estudio corresponde a 54 ha cultivadas de fresa bajo riego por goteo, divididas en sub-unidades o lotes, que se programan con diferente época de siembra, a fin de mantener un abastecimiento precalculado de fruta durante todo el año, a la planta de procesamiento. Para tal fin además de programar las áreas de siembra, se utiliza una combinación de variedades de ciclo corto con las de ciclo largo.

Las variedades sembradas son: Chandler, Selva, Pájaro y Seascape.

Cualquiera que sea la variedad utilizada en esta zona de estudio, el ciclo de la fresa consta de dos fases: una fase vegetativa que dura entre 4 y 6 meses, dependiendo del tipo de variedad, y una fase reproductiva que dura entre 12 y 18 meses, completando su ciclo en 2 años.

La producción se ha reportado entre 45.000 a 60.000 kg/ha, dependiendo del manejo que se le dé al cultivo. La fase reproductiva presenta un comportamiento dividido en cuatro fases: una primera fase que representa el 30% de la producción total, luego el 40, 20 y 10% para las siguientes fases respectivamente.

El sistema de siembra se realiza sobre camellones, con tres hileras simples separadas a 30 cm. y con separación entre plantas de 30 cm, obteniéndose una población de 45.000 a 60.000 plantas/ha. Los camellones van cubiertos por material plástico negro, que ayuda a mantener un microclima adecuado para mejorar la evapotranspiración del cultivo, además proporciona condiciones sanitarias para el desarrollo de la fruta, ayuda al control de malezas y evita el enraizamiento de estolones que se desarrollan durante la fase vegetativa. La Figura 19 muestra el sistema de siembra en hileras utilizado en los dos sistemas evaluados, la Figura 20 la fase vegetativa y las Figuras 21 y 22 la fase reproductiva de algunas variedades.

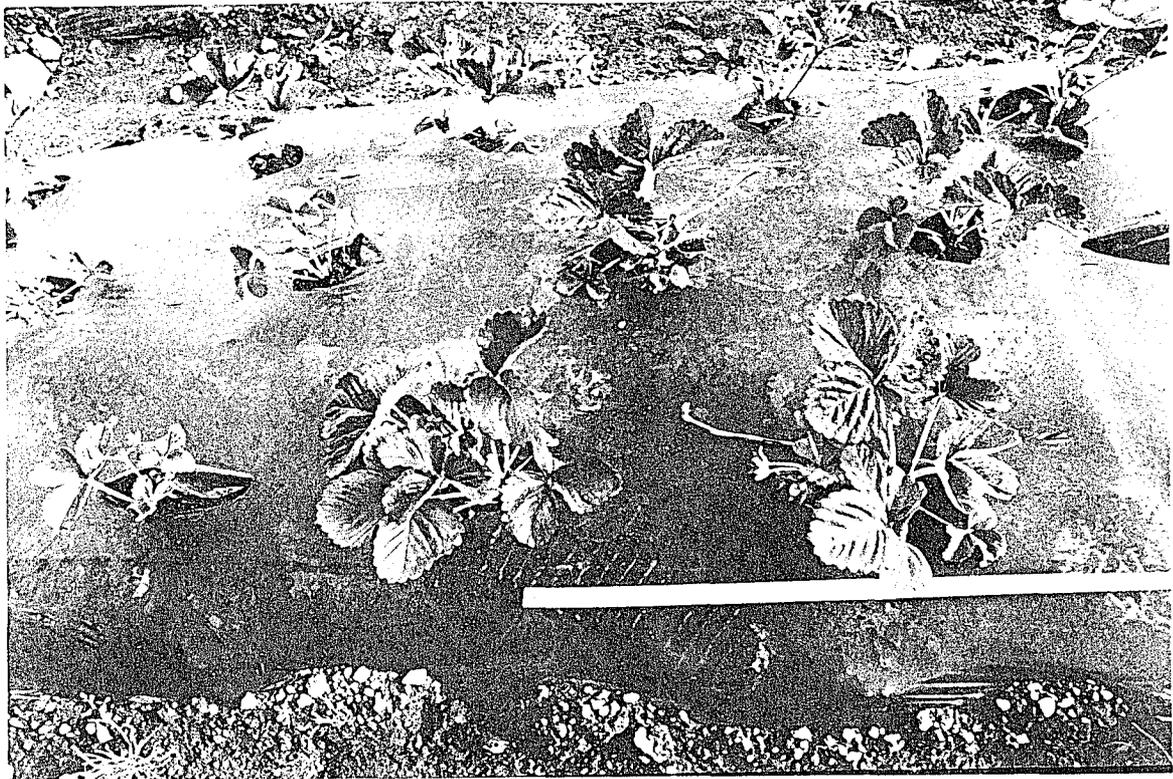


Figura 19. Sistema de siembra en hileras con matas espaciadas Sub-unidad M-3.



Figura 20. Fase vegetativa (formación de estolones) sub-unidad M-2.



Figura 21. Fase reproductiva variedad Seascape.



Figura 22. Fase reproductiva variedad Chandler.

La semilla utilizada para la siembra son plantas dormidas traídas de los EE.UU., realizándose posteriormente una resiembra con plantas hijas producidas en la finca.

La fertilización del cultivo se realiza en función de la producción deseada previo análisis de suelo, y se programa según las etapas de desarrollo del cultivo, verificando la respuesta mediante análisis foliares. Normalmente se aplica la mitad de los requerimientos nutricionales durante la preparación de suelos y la otra mitad se aplica en forma escalonada por fertirrigación. La Tabla 32 es una guía general de fertilización en fresa. Cada sub-unidad tiene un programa de fertilización según su análisis de suelo y planta respectivo.

Tabla 32. Guía de fertilización en fresa, (Haifa Chemical LTD. Israel, 1993).

Tiempo de aplicación	Nitrato Potásico (kg/ha)	Suplemento N (kg/ha)	Nitrato Amónico (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Superfosfato 21 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Acido fosfórico 85 % (l/ha)
Preparación de suelo	100	---	--	10	200	---
4 - 8 semanas después siembra	XXX	---	--	XXX	--	XXX
8 - 16 semanas después siembra	XXX	XXX	XXX	XXX	--	XXX

XXX de acuerdo a los análisis.

#### Control de calidad

La fresa cultivada por CHESTNUT HILL FARMS en los sistemas evaluados, al igual que otros productos de exportación cultivados en otros países donde opera esta empresa, deben cumplir con las estrictas normas de calidad que exige el mercado internacional. En la Tabla 33 se reporta la tolerancia de pesticidas para el cultivo de la fresa, que exigen algunos países importadores.

Tabla 33. Tolerancia de pesticidas en el cultivo de fresa en ppm.

FUNGICIDAS:	FRANCIA (3/30/92)	ITALIA (4/1/92)	SUIZA (2/27/92)	U.R. (1988)	U.S. (3/92)
Rovral	7.0	0.5	2.0	10.0	15.0
Ronilan	10.0	1.5	2.0	10.0	10.0
Benlate	2.0	NO TOLERADO	3.0	5.0	5.0
Topsin-M	2.0	NO TOLERADO	2.0	5.0	5.0
Captan	3.0	3.0	3.0	3.0	25.0
Thiram	2.0	3.8	2.0	3.0	7.0
Dyrone	NO TOLERADO	1.0	NO TOLERADO	NO TOLERADO	10.0
Sulfur	50.0	NO TOLERADO	50.0	EXENTO	EXENTO
Ridomil	0.5	0.5	0.5	0.5	10.0
INSECTICIDAS:					
B. thuringiensis	EXENTO	NO TOLERADO	EXENTO	EXENTO	EXENTO
Dibron	0.2	0.01	NO TOLERADO	NO TOLERADO	1.0
Malathion	0.5	0.5	NO TOLERADO	0.5	2.0
Lannate	1.0	NO TOLERADO	0.2	NO TOLERADO	2.0
MITICIDAS:					
Avid	NO TOLERADO	NO TOLERADO	NO TOLERADO	NO TOLERADO	0.02
Vandex	0.1	NO TOLERADO	1.5	3.0	10.0
Omito	NO TOLERADO	NO TOLERADO	1.5	7.0	7.0
Kalthane	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0
Thiodan	1.0	1.0	0.5	3.0	2.0
Morestan	NO TOLERADO	NO TOLERADO	NO TOLERADO	NO TOLERADO	NO TOLERADO

Para mantener las normas de calidad exigidas por el mercado internacional, la División Agrícola de la Empresa utiliza y recomienda a los productores particulares de fresa que venden la fruta a la planta procesadora, emplear para el control de plagas y enfermedades productos registrados como protectores del ambiente (E.P.A.). Estos productos deberán seleccionarse entre los que se detallan en las Tablas: 34, 35, 36 y 37.

Tabla 34. Herbicidas registrados hasta Abril 1992, tolerancia y época de aplicación.

No. de Registro	Nombre Genérico	Nombre Comercial	Tolerancia (PPH)	Epoca de aplicación (Días a la cosecha)
180.102	Sesone		2	
180.117	EPTC	Eptan, Genep	0.1 N	
180.142	2,4-D	DMA-4, Hedonal	0.05	
180.185	DCPA, Chlorothal	Dactal	2	21
180.205	Paraquat ( RUP )	Gramoxone, Paracol	0.25	
180.213	Simazine	Gesatop	0.25	
180.216	Choloroxuron		0.1 N	
180.230	Diphenamid	Enide	1	
180.328	Napropamide	Devrinol	0.1 N	
180.364	Glyphosate	Rodeo, Roundup	0.2	
180.412	Sethoxydim	Fervinal	10	7
180.109	Terbacil	Simbar	0.1	
180.281	Dinoseb		0.1 N	
180.304	Oryzalin		0.05	

N : Tolerancia de residuos insignificantes.

Tabla 35. Lista de insecticidas registrados, tolerancia y época de aplicación.

No. de Registro	Nombre Genérico	Nombre Comercial	Tolerancias (PPH)	Aplicación (Días a la cosecha)
	Malathion		8	3
	Methoxychlor		14	14
	Lindane	Lindafor	1	
	Cyhexatin		3	-
	Cryolite (comp. de flúor)		7	
	Diazinon	Basudin, Diazinon	0.5	5
	Azinphos-methyl (RUP)	Gusathion, Guthion	2	5
	Mevinphos(RUP)	Phosdrin	1	1

Tabla 35. Continuación.

	Dicofol	Keltane	5	2
	Compuesto Nicotina (RUP)		2	
	Carbaryl	Sevin, Bavyon	10	1
	Ethion (RUP)	Rhodocide	2	
	Tetradifon	Tedion	5	
	Endosulfan	Thiodan, Thionex	2	4
	Naled	Dibrom	1	1
	Fonofos (RUP)	Dyfonate	0.1 N	presiembr
	Methomyl (RUP)	Lannate, Nudrin	2	3
	Carbofuran (RUP)	Curaterr, Furadan	0.5	No aplicar si hay fruta
	Propargite		7	3
	Oxydemeton-metyl (RUP)	Metasystox-R	2	
	Chlorpyrifos	Lorsban, Pyrinex	0.5	21
	Fenamiphos (RUP)	Nemacur	0.6	110
	Hexakis	Vendex, Torque	10	1
	Insecticidas Naturales:			
	Pirethro (piretrinas)	varios nombres comerciales	EXENTO solamente cuando es aplicado a cultivos en fase de crecimiento.	0
	Rotenone			
	Ryania			
	Sabadilla			
	Bacillus thurigiensis	Dipel, Javelin		
	B. t. var. kurstaki	Thuricide	EXENTO	
	Safer	Safer Insecticida	EXENTO	

Tabla 36. Lista de fungicidas registrados, tolerancia y época de aplicación.

No. de Registro	Nombre Genérico	Nombres comerciales	Tolerancia (PPM)	Aplicación (días a la cosecha)
180.2	Polisulfuro de calcio		EXENTO	
180.2	Azufre (elemental)	Elosal	EXENTO	
180.103	Captan	Orthocide	20 PRE Y POS-COSECHA	0
180.114	Ferban	Carbamate	7	
180.116	Ziram	Mezene	7	
180.118	Dichlone		15	
180.132	Thiram		7	
180.158	Anilazine	Dyrene	10	3
180.159	Dehydroacetic Acid	DHA	65 POS-COSECHA	
180.172	Dodine		5	14
180.242	Thiabendazole	Tecto, Thibenzole	5	
180.294	Benomyl	Benlate	5	
180.370	Etridiazole	Terrazol, Truban	0.2	
180.371	Thiophanate-methyl		5	1
180.380	Vinclozolin	Ronilan, Ornalin	10	
180.382	Triforine	Funginex, Saprol	2	
180.399	Iprodione	Rovral	15	0
180.408	Metalaxyl	Ridomil	10	

Tabla 36. Continuación.

180.1001.b	<p>Compuestos de cobre, Cu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caldo Bordelés</li> <li>- Acetato de cobre</li> <li>- Hidróxido de cobre</li> <li>- Mezclas de cobre-cal</li> <li>- Lineoleato de cobre</li> <li>- Oleato de cobre</li> <li>- Oxiclорuro de cobre</li> <li>- Sulfato básico de cobre</li> <li>- Monohidrato de sulfato de cobre</li> <li>- Pentahidrato de sulfato de cobre</li> <li>- Cromato de cobre-Zinc</li> <li>- Oxido cuproso</li> </ul>		EXENTO solamente cuando es aplicado a cultivos en crecimiento.	
180.1046	Dimethylformamide		EXENTO cuando se usa con Triforine en mezcla de no más del 30 % Dimethylformamide.	

Tabla 37. Fumigantes del suelo y reguladores de crecimiento.

No. de Registro	Nombre Genérico	Nombres comerciales	Tolerancia (PPM)
180.123	Bromuros inorgánicos (bromuro de metilo) Fumigante del suelo	Brom o Gas	60 pre y pos-cosecha
180.199	Bromuro inorgánico combinado con Chloropicrin		25
180.350	Nitrapyrin Microbiocida		0.2
180.1001	Hipoclorito de cal Desinfectante		exento
180.1001 b+c	Aceites derivados del petróleo. Aceite mineral	SunSpray, Stylet 01L	exento
80.1016	Etileno Regulador de crecimiento		exento
180.1098	Giberelinas (GA3) Regulador de crecimiento	Activol, ProGibb	EXENTO se usa como regulador de crecimiento, en dosis de 20 gramos de ingrediente activo por acre.
180.1099	Acido Indolbutírico Regulador de crecimiento	IBA	
464.379	1,3 Dichloropropene fumigante del suelo, nematocida.	Telone	

#### Demanda de agua del cultivo

El análisis de la demanda de agua de los cultivos es de suma importancia en los estudios de factibilidad, diseño y evaluación de los sistemas de irrigación.

Los requerimientos de riego se refieren a la cantidad de agua y al momento y período de su aplicación, con la finalidad de compensar los déficit de humedad del suelo durante el ciclo del cultivo de la fresa. Estos requerimientos de riego quedan determinados por la evapotranspiración menos los aportes de agua provenientes de diversas fuentes como la lluvia, aportes superficiales y subterráneos.

El período o intervalo de tiempo para el cual se calcule la demanda de agua es de suma importancia, ya que mediante este análisis es posible detectar las necesidades óptimas de riego. En un análisis mensual de las demandas de agua se obtiene una idea muy general de los meses de mayores necesidades, ya que puede parecer que el aporte efectivo de la precipitación satisface la

evapotranspiración mensual del cultivo, pero tomando en cuenta que las lluvias no están distribuidas uniformemente a lo largo de todo el mes, es factible que se produzcan breves intervalos de escasez de agua; lo que repercutirá en la producción de los cultivos.

Para el cultivo de la fresa, que demanda un alto potencial hídrico en el suelo durante todo su ciclo, la demanda de agua fue calculada a nivel diario utilizando el programa IRSIS.

Para determinar las demandas de agua mediante este programa, es necesario conocer la siguiente información del cultivo:

- Coeficiente del cultivo,  $K_c$ .
- Factor de reducción del rendimiento,  $K_y$ .
- Factor de agotamiento de agua del suelo,  $p$ .
- Profundidad radicular del cultivo,  $D$ .
- Períodos de desarrollo durante el ciclo del cultivo.

Coeficiente del cultivo,  $K_c$ . Las variables características de la cobertura vegetal, de las condiciones del suelo y de los niveles de humedad edáfica, modifican la evapotranspiración definida como del cultivo de referencia  $E_{to}$ ; que incluye aspectos de orden físico que dependen del clima.

Para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre las necesidades de agua, se consideran unos coeficientes  $K_c$ , con la finalidad de relacionar la  $E_{to}$  con la evapotranspiración del cultivo  $E_t$ .

El coeficiente  $K_c$  y su variación a lo largo del ciclo vegetativo, es una expresión de las características morfológicas y fisiológicas del cultivo y de la incidencia que en ella tiene el ambiente edáfico en cuanto al volumen de suelo que exploran las raíces y la disponibilidad de nutrientes, agua y aire.

El cálculo del  $K_c$  se realizó por el procedimiento de la FAO, que se basa en lo que se llama "curva única ajustable," que puede ser trazada para cada cultivo de acuerdo al clima y a la duración de las fases vegetativas del ciclo. Este procedimiento divide previamente el ciclo del cultivo en las siguientes cuatro fases:

- Fase inicial: incluye la germinación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo está apenas cubierta por el cultivo, o está sin cobertura.

- Fase de desarrollo: desde el final de la fase inicial hasta una cubierta efectiva completa (70 - 80 %).

- Mediados del período: desde que se obtiene la cubierta sombreada afectiva hasta el inicio de la maduración.

- Fase de finales del período: desde el inicio de la maduración hasta que se llega al período de plena maduración o a la recolección.

Para el cultivo de la fresa el coeficiente  $K_c$  se consideró para tres períodos de desarrollo:

- Período de establecimiento: desde el momento del trasplante de la planta dormida hasta el pegue.

- Período o fase vegetativa: desde el "pegue" de la planta hasta alcanzar el desarrollo foliar completo.

- Período o fase reproductiva: desde el inicio hasta el final de su producción.

Se asumió un valor de  $K_c$  entre 0,96 y 1,00 por las siguientes razones: en riegos localizados de alta frecuencia se debe mantener un óptimo contenido de humedad del suelo, la fresa se transplanta con un sistema radicular bien formado, la planta posee un agresivo desarrollo vegetativo y se cultiva con mulch de plástico negro perdiendo el agua únicamente por transpiración.

Factor del efecto sobre el rendimiento  $K_y$ . El factor de efecto sobre el rendimiento es la relación entre la disminución del rendimiento relativo ( $1 - Y/Y_m$ ) y el déficit de evapotranspiración relativa ( $1 - E_t/E_{tm}$ ), para variedades de alta producción adaptadas al ambiente en que se desarrollan.

El parámetro  $K_y$ , que se expresa como una fracción, y su valor ( $K_y = 1,0$ ,  $K_y > 1,0$ , ó  $K_y < 1,0$ ), tienen una gran importancia práctica. En efecto  $K_y < 1,0$  significa una menor disminución del rendimiento relativo para un determinado déficit de evapotranspiración relativa, mientras que  $K_y > 1,0$  significa una mayor incidencia de dicho déficit en la producción. (Grassi, 1988).

Para el cultivo de la fresa se consideró que un déficit de riego disminuye la producción considerablemente, ya que sus raíces son superficiales y que tanto su follaje como la formación de frutos demanda importante cantidad de agua; por lo tanto se asumió un valor de  $K_y$  entre 1,0 - 1,20.

Factor de agotamiento de agua en el suelo  $p$ . El factor  $p$  es la relación entre el agua fácilmente disponible  $RAW$  y el total de agua disponible  $TAW$ . La relación mencionada define la fracción de  $TAW$  que es fácilmente disponible y que por lo tanto puede ser usada para mantener la tasa de transpiración. Algunos

cultivos como muchas hortalizas y la fresa en particular, necesitan suelos relativamente húmedos para mantener la tasa de evapotranspiración real del cultivo,  $E_t$ ; igual a la tasa de evapotranspiración potencial.

El rango tolerable de la fracción  $P$  es estrecho para cultivos cuya parte cosechada en forma carnosa o fresca, tales como algunas hortalizas y frutas como la fresa, siendo más amplio para cultivos cuya parte cosechada lo es en forma seca, como cereales para grano seco y otros.

Para el cultivo de la fresa en particular, que demanda un potencial hídrico óptimo entre 20 y 30 centibares, se calculó el factor  $P$  tomando en cuenta las características de retención de humedad del suelo.

Profundidad radicular del cultivo. En los dos sistemas se realizó un muestreo para determinar la profundidad radicular de algunas variedades, encontrándose valores inferiores a los reportados experimentalmente en la literatura; por desconocerse la eficiencia en la preparación de tierra, y por manejarse diferentes épocas de siembra, para fines de cálculo de las demandas de agua se asume una profundidad efectiva de 30 cm.

En la Tabla 49 se resumen los datos del cultivo utilizados para calcular las demandas de agua, y en la Figura 23 se representan gráficamente.

Tabla 38. Datos del cultivo de la fresa.

Datos del cultivo	PERÍODO DEL CICLO DEL CULTIVO		
	Establecimiento	Fase Vegetativa	Fase Reproductiva
Longitud del período (días)	30	150	360
Coefficiente del cultivo (Kc)	0.96	0.98	1.00
Profundidad Radicular (m)	0.20	0.30	0.30
Nivel de Agotamiento (p)	0.14	0.14	0.14
Factor del Efecto sobre el rendimiento (Ky)	1.00	1.20	- 1.20

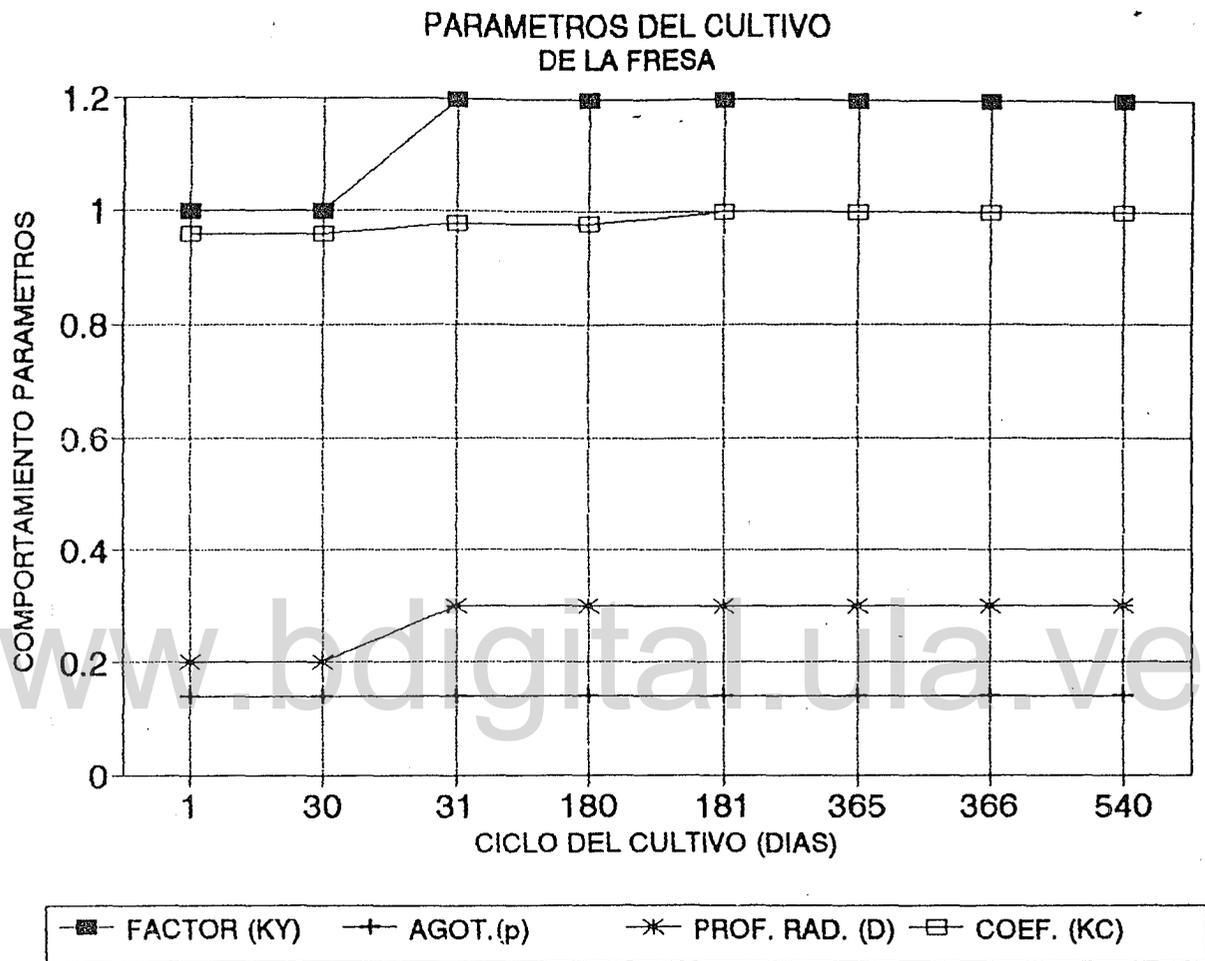


Figura 23. Comportamiento de los parámetros de cultivo.

## Información sobre el sistema de riego

### Area y distribución de las sub-unidades de riego

Los dos sistemas evaluados están divididos en sub-unidades de riego, que operan individualmente. El Sistema San Gerónimo cuenta con 10 sub-unidades de riego, cuyas áreas se detallan en la Tabla 39, y su distribución se puede ver en la Figura 17.

Tabla 39. Areas de las sub-unidades de riego del sistema San Gerónimo.

SUB-UNIDAD	AREA (m <sup>2</sup> )	AREA (ha)
SG-1	26.301,98	2,63
SG-2	17.674,69	1,77
SG-3	6.496,73	0,65
SG-4	12.771,23	1,28
SG-5	9.172,06	0,92
SG-6	15.479,18	1,55
SG-7	75.806,44	7,58
SG-8	55.997,69	5,60
SG-9	17.904,83	1,79
SG-10	5.750,47	0,57
TOTAL	243.355,30	24,34

### Fuentes de agua

El agua utilizada en los sistemas de riego proviene de nacientes propios de las fincas, parte de los caudales se almacena en una pequeña laguna que abastece el sistema. El agua llega al cabezal de riego con la presión necesaria producida por una bomba marca Cornell, que es accionada por un motor de combustión interna marca Deutz de 60 Hp.

### Cabezal de riego

El cabezal de riego es el conjunto de elementos que permiten el tratamiento del agua, su filtrado y medición, el control de la presión y la aplicación de fertilizantes. Cada unidad de riego tiene calibrado las revoluciones por minuto a las que tiene que operar la bomba para obtener la presión y caudal necesario a la entrada de la múltiple durante el riego.

El cabezal es el elemento central de la instalación, y consiste de 4 filtros de arena de forma horizontal, que tienen como función eliminar las impurezas de tipo orgánico tales como algas, restos de insectos y pequeñas partículas minerales; la capacidad de estos filtros es de 400 a 800 gpm. Además posee un filtro de malla que retiene las impurezas de tipo mineral, con capacidad de filtrar 450 a 800 gpm, un tanque de fertirrigación de 2 m<sup>3</sup>. Estos cabezales cuentan con manómetros para controlar la presión, llaves de paso y un medidor de caudal tipo Rotámetro para medir el caudal en galones por minuto y l/s.

Del cabezal de riego parten las tuberías primarias y luego las secundarias, observándose que son de PVC, estas tuberías están enterradas entre 1 y 1,20 metros, generalmente su ubicación es paralelas a las vías de acceso, esto con la finalidad de no impedir ni limitar las labores de mecanización.

### Tubería terciaria

Las tuberías terciarias alimentan directamente a los laterales y son de polietileno de alta densidad, PEAD; éstas en su mayoría van colocadas superficialmente, como puede verse en la Figura 24, aunque en otras sub-unidades esta tubería va enterrada como se observa en la Figura 25. A la entrada de las terciarias se encuentra un regulador de presión.



Figura 24. Tubería terciaria superficial sub-unidad M-3 y M-3G.



Figura 25. Laterales alimentados por terciaria enterrada.

### Tuberías laterales

Las tuberías laterales utilizadas son mangueras de goteo: T-tape y Bi-wall, ambas con orificios espaciados a 30 cm. La manguera T-tape tiene diámetro de 16 mm, 0,20 mm de espesor y trabaja en condiciones normales de 5 a 10 metros columna de agua, proporcionando entre 79 y 944 litros/hora/100 metros (0,24 y 2,8 litros/hora/gotero). Su exponente de descarga,  $x$ , es del orden de 0,9, lo que hace que trabaje muy próxima al flujo laminar: este flujo es ocasionado sobre todo por las pequeñas dimensiones del conducto secundario. Esta característica puede modificar el funcionamiento hidráulico de la siguiente manera:

En régimen laminar la pérdida de carga a lo largo del lateral no depende de la rugosidad de la manguera, sino de la viscosidad cinemática y por lo tanto de la temperatura. En consecuencia, para una misma presión, los emisores en que el agua estén a mayor temperatura arrojarán un caudal mayor, lo que da lugar a diferencias importantes de descarga entre el primer y el último emisor situado en un lateral expuesto al sol; produciéndose pérdida en la uniformidad del riego. En la Figura 26 se muestra la estructura de la tubería T-tape.

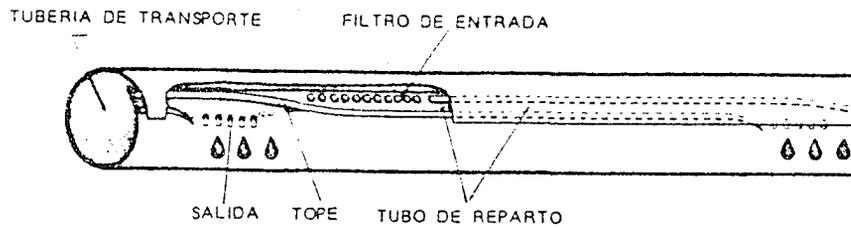


Figura 26. Estructura de una tubería T-tape

La manguera Bi-wall utilizada tiene 12 mm de diámetro, trabaja en condiciones normales de 5 a 10 metros de columna de agua y eroga un caudal de 400 l/h/100 m. El exponente de descarga es del orden 0,50, que corresponde a régimen turbulento. Los emisores son de tipo orificio con diámetros de 0,5 mm y proporcionan una descarga uniforme de agua con una mínima pérdida de presión hidrostática a distancias de hasta 200 m.; esto significa que la planta que recibe el goteo por el primer orificio, de una tubería de 200 metros de largo, y la que lo recibe al final de ésta no debería registrar una diferencia de presión mayor al 10 %, dando como resultado una buena uniformidad de riego. En la Figura 27 se presenta la estructura de la manguera Bi-wall.

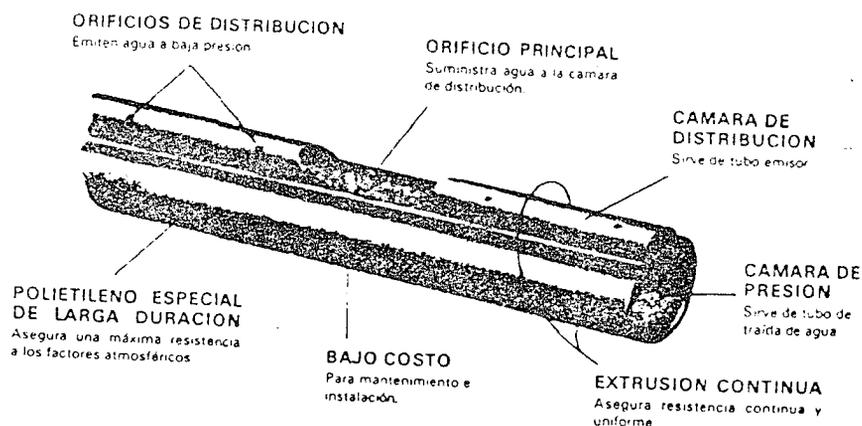
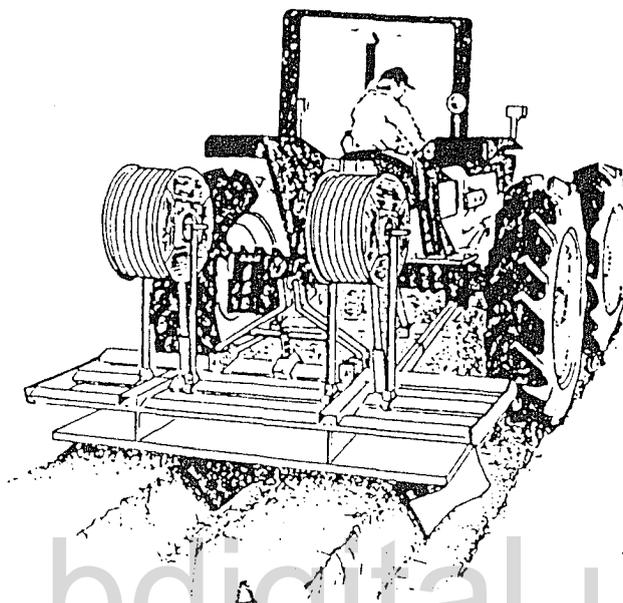
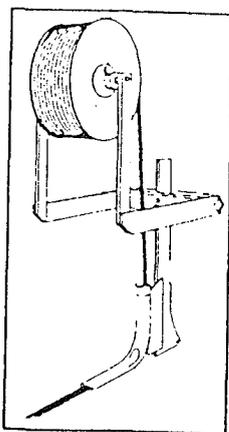


Figura 27. Estructura de una tubería Bi-wall

Distribución de tuberías laterales. Las tuberías laterales al ser mangueras de goteo, pueden colocarse enterradas entre 5 y 10 cm cuando su colocación se hace en forma mecánica como se puede ver en la Figura 28, o pueden instalarse superficialmente cuando se coloca en forma manual, como se puede observar en la Figura 29.



www.bdigital.ula.ve



B

Figura 28. Colocación de laterales enterrados.  
A) Encamadora  
B) Implemento para graduar profundidad.

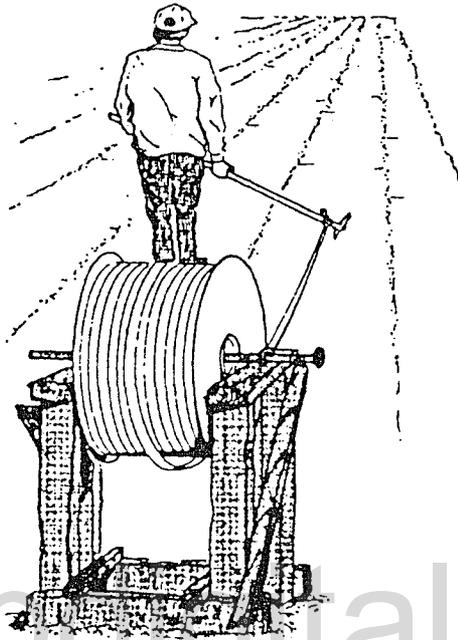


Figura 29. Colocación de laterales en forma superficial.

Los laterales van colocados con una separación de 30 cm, regularmente son dos laterales para cada tablón de tres hileras de plantas, como se muestra en la Figura 30. En algunas sub-unidades, con pendientes longitudinales mayores al 20%, la distribución de los laterales se modifica, colocando el primer lateral pendiente arriba de la primera hilera de plantas, como se muestra en la Figura 31.



Figura 30. Distribución normal de laterales



Figura 31. Distribución de los laterales en sub-unidades con pendientes mayores al 20 %.

## Manejo del riego

Con respecto al manejo del riego, cada sistema está dividido en lotes o sub-unidades de áreas conocidas, como se presenta en la Figura 17. Cada sub-unidad riega individualmente y la frecuencia de reposición de agua es de tres días, es decir, dos riegos por semana; ésta no es una frecuencia fija, sino que depende del régimen de precipitación; el contenido de humedad del suelo antes del riego no se determina con exactitud, pues se acostumbra hacer un análisis visual de la turgencia del follaje y muestreo al tacto para determinar el momento oportuno de riego.

La duración del tiempo de aplicación de agua para cada lote o sub-unidad está estipulada en función del volumen a aplicar por planta, éste es de 3,5 litros/semana/planta, equivalente a 0,5 litros/planta/día para lotes en producción.

Para cada lote o sub-unidad de riego se han calibrado las revoluciones por minuto y el caudal de entrega para lograr una descarga del emisor de 25 cm<sup>3</sup>/minuto o 1,5 l/h. En función de estos parámetros se determina el tiempo de riego, que en general está entre 1 y 1,5 horas, según sea plantilla o planta en producción.

### Evaluación integral del sistema de riego por goteo.

Para realizar la evaluación total del sistema de riego se utilizó la metodología recomendada por Rázuri (1993), cuyos datos necesarios son los siguientes:

- a) Duración, frecuencia y secuencia de operación de un ciclo de riego normal.
- b) Déficit de humedad en el suelo y déficit manejable permitido en el volumen de suelo humedecido.
- c) Descargas y presiones para los puntos de emisión seleccionados.
- d) Cambios en el caudal de descarga de los emisores después de la limpieza y otras reparaciones.
- e) Espaciamiento, tamaño de plantas y marcos de plantación.
- f) Localización de los puntos de emisión relativo a la ubicación de las plantas y la uniformidad del espaciamiento de los puntos de emisión.

Durante el procedimiento de evaluación de campo, cada una de las pruebas comprendió los siguientes pasos y mediciones:

- Selección de los sitios de prueba.
- Presión de entrada y salida de los filtros.
- Selección de los cuatro laterales dentro de la múltiple de prueba.
- Medición de caudales a la entrada, 1/3, 2/3 y extremo final de los laterales seleccionados.
- Características hidráulicas de las mangueras de goteo utilizadas.
- Caudal del sistema.
- Determinación del ancho de humedecimiento de los laterales seleccionados.
- Presión del lateral ubicado en el extremo distal de cada múltiple en funcionamiento.

La secuencia de las diferentes etapas que comprendió cada prueba fue la siguiente:

a) Selección de los sitios de prueba en el área de estudio: se seleccionaron unidades de riego con funcionamiento normal, de preferencia lotes recién sembrados, por contar con análisis de suelo recientes y por interés particular de la empresa CHESTNUT HILL FARM, quienes necesitan evaluar el comportamiento de las variedades de fresa en función del abastecimiento de agua.

b) Para la medición de la presión a la entrada y salida de los filtros se utilizaron los manómetros del cabezal, cuya lectura se expresa en PSI. La finalidad de estas lecturas fue determinar la caída de presión para comprobar el funcionamiento normal de los filtros.

c) La selección de los laterales de prueba dentro de la múltiple se hizo de conformidad a la metodología de trabajo del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, recomendada por Rázuri (1993). Para tal fin se seleccionaron los laterales que se encontraban ubicados al inicio, 1/3, 2/3 y final de múltiple.

d) Se midieron las presiones a la entrada y a la salida de cada lateral seleccionado, utilizando un manómetro, con el fin de determinar las pérdidas de presión en el lateral.

e) De acuerdo a la metodología de trabajo, se midieron los caudales a la entrada, 1/3, 2/3, y cerca del extremo final de cada lateral, para ello se utilizó una canaleta a fin de coleccionar

el volumen erogado por metro de manguera (4 emisores) durante dos minutos y obtener así el caudal promedio por emisor.

f) Las características de operación de las mangueras de goteo se obtuvieron del catálogo del distribuidor James Hardie Irrigation Parts, particularmente en lo referente a diámetro, separación y diámetro de emisores, carga hidráulica de operación recomendada y caudal erogado por metro lineal.

g) Para determinar el ancho de humedecimiento de los laterales se realizaron secciones transversales en excavaciones hasta una profundidad de 50 cm.

### Parámetros evaluados

Los parámetros empleados en el presente estudio fueron adaptados a la aplicación de agua con mangueras de goteo, siendo éstos:

#### Profundidad de raíces y porcentaje de sombra

La profundidad de raíces se evaluó en lotes en producción, dado que es la fase del cultivo durante la cual su sistema radicular ya alcanzó la profundidad efectiva. El procedimiento utilizado fue muestrear 10 plantas al azar midiendo la profundidad radicular promedio.

Para calcular el porcentaje de área sombreada, se dividió el área efectiva cultivada (tapada con plástico) para una longitud de tablón de 1,20 metros (12 plantas), entre el área total cultivada que incluye el espacio libre entre tablonés, como se muestra en la Figura 32. Para tal fin se utilizó la fórmula siguiente:

$$As = [ Ac / At ] 100 \quad (3.3)$$

donde:

*As* es el área sombreada %.

*Ac* es el área cultivada para 1,20 metros de longitud de tablón que ocupan 12 plantas.

*At* es el área total que incluye el área libre entre tablonés para 1,2 metros de longitud.

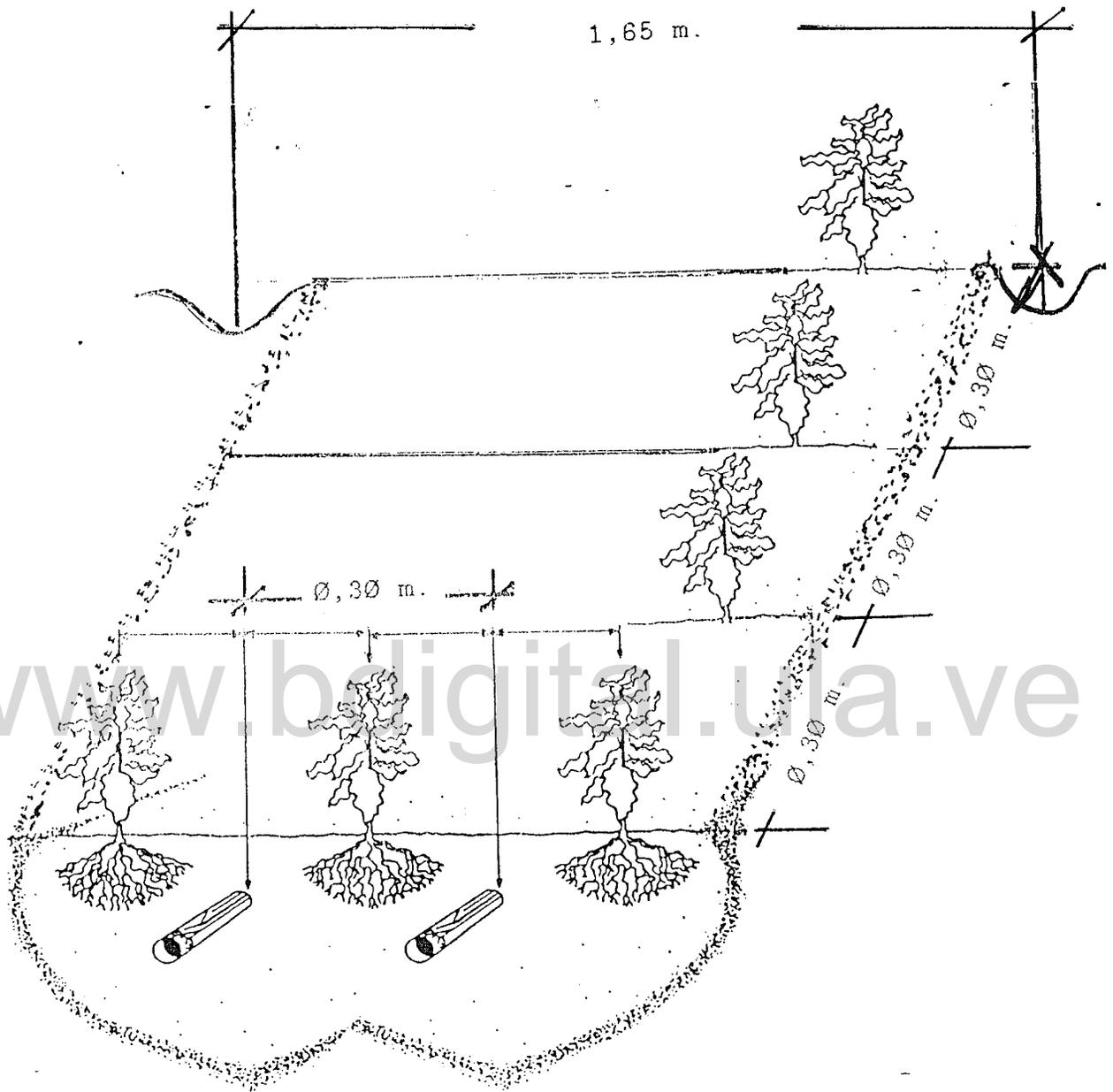


Figura 32. Relación área cultivada/área total.

## Ancho y profundidad de humedecimiento

Se hicieron cortes transversales para determinar el ancho de humedecimiento a 30 cm. debajo de la superficie del suelo, así como también la profundidad que alcanzó el agua después del riego, comparándola con la profundidad efectiva del sistema radicular de la fresa y las profundidades de humedecimiento recomendadas en riego por goteo.

## Descarga/metro

La descarga por metro de las mangueras de goteo, se calculó mediante la expresión:

$$q = e \cdot qa / L \quad (3.4)$$

siendo:

"e" el número de orificios del lateral.

qa el caudal promedio por orificio medido en la evaluación de cada sub-unidad.

L la longitud del lateral.

## Relación carga-caudal

La relación de descarga-carga hidráulica se calculó mediante un análisis de regresión exponencial, esto se hizo con el objetivo de determinar el comportamiento hidráulico de los laterales para las condiciones de funcionamiento normal del riego, y obtener así los parámetros de la ecuación (2.44).

## Uniformidad de emisión de la múltiple

En este caso, igual que para la uniformidad de la sub-unidad de riego, se obtuvo relacionando el caudal promedio del 25% de los emisores que erogan el caudal más bajo,  $qn$ , con el caudal promedio de la sub-unidad,  $qa$ . (Ecuación 2.37).

## Factor de corrección, *FRE*

Agrupar las variaciones de las presiones de los laterales con la mínima presión de entrada. Esta variación de presiones incide en la distribución de agua en la parcela, se calculó con la Ecuación (2.42).

## Coefficiente de uniformidad de la unidad operacional de riego

Este coeficiente indica la eficiencia de distribución del agua dentro de la sub-unidad de riego, se calculó usando la Ecuación (2.39).

### Uniformidad de emisión del sistema, $UE'$

Indica la eficiencia de distribución de agua en la parcela y se obtuvo relacionando la variación de caudales con la variación de presiones, es decir multiplicando la uniformidad de emisión de la múltiple con el factor de corrección  $FRE$ . Se calculó mediante la Ecuación (2.41).

### Lámina neta de riego, $dn$

Es la lámina de agua consumida por evapotranspiración en el intervalo de riego.

### Lámina bruta de riego, $db$

Es la lámina aplicada durante el riego; se calculó mediante la expresión siguiente:

$$db = ( e \cdot qa \cdot tr ) / Am \quad (3.5)$$

donde:

$e$  es el número de emisores del lateral

$qa$  es el caudal promedio de emisión de la sub-unidad.

$tr$  es el tiempo de riego.

$Am$  es el área de humedecimiento de la franja de riego de un lateral.

### Eficiencia de aplicación, $Efr$

Este parámetro indica la eficiencia del manejo del agua en la parcela. Se determinó empleando el método expeditivo de Jensen (1967) citado por Grassi (1993), donde se relaciona la lámina consumida por evapotranspiración con la lámina bruta aplicada.

### Materiales e instrumentos utilizados

Para realizar las mediciones que comprenden las pruebas de campo, se emplearon los siguientes materiales e instrumentos:

- Manómetro graduado de 0-30 PSI.
- Cronómetro.
- Probeta graduada de 500 ml.
- Nivel.
- Azadón.
- Cubeta.
- Canaleta plástica de 1,00 m.
- Cinta métrica.
- Bolsas de plástico.
- Libreta de campo.
- Planilla de evaluación.
- Lápiz.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### Discusión de resultados

En éste capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la evaluación de los sistemas de riego San Gerónimo y Mucupiches.

#### Evaluación climática

##### Precipitación

El sistema San Gerónimo posee una precipitación media anual de 1552,8 mm. Se calculó para un período de 35 años (1955 - 1989), el mes de mayor precipitación es Octubre, con 248,8 mm. Experimenta un segundo pico de precipitación en el mes de Mayo, con 229,0 mm. El mes más seco es Enero con 33,7 mm., registrándose un segundo período seco en Julio con 89,9 mm. Los resultados se reportan en la Tabla 25 y la interpretación gráfica del comportamiento de la precipitación media mensual representativa de este sistema se presenta en la Figura 33.

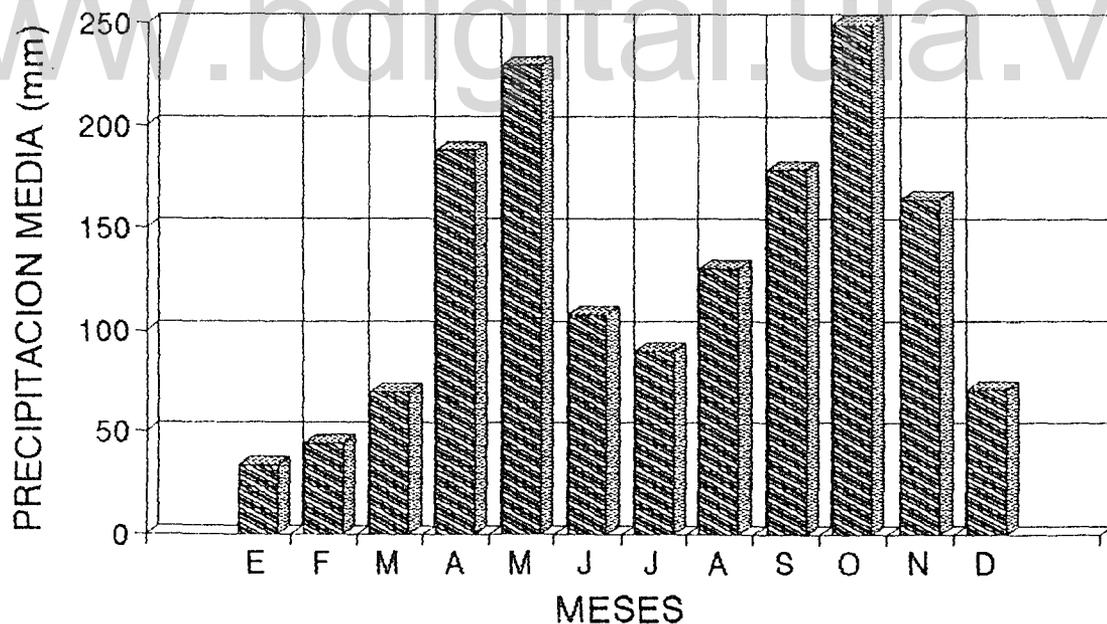


Figura 33. Precipitación media mensual San Gerónimo (1955-1989)

Para el sistema Mucupiches se calculó una precipitación media anual de 817,8 mm, para un período de 34 años de registro (1950 - 1983). La distribución anual de la lluvia muestra dos picos de máximas y mínimas precipitaciones: un máximo absoluto que ocurre en el mes de Abril con 126,5 mm, y un máximo relativo en el mes de Octubre con 104,3 mm. Los período de mínima precipitación ocurren en el mes de Enero, con una mínima absoluta de 24,0 mm, y un mínimo relativo en Julio con 61,7 mm. Los resultados se reportan en la Tabla 25 y su interpretación gráfica en la Figura 34.

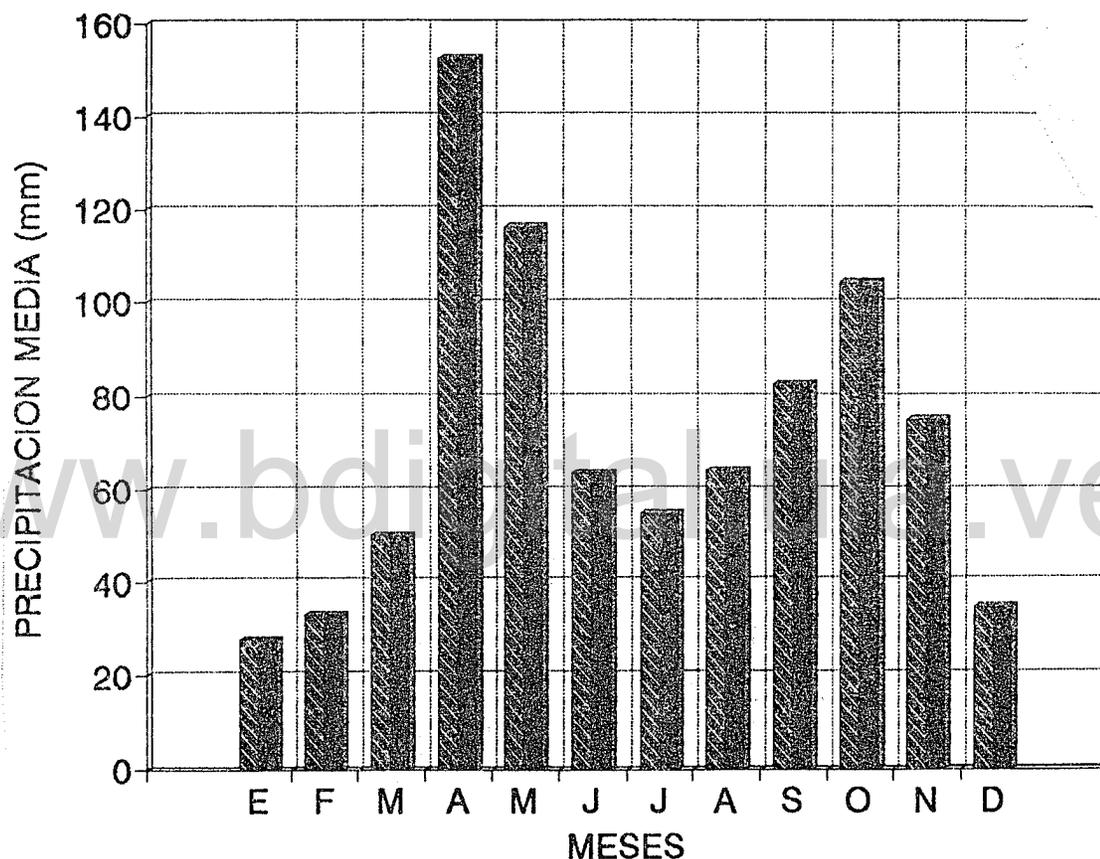


Figura 34. Precipitación media mensual Sistema Mucupiches (1950-1983)

### Evaporación

Para el sistema San Gerónimo se calculó una evaporación media mensual de 112,5 mm. El mes de mayor demanda evaporativa es Marzo con 4,5 mm/día, y el mes de menor demanda evaporativa es Abril con 3,0 mm/día. Los datos se reportan en la Tabla 26 y se presentan en la Figura 35.

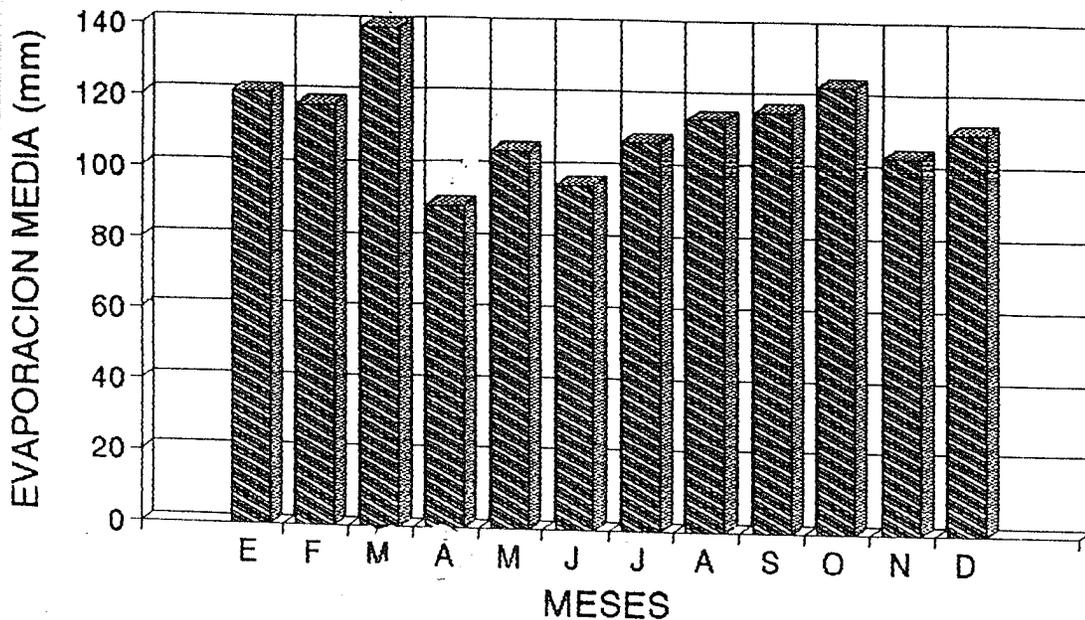


Figura 35. Evaporación media mensual sistema San Gerónimo (1992-1993).

Para el sistema Mucupiches se calculó una evaporación media mensual 117,7 mm para el período 1966-1983. El mes de mayor demanda evaporativa es Marzo con 4,7 mm/día, y el mes de mínima es Junio con 3,4 mm/día. Los valores calculados pueden verse en la Tabla 26 y se representan en la Figura 36.

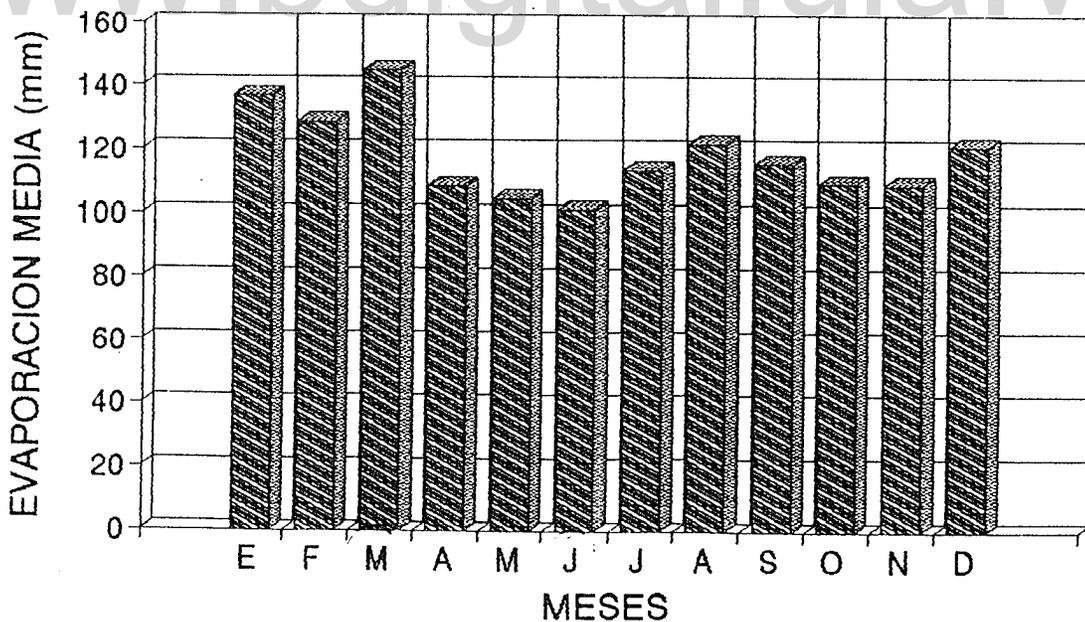


Figura 36. Evaporación media mensual Mucupiches (1966-1983)

## Balance hídrico

Aunque en el diseño del riego por goteo, por ser un sistema de alta frecuencia, no se toma en cuenta el aporte por precipitación, ni el cambio en el almacenamiento de humedad en el suelo, se calculó el balance hídrico a nivel mensual, con el fin de tener una idea muy general y calificar las características climáticas de los sistemas evaluados con respecto a los meses de mayor demanda.

Según la Tabla 27, para el sistema San Gerónimo se reporta un déficit de 173,9 mm durante 4 meses. El periodo de esta deficiencia lo constituye Diciembre, Enero, Febrero y Marzo con 18,7, 63,0, 50,0, y 42,2 mm respectivamente. La Figura 37 representa el balance hídrico del sistema San Gerónimo.

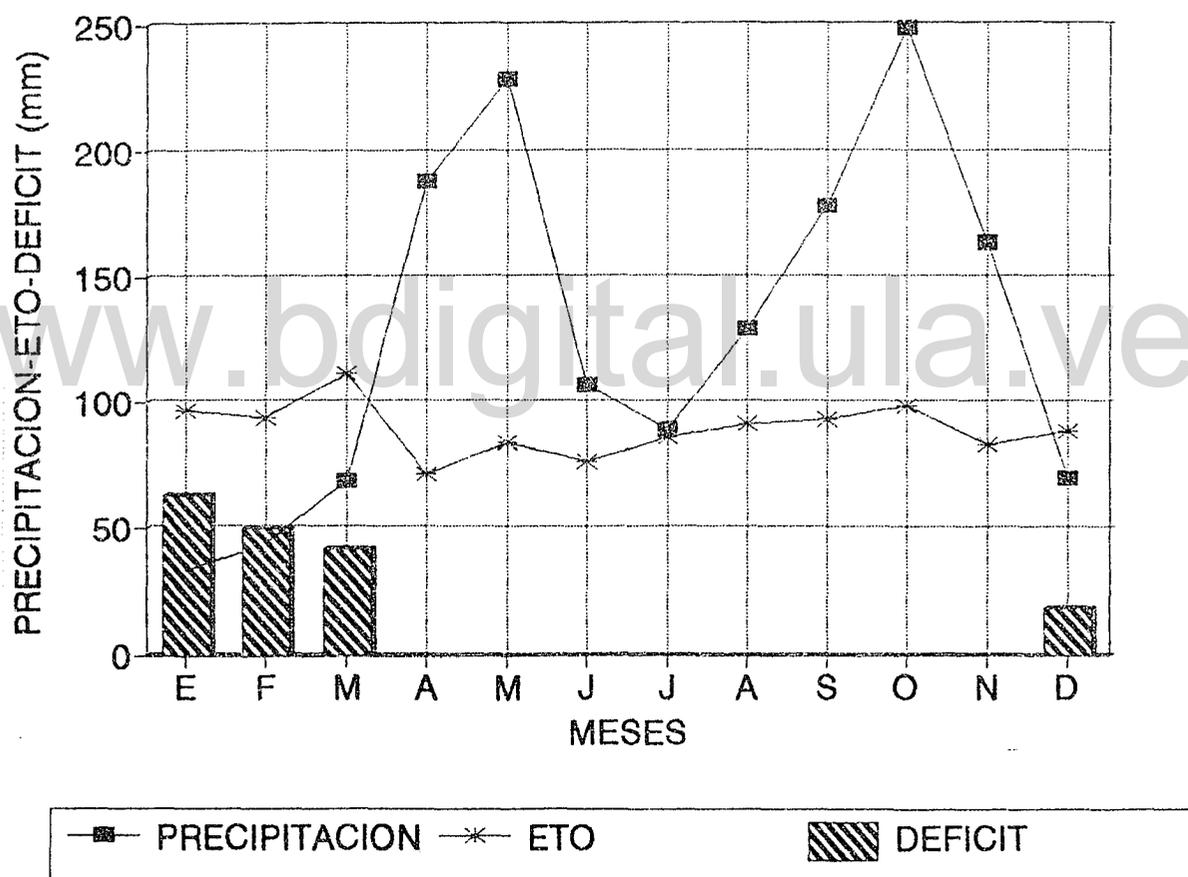


Figura 37. Balance hídrico San Gerónimo (1992-1993).

Según la Tabla 28, para el sistema Mucupiches, existe déficit hídrico durante 9 meses, siendo los meses de mayor deficiencia Diciembre, Enero, Febrero y Marzo con 62,2 , 81,6 , 87,4 , y 85,4 mm respectivamente. Solo en los meses de Abril, Mayo y Octubre la precipitación supera la demanda evapotranspiratoria como se puede interpretar de la Figura 38.

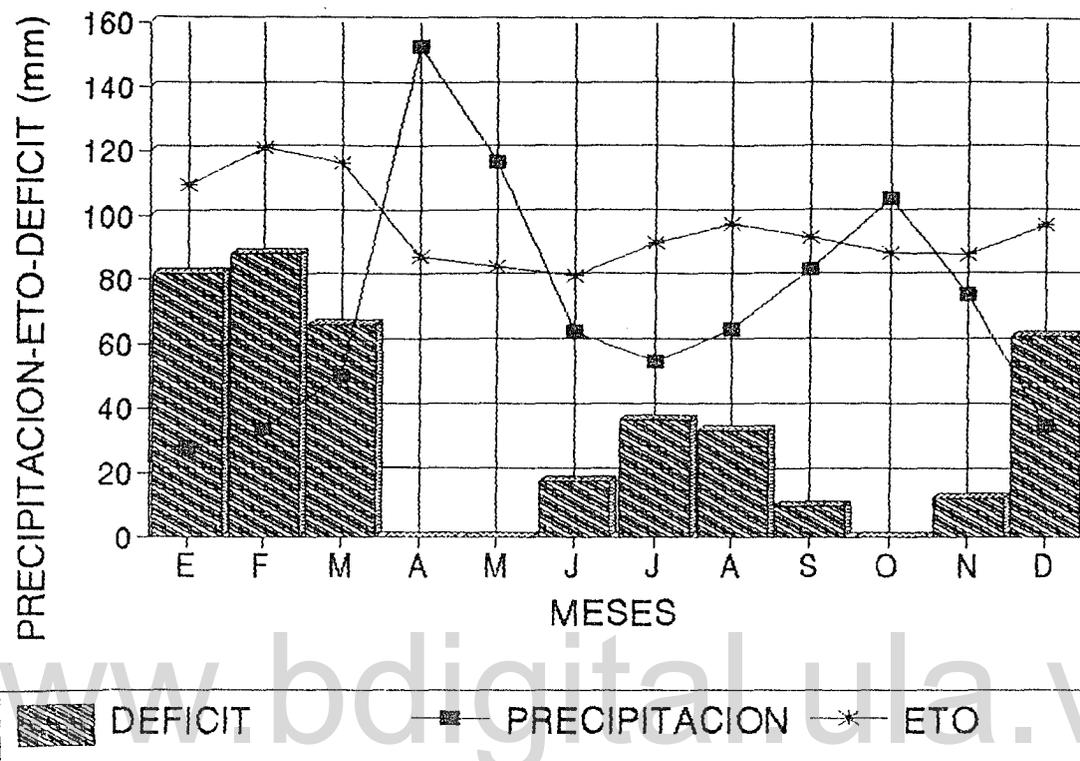


Figura 38. Balance hídrico Mucupiches (1950-1983).

### Evaluación Edáfica

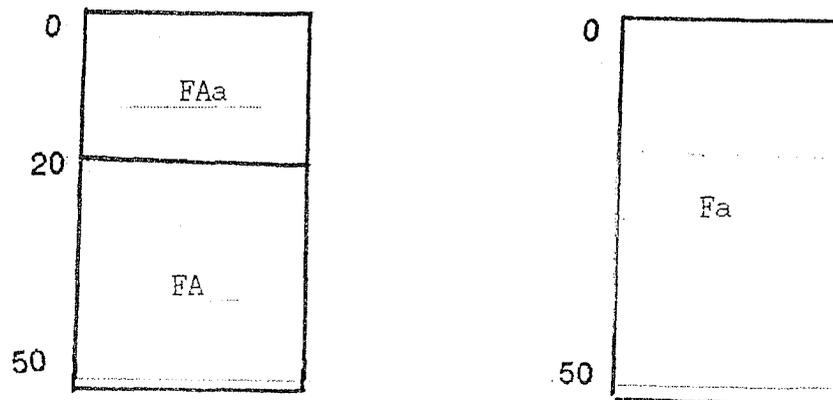
En el sistema San Gerónimo se observó una marcada diferencia en coloración entre los estratos de 0 - 20 y 20 - 40 cm de profundidad, muestreándose por separado y obteniendo los resultados siguientes:

#### Textura

El estrato de 0-20 cm. posee una textura Franco-arcillo-arenosa, FAs, mientras que el estrato de 20-40 cm, una textura franco-arcillosa, FA, esto es consecuencia de un mayor contenido de arcilla en este último estrato.

El sistema Mucupiches presenta suelos uniformes, por lo que se muestreó de Ø-40 cm. Todas las sub-unidades evaluadas presentaron una textura franco arenosa (Fa).

En la Figura 39 se presentan los perfiles característicos de los sistemas evaluados.



www.bdigital.uia.ve

Figura 39. Perfiles característicos de suelo.

A) sistema San Gerónimo

B) sistema Mucupiches

#### Densidad aparente

Para las sub-unidades evaluadas del sistema San Gerónimo según Tabla 28, se determinó una densidad aparente promedio de 1,59 gr/cm<sup>3</sup> para los estratos de Ø - 20 cm., y 1,56 gr/cm<sup>3</sup> para los estratos de 20 - 40 cm.

Para las sub-unidades del sistema Mucupiches según Tabla 29, se determinó una densidad aparente que oscila entre 1,48 - 1,52 gr/cm<sup>3</sup>.

## Análisis químico

En la Tabla 40 se reportan los resultados del análisis químico de suelo, según los cuales se puede determinar lo siguiente:

Las sub-unidades del sistema San Gerónimo presentan un rango de pH de 4,6 a 6,8 ; por lo que se les puede clasificar como moderados a fuertemente ácidos. Para las sub-unidades evaluadas del sistema Mucupiches se encontró un rango de pH que va de 4,9 a 6,2 ; por lo que también se pueden clasificar como moderadamente a fuertemente ácidos.

## Salinidad

No se reportan sales solubles para los suelos de las sub-unidades evaluadas en los dos sistemas, los valores de pH son todos menores que 7. Según la Tabla 4 y 5 estos suelos se pueden catalogar como normales, es decir sin problemas de salinidad.

## Contenido de materia orgánica

Según la Tabla 40 las sub-unidades del sistema San Gerónimo presentaron un contenido de materia orgánica que oscila entre 2,6 y 3,8 %. Las sub-unidades del sistema Mucupiches presentan contenidos más altos de materia orgánica que oscilan entre 3,3 y 4,1 %.

Tabla 40. Análisis químico de suelos de las sub-unidades evaluadas.

Sub-unidad	pH	CIC meq/100 ml	Sat. Bas %	Sat. Acidos %	M.O %	Sales solubles ppm
SG-1	4,6	5,3	76	24	3,8	-----
SG-2	6,8	14,8	100	0	2,7	-----
SG-4	5,8	9,9	100	0	2,6	-----
M-1	6,2	9,9	100	0	3,3	-----
M-2 y M-2G	5,1	13,4	98	2	3,9	-----
M-3 y M-3G	4,9	6,8	86	14	4,1	-----

## Lámina neta útil almacenable en el suelo, *D<sub>na</sub>*

La lámina neta útil almacenable se calculó a partir de los valores de contenidos máximos de humedad aprovechables por el cultivo expresado en % en base a peso seco, *W<sub>max</sub>*, que corresponde a una tensión de 1/5 atmósferas, y el contenido crítico, *W<sub>pmc</sub>*, que equivale a 15 atmósferas obtenidos de la Tabla 31. Los valores calculados se presentan en la Tabla 41.

Para las sub-unidades del sistema San Gerónimo, según la Tabla 41, la *Dna* varía desde 40,8 a 48,9 mm, obteniéndose una *Dna* promedio de 45,5 mm. Para las sub-unidades del sistema Mucupiches la *Dna* varía de 48,2 a 81,1 mm, con un promedio de 63,9 mm.

Tabla 41. Lámina neta útil almacenable en el suelo sistemas evaluados.

Sub-unidad	Prof. (cm)	W <sub>max</sub> %	W <sub>pmp</sub> %	D (mm)	Da (gr/cm <sup>3</sup> )	D <sub>na</sub> (mm)	D <sub>na</sub> Total (mm)
SG-1	0-20	27,87	16,33	200	1,60	36,9	48,9
	20-40	27,90	19,55	100	1,44	12,0	
SG-2	0-20	25,99	16,90	200	1,58	28,7	40,8
	20-40	26,57	19,21	100	1,64	12,1	
SG-4	0-20	25,09	16,30	200	1,59	28,0	46,8
	20-40	27,66	15,91	100	1,60	18,8	
M-1	0-40	31,79	13,77	300	1,50	81,1	81,1
M-2, M-2G	0-40	26,55	12,89	300	1,52	62,3	62,3
M-3, M-3G	0-40	24,83	13,97	300	1,48	48,2	48,2

#### Retención de humedad

A partir de los porcentajes de retención de humedad en el suelo para diferentes tensiones reportados en la Tabla 30, se construyeron las curvas de retención de humedad representativas para cada sub-unidad evaluada, las que se adjuntan en el Apéndice 2.

#### Evaluación de la calidad del agua de riego

De acuerdo a los resultados a la Tabla 60, que se adjunta en el Apéndice 3, se puede analizar lo siguiente:

##### Problemas físicos

Ninguna de las fuentes evaluadas posee problemas físicos.

##### Problemas químicos

Las dos muestras evaluadas presentan pH menores que 7. Según los rangos reportados en la Tabla 3, ésta les confiere reducido riesgo de obturación. La cantidad de sólidos disueltos: 190 ppm para la fuente San Gerónimo y 170 ppm para la muestra Mucupiches, las clasifica con riesgo reducido de obturación. La

concentración de sodio encontrada: 19 y 15 ppm, y los valores de pH menores que 6,5; las clasifica según la tabla 2 como aguas sin problema de salinidad y misceláneos.

### Problemas biológicos

Biológicamente no se encontró población bacteriana, únicamente se detecta crecimiento de algas en el espejo superficial del agua, reportándose 98 y 85 unidades de turbidez, clasificándose el agua de riego con moderado a alto riesgo de obturación.

### Evaluación del cultivo

#### Porcentaje de sombra

Para todas las sub-unidades evaluadas se obtuvo un 54,5% de área sombreada, no importando el grado de desarrollo del cultivo. Para su cálculo se utilizó la Ecuación 3.3, se tomó como área cultivada el área de 1,20 m de largo de camellón, esto se hizo por la razón de que los camellones van tapados con plástico negro, por lo que se considera que el agua en esta área se pierde solo por transpiración del cultivo, siendo nula la evaporación directa del suelo. El área total toma en cuenta el área desnuda que separa los camellones.

#### Profundidad de enraizamiento

Se obtuvo una profundidad radicular promedio de 26 cm para el sistema san Gerónimo y 28 cm para el sistema Mucupiches, esta profundidad es menor que la reportada en la tabla 10. Para los fines de evaluación se tomó una profundidad efectiva de 30 cm. La profundidad radicular se muestra en la Figura 40.



Figura 40. Profundidad radicular promedio.

## Función de producción

Con el objeto de analizar el comportamiento agronómico del cultivo de la fresa para diferentes regímenes de riego, se analizó, durante los meses de Marzo y Abril el efecto integrado del aporte de la lluvia y riego en la variación de la lámina de agua disponible en el suelo. Para el mismo período se tomaron datos de rendimiento del cultivo en la sub-unidad SG-1, dicha unidad se encontraba en la fase descendente de su ciclo reproductivo, aportando el 30 % de su producción total.

La Figura 41 muestra la variación de la lámina de agua disponible en el suelo; según ésta, se puede observar que únicamente durante tres días del período evaluado: 15 y 28 de Marzo y 11 de Abril, el contenido de humedad en el suelo fue inferior al umbral óptimo de riego.

En la Tabla 42 se reportan los datos del 30 % de producción para los 16 puntos evaluados. Es necesario recordar que la productividad o rendimiento de un cultivo, en cierto ambiente edafoclimático y bajo la aplicación de determinados insumos y prácticas de manejo, depende de múltiples factores. En el presente estudio se hizo referencia únicamente al régimen hídrico por efecto de la lluvia y riego para obtener la función de producción rudimentaria siguiente:

Para ajuste lineal:

$$Y = 0,936071 \cdot 10^4 - 0,675064 * X.$$

Para ajuste cuadrático:

$$Y = 0,8959 * 10^4 + 0,335873 * 10^2 * X - 0,51955 \cdot 10^{-1} * X^2.$$

Tabla 42. Datos de producción obtenidos en la sub-unidad SG-1 durante los meses de marzo y abril (Datos de campo).

Localización del lateral en la múltiple.	Punto de muestreo sobre el lateral	Lámina de riego (mm)	Lámina total de riego (mm)	Precipit. (mm)	Lámina total durante el periodo (mm)	Producción (kg/planta)	Producción Total Kg/ha/30% de producción (50.000 plantas/ha)
Entrada	Entrada	40,0	240,0	492,0	732,0	0,09	4.500
	1/3	33,3	199,8		691,8	0,13	6.500
	2/3	33,3	199,8		691,8	0,16	8.000
	Final	30,0	180,0		672,0	0,16	8.000
1/3 de la entrada	Entrada	24,0	144,0		636,0	0,17	8.500
	1/3	22,7	136,2		628,2	0,19	9.500
	2/3	20,0	120,0		612,0	0,19	9.500
	Final	20,7	124,2		616,2	0,17	8.500
2/3 de la entrada	Entrada	16,0	96,0		588,0	0,24	12.000
	1/3	16,0	96,0		588,0	0,23	11.500
	2/3	16,7	100,2		592,2	0,23	11.500
	Final	13,3	79,8		571,8	0,20	10.000
Extremo final	Entrada	12,7	76,2		568,2	0,20	10.000
	1/3	16,7	100,2		592,2	0,21	10.500
	2/3	16,0	96,0		588,0	0,24	12.000
	Final	17,3	103,8		595,8	0,21	10.500

En la Figura 41 se presenta la interpretación gráfica de la variación de la lámina de agua disponible por el efecto integrado del riego y precipitación, y en la Figura 42 la gráfica de las ecuaciones ajustadas que definen la función de producción.



COMPORTAMIENTO  
FUNCION DE PRODUCCION

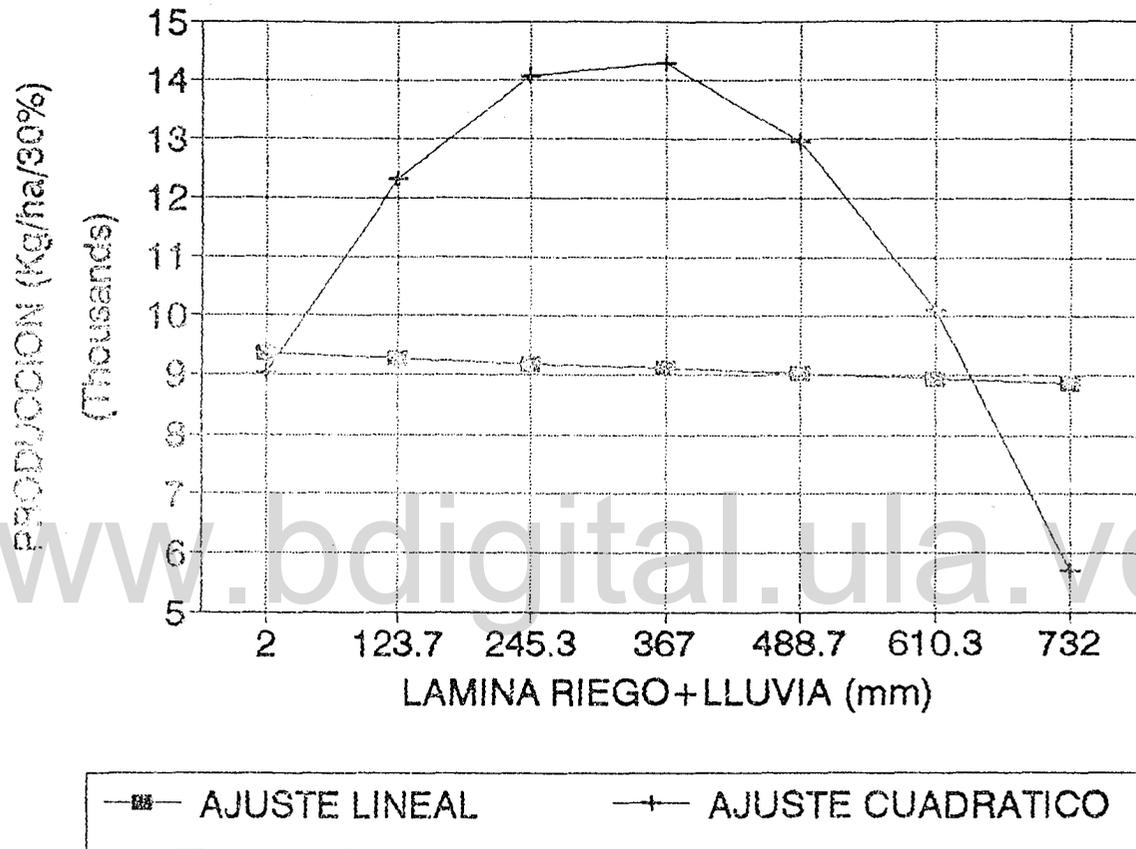


Figura 42. Función de producción.

## Evaluación hidráulica del sistema de riego

### Ancho de humedecimiento

El ancho de humedecimiento se midió a 30 cm de profundidad, utilizando una varilla punta roma graduada en cm y corroborando con algunos cortes transversales. Para el sistema San Gerónimo se obtuvo un ancho de humedecimiento promedio de 0,72 m, con desplazamiento lateral en sentido de la pendiente, lo que produce un afloramiento superficial en la calle que separa los camellones. Esto se debe a que el estrato inferior del suelo (20-40 cm) posee una textura más pesada y la pendiente transversal (entre 12 y 15 %) favorece el desplazamiento lateral del agua en el estrato superficial.

Para el sistema Mucupiches se obtuvo un ancho de humedecimiento promedio de 1,0 metro, cuando las descargas son de 1,38 y 2,1 l/h. Se determinó en los cortes transversales, que dado a la pedregosidad del suelo, a 30 cm de profundidad existe una capa compactada producto de la mala preparación de éste, dando como resultado que a pesar de ser un suelo de textura franco-arenosa, el bulbo de humedecimiento tiene buen desplazamiento lateral. Esto es consecuencia también de que en estas sub-unidades se riega con un umbral menor que en el sistema San Gerónimo.

### Porcentaje de área mojada, ph

Según la Tabla 43, el porcentaje de área húmeda para el sistema San Gerónimo oscila entre 39 y 48 % y para el sistema Mucupiches entre 55 y 69 %. Todos los valores se encuentran dentro del límite establecido para diseño de riegos localizados para cultivos de marcos de plantación estrecha.

Tabla 43. porcentaje de área humedecida de las sub-unidades evaluadas.

Sub-unidad	ancho húmedo(m)	Area húmeda Am (m <sup>2</sup> )	Area total (m <sup>2</sup> )	Area húmeda %
SG-1	0,8	0,96	1,98	48
SG-2	0,73	0,88	1,98	44
SG-4	0,65	0,78	1,98	39
M-1 (1,38l/h)	0,90	1,08	1,98	55
M-1 (2,1 l/h)	1,10	1,32	1,98	69

### Profundidad de humedecimiento

Para el sistema San Gerónimo se encontró una profundidad húmeda promedio de 32,3 cm, comparado con lo recomendado en riego por goteo que equivale a obtener un 15% mayor o menor que la profundidad efectiva radicular, se considera que se encuentra entre los rangos óptimos recomendados.

Para las sub-unidades evaluadas en el sistema Mucupiches, se encontró que la profundidad de humedecimiento oscila entre 42 y 50 cm con un promedio de 45,7 cm. Este resultado es superior al recomendado en riegos localizados, por lo tanto se deduce que existe pérdida por percolación.

### Tiempo de riego

Según la información obtenida, el tiempo de riego es de 1,5 horas para cada sub-unidad, aunque en las sub-unidades recién sembradas o con lluvias antecedentes puede bajar a una hora. En ninguno de los sistemas se mide la humedad antes del riego. En la Tabla 44 se reportan los datos obtenidos.

Tabla 44. Tiempos de riego por sub-unidad.

Sistema riego	Sub-unidad riego	Area (ha)	Caudal entregado (m <sup>3</sup> /h)	tiempo riego ( h)	voluøen entregado (m <sup>3</sup> )
San Gerónimo	SG-1	2,2	136,08	1,5	204,12
San Gerónimo	SG-2	2,02	154,22	1,5	231,33
San Gerónimo	SG-4	2,0	147,42	1,5	221,13
Mucupiches	M-1	2,7	170,30	1,5	255,5
Mucupiches	M-2	1,43	238,46	1,5	357,68
Mucupiches	M-2G	0,60	238,46	1,5	357,68
Mucupiches	M-3	0,93	158,97	1,5	238,46
Mucupiches	M-3G	1,11	158,97	1,5	238,46

### Frecuencia de riego

La frecuencia de riego utilizada en ambos sistemas es 3,5 días, es decir aplican dos riegos por semana para entregar 0,5 litros/día/planta, en el entendido que con la presión de trabajo que tienen estipulada para cada sub-unidad obtienen una descarga promedio de 25 cc/minuto/emisor.

Para tener un patrón de comparación en cuanto a la demanda e intervalo de riego, se utilizó el programa IRSIS para un período de 5 años de cultivo para tres épocas de siembra: Enero, Mayo y Septiembre, El análisis estadístico de los valores obtenidos se presenta en la Tabla 45.

Tabla 45. Análisis estadístico del Modelo IRSIS para diferentes épocas de siembra de fresa durante 1978-1982. Sistema Mucupiches.

Época de siembra	Parámetro	Valor mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Desv. Standar
ENERO	Lámina (mm)	6,20	15,90	10,92	1,87
	Intervalo (días)	1	49	5	4,79
MAYO	Lámina (mm)	6,20	15,90	11,19	1,67
	Intervalo (días)	1	49	5	4,29
SEPTIEMBRE	Lámina (mm)	5,70	15,10	9,56	1,55
	Intervalo (días)	1	38	4	3,22

Según el análisis estadístico de la Tabla 45, el valor de la lámina promedio que requiere el cultivo de la fresa, para las condiciones climáticas del período evaluado oscila entre 9,6 y 10,9 mm; dichos valores se aproxima a la lámina óptima de riego de 11 mm calculada en la Tabla 55.

El intervalo de riego varía entre 4 y 5 días, este intervalo se considera bastante amplio para el contenido de humedad que debe mantenerse en el suelo dado a las condiciones texturales del mismo. Este resultado de la amplia frecuencia, puede deberse a que el programa está hecho para riego intermitente y no para riego de alta frecuencia. En este programa el menor valor de la fracción de agua fácilmente disponible,  $P$ , que se acepta, es el 20 por ciento del total de agua disponible; mientras que en riegos localizados de alta frecuencia, el agotamiento del agua puede ser inferior al 20 por ciento antes mencionado.

Según lo establecido por Pizarro, el potencial hídrico óptimo para el normal desarrollo productivo de la fresa debe estar entre 0,2 a 0,3 bares, lo que significa que la humedad del suelo debe mantenerse a capacidad de campo. En base a estos parámetros se puede afirmar que la frecuencia de riego es muy baja, principalmente para los suelos franco-arenosos del sistema Mucupiches, en vista que por lo regular los suelos franco-arenosos alcanzan su capacidad de campo entre 24 y 48 horas después del riego.

Por las razones discutidas anteriormente, se utilizó el programa IRSIS durante el mismo período, para calcular la lámina de riego necesaria si éste se maneja con un intervalo de riego de dos y tres días. Los resultados del análisis estadístico se presentan en la Tabla 46.

Tabla 46. Análisis estadístico de los resultados del programa IRSIS para el manejo del riego con intervalo de dos días, período 1978 - 1982.

Epoca de Siembra	Parámetro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Medio	Des. Standar
ENERO	Lámina (mm)	0,0	31,2	6,3	3,37
	Intervalo (días)	1	27	2	1,69
MAYO	Lámina (mm)	0,0	32,5	5,6	2,70
	Intervalo (días)	2	10	2	0,80
SEPTIEMBRE	Lámina (mm)	0	14,30	5,79	2,61
	Intervalo (días)	2	10	2	0,78

De acuerdo a los valores reportados en la Tabla 46, Para un manejo del riego con intervalo de dos días, la lámina necesaria para el sistema Mucupiches oscila entre 5,6 - 6,3 mm.

Para los suelos franco-arcillo-arenoso y franco arcilloso del sistema San Gerónimo Tendría que evaluarse si manteniéndolo a capacidad de campo se presentan problemas de falta de oxígeno en el sistema radicular.

Tabla 47. Análisis estadístico de los resultados del programa IRSIS para el manejo de riego con intervalo de tres días, período (1978-1982).

Epoca de siembra	Parámetro	Valor mínimo	Valor Máximo	Valor medio	Desv. Standar
ENERO	Lámina (mm)	0,0	19,9	7,9	4,1
	Intervalo (días)	3,0	15,0	3,0	1,0
MAYO	Lámina (mm)	0,0	18,5	7,14	3,36
	Intervalo (días)	3,0	9,0	3,0	0,74
SEPTIEMBRE	Lámina (mm)	0,0	17,0	6,67	3,34
	Intervalo (días)	3,0	9,0	3,0	0,70

#### Variación de caudales en las sub-unidades de riego

Con el objeto de determinar la variación de la descarga en cada sub-unidad de riego, se calculó el caudal medio  $q_a$ , el caudal mínimo  $q_n$ , y el caudal máximo  $q_{max}$ , este último calculado

como el promedio de los dos mayores caudales registrados en cada sub-unidad. De acuerdo a los resultados de la Tabla 48, la variación de caudales para las sub-unidades del sistema San Gerónimo oscila entre 50 y 60 %, dicho valor es superior al 10% tolerado en el diseño de sistemas por goteo.

Tabla 48. Variación de caudales sub-unidades sistema San Gerónimo.

Caudales (L/h)	Sub-unidades de riego		
	SG-1	SG-2	SG-4
q <sub>n</sub>	1,31	0,72	0,87
q <sub>a</sub>	1,96	1,74	1,33
q <sub>max</sub>	3,30	2,82	1,74
Variación de caudales %	60 %	74,5 %	50 %

Datos de campo.

Para las sub-unidades del sistema Mucupiches según la Tabla 49, se reporta alta variación de caudales, ésta oscila entre 45 a 60 por ciento; estos valores también sobrepasan de los valores tolerados en el diseño de riegos por goteo.

Tabla 49. Variación de caudales sub-unidades sistema Mucupiches.

Caudales (L/h)	Sub-unidades de riego				
	M-1	M-2	M-2G	M-3	M-3G
q <sub>n</sub>	1,11	1,08	1,0	0,84	0,96
q <sub>a</sub>	1,41	1,70	1,37	1,52	1,45
q <sub>max</sub>	2,01	2,13	2,01	1,98	2,43
Variación caudales %	45 %	49 %	50 %	58 %	60 %

Datos de campo.

### Variación de presiones

Según la Tabla 50, para los dos sistemas de riego evaluados las variaciones de presión presentan grandes diferencias, sobrepasando el rango tolerado de 10 al 20 % para mangueras de goteo según si el régimen de funcionamiento del emisor sea laminar o turbulento.

Tabla 50. Porcentaje de Variación de presiones sub-unidades de sistemas evaluados (Datos de campo).

Sub-unidad	Ubicación de los laterales en la terciaria				
	Entrada %	1/3 L %	2/3 L %	Final %	promedio %
SG-1	2,84	14,23	33,4	9,06	15
SG-2	50	25	31	43	37
SG-4	- 25	0	- 60	- 43	32
Promedio	9,28	13,08	1,47	3,02	
M-1	28	25	30	20	26
M-2	73	53	45	0	43
M-2G	28	20	7	7	16
M-3	0	20	5	7	8
M-3G	0	5	10	5	5
Promedio	24	25	19	8	

#### Coefficiente de variación de caudales

Con el objeto de determinar la causa de la variación de caudales registrados en la Tabla 48 y 49, se calculó el coeficiente de variación total de caudales  $CVt$ , Ecuación 2.2, el coeficiente de variación de caudales por baja uniformidad de los emisores  $CVe$ , Ecuación 2.3, y el coeficiente de variación de caudales debido a causas hidráulicas  $CVh$ , Ecuación 2.4; dichos valores se reportan en la Tabla 51 y 52.

Tabla 51. Coeficiente de variación de caudales sistema San Gerónimo (Datos de campo).

Sub-unidad	$SDq$	$q_a$	$CVt$	$SDp$	$Pa$	$CVh$	$x$	$CVe$
SG-1	0,71	1,96	0,36	2,5	9,28	0,27	0,73	0,30
SG-2	0,77	1,74	0,44	1,62	3,93	0,41	0,58	0,37
SG-4	0,34	1,33	0,26	2,15	8,44	0,25	0,73	0,19

Al comparar los valores de  $CVt$  obtenidos en la Tabla 60 con los valores reportados en la Tabla 1, se puede decir que la uniformidad de riego de las sub-unidades: SG-1 es baja, SG-2 es inaceptable y SG-4 es aceptable.

En cuanto al valor de  $CVe$ , la sub-unidad SG-4 no tiene problema de obturación. La baja e inaceptable uniformidad de las

sub-unidades SG-1 y SG-2 es por problemas de cambios de presión ocasionados por fugas y mal diseño de laterales.

Según los resultados de la Tabla 52, al compararlos con los datos de la Tabla 1, se considera que la uniformidad de riego, en función del coeficiente de variación de caudales, es baja para las sub-unidades M-3 y M-3G, para las restantes sub-unidades es aceptable.

La baja uniformidad de M-3 y M-3G es debido a un mal diseño hidráulico de la tubería terciaria, ya que ésta tiene una pendiente longitudinal de 22% bajando, lo que ocasiona que las diferencias de presión entre los primeros y los últimos laterales sea considerable.

Tabla 52. Coeficiente de variación de caudales sistema Mucupiches (Datos de campo).

Sub-unidad	SDq	qa (l/h)	CVt	SDp	Pa (m)	CVh	x	CVe
M-1	Ø,328	1,41	Ø,23	3,Ø	9,56	Ø,31	Ø,73	Ø,Ø4
M-2	Ø,457	1,7	Ø,27	3,75	12,24	Ø,31	Ø,73	Ø,15
M-2G	Ø,38Ø	1,37	Ø,28	Ø,51	4,71	Ø,11	Ø,73	Ø,27
M-3	Ø,45Ø	1,52	Ø,3Ø	3,88	7,74	Ø,5Ø	Ø,73	Ø,Ø
M-3G	Ø,451	1,45	Ø,31	1,14	5,91	Ø,19	Ø,73	Ø,23

Lámina neta faltante en el momento del riego

Para su cálculo se utilizó la Ecuación 2.32. El porcentaje de humedad antecedente,  $W_r$ , se calculó midiendo el potencial hídrico del suelo antes del riego, a través de tensiómetros instalados a 3Ø cm de profundidad. Estos valores de tensión se convirtieron a contenido de humedad por medio de las curvas de retención de cada sub-unidad. La Figura 43 muestra la medición del potencial hídrico utilizando tensiómetros y la Tabla 53 la lámina faltante calculada.

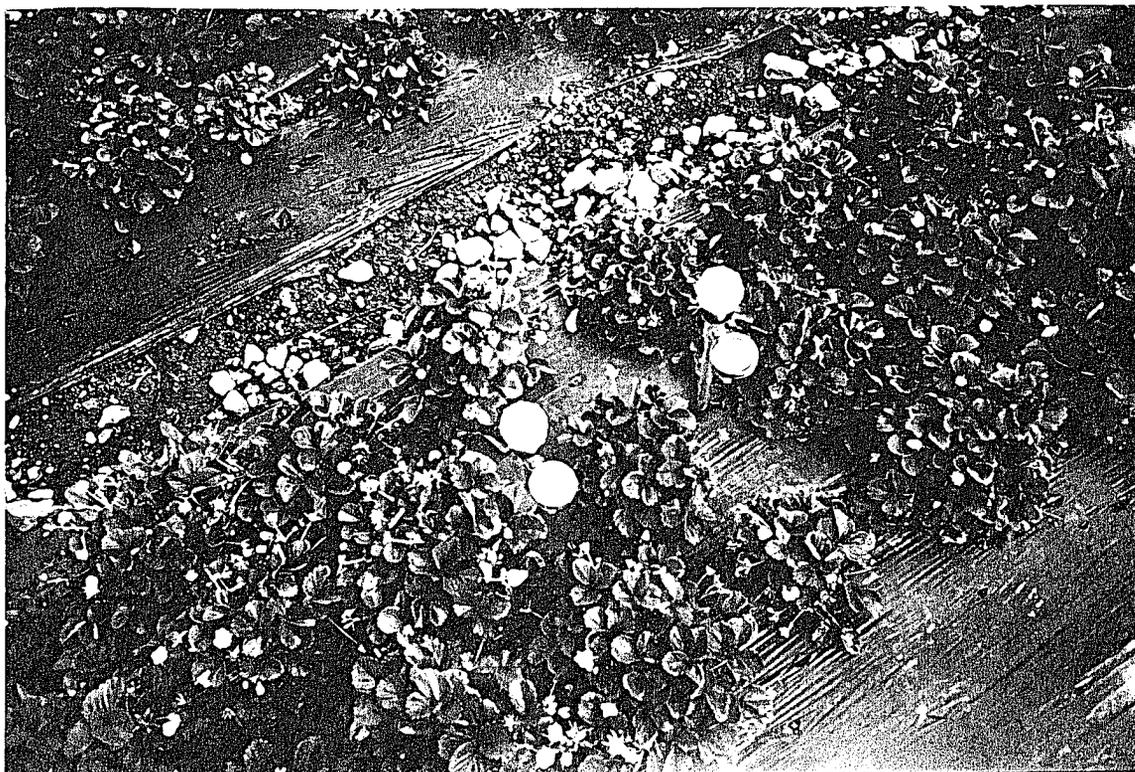


Figura 43. Medición del potencial hidrico antes del riego.

Tabla 53. Lámina neta faltante en el momento del riego.

Sub-unidad	Prof. (cm)	Contenido de humedad						
		Wc (%)	Wr (%)	Da (gr/cm <sup>3</sup> )	D (mm)	df (mm)	Tot. Lf (mm)	UR %
SG-1	0-20	27,87	25	1,60	200	9,2	14	31
	20-40	27,30	24,60	1,44	100	4,8		
SG-2	0-20	25,99	23,13	1,58	200	9,8	10,5	29
	20-40	26,57	25,63	1,64	100	1,5		
SG-4	0-20	25,29	22,11	1,59	200	9,5	18,6	37
	20-40	27,66	22	1,60	100	9,1		
X-1	0-40	31,79	29	1,50	300	12,5	12,5	16
M-2 y M-20	0-40	20,55	23,2	1,52	300	15,3	15,3	25
M-3 y M-30	0-40	24,33	22,3	1,48	300	11,2	11,2	23

Según la Tabla 53, la lámina neta almacenable en la zona radicular resultó ser 14, 10,5 y 18,6 mm para las sub-unidades SG-1, SG-2 y SG-4 respectivamente, un umbral de riego de 28,6, 26 y 39,8 por ciento para las mismas sub-unidades.

Para el sistema Mucupiches se determinó una lámina faltante en el momento del riego de 12,5, 15,3, y 11,2 mm; y un umbral de riego de 16, 25 y 23 por ciento para las sub-unidades M-1, M-2 y M-2G, M-3 y M-3G respectivamente.

#### Lámina bruta promedio aplicada *db*

La lámina bruta promedio aplicada sobre el área cultivada se calculó mediante la Ecuación 3.5, modificando *e* como el número de emisores para 12 plantas, y *Am* como el área húmeda medida a 30 cm de profundidad para 1,20 metros de longitud de camellón. Los resultados se presentan en la Tabla 54.

Tabla 54. Lámina bruta promedio aplicada (Datos de campo).

Sub-unidad	<i>e</i> /12 plantas	$q_a$ (mm <sup>3</sup> / h) * 10 <sup>4</sup>	<i>tr</i> (h)	Área húmeda (mm <sup>2</sup> ) * 10 <sup>4</sup>	<i>db</i> (mm)
SG-1	8	196	1,5	96	24,5
SG-2	8	174	1,5	87,6	23,8
SG-4	8	133	1,5	78	20,5
M-1	8	141	1,5	86	19,7
M-2	8	170	1,5	108	18,9
M-2G	8	137	1,5	84	19,6
M-3	8	152	1,5	86	21,2
M-3G	8	145	1,5	90	19,3

#### Lámina óptima de riego *dr*

La lámina óptima de riego es aquella que debe reponerse al suelo para mantener el potencial hídrico óptimo, cuando la humedad de éste está llegando a su punto crítico que para el cultivo de la fresa es de 30 centibares. Los valores calculados se reportan en la Tabla 55.

Tabla 55. Lámina óptima de riego.

Sub-unidad	W <sub>max</sub> (1/5 atm.) %	W <sub>c</sub> (1/3 atm.) %	D <sub>a</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	D (mm)	dr (mm)	Total (mm)
SG-1 (0-20 cm)	27,87	25,51	1,60	200	7,6	12,2
SG-1 (20-40 cm)	27,90	24,68	1,44	100	4,6	
SG-2 (0-20 cm)	25,99	23,15	1,58	200	9,0	10,1
SG-2 (20-40 cm)	26,57	25,92	1,64	100	1,1	
SG-4 (0-20 cm)	25,09	22,13	1,59	200	9,4	18,4
SG-4 (20-40)	27,66	22,04	1,60	100	10,0	
M-1 (0-20 cm)	31,79	29,35	1,50	300	11,0	11,0
M-2 y M-2G (20 - 40 cm)	26,55	23,48	1,52	300	14,0	14,0
M-3 y M-3G (20 - 40 cm)	24,83	22,79	1,48	300	9,1	9,1

#### Caudales y presiones

En los lotes seleccionados se tomaron datos de volúmenes de agua de 16 puntos diferentes de acuerdo a la metodología presentada anteriormente, en cada punto de muestreo se consideró el volumen de agua erogado por 4 emisores durante un tiempo de dos minutos; con estos valores se obtuvo la descarga promedio por orificio en l/h y el caudal promedio para cada unidad de riego. Asimismo se tomaron 8 datos de presión, resultantes de la entrada y salida de los laterales. En la Tabla 56 aparecen caudales y presiones de la sub-unidad SG-1. En el Apéndice 5 se presentan los datos de las sub-unidades restantes.

Tabla 56. Datos de caudal-presión sub-unidad SG-1.

Localización salida sobre el lateral	Localización del lateral en la múltiple.			
	Entrada (l/h)	1/3 abajo (l/h)	2/3 abajo (l/h)	Final. (l/h)
Entrada	3,6	2,16	1,44	1,14
1/3	3,0	2,04	1,44	1,50
2/3	3,0	1,80	1,50	1,44
Final	2,7	1,86	1,20	1,56
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	12,66 (18)	9,84 (14)	8,44 (12)	7,73 (11)
Final	13,30(17,5)	8,44 (12)	5,62 (8)	7,03 (10)
Pérdida carga %	2,84	14,23	33,4	9,06

Con los resultados de la Tabla 56, se obtuvieron los siguientes valores:

$$q_a = 1.96 \text{ l/h.}$$

$$q_n = 1,31 \text{ l/h.}$$

$$\Delta H_s = 12,66 - 7,03 = 5,63 \text{ m.}$$

$$h_a = 9,28 \text{ m.}$$

Lateral de mínima presión de entrada sub-unidad SG-1:

$$\text{Mínima LMPE (m)} = 7,73$$

#### Características de funcionamiento de la tubería lateral

Con la finalidad de definir el comportamiento hidráulico de los laterales para las condiciones actuales de funcionamiento, se obtuvo la relación carga-caudal a partir del gráfico de estos pares de valores. Se obtuvo una línea ajustada que se presenta en las Figuras 44 y 45; cada una de las cuales pertenece a la siguiente ecuación:

Para la manguera Bi-wall:

$$q = 0,537 \cdot h^{0,58} \quad (5.1)$$

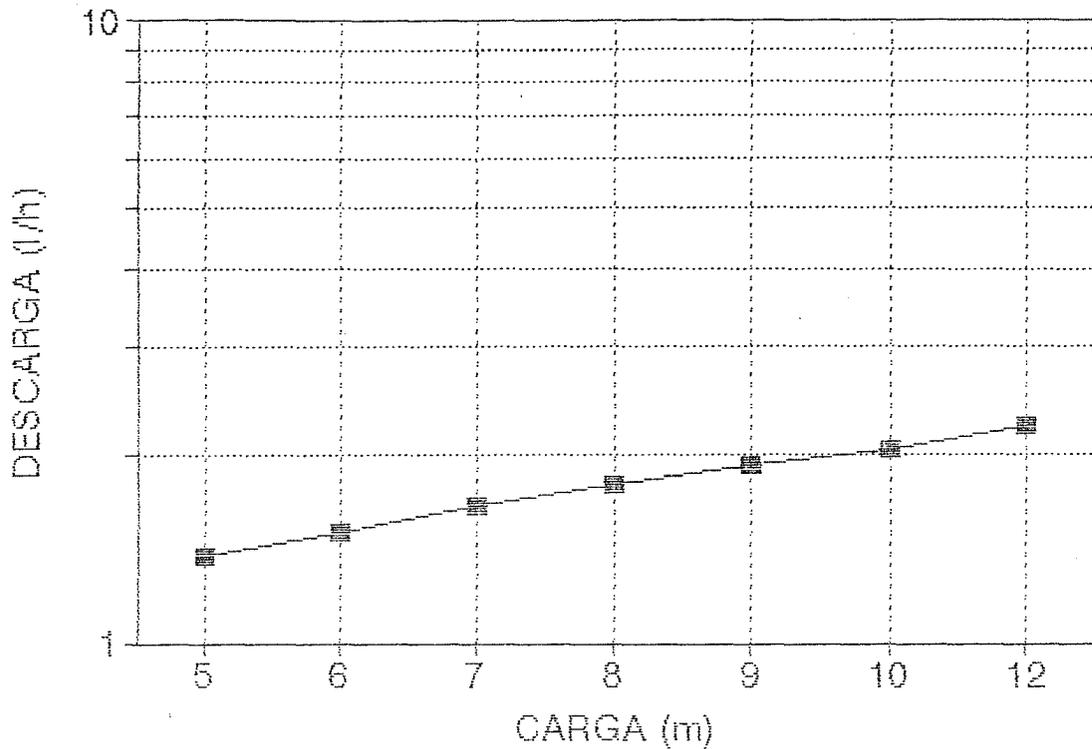


Figura 44. Comportamiento hidráulico de la manguera Bi-wall.

Para la manguera T-tape:

$$q = 0,3326 * h^{0.73} \quad (5.2)$$

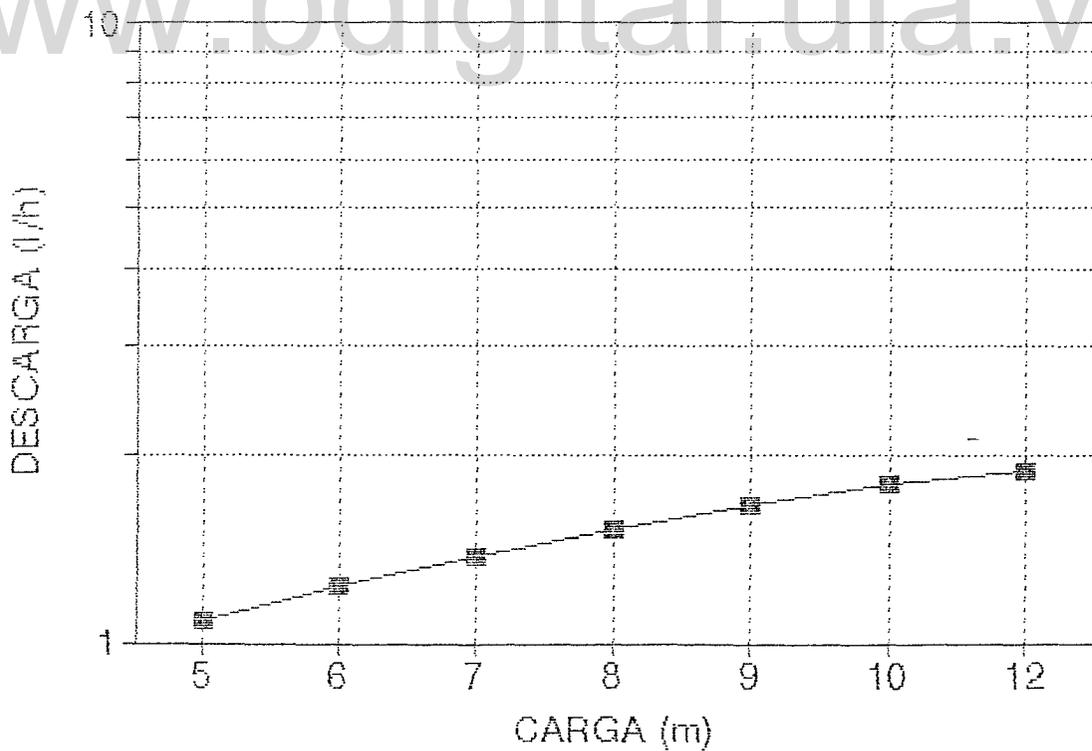


Figura 45. Comportamiento hidráulico de la manguera T-tape.

Uniformidad de emisión de la múltiple  $UE_m$ , y uniformidad de emisión del sistema  $UE$

En cada sub-unidad evaluada se determinó el caudal promedio,  $q_a$ , así como el caudal promedio del cuarto inferior,  $q_n$ . La relación de estos dos caudales determina la uniformidad de emisión de la múltiple,  $UE_m$ , los cuales son afectados por el factor de corrección  $FRE$ , determinando la uniformidad de emisión del sistema,  $CUS$ . Estos valores se presentan en la Tabla 57.

Tabla 57. Valores de Uniformidad de emisión de la múltiple,  $UE_m$  y Uniformidad del sistema  $UE$ .

Sistema	Sub-unidad riego	$q_n$ (l/h)	$q_a$ (l/h)	$UE_m$ %	$UE$
San Gerónimo	SG-1	1,31	1,96	66,84	67
	SG-2	0,72	1,74	41,38	41
	SG-4	0,87	1,33	65,41	65
Mucupiches	M-1	1,11	1,41	78,72	79
	M-2	1,08	1,70	63,53	64
	M-2G	1,00	1,37	72,99	73
	M-3	0,84	1,52	55,26	55
	M-3G	0,96	1,45	66,21	66

Presión en los filtros

Durante el proceso de evaluación del filtrado, se midieron las presiones de entrada y salida de los filtros de arena y malla respectivamente, esto con la finalidad de determinar la caída de presión que ocurre en estos equipos durante su operación, y compararla con los valores máximos permitidos. Los datos se reportan en la Tabla 58.

Tabla 58. Pérdida de Presión en los filtros.

Sistema	Sub-unidad	Entrada m (PSI)	Salida m (PSI)	Pérdida m (PSI)
San Gerónimo	SG-1	10,55 (15)	8,44 (12)	2,11 (3)
San Gerónimo	SG-2	12,66 (18)	9,84 (14)	2,82 (4)
San Gerónimo	SG-4	14,06 (20)	11,25 (16)	2,81 (4)
Mucupiches	M-1	12,66 (18)	10,55 (15)	2,11 (3)
Mucupiches	M-2	12,66 (18)	11,25 (16)	1,41 (2)
Mucupiches	M-2G	12,66 (18)	11,25 (16)	1,41 (2)
Mucupiches	M-3	14,06 (20)	12,66 (18)	1,41 (2)
Mucupiches	M-3G	14,06 (20)	12,66 (18)	1,41 (2)

La pérdida de presión en los filtros, de acuerdo a la Tabla 58, oscila entre 1,41 y 2,82 metros, valores estos menores que los límites recomendados.

#### Caudales por unidad de longitud

Los caudales por unidad de longitud fueron verificados relacionando el volumen de agua aplicado a cada sub-unidad, con el tiempo de aplicación efectivo y la longitud de la manguera. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 59.

Tabla 59. Caudales por unidad de longitud, q (l/h/m).

Sistema	Sub-unidad	Longitud lateral (m)	qa (l/h)	Número orificios	q (l/h/m)
San Gerónimo	SG-1	100,5	1,96	335	6,53
	SG-2	102	1,72	340	5,73
	SG-4	83,25	1,10	277	3,66
Mucupiches	M-1	93	1,41	310	4,70
	M-2	82,75	1,70	276	5,67
	M-2G	58,50	1,37	195	4,57
	M-3	53,85	1,52	180	5,07
	M-3G	36,75	1,45	123	4,85

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

Según las evaluaciones realizadas en los sistemas de riego San Gerónimo y Mucupiches se concluye lo siguiente:

1) De los balances hídricos obtenidos, para el área del sistema San Gerónimo, se puede determinar el exceso de precipitación con respecto a la evapotranspiración que se registra durante ocho meses, lo que ocasiona problemas de exceso de humedad en el follaje, produciendo como consecuencia pérdida de cosecha por ataque del hongo *Botritis cynerea*. Asimismo se produce muerte de pelos absorbentes por falta de aireación en el suelo, repercutiendo en el nivel de producción, tanto en cantidad como en calidad.

2) Los suelos del sistema San Gerónimo dado a sus condiciones texturales FAa y FA, no son los más adecuados para obtener una producción de acuerdo al potencial genético de la fresa bajo este régimen de precipitación existente, ya que este cultivo se desarrolla en óptimas condiciones en suelos franco a franco-arenosos por la capacidad de aireación que éstos tienen aun con alto contenido de humedad.

3) Las condiciones climáticas y de suelo del sistema Mucupiches son adecuados para el cultivo de la fresa, aunque las sub-unidades M-2, M-2G, M-3 y M-3G necesitan corrección del pH para obtener el rango de óptimo desarrollo del cultivo 5,8 a 6,2.

4) Los suelos y el agua de riego de los dos sistemas no presentaron problemas de salinidad.

5) En ninguno de los sistemas se realiza el control de la humedad del suelo antes del riego, obteniéndose como consecuencia que se estén aplicando láminas mayores que las requeridas, ocasionando esto pérdida de fertilizantes y falta de aireación en la zona radicular.

6) No existe memoria descriptiva de las condiciones de diseño y normal funcionamiento de los sistemas de riego, por lo que se dificulta el buen manejo de los mismos.

7) Ninguno de los sistemas evaluados posee información altimétrica, existiendo el inconveniente de no tener una orientación adecuada de los tablonetes, lo que es necesaria para

uniformizar la distribución de laterales al inicio de cada ciclo agrícola.

8) El único problema encontrado en la calidad del agua de riego es el crecimiento de algas en el espejo superficial de los depósitos que alimentan al cabezal, produciendo turbidez y posibilidad de obturación de los emisores.

9) Según la secuencia de operación del cabezal, se encontró mal ubicado el equipo de fertirrigación, su localización se encuentra antes de los filtros de arena. Esto puede dar como resultado absorción de fertilizante por las arenas de los filtros, favoreciendo el desarrollo de algunos microorganismos en ellas.

10) El filtrado del agua produce una caída de presión que oscila entre 1,41 y 2,11 m para el sistema Mucupiches, y de 2,11 a 2,82 m para el sistema San Gerónimo. La baja pérdida de carga indica que los filtros trabajan eficientemente, esto se atribuye a que cada sub-unidad riega individualmente, la capacidad de diseño de los filtros es superior al caudal de entrega para las condiciones actuales de funcionamiento.

11) El porcentaje de sombreamiento del cultivo obtenido, 54.5%, se considera aceptable para obtener niveles óptimos de producción, descartando la posibilidad de competencia por luz y nutrientes.

12) Al analizar el comportamiento de la producción en función de la lámina de agua disponible por efecto del riego y precipitación, se obtuvo como resultado para un ajuste lineal, la función:  $Y = 0,936071E4 - 0,675064 * X$  ; y para un ajuste cuadrático:  $Y = 0,8959*10^4 + 0,335873*10^2*X - 0,51955*10^{-1} * X^2$ . La ecuación lineal indica que a medida que aumenta la lámina de agua, la producción se reduce. Según la ecuación cuadrática la producción máxima corresponde a 14.387,29 Kg/ha/30%, esta se obtiene cuando la lámina total disponible equivale a 323,23 mm.

13) La distribución del agua hacia las sub-unidades de riego presenta pérdidas por escurrimiento superficial; éstas son producto de fugas que se observan en las conexiones de los laterales con la terciaria y dentro de la misma tubería lateral, producto de cortes de la manguera de goteo durante las resiembras y podas del cultivo. Esto se da con frecuencia cuando las tuberías laterales son colocados superficialmente.

14) El ancho de humedecimiento promedio encontrado para el sistema San Gerónimo fue 0,72 m, observándose desplazamiento en el sentido de la pendiente, lo que trae como consecuencia una pérdida del agua que puede producir también pérdida de fertilizante. Para el Sistema Mucupiches se obtuvo un ancho promedio de 1 m, obteniéndose una mejor distribución lateral del

agua, a pesar de ser un suelo franco arenoso; esto posiblemente influenciado por la alta pedregosidad.

15) La profundidad promedio de humedecimiento para el sistema San Gerónimo fue 32,3 cm. Este valor se encuentra dentro de los rangos recomendados en riego por goteo, más o menos un 15 % sobre la profundidad efectiva radicular. Para el sistema Mucupiches, la profundidad de humedecimiento promedio fue de 45,7 cm. Este valor se considera mayor que los rangos recomendados, lo que trae como consecuencia pérdida de agua y fertilizante por percolación profunda.

16) La profundidad de enraizamiento promedio para el sistema San Gerónimo fue de 26 cm, y para Mucupiches 28 cm. Estos valores resultaron menores que los registrados en la Tabla 10, lo que se atribuye a deficiente altura de los camellones.

17) La variación de la lámina de agua disponible en la sub-unidad SG-1, durante Marzo y Abril de 1994, se mantuvo dentro del rango óptimo. Por tal razón, se concluye que la variación en la producción se debe a problemas ocasionados por el exceso de lluvia.

18) La frecuencia de riego utilizada es de 3,5 días, se considera adecuada para las condiciones de suelo del sistema San Gerónimo, y muy baja para mantener el potencial óptimo de riego en las condiciones texturales del sistema Mucupiches.

19) Para las condiciones edafo-climáticas y de manejo del cultivo de fresa en el sistema San Gerónimo, según la función de producción, el mayor rendimiento se obtuvo cuando se aplicó una lámina de riego de 16 mm y un aporte del 24,4% de la precipitación total.

20) La demanda de agua por el cultivo de la fresa varía con la época de siembra, necesitándose una lámina que varía entre 9,6 y 11,2 mm. Este rango es menor que lámina aplicada bajo el manejo actual, por lo que se deduce que existe una sobre-irrigación.

21) Para manejar el riego con intervalos de 2 y 3 días, tendrá que reducirse la lámina de agua aplicada, esto se logra modificando el tiempo de riego o la presión de operación del sistema.

22) El caudal promedio erogado por los laterales en l/h/metro para las sub-unidades de riego, según Tabla 59, se encuentra dentro del rango de funcionamiento para este tipo de laterales de acuerdo con lo especificado por el fabricante: 0,79 a 9,44 l/h/m.

23) La variación de caudales en las sub-unidades de riego oscila entre 50 y 74 % para el sistema San Gerónimo, y 45 a 60 % para Mucupiches. Ambos sistemas sobrepasan el 10% recomendado en diseño de riegos por goteo. Esta alta variación es consecuencia de mal diseño hidráulico de las terciarias, lo que ocasiona variaciones de carga producidas por la pendiente longitudinal de las mismas. Otro factor influyente es la reducción de presión por fugas, que en conjunto traen como consecuencia baja uniformidad del riego.

24) La lámina bruta promedio aplicada es mayor que la lámina faltante en el momento del riego, produciendo pérdida de agua por percolación. Su causa se atribuye a la falta de control de la humedad antecedente.

25) Según el análisis de la variación total de caudales, se determinó que la causa de la baja e inaceptable uniformidad del riego encontrado en ambos sistemas se debe a causas hidráulicas. Esto se atribuye al mal diseño y fugas en terciarias y laterales.

26) La variación de presión promedio en las sub-unidades evaluadas, resultó ser mayor que el 10 al 20 % tolerado para este tipo de laterales según régimen de funcionamiento turbulento o laminar. Su causa principal son variaciones de carga hidráulica producidas por la pendiente longitudinal de terciarias y pendiente de laterales, mayor al 2 % recomendado para mangueras de goteo.

27) El coeficiente de uniformidad de las múltiples *UEm*, de las sub-unidades evaluadas resultó, según la Tabla 57, entre 41 y 67% para el sistema San Gerónimo. Este resultado, según la Tabla 23, lo considera como un coeficiente de uniformidad pobre. Para el sistema Mucupiches la uniformidad de emisión varía de 55 a 79 %. Según la calificación mencionada, solo las sub-unidades M-1 y M-2G poseen una uniformidad aceptable, el resto de sub-unidades posee un CU pobre.

### Recomendaciones

1) Hacer levantamiento altimétrico en ambos sistemas de riego, para rediseñarlos de acuerdo a las condiciones topográficas. Como medida inmediata utilizar caballete para trazar líneas guías con 2,5% de pendiente que sirvan de referencia al tractorista en el trazado de los tablonos.

2) Para el sistema San Gerónimo se recomienda cultivar variedades tolerantes al ataque de *Botritis cynerea*, programando la época de siembra para el mes de Julio, de preferencia utilizar variedades precoces para que completen su ciclo vegetativo en Noviembre e inicie la fase reproductiva en época seca: Diciembre, Enero, Febrero y Marzo. Realizar el manejo de tejido al inicio de las épocas más lluviosa, para esperar cosecha al inicio de épocas de menor precipitación.

3) Se ha comprobado que en suelos franco-arcillo-arenoso y franco-arcillosos, las mejores producciones de fresa se obtienen cuando la lámina de riego aplicada es equivalente a la lámina evaporada en el intervalo de riego, por lo tanto, se recomienda llevar registros de evaporación en el sistema San Gerónimo y utilizar esta información para la aplicación del riego.

4) Aplicar materia orgánica en las sub-unidades SG-2 y SG-4, para llevar el suelo al rango de 3 a 4 % que exige el normal desarrollo de la fresa, corregir el pH de las sub-unidades SG-1 y SG-4 aplicando las cantidades de cal recomendadas por el laboratorio. Determinar si las producciones obtenidas con estas correcciones están entre los rangos de rentabilidad aceptables por la empresa, en caso contrario buscar un cultivo alternativo.

5) Aplicar las cantidades de cal dolomítica recomendadas por el laboratorio para las sub-unidades M-2, M-2G, M-3 y M-3G para elevar el pH al rango de óptimo desarrollo del cultivo.

6) Tomar en cuenta la humedad del suelo antes del riego, colocando tensiómetros en las sub-unidades. Para aplicar las láminas óptimas, se recomienda regar cuando el potencial hídrico esté lo más cerca posible de 30 centibares.

7) Tapar el espejo superficial del agua en los depósitos de abastecimiento con plástico negro, para evitar que la luz propicie el crecimiento de algas, de no ser posible se recomienda mantener la succión de la bomba a 2 metros de profundidad del espejo superficial para evitar la succión de algas.

8) Reubicar el tanque de fertirrigación después de los filtros de arena y antes de los filtros de malla, y mantener el programa de limpieza actual.

9) Para evitar daños a la tubería lateral con los cuchillos utilizados en la poda, se recomienda de preferencia colocar los laterales enterrados, entrenar el personal que realiza estas labores y mantener estricta vigilancia de las fugas en los laterales.

10) Rediseñar técnicamente cada una de las sub-unidades de acuerdo al programa de siembras, elaborar una memoria descriptiva que contenga toda la información necesaria, para que el encargado de riego adquiriera amplio dominio en cuanto a presiones, descargas, tiempos y frecuencias de riego característicos de cada sub-unidad.

11) Para las sub-unidades con pendientes transversales mayor al 10%, se recomienda cambiar la posición de los laterales, a fin de corregir el desplazamiento del bulbo húmedo en el sentido de la pendiente.

12) Aumentar la altura de camellones a 40 cm, para favorecer las condiciones de desarrollo radicular, especialmente de los suelos pesados del sistema San Gerónimo. Para ambos sistemas variar la profundidad de aradura en ciclos alternos para romper algunas capas restrictivas que puedan dar problema en los períodos de mayor precipitación.

13) Aumentar la frecuencia de riego de acuerdo a las condiciones de retención de humedad del suelo, con el objetivo de mantener el potencial hídrico óptimo para el cultivo de la fresa.

14) Para reducir la variación de caudales producida por terciarias mal diseñadas, se recomienda sub-dividir las unidades de riego, y en la próxima temporada de siembra de estas sub-unidades rediseñar las terciarias bajo condiciones técnicas, utilizando el criterio hidráulico.

15) Para reducir las pérdidas por percolación en el sistema Mucupiches, se recomienda controlar la humedad antecedente, para aplicar las láminas óptimas de riego.

16) Cuando se utilicen laterales de manguera T-tape, colocarla enterrada, para evitar que su calentamiento produzca cambios de temperatura en el agua y como consecuencia variaciones en la descarga, incluso para la misma presión de trabajo.

17) Para lograr una uniformidad de emisión de valores aceptables en los laterales de riego, se recomienda que durante la preparación de tierra, se logre una pendiente longitudinal de los tablonces entre 2 y 3 %, ya que es recomendado por el fabricante para lograr que las pérdidas por fricción sean compensadas por la ganancia de carga producida por el desnivel.

18) Se recomienda hacer investigaciones durante todo el ciclo del cultivo, para generar información sobre necesidades hídricas y de nutrición que exige la capacidad genética productiva de las variedades híbridas cultivadas.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Añez, D. 1977. Metodología para la evaluación integral del riego por goteo. Seminario Nacional de Riego por goteo. Mérida-Venezuela.
- Ayres, R.S.; Wescot, D.W. 1976. Irrigation and drainage paper. FAO. Water quality for agriculture No. 29.
- Bar-Yosef, B. 1977. Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in Sand dunes. Water, N,P, distribution in the soil and uptake by plants. California: Glendora.
- Bliesner, R. D. 1975. Field evaluation of trickle irrigation efficiency. Journal of irrigation and Drainage Division.
- Castellanos, F. ; Leal, F. y Bautista. 1970. Ensayos de cobertura de fresas. Agronomía Tropical, vol. XX. No.2. Centro de Investigaciones Agrómicas. Maracay-Venezuela: 146 p.
- Castillo Juan B. 1965. Estudio de los suelos de las partes altas de las cuencas de los rios Chama y Santo Domingo. ULA: Facultad de Forestales. Mérida-Venezuela.
- Doorembos, J. 1976. Estaciones agrometeorológicas. Estudios FAO: Riego y Drenaje no. 27.
- Estados Unidos Departamento de Agricultura. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual 60. 172 p.
- Grassi, C. 1978. Aspectos metodológicos para la determinación experimental ,de la evapotranspiración y la frecuencia de riego. Mérida: CIDIAT. 110 p.
- Grassi, C. 1993. Fundamentos de Riego. Mérida: CIDIAT. 409 p.
- Gómez, p. 1975. Riegos a Presión, aspersion y goteo. Barcelona-España: AEDOS. 245 p.
- Goldberg, D., B. Gornat y D. Rimón. 1976. Drip -irrigation principles, desing and agricultural practices: 296 P.
- Guevara, 1989. Ingeniería de Riego y Drenaje. 340 p.
- Grobbelaar, H.L. y F. Lowrens 1980. Fertilizer applications with drip irrigation.
- Haifa Chemicals LTD. Israel 1993. El fertilizante ideal para sistemas de fertirrigación. boletín técnico.

- Hernández A., J.M. y L.J. Rodrigo 1980. Apuntes sobre riego localizado. I Curso Internacional de riego localizado. España: INIA.
- Hernández, O. 1993. Evaluación funcional y económica de sistemas de riego localizado. Tesis MSc. Mérida-Venezuela: CIDIAT. 303 p.
- Kafkafi, U. 1973. Combined fertilization and irrigation of vegetable crops in sandy soil volcanic Centre. International Society of Horticultural Science. Symposium on Water Supply and Irrigation.
- Keller, J. 1978. Trickle irrigation. SCS. Engineering Handbook. 201 p.
- Keller, J. 1980. Trickle irrigation. Soil Conservation Service. National Engineering Handbook. 282 p.
- Keller, J.; D. Karmeli. 1975. Trickle irrigation design. Rain Bird corp. Glendora, California: USA. 133 p.
- Keller J. y Merriam, J. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. USA: Utah University. 271 p.
- Kovach, S.P. 1983. Injection of fertilizers into drip irrigation systems for vegetables.
- Locascio S.J. and J.M. Myers 1975. Trickle irrigation and fertilization method of strawberries. Florida Station Horticultural Society.
- Martinez Beltran J. 1986. Drenaje Agrícola. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, Madrid: INA.
- López, R. 1991. La degradación y la pérdida de los suelos agrícolas. Mérida-Venezuela: CIDIAT. 94 p.
- Pizarro, F. 1986. Riego localizado de alta frecuencia. Huelva- España: 459 p.
- Ramírez, C. 1988. Estudio de la eficiencia de aplicación y evaluación del riego por goteo en el cultivo de la caña de azúcar. Tesis MSc. Mérida-Venezuela: CIDIAT. 110 p.
- Rojas, R. 1983. Material didáctico sobre riego por goteo. Mérida-Venezuela: CIDIAT. 167 p.
- Rázuri, L. 1986. Optimización y sistematización del diseño de riego por goteo. Mérida: CIDIAT.

- Rázuri, L. 1988. Diseño del riego por goteo. Mérida: CIDIAT.
- Rázuri, L. 1993. Material didáctico riego por goteo. Mérida-Venezuela: CIDIAT.
- Sociedad Americana de Fitopatología. 1987. Compendium of Strawberry Diseases. 138 p.
- Stolk, E. 1963. La fresa. Serie de cultivos No.6. Consejo de Bienestar Rural. Caracas-Venezuela.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos México. 1967. El cultivo de la fresa. Memorandum técnico No. 243. 32 p.
- Torres, D. 1980. Evapotranspiración potencial, estimación directa. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México. 70 p.
- Ulrich A.; Mostafa, M.A.E. y Allen W. 1980. Strawberry Deficiency Symptoms: A visual and plant analysis guide to fertilization. Bulletin 1917. 58 p.
- U.S. Soil Conservation Service. 1984. National Engineering Handbook. Section 15. Trickle Irrigation. 127 p.
- United States Salinity Laboratory. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. U.S. Department of Agriculture. Handbook 60. Washington: D.C.
- Valvuená, M. 1977. Estudio de la eficiencia de riego en los alrededores de Maracaibo. Seminario Nacional de Riego por goteo. CIDIAT, Mérida.
- Wohler, C. 1978. Evaluación de un sistema de riego por goteo. Tesis MSc. Mérida-Venezuela:CIDIAT. 128 p.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

A P E N D I C E 1

I N F O M A C I O N C L I M A T I C A

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

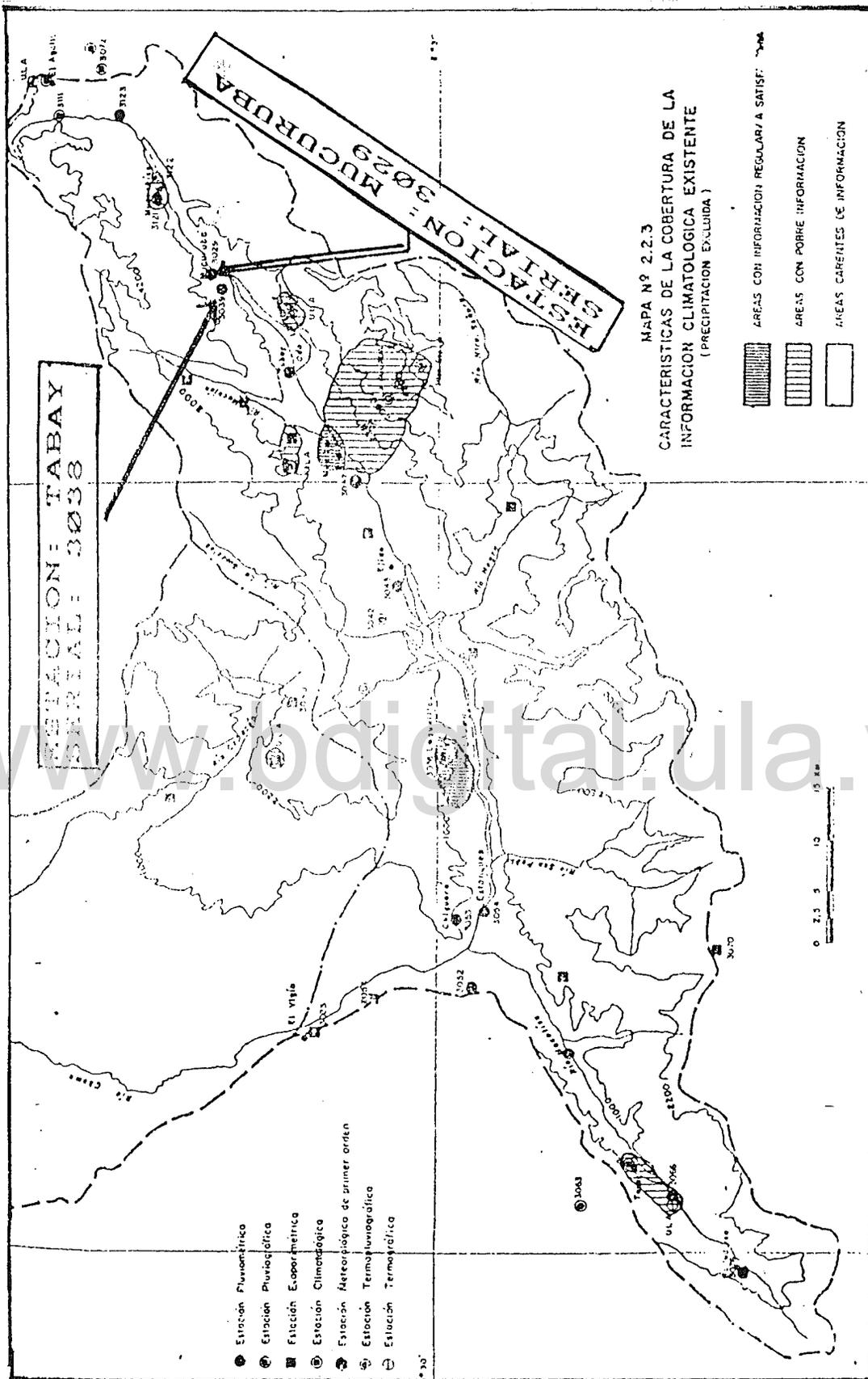


Figura 46. Ubicación estaciones Climatológicas.

Tabla 60. Precipitación media diaria estación Mucurubá.

C. A. R. N. R. - D. G. S. I. T. A. DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
PRECIPITACION 0000-0000 (mm).													
ESTACION: MUCURUBA		SERIAL: 3029		Zona: 16		Edo: MERIDA		AÑO: 1978					
Latitud: 00042'22"		Longitud: 70059'33"		Altitud: 2320 m		Ins: 10/48		Elim: 01/84					
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	.0	.0	2.4	12.4	.0	.1	22.1	2.1	.0	.0	.0	12.0	1
2	.0	.0	.0	.0	2.0	.7	.7	2.3	.0	.0	.0	.0	2
3	.0	.0	1.3	29.2	.2	1.0	.5	.0	2.5	.0	.0	.0	3
4	.0	.0	0.3	12.9	1.0	1.5	.0	6.0	.0	.0	.3	2.5	4
5	.0	.0	0.0	10.1	9.9	4.9	.0	5.9	2.3	.0	.0	.6	5
6	.0	.3	5.2	15.5	.0	1.2	.0	.0	.0	.3	.0	3.0	6
7	.0	.7	.0	5.1	.0	.4	.0	1.3	1.0	.0	.0	.0	7
8	.0	9.6	.0	1.9	.0	2.1	.0	.6	.0	1.4	.0	.0	8
9	.0	.3	.0	0.6	6.3	1.4	.4	4.7	.0	7.0	4.7	.0	9
10	.0	.0	.0	0.4	.9	.2	.3	2.9	4.2	.0	.6	.0	10
11	.0	.0	.0	11.1	5.4	3.2	.0	0.4	1.0	.0	.6	1.4	11
12	.0	.7	.0	.4	.0	3.2	1.7	.0	4.1	.0	1.1	2.5	12
13	.0	.0	.0	6.6	2.6	2.7	.0	.4	3.1	.0	1.2	.0	13
14	.0	.0	.0	.0	0.1	4.2	2.5	9.0	.9	7.6	.9	2.0	14
15	.0	.0	.0	19.7	6.1	.0	1.5	1.7	6.2	3.0	1.4	.0	15
16	.0	.0	.0	30.1	6.7	.0	.0	.6	5.2	.4	6.5	.0	16
17	.0	.0	.0	12.9	.0	.0	4.2	.0	.0	1.0	1.0	.0	17
18	.0	.0	.0	10.6	.0	.0	7.1	.0	.5	.0	.3	.0	18
19	.0	.0	.0	12.9	9.2	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.0	19
20	.0	.0	.0	19.0	.2	5.2	1.4	1.4	.0	.0	.0	.0	20
21	.0	.0	.0	10.5	.0	1.3	.0	.2	.0	.0	.0	.0	21
22	.0	.0	.5	7.0	.0	20.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	22
23	.0	.0	6.7	2.3	.2	5.4	.0	3.0	.0	.5	.0	.0	23
24	.0	.0	3.2	.2	1.5	.0	.0	3.0	1.0	11.6	.0	.0	24
25	16.5	.0	2.6	.2	.0	10.0	.1	1.0	.0	6.0	.0	.0	25
26	2.5	.0	9.9	.0	6.9	.5	4.7	.0	9.8	1.0	.0	.0	26
27	.4	.3	.0	.0	2.3	.0	11.3	2.0	17.3	.0	2.0	.0	27
28	14.0	.0	.0	.0	.0	1.5	1.5	3.1	6.9	.6	.0	.0	28
29	15.2	.0	14.0	1.6	.5	1.9	.0	4.1	.0	.0	.0	.0	29
30	.0	.6	23.3	7.3	0.6	.0	.0	0.5	.0	.0	.0	.0	30
31	.0	.0	3.0	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.0	31
TOTAL	49.4	12.1	60.1	207.3	77.9	76.1	132.1	73.8	66.0	43.2	20.6	24.0	

Tabla 60. Continuación

M. A. R. N. S. - D. G. S. I. I. A.													
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
PRECIPITACION 0000-0000 (mm).													
ESTACION: MUCURUBA SERIAL: 3029 Zona: 16 Edo: MERIDA AÑO: 1979													
Latitud: 28°42'22" Longitud: 70°59'33" Altitud: 2320 m Ins: 10/48 Elim: 01/84													
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	.0	.0	2.3	.0	.0	.0	.0	52.0	4.2	3.3	1.3	.7	1
2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.2	2.9	.0	.0	.0	2
3	.0	.0	.0	.0	.0	5.8	17.0	.1	.0	.7	4.3	.0	3
4	.0	.0	.4	.0	1.2	.6	.0	6.9	3.0	.0	31.1	.0	4
5	.0	.0	3.9	4.3	.0	.0	.0	.0	7.2	1.3	.0	.0	5
6	.0	.0	.9	.9	.3	6.2	13.6	3.3	13.8	.0	.0	.0	6
7	.6	.0	.0	13.1	.0	20.7	.0	3.2	5.3	8.0	.0	.0	7
8	.0	.0	2.0	1.2	.0	10.5	.0	.0	4.1	.2	.0	.0	8
9	.2	.0	1.5	6.9	2.7	11.7	.5	1.5	.0	.0	8.2	.0	9
10	.0	.0	1.5	7.8	8.4	24.6	2.9	.0	.0	19.6	.7	.0	10
11	.0	.4	.0	.0	34.9	.0	4.1	.0	.0	.2	.3	.6	11
12	.0	10.3	.0	.0	.0	.0	1.0	.0	.0	1.9	2.1	.0	12
13	.0	.0	.0	.0	24.7	.0	5.9	.0	.0	12.2	8.8	.0	13
14	.0	.0	.0	1.2	4.7	7.1	3.3	2.0	.1	6.3	9.8	19.0	14
15	.0	.0	.0	13.5	8.1	2.9	12.8	9.6	.0	5.4	2.9	10.0	15
16	.0	3.4	3.1	7.2	23.7	14.7	.9	2.5	.0	.5	2.9	15.1	16
17	.0	1.6	.1	2.8	35.2	2.7	.4	.0	.0	2.2	1.2	3.5	17
18	.0	1.1	1.5	.0	31.9	6.0	11.3	.0	9.8	4.7	.0	1.2	18
19	.0	.0	.0	1.7	3.5	.0	11.4	.0	10.7	.4	.0	4.9	19
20	.0	.0	.0	11.0	8.5	.0	1.2	.0	4.7	6.5	.3	10.0	20
21	.0	.0	2.2	2.5	16.1	1.1	.0	.0	.0	9.7	.0	1.3	21
22	.0	.0	.3	1.7	4.5	.3	.0	.0	.1	10.4	6.2	.0	22
23	.0	.0	6.0	8.1	.6	6.5	.0	1.1	1.4	24.3	.0	6.3	23
24	.0	.0	0.6	.1	.0	3.8	.0	.0	.0	16.2	.0	.1	24
25	.0	.0	7.5	1.2	.0	5.3	7.2	.9	.0	.0	.0	3.1	25
26	.0	.0	.0	3.8	.0	.2	3.7	2.6	.2	2.2	.2	9.2	26
27	.0	12.7	1.6	1.7	.0	.0	.0	.0	.0	.7	.1	.0	27
28	.0	4.2	.0	12.1	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	28
29	.0	.0	2.5	4.9	1.0	2.9	4.4	.0	.0	.0	.0	.0	29
30	.0	.0	.0	.9	5.0	.4	.0	18.5	1.1	1.7	.0	1.1	30
31	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	19.4	.0	.0	.0	.3	31
TOTAL:	.6	33.7	45.9	100.6	215.0	142.9	98.9	132.4	69.4	138.6	81.3	87.2	

Tabla 60. Continuación

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A.													
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
PRECIPITACION 0600-0600 (mm).													
ESTACION: MUCURUBA SERIAL: 3029 Zona: 16 Edo: MERIDA AÑO: 1980													
Latitud: 08942'22" Longitud: 78959'33" Altitud: 2320 m Ins: 10/48 Elim: 01/84													
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.4	2.4	.0	.0	.5	1
2	.0	2.2	.0	.0	.5	9.7	.6	4.4	2.3	.0	38.5	.0	2
3	.0	.7	.0	.0	.0	.0	4.6	.7	1.1	.0	13.1	.0	3
4	.0	.0	.0	.0	1.2	1.1	6.8	.0	16.2	26.0	.0	.0	4
5	.0	6.9	.0	1.2	.0	1.7	.0	6.2	.0	9.5	3.4	.5	5
6	.0	3.6	.0	.1	.0	.0	.0	1.2	.7	8.5	.0	.0	6
7	.0	.0	.0	7.0	.0	5.1	1.9	.0	5.8	10.2	4.8	.0	7
8	.0	.0	.0	1.1	10.4	.9	.0	4.5	.0	9.6	13.7	.3	8
9	.0	.0	.0	.4	5.2	.0	.0	3.0	4.7	9.3	1.7	2.2	9
10	.0	.0	.0	.0	5.9	.0	.4	.0	.0	0.9	.0	.0	10
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0	6.5	1.5	5.7	.0	.0	.0	11
12	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.1	3.6	.0	12.7	.0	.0	12
13	.0	.0	.0	.0	.0	.2	8.3	6.6	4.8	.0	3.5	.2	13
14	.0	.0	.0	2.5	.7	.0	.0	.0	.0	.0	5.8	.8	14
15	.0	.0	.0	10.5	4.0	.0	.5	2.2	11.3	.0	.0	.2	15
16	.0	.0	.0	1.1	5.1	.0	2.2	2.3	.6	.5	.0	.6	16
17	2.1	.0	.0	.0	.0	.0	2.4	6.6	.0	.0	.0	.0	17
18	.1	.7	.0	.6	.0	1.3	.0	.0	1.2	1.5	.0	.0	18
19	.0	19.2	.0	2.5	.0	10.8	1.0	5.8	2.4	.5	.0	.0	19
20	.0	2.4	.0	.6	4.6	2.1	.0	6.5	.0	.0	.0	.0	20
21	.0	.0	.0	.0	.0	13.5	.0	.9	3.2	.0	.0	.0	21
22	.0	.0	.0	.0	.0	.4	.0	.0	16.8	.0	.0	.0	22
23	.0	.0	.0	35.2	.9	.0	.0	3.0	6.0	.0	.0	.0	23
24	.0	.0	.0	1.7	2.7	.0	2.7	.0	.0	.0	.0	.0	24
25	.0	.0	.0	1.4	3.8	.0	1.2	.0	3.5	.0	.4	.0	25
26	.0	.0	.0	1.6	7.2	.0	16.1	.8	.0	.0	.0	.0	26
27	.0	.0	.0	.0	14.5	6.5	.0	4.7	.0	.0	.0	.0	27
28	.0	.0	.0	.0	2.0	7.5	.0	2.5	30.5	.0	.0	.0	28
29	.9	.0	.0	4.8	.0	5.5	4.3	.8	.0	.0	.0	.0	29
30	.0	.0	.5	.4	6.9	.0	.4	2.9	3.4	.0	4.6	.0	30
31	4.8	.0	.0	.0	.3	.0	.3	.0	.0	2.0	.0	.0	31
TOTAL:	7.9	35.7	.5	72.7	75.9	67.1	61.3	74.1	122.6	99.2	89.5	5.3	

Tabla 60. Continuación

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A.  
 DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA

PRECIPITACION 0800-0800 (mm).

ESTACION: MUCURUBA SERIAL: 3029 Zona: 16 Edo: MERIDA AÑO: 1981  
 Latitud: 08942'22" Longitud: 70959'33" Altitud: 2320 m Ins: 10/48 Elim: 01/84

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	.0	1.8	.5	.0	5.4	10.6	.0	2.7	6.5	.0	9.4	.0	1
2	.0	.0	.0	.0	12.0	27.6	.4	.7	13.7	.0	3.4	.0	2
3	.0	.0	.4	1.6	2.7	4.2	.0	.0	8.0	.0	3.1	.0	3
4	.0	.7	.0	16.3	1.0	.2	1.1	6.9	3.9	.0	.0	.0	4
5	.0	.0	.7	8.0	2.3	.2	9.0	.0	3.1	.0	.0	.0	5
6	.0	.0	.7	1.6	3.6	.0	1.9	1.0	.0	1.6	.0	.5	6
7	.0	.0	20.9	.2	.0	.0	2.4	.0	.1	.0	.0	.0	7
8	.0	.0	5.5	22.1	5.8	8.7	.0	.0	1.1	.0	.7	.0	8
9	.0	1.5	.0	4.4	25.3	2.0	.3	5.7	19.6	.1	.0	.0	9
10	.0	.0	.0	2.6	10.4	2.7	7.9	3.6	.0	.9	.0	.2	10
11	.0	.0	2.5	.0	12.3	.2	.3	.0	8.5	.1	.0	.4	11
12	.0	.0	.0	.1	.9	.0	.0	.1	9.7	.7	.0	4.2	12
13	.2	1.1	.0	1.2	.0	.5	.0	8.9	17.9	12.7	2.5	.0	13
14	.0	5.4	.0	6.7	3.9	.0	2.0	4.2	1.4	21.8	3.2	.0	14
15	.0	.0	.0	7.3	.2	.0	1.7	.4	.0	.0	.0	.7	15
16	.0	.0	.0	9.1	8.9	5.2	.5	.0	.6	.0	.0	.0	16
17	.0	.0	.0	16.2	.3	.0	.9	.0	21.3	.3	.0	.0	17
18	.0	.0	.0	1.3	.0	10.4	6.7	.2	.0	.0	.0	.0	18
19	.0	15.5	.0	29.4	3.0	.1	.9	8.9	.0	3.6	.0	.0	19
20	.0	4.0	.0	12.9	.0	1.6	.0	.0	3.7	3.5	.0	.0	20
21	.0	.5	.0	.3	.2	.7	.2	3.9	8.6	1.6	.0	.0	21
22	.0	10.1	.0	8.6	2.0	.0	.0	6.2	.0	22.3	17.1	.0	22
23	.0	.0	.0	.5	.6	.3	.0	2.9	.0	5.1	.0	.0	23
24	.0	16.6	.0	1.0	3.3	9.8	.0	6.2	9.2	13.3	.0	.0	24
25	.0	.3	.0	6.0	.0	.0	.0	2.4	.3	6.6	.0	.0	25
26	.0	.5	.0	6.4	.3	1.1	.0	.7	.0	3.7	.0	.0	26
27	.0	.0	.0	.0	7.0	.0	.1	14.1	.0	.5	.0	.0	27
28	.0	6.8	.0	1.1	8.0	.0	.0	.0	.0	2.7	.0	1.7	28
29	.0	.0	.0	7.7	.5	.3	.0	.0	.2	.0	.0	.3	29
30	10.8	.0	.0	10.3	1.8	1.8	.0	.9	.2	9.2	.0	1.9	30
31	.0	.0	.0	.0	25.7	.0	.0	2.8	.0	11.6	.0	.5	31
TOTAL:	10.8	64.8	31.2	182.9	154.2	88.2	36.3	83.4	137.6	123.5	39.4	10.4	

Tabla 60. Continuación

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A.													
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
PRECIPITACION 0000-0000 (mm).													
ESTACION: KUCURUBA		SERIAL: 3029		Zona: 16		Edo: MERIDA		ANO: 1982					
Latitud: 08942'22"		Longitud: 70959'33"		Altitud: 2320 m		Ins: 10/40'		Elim: 01/84					
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	.0	.0	.0	.0	18.5	3.3	1.7	.0	7.5	.0	.0	3.9	1
2	1.9	.0	.0	.2	.0	1.1	.0	.0	3.3	.0	.7	.0	2
3	21.4	.0	.6	11.1	.0	.0	.0	.0	.0	1.6	1.7	.0	3
4	.0	.0	.0	9.5	26.5	.0	3.0	.0	4.2	.0	3.0	.0	4
5	.0	2.0	.0	7.9	5.1	.7	.0	.0	.0	.0	2.4	.0	5
6	3.4	.0	.0	47.4	1.3	.0	1.8	.0	.6	7.0	.0	.0	6
7	1.0	.2	.0	.0	17.0	3.4	.0	7.8	.1	4.1	.0	.0	7
8	.0	6.0	.0	5.9	28.8	.5	3.2	2.0	2.8	4.8	.0	.0	8
9	.2	4.3	11.7	1.4	.7	.6	.0	.0	.0	.7	.0	.0	9
10	.0	5.4	5.6	.3	.9	.0	3.5	.0	.0	1.5	.0	.0	10
11	.0	8.5	2.9	.0	.0	.0	.0	.0	7.2	3.1	.0	.0	11
12	.0	.6	.0	7.4	.0	.0	.0	9.3	1.8	2.5	.0	.0	12
13	1.0	1.3	.0	.0	.0	.1	.0	.3	.7	2.6	2.4	.0	13
14	.0	2.6	1.3	6.8	.0	.0	3.5	.3	1.0	.0	.0	.0	14
15	.0	.0	.7	9.3	4.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	15
16	.0	5.9	.3	4.2	.4	.0	.0	3.7	.0	.0	7.2	.0	16
17	.0	.0	.0	12.6	.0	1.3	.0	.1	1.6	.0	10.5	.0	17
18	.0	.4	.0	19.3	5.2	6.8	.3	.0	.0	6.7	1.0	.0	18
19	.0	1.2	.0	7.1	.0	2.4	1.1	.0	.0	2.6	2.8	.5	19
20	.0	1.3	.0	9.8	.0	.0	2.0	5.0	.0	9.1	.0	.1	20
21	.0	1.3	.0	20.8	.0	.0	3.7	.0	.0	4.4	1.3	6.5	21
22	.0	1.9	.0	3.5	.0	.0	.0	.0	3.3	.0	.5	.0	22
23	.0	.0	2.1	17.1	.0	.4	.0	.0	.0	.5	.7	.0	23
24	.0	1.4	13.0	24.0	.0	6.9	.5	.0	.0	.0	.0	.0	24
25	.0	.9	2.6	5.8	.0	.0	.0	.6	2.5	.0	.0	3.8	25
26	.0	.2	11.3	2.9	23.3	.0	.9	.0	3.2	.0	.0	5.1	26
27	.0	.0	9.8	1.6	.0	.0	4.8	.0	.6	15.1	3.6	2.4	27
28	.0	5.8	17.3	6.5	1.2	.3	.4	1.0	3.4	14.2	2.1	5.5	28
29	.0	.0	3.9	11.1	4.5	.0	.0	.0	3.2	.0	2.3	.0	29
30	.0	.0	6.5	6.2	5.2	.0	.3	.4	.4	1.2	2.2	.0	30
31	.6	.0	1.0	.0	2.6	.0	.3	.0	.0	2.3	.0	2.6	31
TOTAL:	34.6	51.7	90.6	259.7	147.6	27.8	31.8	30.5	47.4	84.0	44.4	30.4	

Tabla 60. Continuación

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A.													
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
PRECIPITACION 0000-2200 (mm).													
ESTACION: MUCURURA			SERIAL: 3029			Zona: 16			Edo: MERIDA		AÑO: 1983		
Latitud: 08942'22"			Longitud: 70959'33"			Altitud: 2320 m			Ins: 10/48		Elim: 01/84		
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	.0	5.6	2.4	.0	.6	.0	.0	1.8	1.5	.0	2.8	.0	1
2	12.3	.0	.0	.0	2.9	.9	.0	2.7	.0	.0	2.4	.0	2
3	5.2	.0	.0	18.3	.7	.0	.0	.3	.8	2.1	.0	.0	3
4	.0	.0	.0	6.9	1.1	.0	7.9	.0	.0	.0	.0	.0	4
5	.0	.0	.0	2.4	4.3	6.5	3.8	.0	.0	.0	.0	.0	5
6	.0	.0	.0	2.0	8.3	.0	.2	.9	1.2	.0	.0	.0	6
7	.0	.0	.0	1.3	.0	.0	3.9	4.7	.7	.0	.0	.0	7
8	.0	.0	.0	9.3	3.2	.1	.0	16.0	.6	4.2	.0	.0	8
9	.0	.0	1.4	12.0	.0	.0	3.6	.0	2.4	.0	.0	.0	9
10	.0	.0	.0	2.5	.9	5.2	12.0	.2	.2	1.2	.0	.0	10
11	.0	.0	.5	8.4	.0	2.1	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	11
12	.0	.0	.0	20.7	.0	2.4	.0	.0	.0	.0	.1	.0	12
13	.0	.0	.0	.0	1.9	1.2	.1	.0	1.3	.0	.0	.0	13
14	.0	.0	2.7	11.6	.2	.0	.0	2.4	4.9	.0	11.6	.0	14
15	.0	.0	2.7	2.4	3.3	2.9	11.2	.0	.0	.2	.0	.0	15
16	.2	.0	.0	.0	32.4	.3	.0	1.4	.0	21.4	.0	.0	16
17	.0	.0	.0	15.5	6.9	2.2	4.5	.8	10.1	31.7	.0	9.6	17
18	.0	.0	.0	.0	8.6	.1	.0	1.8	.2	.0	.0	4.6	18
19	.0	.0	.0	.2	2.4	.0	.0	.6	2.4	3.5	.0	2.9	19
20	.0	.0	.0	4.0	10.0	.0	.0	6.7	2.6	5.7	.0	10.4	20
21	.0	.0	.0	4.4	.0	8.9	.7	.0	4.5	2.2	.0	.0	21
22	.0	.0	.0	6.0	.0	.0	.4	2.6	.0	.1	.0	.0	22
23	.0	7.7	.0	.0	9.8	.0	2.0	5.1	.4	.9	.0	.0	23
24	.0	.0	.0	8.3	7.9	.0	6.5	.0	.1	.0	3.5	.0	24
25	.0	.0	.0	.0	5.2	3.0	.0	1.4	.0	.6	.2	.0	25
26	.0	.6	.0	2.7	.3	4.5	.7	.0	.0	.0	.0	.0	26
27	.0	.0	.0	.9	8.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	27
28	.0	5.5	.0	1.6	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.0	28
29	.0	.0	.0	29.8	.7	.0	.3	.1	.0	1.1	.0	.1	29
30	.0	.0	.0	2.0	.6	.6	.0	.4	.2	1.7	.0	.0	30
31	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.1	.0	.0	12.6	.0	.0	31
TOTAL	18.0	19.4	9.7	173.2	120.9	40.9	60.7	50.7	34.3	89.2	20.6	27.6	

Tabla 61. Precipitación media mensual estación Mucurubá.

Precipitación media mensual (mm) estación MUCURUBA Serial: 3029  
Período 1950-1983

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1950	50.2	118.7	43.2	54.8	292.7	89.4	64.4	141.2	79.4	157.5	106.7	22.8	1221.0
51	6.3	48.0	26.7	85.2	113.6	117.6	121.6	95.0	63.1	29.2	59.4	68.2	885.9
52	26.9	.0	23.4	253.4	69.4	78.6	124.8	50.5	57.1	49.7	21.9	81.1	836.8
53	40.6	2.0	35.3	61.5	109.5	63.7	61.4	49.8	72.8	147.1	61.1	4.6	709.4
54	32.7	21.8	57.9	160.8	157.3	64.2	108.9	58.1	33.4	212.2	133.8	40.7	1081.8
55	.7	34.4	65.6	109.2	121.3	61.2	105.4	71.1	133.8	185.0	42.5	9.5	939.7
56	110.5	51.3	81.7	75.0	125.4	81.0	67.0	119.5	76.2	134.1	90.0	64.0	1075.7
57	.0	20.2	29.8	136.5	256.6	37.0	37.2	46.0	54.0	123.5	104.0	20.0	863.8
58	.0	.0	.0	6.0	115.7	15.6	15.0	18.7	19.2	.0	.0	10.3	200.5
59	9.0	.2	21.3	56.2	22.0	53.1	36.6	45.8	107.6	134.8	80.8	16.3	583.5
60	.0	.0	18.0	56.3	97.2	62.6	85.7	54.5	46.5	36.6	19.5	101.0	577.9
61	.0	.0	36.8	96.5	75.3	44.3	59.6	46.1	66.5	142.1	98.9	.0	666.1
62	.0	1.6	61.6	60.0	78.4	124.6	54.0	29.2	52.8	57.5	26.0	22.1	567.8
63	8.5	7.3	49.2	170.7	220.9	46.0	49.0	40.9	82.1	142.2	88.0	2.4	907.2
64	.0	12.4	4.6	93.7	131.4	57.5	95.0	70.7	50.2	34.5	36.0	7.7	593.8
65	32.1	13.9	29.4	92.4	94.0	45.5	30.7	62.2	43.8	78.7	104.0	24.2	646.9
66	30.1	9.4	7.9	90.9	140.3	80.1	51.3	75.8	76.6	170.0	108.6	85.9	926.9
67	78.9	15.8	24.5	102.7	99.4	53.5	89.6	55.2	93.2	125.2	41.4	60.6	800.0
68	29.7	9.5	42.0	176.2	158.0	127.9	75.0	27.2	44.2	69.3	55.9	1.6	816.5
69	56.9	36.3	8.4	236.5	72.6	55.8	41.9	76.9	72.4	229.1	98.9	5.7	991.4
70	19.2	10.5	33.2	57.0	108.3	75.0	88.2	124.2	68.1	68.8	45.6	63.8	761.9
71	77.3	94.2	64.4	132.8	144.8	32.8	41.8	91.5	87.0	74.8	86.2	38.4	966.0
72	54.5	45.6	108.3	202.7	64.4	50.9	18.0	36.4	42.8	57.9	55.9	11.9	749.3
73	7.9	4.2	66.9	101.9	37.9	31.4	40.6	82.0	121.1	52.5	142.3	27.8	715.7
74	54.7	53.1	93.0	228.3	107.9	28.0	33.4	30.8	91.9	91.5	96.8	1.4	910.8
75	.6	39.8	36.8	130.3	117.6	25.5	50.0	51.9	174.0	117.4	108.1	125.1	977.1
76	5.9	58.4	125.2	108.8	97.4	65.4	54.1	48.5	65.9	122.1	67.9	2.2	821.8
77	.0	3.2	46.6	88.7	146.8	78.3	44.2	62.0	76.8	124.5	148.0	9.1	828.2
78	49.4	12.1	68.1	287.3	77.9	67.3	64.8	73.8	66.0	43.2	20.6	24.8	855.3
79	.6	33.7	45.9	108.6	215.0	142.9	98.9	82.4	69.4	138.6	81.3	87.2	1104.5
80	7.9	35.7	.5	72.7	75.9	67.1	61.3	74.1	122.6	99.2	89.5	5.3	711.8
81	10.8	64.8	31.2	182.9	154.2	88.2	36.3	88.7	137.6	123.5	39.4	10.4	960.0
82	34.6	51.1	90.6	259.7	147.6	27.8	31.8	38.5	47.1	84.4	44.4	30.4	880.0
1983	18.0	19.4	9.7	174.2	129.1	40.9	60.6	58.7	34.3	89.2	17.7	27.6	671.4

Tabla 62. Precipitación media mensual estación Tabay.

Precipitación media mensual (mm) estación TABAY Serial: 3038													
Período 1955-1989													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1955	17.7	205.0	109.1	175.0	198.0	167.0	119.0	109.0	265.3	383.0	226.9	105.7	2000.7
56	85.6	102.0	95.2	113.0	150.9	106.1	94.9	153.2	95.8	245.3	123.9	112.3	1478.2
57	20.6	10.5	26.8	96.1	449.7	51.7	100.5	66.5	132.0	248.0	217.2	.0	1427.6
58	.0	.0	.0	22.3	76.6	39.4	32.0	44.7	60.5	173.7	68.9	20.0	538.9
59	5.9	.0	92.4	90.6	63.2	136.1	77.2	75.8	219.7	258.0	259.6	79.2	1357.7
60	32.4	20.9	20.6	198.5	183.2	169.4	81.8	165.1	174.9	94.8	49.6	204.4	1308.2
61	1.5	8.6	59.6	154.3	164.0	83.4	109.7	84.3	187.0	333.4	176.6	32.0	1394.4
62	15.9	7.6	73.3	89.3	177.2	176.7	77.3	210.0	296.2	130.3	203.2	20.9	1477.9
63	7.6	11.5	113.5	292.7	252.3	122.8	88.0	108.1	163.2	298.0	133.4	29.4	1620.5
64	.0	15.4	58.3	185.2	282.4	182.0	180.7	125.9	89.0	107.5	85.3	41.6	1353.3
65	79.7	20.3	.5	198.8	236.6	69.1	40.4	178.3	196.6	291.3	191.3	125.4	1628.3
66	127.3	10.6	9.1	229.6	375.8	179.8	139.1	117.3	105.7	373.4	381.5	123.0	2092.2
67	56.5	73.5	21.2	200.7	103.8	86.1	96.5	130.8	142.9	187.0	84.9	36.0	1227.9
68	27.0	16.7	63.7	216.4	281.6	116.1	136.0	77.8	121.1	258.5	164.7	27.4	1587.0
69	42.7	83.0	53.5	340.9	197.5	138.2	50.5	77.8	200.9	560.6	183.5	71.6	2000.7
70	28.8	.0	46.7	213.2	175.7	150.7	177.0	209.7	177.0	339.4	154.6	152.6	1825.4
71	94.9	99.9	164.5	312.4	448.1	86.8	35.6	178.3	202.5	195.1	241.7	101.9	2161.7
72	110.1	28.2	122.8	296.2	291.7	111.3	81.8	62.8	194.6	134.8	113.4	51.8	1549.5
73	3.4	3.5	87.0	127.4	155.9	111.9	103.2	160.2	235.7	221.3	235.7	75.4	1520.6
74	57.7	89.0	71.9	211.1	266.1	55.0	53.5	64.3	143.8	192.7	115.4	24.1	1323.8
75	8.5	38.7	148.1	107.9	223.8	79.4	109.9	103.9	177.7	226.2	291.1	233.6	1748.8
76	12.0	65.3	98.9	173.0	309.0	49.2	72.6	110.9	143.8	153.3	103.9	24.3	1316.2
77	1.8	.1	71.5	30.1	163.0	53.8	88.3	124.8	172.5	293.7	295.1	19.0	1313.7
78	49.4	20.0	121.1	377.3	315.0	108.6	81.5	83.8	211.9	171.5	94.5	85.7	1720.3
79	.9	59.6	40.7	229.2	236.0	182.6	104.9	170.3	194.1	278.8	261.8	93.9	1852.8
80	72.6	70.4	8.1	110.0	208.8	85.5	92.2	210.2	250.2	184.0	111.0	16.8	1419.8
81	.0	73.0	108.6	284.5	265.6	135.1	91.3	163.4	141.1	314.1	96.8	98.8	1772.3
82	107.3	101.1	88.8	304.0	329.6	69.6	64.5	77.6	199.2	222.0	88.1	47.4	1699.2
83	32.1	6.2	35.0	272.1	240.8	122.6	101.8	118.6	182.9	127.8	151.7	66.0	1457.6
84	26.3	49.7	43.8	180.3	162.6	82.8	109.7	129.9	166.7	226.8	85.2	47.8	1319.6
85	13.3	16.0	154.0	101.5	133.2	82.0	147.0	109.1	242.6	269.7	190.7	148.1	1607.2
86	18.9	70.4	42.7	290.1	306.9	104.3	43.8	121.5	161.3	374.9	104.6	23.7	1671.1
87	2.2	32.5	45.1	64.9	167.4	82.1	68.2	127.0	186.9	348.4	143.7	73.4	1341.2
88	5.2	78.1	51.3	284.3	257.5	148.5	77.6	295.8	163.9	166.5	314.5	40.0	1803.2
1989	6.5	76.7	81.4	71.5	165.6	42.9	67.4	188.3	242.8	322.9	69.2	16.5	1351.7

Tabla 63. Evaporación diaria estación Mucurubá.

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A.  
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA

EVAPORACION EN TINA TIPO A - (mm).

ESTACION: MUCURUBA SERIAL: 3029 - Zona: 16 Edo: MERIDA AÑO: 1978  
 Latitud: 88°42'22" Longitud: 70°59'33" Altitud: 2320 m Ins: 10/48 Elim: 01/84

DIA	ENE	FEB	MAR	ABR.	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	5.2	3.2	5.1	3.6	5.4	3.5	2.3	3.6	3.1	3.1	2.4	3.4	1
2	4.7	5.4	5.6	1.2	2.8	3.2	3.0	3.3	4.6	3.8	2.6	3.0	2
3	6.0	5.3	4.5	3.7	3.3	2.7	3.6	5.4	3.5	4.5	5.3	2.1	3
4	5.0	5.4	2.5	2.3	3.3	2.6	4.5	5.4	4.0	5.2	4.9	3.8	4
5	5.1	5.1	2.5	1.4	3.3	4.5	4.4	2.9	4.0	4.4	4.3	3.8	5
6	4.6	4.2	1.3	1.2	4.6	1.8	4.3	3.1	4.6	3.4	4.4	3.0	6
7	4.5	3.6	3.9	3.0	3.1	2.1	4.9	3.7	3.0	2.9	5.3	3.3	7
8	5.4	2.6	6.1	2.5	4.4	2.5	6.3	2.1	5.3	3.2	4.7	3.5	8
9	4.5	2.0	6.5	1.1	3.9	2.3	3.1	2.7	5.0	1.7	4.8	1.4	9
10	4.9	5.1	6.0	3.3	3.3	3.1	3.7	2.3	5.0	3.0	3.9	1.0	10
11	4.9	3.0	7.3	7.5	2.2	1.9	4.4	2.7	2.5	3.5	2.4	2.6	11
12	4.2	4.0	6.5	1.5	2.6	2.8	3.8	4.4	3.6	4.6	4.2	2.9	12
13	5.1	4.7	5.6	3.1	3.0	1.8	4.3	1.5	2.3	3.6	.8	4.7	13
14	5.2	6.2	5.5	4.1	3.1	4.9	2.4	4.2	3.1	4.2	2.1	2.2	14
15	5.2	5.7	5.9	5.6	2.9	4.5	2.7	2.8	4.2	3.5	3.4	4.9	15
16	5.0	3.5	6.3	4.4	3.0	4.5	4.8	2.4	3.6	2.3	3.5	5.0	16
17	4.7	6.6	6.5	1.4	5.5	4.2	4.0	5.1	3.4	2.0	2.6	3.5	17
18	4.6	6.1	5.5	1.0	5.0	3.7	1.4	5.3	3.8	2.1	2.7	4.1	18
19	5.5	6.3	5.3	2.2	5.1	5.6	5.2	5.2	5.1	5.0	3.7	3.3	19
20	6.2	6.7	5.1	1.4	2.3	2.0	2.9	3.9	3.0	4.6	4.1	2.9	20
21	6.6	6.9	5.3	.8	4.3	2.6	5.1	2.4	4.3	4.0	4.9	4.7	21
22	6.7	6.0	5.6	2.2	4.9	2.5	5.4	2.8	3.6	5.3	4.4	5.2	22
23	4.7	6.4	6.2	3.7	3.2	1.5	3.8	3.6	3.4	2.4	3.9	5.0	23
24	4.9	5.6	2.5	4.0	2.5	3.0	4.0	1.8	3.5	2.2	4.7	4.6	24
25	6.1	5.3	3.1	5.1	3.6	2.0	3.7	3.1	3.5	2.0	3.6	5.1	25
26	4.1	5.8	3.4	4.5	1.0	3.8	3.0	3.6	3.4	3.0	3.6	5.3	26
27	5.1	5.9	3.3	5.1	2.3	3.1	2.9	3.4	4.4	2.6	4.3	4.7	27
28	4.1	5.4	3.3	5.4	3.2	3.1	3.1	3.3	3.0	1.7	6.9	4.6	28
29	4.5		3.3	4.7	3.0	3.1	4.2	2.4	3.1	1.3	3.5	5.7	29
30	3.9		2.0	4.6	2.9	3.1	3.1	1.2	4.5	3.1	4.4	5.2	30
31	8.7		1.3		2.7		3.4	4.4		3.6		4.4	31
TOTAL:	157.9	141.6	142.8	96.4	105.7	92.8	117.7	103.2	114.2	101.8	116.3	118.9	

Tabla 63. Continuación.

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A. DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
EVAPORACION EN TINA TIPO A - (mm).													
ESTACION: HUCURUBA				SERIAL: 3029		Zona: 16		Edo: MERIDA		AÑO: 1979			
Latitud: 08942'22"				Longitud: 70959'33"		Altitud: 2320 m		Ins: 10/48		Elim: 01/84			
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	5.2	4.8	2.1	6.8	3.2	2.4	3.9	4.0	2.2	2.1	4.1	2.7	1
2	4.5	6.6	4.1	6.2	5.9	2.0	3.6	2.4	2.6	3.7	4.4	5.4	2
3	5.2	5.3	5.5	5.6	4.7	1.3	1.7	3.3	3.3	3.6	4.7	2.7	3
4	4.5	7.1	1.9	4.8	3.2	3.1	2.1	5.1	3.4	3.5	4.6	4.6	4
5	5.1	5.8	4.7	5.5	5.6	2.1	4.1	5.6	1.2	2.8	2.6	5.5	5
6	5.1	7.5	3.6	3.7	4.4	3.8	2.7	4.2	3.0	3.2	2.7	4.8	6
7	4.4	5.1	4.8	3.8	5.7	3.8	3.5	5.5	3.0	2.6	3.9	4.3	7
8	4.4	6.4	2.9	2.2	5.8	3.8	4.9	4.9	7	4.3	1.1	4.3	8
9	5.1	5.6	3.4	1.8	5.8	3.8	4.7	2.4	3.7	5.2	1.6	5.5	9
10	4.7	6.1	1.2	2.9	2.3	1.6	2.6	2.4	3.7	3.1	3.1	4.3	10
11	5.4	3.3	4.0	3.2	5.2	2.4	1.9	2.5	4.2	3.0	1.1	2.7	11
12	5.5	3.5	4.9	3.8	2.5	3.6	5.4	6.1	4.2	2.2	3.0	5.2	12
13	4.7	5.6	5.5	5.6	5.1	5.0	4.8	4.3	2.6	1.3	4.4	4.4	13
14	5.4	4.2	6.4	5.9	4.1	3.4	4.1	2.2	2.5	3.5	2.9	4.5	14
15	5.2	3.3	6.2	2.5	4.2	4.3	8	2.4	2.4	3.4	1.8	2.7	15
16	5.1	3.6	5.3	3.4	8.2	4.3	2.2	1.9	2.8	3.0	1.9	3.6	16
17	5.3	4.0	4.7	3.3	8.2	2.3	2.3	4.0	2.7	2.8	3.2	3.6	17
18	5.0	3.7	1.9	3.9	3.2	2.4	3.5	3.2	4.3	3.9	4.2	2.0	18
19	5.3	6.2	4.4	4.9	1.4	4.7	2.5	2.3	3.4	4.3	4.8	3.8	19
20	5.3	5.4	5.4	2.2	1.1	3.1	2.9	3.8	1.9	2.9	3.7	3.6	20
21	5.1	6.1	5.6	1.8	1.6	1.7	5.2	4.6	3.2	3.1	2.8	2.3	21
22	4.6	6.4	3.9	2.2	2.6	3.5	4.8	3.7	3.3	3.7	3.2	4.5	22
23	4.2	6.3	2.8	9	1.9	3.3	6.3	4.4	5.0	2.3	4.3	4.1	23
24	3.8	5.7	2.9	4.8	2.8	1.3	4.0	5.3	3.5	1.3	4.1	3.4	24
25	5.1	5.7	4.6	4.8	4.4	2.8	4.5	2.8	4.9	2.3	4.5	2.9	25
26	4.5	5.1	4.3	3.8	3.9	3.7	3.5	1.2	3.8	2.2	1.9	3.5	26
27	5.9	4.7	2.1	1.4	3.4	3.4	4.4	3.4	6.2	1.4	1.6	3.8	27
28	4.5	2.0	5.7	3.7	2.6	3.6	6.3	3.9	5.0	4.7	3.5	4.0	28
29	6.4		3.5	1.6	9	3.3	5.9	4.3	2.3	3.8	3.7	3.5	29
30	5.1		5.8	1.4	2.0	2.2	3.1	4.9	3.7	1.7	4.0	4.5	30
31	5.2		4.8		1.5		3.8	1.9		4.1		2.2	31
TOTAL	154.6	145.1	127.3	188.4	117.4	91.2	116.0	112.9	98.7	95.0	97.4	118.1	

Tabla 63. Continuación.

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A.													
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
EVAPORACION EN TINA TIPO A - (mm).													
ESTACION: HUCURUBA				SERIAL: 3029				Zona: 16		Edo: MERIDA		AÑO: 1980	
Latitud: 08942'22"				Longitud: 70259'33"				Altitud: 2320 m		Ins: 10/48		Eli: 01/84	
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	3.9	4.2	6.0	8.5	3.4	2.4	5.0	3.8	3.9	5.5	3.5	2.8	1
2	4.4	3.3	6.3	5.9	3.7	2.9	3.5	4.4	4.3	3.1	3.6	4.1	2
3	4.4	1.5	6.2	6.5	4.2	2.9	1.7	1.6	3.3	3.4	3.8	4.7	3
4	5.8	3.6	5.8	6.7	3.0	3.0	2.7	3.7	4.1	4.1	2.4	5.0	4
5	4.6	1.2	5.4	5.8	4.9	4.7	4.5	3.7	4.3	4.0	2.8	3.1	5
6	4.7	1.0	4.6	2.9	4.6	3.1	6.3	4.3	4.0	4.3	3.6	4.9	6
7	4.0	2.7	6.5	2.8	1.2	1.2	4.1	3.6	2.9	2.3	5.1	4.6	7
8	4.7	3.3	5.3	2.1	3.0	2.6	3.2	3.6	6.0	1.0	4.8	2.8	8
9	4.8	4.6	6.1	.9	2.4	2.4	5.4	1.6	4.1	1.3	2.1	2.3	9
10	4.5	4.2	6.3	4.6	1.1	4.8	3.0	3.8	4.6	1.8	4.1	4.4	10
11	4.7	4.7	5.5	5.6	4.2	4.2	1.3	2.7	6.8	4.0	4.9	4.0	11
12	4.7	5.5	6.1	3.6	5.7	3.9	3.1	2.9	5.5	4.9	4.9	4.1	12
13	4.2	5.6	6.2	5.2	4.3	2.7	2.3	2.1	4.5	4.3	2.6	3.7	13
14	4.7	5.4	6.4	4.6	1.2	5.9	3.4	3.5	4.9	6.3	4.6	3.6	14
15	4.0	5.4	6.1	4.0	3.0	4.5	3.5	4.9	3.8	4.5	5.0	2.2	15
16	4.5	5.5	6.1	2.2	3.8	4.9	2.5	6.0	2.4	3.8	5.3	3.0	16
17	2.0	5.8	6.4	3.8	3.7	6.3	2.4	2.6	3.6	4.5	5.1	2.7	17
18	3.4	5.1	5.5	4.4	1.0	3.9	3.7	5.0	3.7	3.0	5.0	5.0	18
19	3.0	5.0	5.7	4.6	4.1	1.2	2.1	2.7	1.7	2.8	5.1	5.0	19
20	4.1	3.6	6.4	2.9	4.2	1.8	4.6	1.7	3.9	4.2	3.7	5.0	20
21	3.4	6.1	6.1	5.3	4.7	.7	2.5	3.1	4.3	4.3	5.4	4.7	21
22	4.6	5.8	6.8	4.3	5.5	2.8	6.1	4.1	4.8	6.8	3.2	4.8	22
23	4.6	5.5	5.8	4.7	3.5	3.7	3.1	3.8	2.2	6.6	2.5	4.3	23
24	3.6	5.6	6.0	3.7	1.4	3.3	2.6	7.1	4.0	4.7	4.0	4.7	24
25	4.8	5.6	8.5	1.8	2.0	5.6	4.6	4.4	5.5	5.0	2.3	5.1	25
26	5.4	6.2	8.4	2.4	3.6	5.0	1.6	3.2	4.6	5.7	6.4	4.9	26
27	8.1	5.7	8.4	5.8	2.6	6.1	3.1	2.9	3.8	3.8	4.3	6.8	27
28	4.9	5.3	8.4	5.8	2.8	1.5	4.8	2.7	7.3	4.1	4.8	3.0	28
29	4.4	6.6	8.4	4.7	3.2	3.9	3.2	4.3	4.3	5.4	3.7	4.5	29
30	4.7		8.4	.6	3.0	7.4	3.8	4.8	3.0	2.1	4.3	4.5	30
31	3.4		8.0		3.1		3.7	6.3		5.7		4.8	31
TOTAL	138.6	133.6	202.1	125.9	102.9	109.3	107.4	114.0	126.1	125.7	122.9	128.3	

Tabla 63. Continuación.

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A. DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
EVAPORACION EN TINA TIPO A - (mm).													
ESTACION: MUCURUBA				SERIAL: 3029				- Zona: 16		Edo: MERIDA		ARO: 1991	
Latitud: 20°42'22"				Longitud: 70°59'33"				Altitud: 2320 m		Ins: 10/48		Elim: 01/84	
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	3.7	3.7	4.8	5.6	2.4	1.8	2.9	2.2	1.1	4.9	3.0	4.5	1
2	5.1	4.5	4.9	7.0	3.3	1.2	3.8	5.7	.9	3.6	2.0	3.8	2
3	5.5	6.1	2.1	5.2	2.6	.6	5.9	4.9	.8	5.8	3.0	3.2	3
4	5.2	3.3	4.3	1.9	2.3	1.7	2.6	4.5	3.8	4.3	3.3	3.1	4
5	5.2	5.5	4.7	3.5	3.1	3.2	3.1	3.3	1.7	3.8	4.0	3.7	5
6	5.4	5.3	4.5	2.4	1.8	4.1	2.4	4.2	2.3	2.5	1.8	2.2	6
7	4.2	4.9	3.0	2.2	2.2	3.8	3.9	4.5	3.6	4.7	2.9	5.5	7
8	5.1	5.2	2.7	2.4	1.1	2.1	3.8	4.4	4.0	4.2	2.9	5.6	8
9	5.4	5.3	4.4	1.4	1.9	3.0	3.8	2.4	3.8	3.7	3.5	4.8	9
10	5.2	5.5	3.1	.5	1.5	2.2	3.3	2.8	3.1	2.6	3.8	3.4	10
11	5.0	5.8	2.4	4.8	1.4	1.6	3.9	4.4	3.9	2.2	3.5	2.5	11
12	4.7	5.3	3.2	3.3	1.7	3.6	4.6	3.0	2.3	3.0	4.3	4.1	12
13	4.5	1.1	5.1	3.1	2.9	2.6	4.3	3.3	2.7	4.8	4.4	3.9	13
14	4.0	1.6	4.6	2.0	2.8	4.6	4.7	2.8	3.1	1.4	4.4	3.5	14
15	5.3	2.2	4.9	.9	.2	4.8	2.7	2.5	2.9	4.1	4.7	2.1	15
16	5.2	4.9	5.0	1.6	2.7	3.1	3.5	3.4	2.0	2.3	5.0	4.5	16
17	5.0	2.2	5.9	2.3	1.8	4.9	2.5	4.7	2.6	1.3	4.3	4.6	17
18	5.3	4.5	5.9	1.2	2.3	1.8	2.8	4.6	3.8	4.1	4.9	4.8	18
19	5.5	2.7	5.4	1.1	2.2	2.9e	3.9	3.4	4.3	3.6	3.2	4.8	19
20	5.1	2.6	6.1	1.6	3.5	2.9e	2.4	3.0	5.2	3.5	4.2	4.8	20
21	4.9	3.1	4.3	2.8	4.5	2.9e	3.0	4.0	3.4	2.3	3.2	4.7	21
22	5.5	2.3	5.7	3.8	4.3	2.9e	2.9	3.0	5.8	4.3	2.6	4.7	22
23	5.2	2.1	5.7	3.3	3.9	2.4	3.8	1.6	4.7	1.7	4.8	5.1	23
24	5.2	2.3	5.0	4.5	2.2	2.9	4.9	2.1	4.8	1.8	4.8	4.3	24
25	5.0	2.4	5.7	3.8	4.5	2.6	3.0	3.7	2.6	4.0	4.8	4.6	25
26	5.0	3.6	4.4	3.3	1.7	2.6	4.5	4.1	4.3	2.8	4.8	4.4	26
27	5.0	5.2	4.5	2.2	2.8	4.5	3.3	2.5	5.1	3.5	4.2	4.2	27
28	5.0	3.9	6.0	.8	1.5	3.1	4.8	4.4	3.7	3.4	3.9	4.4	28
29	5.0		6.1	3.3	.9	2.2	5.6	5.0	2.4	3.8	3.3	3.6	29
30	5.0		6.3	2.4	1.8	3.7	4.4	3.3	4.2	4.2	3.2	3.1	30
31	5.0		6.0		3.7		5.5	3.1		3.2		4.5	31
TOTAL	155.2	107.1	146.7	72.6	73.9	86.2	116.5	110.8	98.9	104.6	112.7	127.0	

Tabla 63. Continuación.

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A. DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA													
EVAPORACION EN TINA TIPO A - (mm).													
ESTACION: MUCURUBA				SERIAL: 3029				Zona: 16		Edo: MERIDA		ARO: 1982	
Latitud: 08°42'22"				Longitud: 78°59'33"				Altitud: 2320 m		Ins: 10/48		Elim: 01/84	
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA
1	2.4	1.7	5.0	3.1	2.3	1.3	3.2	5.1	6.0	4.0	4.5	3.7	1
2	2.3	5.7	6.1	4.4	2.5	3.2	5.5	5.0	5.0	4.0	3.1	3.5	2
3	3.9	5.5	5.3	3.2	1.9	2.8	3.2	5.1	5.5	2.1	2.7	3.5	3
4	2.4	4.8	5.3	1.7	3.9	3.1	1.6	3.8	5.2	2.8	1.9	4.9	4
5	3.6	3.3	5.3	1.7	1.9	1.9	3.2	7.4	4.6	5.3	2.2	3.8	5
6	1.8	3.0	5.3	2.8	1.9	2.3	1.8	6.2	3.5	3.2	2.5	3.5	6
7	2.1	2.3	5.3	2.9	2.5	3.5	3.9	2.9	2.5	3.5	5.0	3.8	7
8	4.2	3.2	5.1	3.1	5.2	3.5	4.0	3.1	4.3	3.3	5.4	3.1	8
9	4.2	5.9	3.6	3.1	2.3	3.1	4.5	4.5	4.2	2.7	4.7	3.0	9
10	5.2	3.5	2.5	3.1	2.4	4.0	3.4	7.8	6.5	2.4	4.0	4.0	10
11	4.6	4.0	.9	3.1	4.8	2.9	2.6	5.5	2.3	3.3	4.4	3.9	11
12	4.3	4.6	4.7	4.7	5.8	3.8	3.9	2.8	2.5	3.4	2.6	4.5	12
13	2.8	4.5	4.6	4.8	4.1	2.1	4.0	4.0	2.6	3.2	2.2	4.5	13
14	3.4	2.7	4.1	.9	2.3	4.0	2.4	3.7	5.5	4.4	5.9	4.5	14
15	4.8	2.4	2.1	2.1	3.5	4.1	4.4	5.0	5.7	6.3	5.1	4.5	15
16	4.7	2.5	3.5	1.5	1.4	4.6	6.0	3.3	5.6	7.6	4.2	3.5	16
17	5.0	5.4	4.2	1.6	2.7	3.7	5.6	4.1	6.2	2.2	3.8	4.7	17
18	5.0	2.8	5.7	4.3	1.6	2.1	7.0	5.1	2.8	3.6	1.3	3.8	18
19	5.0	3.4	5.3	1.3	4.6	2.1	5.5	7.2	6.1	3.7	2.1	2.5	19
20	4.7	2.8	5.5	1.5	4.7	1.6	2.3	3.1	6.9	4.5	2.5	3.5	20
21	4.9	1.6	5.8	2.6	2.5	3.7	5.5	7.0	5.2	4.5	1.9	3.8	21
22	5.3	3.8	5.6	3.1	2.5	3.0	4.2	7.6	4.3	2.4	2.1	3.1	22
23	4.7	4.0	2.9	3.0	3.0	3.0	3.6	7.4	2.7	3.6	1.9	3.5	23
24	5.4	4.3	3.1	4.5	4.9	3.0	4.4	7.4	4.5	5.0	3.3	4.2	24
25	4.9	3.0	3.2	3.2	3.2	3.0	2.8	4.3	1.5	4.0	3.1	4.8	25
26	5.7	2.2	2.2	4.5	2.4	3.0	4.4	5.9	1.4	4.5	2.2	2.5	26
27	6.2	3.3	4.3	3.4	2.2	3.8	2.4	4.5	4.4	3.5	2.1	2.6	27
28	4.9	3.3	3.6	1.2	2.0	4.4	3.7	4.5	3.7	3.3	2.1	2.1	28
29	4.1		2.0	2.0	2.1	4.4	4.5	3.7	3.5	2.1	3.3	2.3	29
30	2.1		3.4	2.3	4.8	4.5	3.4	4.5	2.5	2.2	3.7	2.2	30
31	2.9		4.8		2.5		4.1	5.0		3.6		3.2	31
TOTAL	127.5	99.5	130.3	84.7	94.4	96.3	121.0	156.5	127.2	114.2	95.8	111.0	

Tabla 63. Continuación.

M. A. R. N. R. - D. G. S. I. I. A.														
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA														
EVAPORACION EN TINA TIPO A - (mm).														
ESTACION: MUCURUBA			SERIAL: 3029			Zona: 16		Edo: MERIDA		AÑO: 1983				
Latitud: 00°42'22"			Longitud: 70°59'33"			Altitud: 2320 m		Ins: 10/48		Elim: 01/84				
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	DIA	
1	4.6	3.3	3.4	4.0	1.9	5.6	2.5	3.1	5.6	4.8	1.7	-	1	
2	3.8	5.2	6.3	5.9	1.6	5.8	2.4	4.9	3.8	4.4	5.8	-	2	
3	5.2	5.0	5.4	4.4	2.8	4.1	2.5	1.8	6.0	2.7	3.8	-	3	
4	1.1	4.4	5.5	6.4	1.6	2.7	2.1	3.5	6.1	2.1	4.8	-	4	
5	3.9	5.5	6.2	3.8	3.9	1.9	4.2	3.5	5.4	3.7	4.7	-	5	
6	3.9	5.4	6.4	2.5	4.0	2.1	3.0	4.7	3.9	4.3	4.0	-	6	
7	3.3	5.5	5.8	4.6	2.9	3.7	4.6	3.3	2.3	6.1	4.6	-	7	
8	3.2	5.1	5.4	1.0	3.5	1.4	4.1	5.6	4.0	4.4	3.6	-	8	
9	5.0	5.8	4.6	1.0	4.3	2.1	3.2	2.4	2.9	4.4	5.0	-	9	
10	4.9	5.1	4.6	1.4	3.2	2.9	2.2	5.0	4.6	3.8	4.3	-	10	
11	5.0	6.1	4.5	2.4	4.0	1.0	3.2	5.2	5.4	4.5	4.7	-	11	
12	5.3	6.0	6.7	1.6	3.9	2.1	2.7	6.6	5.6	5.2	3.2	-	12	
13	4.5	6.3	6.0	2.4	1.9	3.7	3.9	6.3	2.7	4.6	5.0	-	13	
14	5.1	6.5	3.0	1.7	3.7	4.5	3.0	3.9	4.1	3.9	4.7	-	14	
15	3.5	5.6	3.0	1.6	3.5	2.3	5.0	3.8	3.9	2.9	2.2	-	15	
16	4.6	7.1	5.9	3.7	3.0	4.6	3.8	5.1	5.9	2.3	5.2	-	16	
17	5.0	6.5	5.4	5.2	2.0	3.8	3.2	4.4	4.6	2.4	3.2	-	17	
18	5.7	6.4	6.0	2.6	5.1	3.0	4.7	5.3	5.5	3.7	4.2	-	18	
19	5.2	6.2	5.6	3.8	1.6	4.2	4.2	2.6	4.4	4.8	6.3	-	19	
20	4.6	6.3	6.6	3.9	3.2	4.2	4.7	2.9	2.8	4.3	4.4	-	20	
21	5.1	6.7	6.7	3.3	3.2	2.2	3.9	2.0	4.0	1.1	2.9	-	21	
22	5.7	4.3	6.6	3.0	3.2	2.0	3.9	3.9	4.1	3.2	6.1	-	22	
23	6.1	1.9	4.9	4.1	4.0	3.2	2.5	5.1	2.4	4.3	4.3	-	23	
24	6.0	5.8	6.3	5.4	2.2	5.0	3.3	4.9	3.9	3.7	3.3	-	24	
25	5.3	5.4	6.7	4.3	5.5	4.7	5.9	1.9	5.4	4.4	4.1	-	25	
26	5.2	1.6	5.8	3.7	2.7	2.6	1.6	5.9	3.4	3.8	4.2	-	26	
27	5.7	5.1	5.9	2.0	1.0	2.9	3.8	5.4	5.1	5.2	4.3	-	27	
28	5.7	6.0	6.5	4.5	3.0	3.5	3.6	5.3	7.5	3.0	3.6	-	28	
29	5.8		6.2	3.3	2.1	4.8	3.5	4.6	2.7	3.2	4.2e	-	29	
30	5.2		6.3	3.0	4.0	1.4	5.7	3.4	4.9	2.1	4.2e	-	30	
31	5.1		5.9		4.0		4.6	5.2		3.2		-	31	
TOTAL	148.1	150.1	174.1	99.7	96.5	98.0	111.5	131.5	132.9	116.5	126.6	--		

Tabla 83 L/SG. Datos locales sistema San Gerónimo, Marzo-Abril 1994.

Día	MARZO					ABRIL				
	Temperatura °C		Evaporación (mm)	Precipitación (mm)	Riego (mm)	Temperatura °C		Evaporación (mm)	Precipitación (mm)	Riego (mm)
	MAXIMA	MINIMA				MAXIMA	MINIMA			
1	26	13	3.9	---	12.7	26	12	3.9	---	
2	26	13	3.8	---		26	13	3.8	25.0	
3	26	13	3.8	---		26	13	3.8	20.0	
4	26	13	3.5	---	12.7	26	12	3.5	3.0	
5	26	12	3.7	3.0		24	12	3.7	5.0	
6	26	13	3.7	---		24	12	3.7		
7	26	13	4.1	---	12.7	26	12	4.1	---	12.7
8	26	13	3.5	---		22	12	3.5		
9	26	13	3.5	---		23	12	3.5	---	
10	26	13	3.4	---	12.7	22	11	3.4		
11	26	13	3.7	27.2		24	12	3.7	3.0	
12	24	12	3.9	---		26	12	3.9	12.7	
13	24	12	3.8	---		24	11	3.8	25.0	
14	26	12	3.1	---		22	12	3.1	22.0	
15	26	13	3.5	---	12.7	23	12	3.5		
16	26	13	3.1	7.0		23	12	3.1		
17	26	13	3.5	---		23	12	3.5	12.0	
18	26	13	3.5	---		23	12	3.5	---	
19	26	12	3.3	3.0		23	12	3.3	3.0	
20	26	13	3.7	---		24	12	3.7		
21	26	13	3.7	---	12.7	24	12	3.7	22.0	
22	26	13	3.8	---		25	12	3.8		
23	26	13	3.8	9.2		25	13	3.8		
24	26	13	3.7	15.0		24	12	3.7	4.0	
25	26	13	3.7	---		24	12	3.7	25.0	
26	26	13	3.5	---		23	12	3.5	26.0	
27	26	13	3.7	---		24	12	3.7	2.0	
28	26	13	3.7	11.0		24	12	3.7	4.0	
29	26	13	3.1	24.0		22	12	3.1	23.0	
30	26	13	3.1	3.0		22	12	3.1		
31	26	13	3.1	---						

A P E N D I C E 2  
I N F O R M A C I O N E S D E A F I C A

www.bdigital.ula.ve

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD SG-1 (0 - 20 cm)

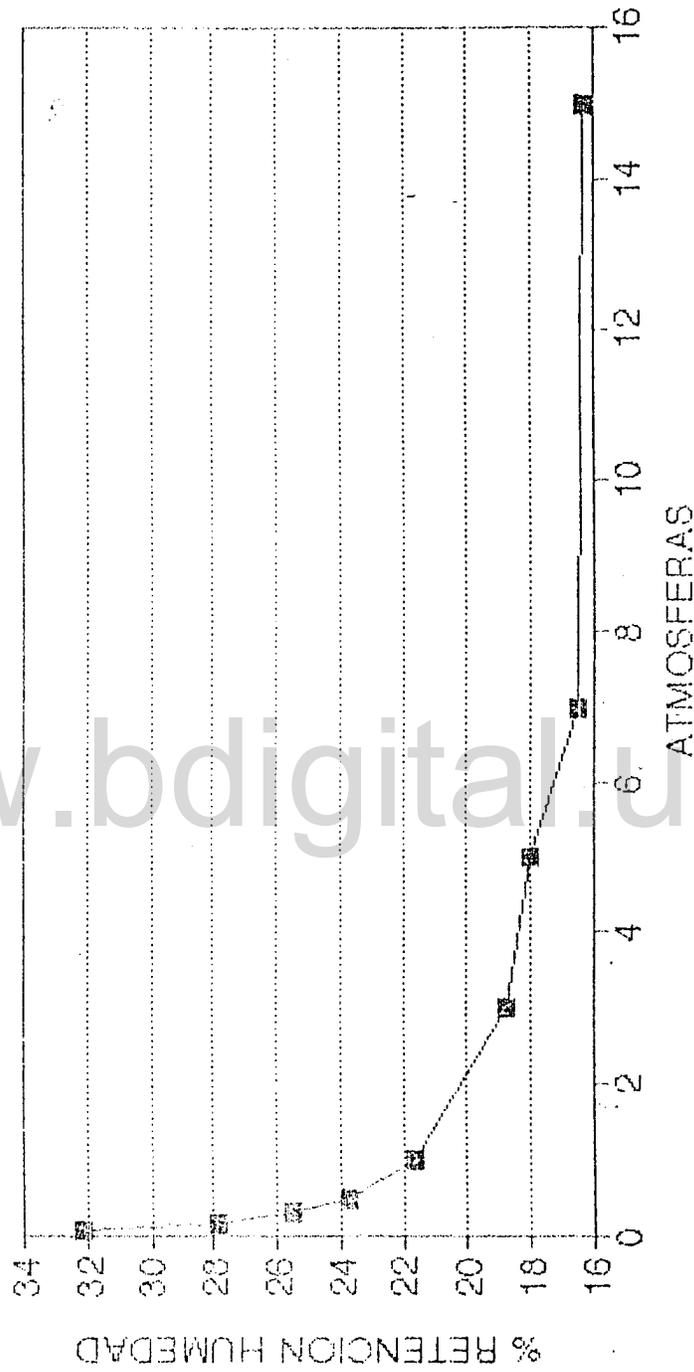


FIGURA 47

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD SG-1 (20 - 40 cm)

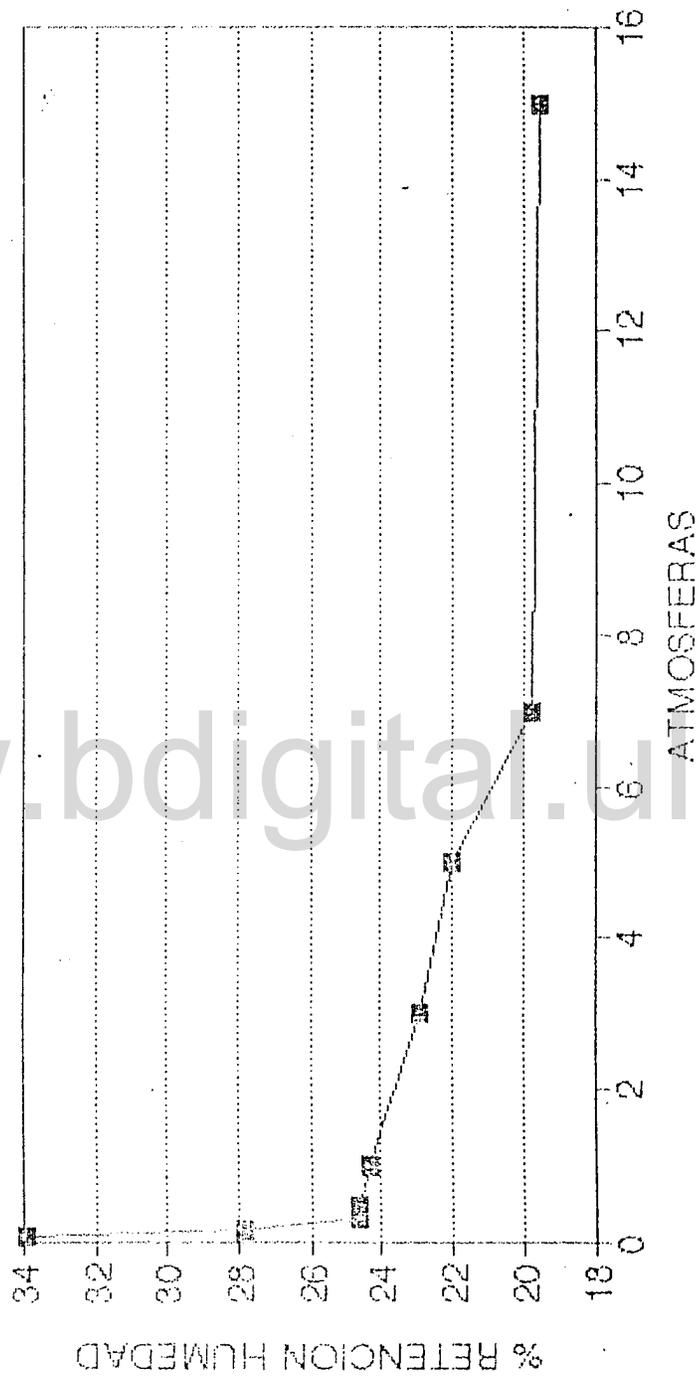


FIGURA 48

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD SG-2 (0 - 20 cm)

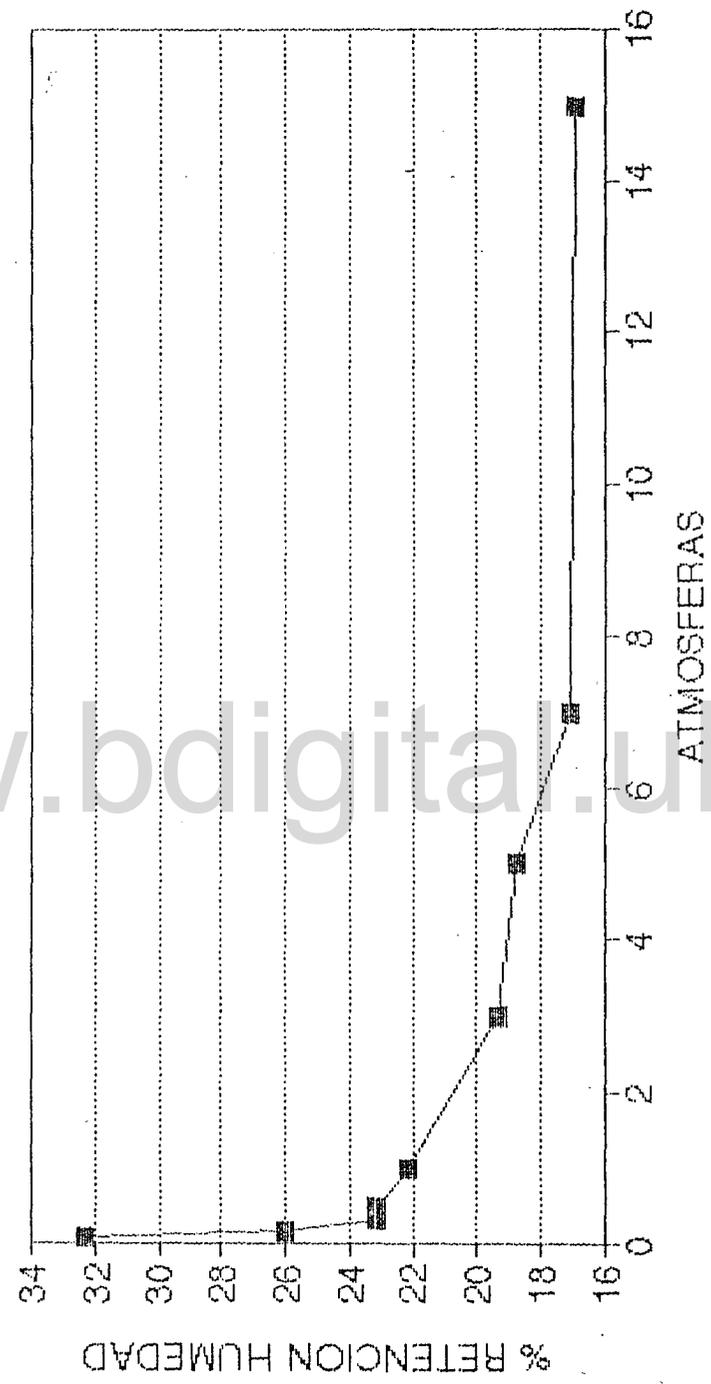


FIGURA 49

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD SG-2 (20 - 40 cm)

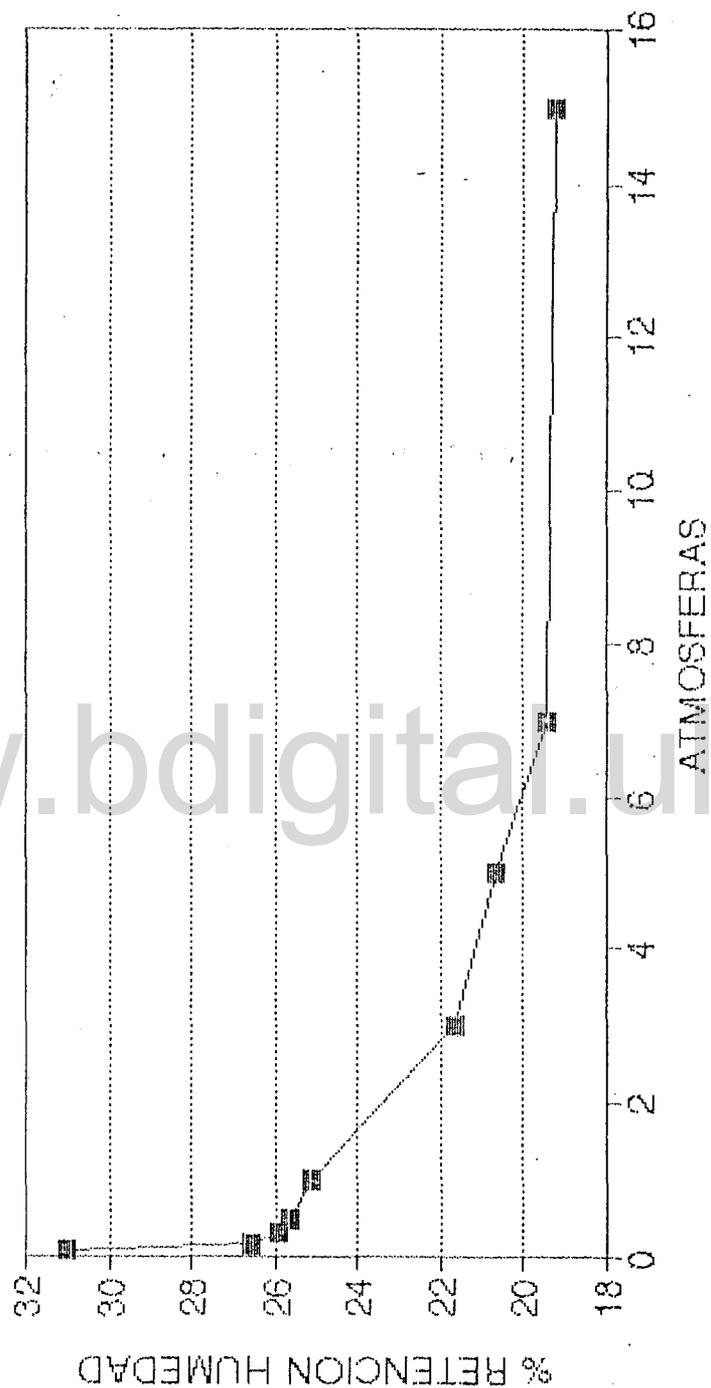


FIGURA 50

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD SG-4 (0 - 20 cm)

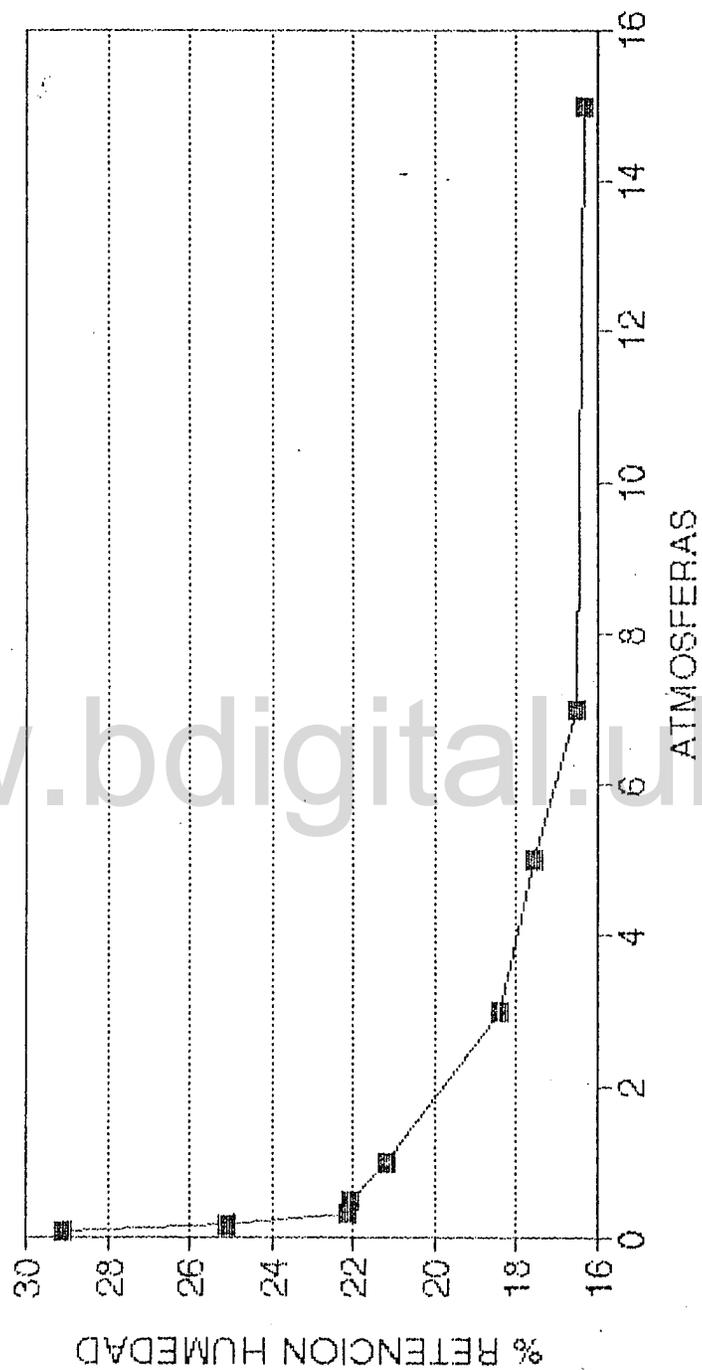


FIGURA 51

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD SG-4 (20 - 40 cm)

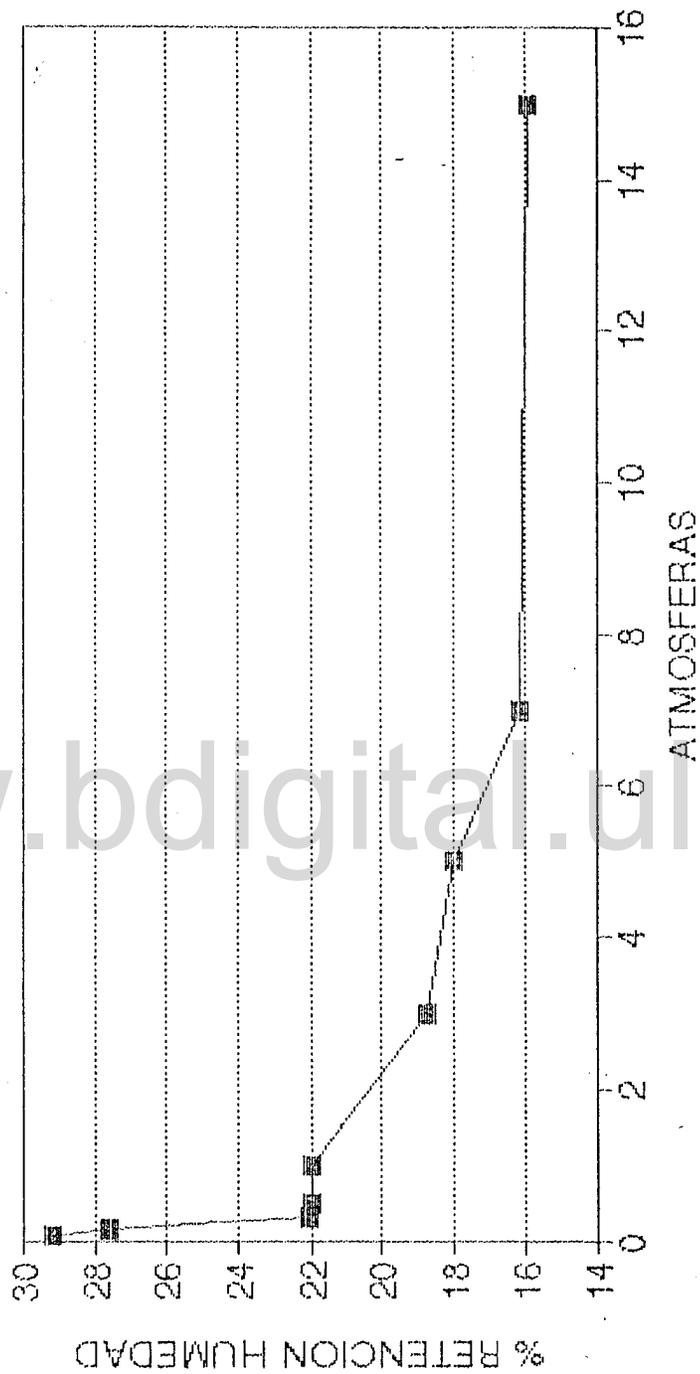


FIGURA 52

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD M-1 (0 - 40 cm)

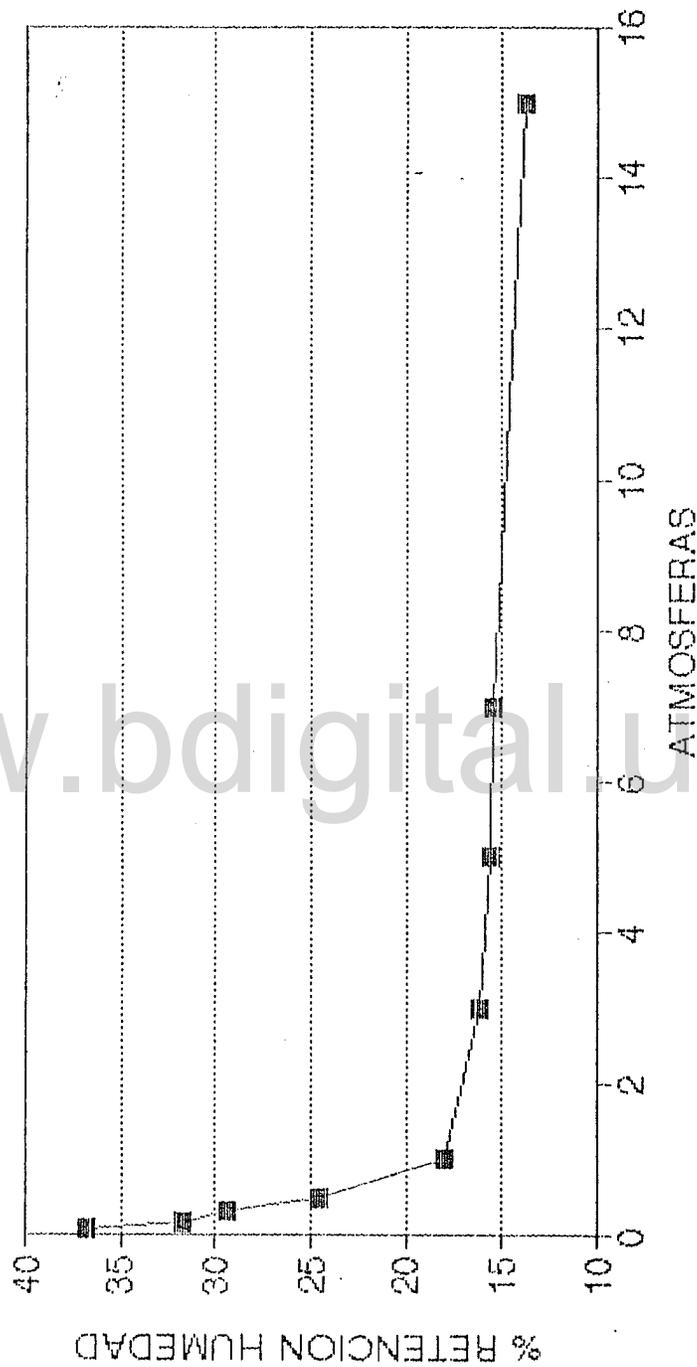


FIGURA 53

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD M-2 Y M-2G (0 - 40 cm)

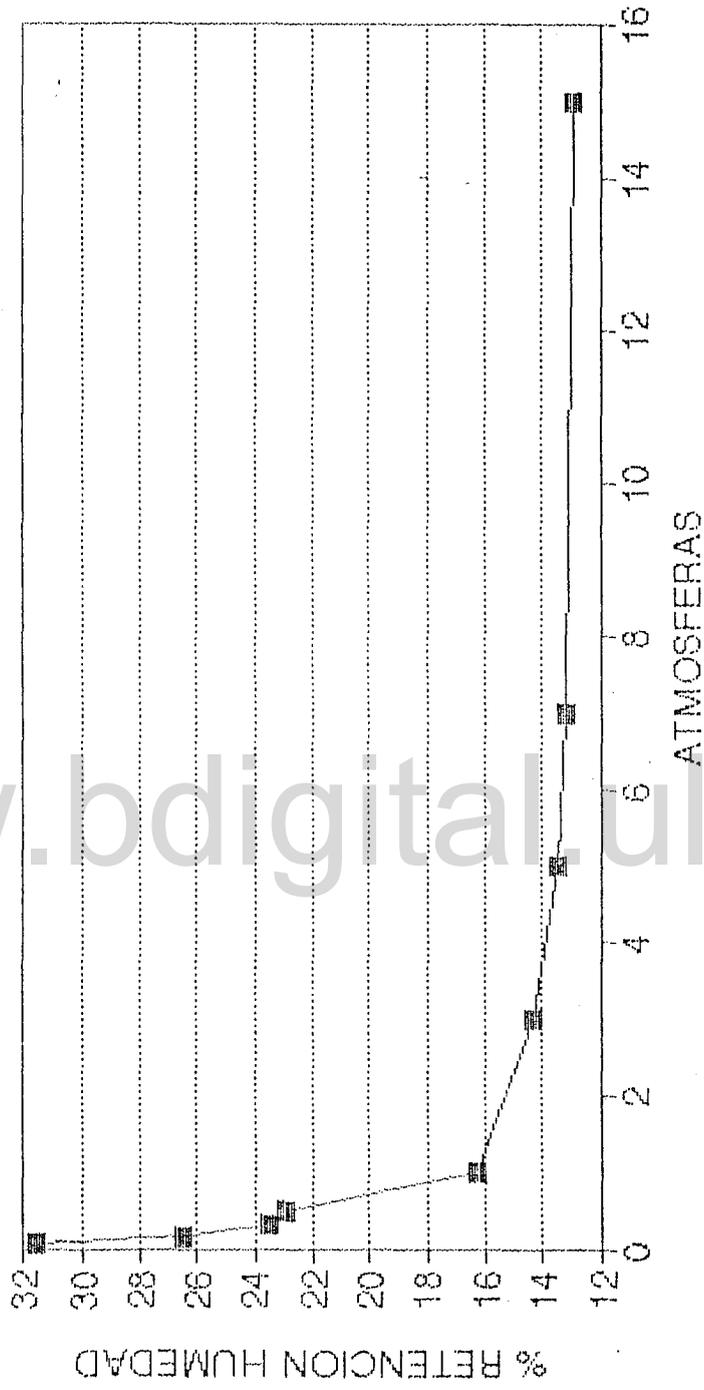


FIGURA :54

# CURVA RETENCION DE HUMEDAD

SUB-UNIDAD M-3 Y M-3G (0 - 40 cm)

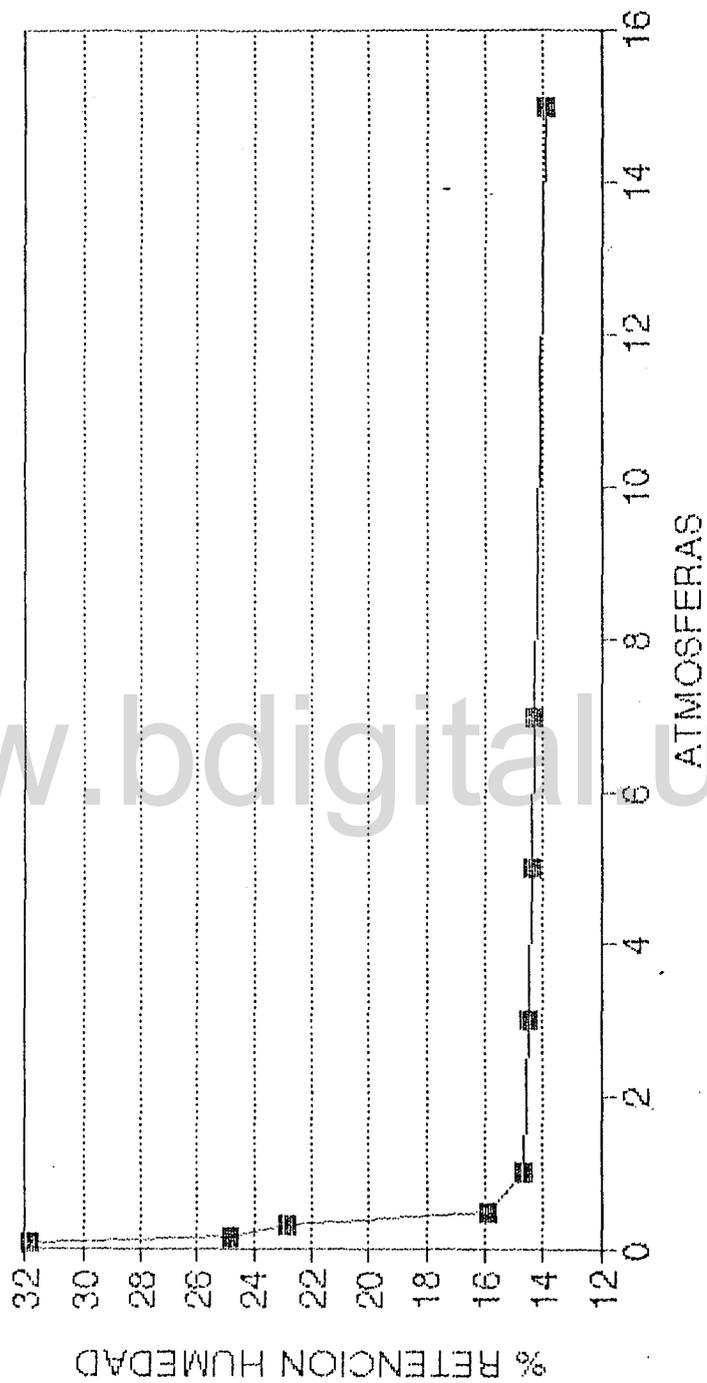


FIGURA 55

Tabla 64. Análisis químico de suelos de las sub-unidades evaluadas.

AGRO SERVICES INTERNATIONAL, INC. 218 E. Michigan Avenue Orange City, Florida 32763 Tel. 352/313-0000 Fax 352/313-0000

**CHESTNUT HILL FARMS**  
**DE VENEZUELA**  
 Ave. Los Proceres Aniguo  
 Almaguarn Merida, Merida  
 Venezuela 5101

Campo SG-1  
 Cultivo a Fert. Strawberries  
 Meta de Rend. 60,000 lbs/acre  
 Cultivo Anterior Strawberries  
 Rendimiento Aprox. 60,000 lb/ac  
 Cal Aplicada 3.5 tons 92

No. de Muestra ST  
 Localizacion de la Finca San  
Geronimo  
 Fecha de Ingreso al Lab. 05-17-93  
 Fecha de Salida de Result. 05-20-93

Act. C.I.C. 5.3 meq/100 ml; Sat. Bases 76 %; Sat. Acidos 24 %; pH 4.6; M.O. 3.8 %; Sales Solubles \_\_\_\_\_ ppm; Clave De Textura SB3

Elementos	Analisis del Suelo		Guia de Interpretacion			Sugerencias de Fertilizantes	
	No. Lab.	<u>B1 75 -3</u>	debajo	optimo	encima	Kg/205m <sup>2</sup> Lbs./1000 sq. ft.	Kg/ha Lbs./acre
Acidez Act.	A.A.	<u>1.3</u>					
Calcio	Ca	<u>3.4</u>	*****			<u>0.0</u>	<u>0</u>
Magnesio	Mg	<u>0.31</u>	**			<u>0.0</u>	<u>0</u>
Potasio	K	<u>0.26</u>	*****			<u>3.4</u>	<u>150</u>
Sodio	Na						
Relacion Ca/Mg	Ca/Mg	<u>11.0</u>	*****			<u>80</u>	<u>3500</u>
Relacion Mg/K	Mg/K	<u>1.2</u>	*****			<u>0</u>	<u>0</u>
		ug/ml					
Nitrogeno	N	<u>4</u>	*			<u>4.0</u>	<u>175</u>
Fosforo	P	<u>380</u>	*****			<u>0.0</u>	<u>0</u>
Azufre	S	<u>45</u>	*****			<u>0.0</u>	<u>0</u>
Boro	B	<u>1.24</u>	*****			<u>0.0</u>	<u>0.0</u>
Cobre	Cu	<u>2.7</u>	*****			<u>.05</u>	<u>2</u>
Hierro	Fe	<u>281</u>	*****			<u>0.0</u>	<u>0</u>
Manganeso	Mn	<u>10.8</u>	*****			<u>0.0</u>	<u>0</u>
Zinc	Zn	<u>2.8</u>	*****			<u>.09</u>	<u>4</u>
Otro							

Este reporte es aceptado por el cliente bajo la condicion que Agro Services International, Inc. es responsable solamente por la precision de los analisis de las muestras tales como se les recibio. Tal responsabilidad se limita solo al costo de los analisis. Ninguna otra garantia expresada o implicada son dados.  
 Comentarios: Los niveles nitrogeno sugeridos son generales - con mejor informacion local, puede cambiarielos. Materia organica recién aplicada no esta indicado por analisis. Si hay, ajuste la aplicacion de elementos.  
 Fert.: NPK and Minor Elements

Tabla 64. Continuación.

**AGRO SERVICES INTERNATIONAL, INC.**  
215 E. Michigan Avenue  
Chicago, IL 60601

**CHESTNUT HILL SALES, INC.**  
1500 Port Boulevard  
Dodge Island  
Miami, FL 33132

Campo \_\_\_\_\_  
No. de Muestra M-1  
Localización de la Finca M-1  
Cultivo a Fert. Strawberries  
Meta de Rend. \_\_\_\_\_  
Cultivo Anterior \_\_\_\_\_  
Rendimiento Aprox. \_\_\_\_\_  
Fecha de Ingreso al Lab. 07-30-93  
Cal Aplicada \_\_\_\_\_  
Fecha de Salida de Result. 07-31-93

Rafael Angel Sulbarais

Act. C.I.C. 9.9 meq/100 ml; Sat. Bases 100 %; Sat. Acidos 0 %; pH 6.2; M.O. 3.3 %; Sales Solubles \_\_\_\_\_ ppm; Clave De Textura SB2

Elementos	Análisis del Suelo		Guía de Interpretación			Sugerencias de Fertilizantes			
	No. Lab.	W5 119 -2	meq/100 ml	kg/ha 20 cm	Deficiente	Optimo	Excesivo	Kg/205m <sup>2</sup>	Kg/ha
Acidez Act.	A.A.		0.0						
Calcio	Ca		8.4	3023	*****			0.0	0
Magnesio	Mg		1.09	237	*****			4.6	200
Potasio	K		0.41	345	*****			1.7	75
Sodio	Na								
Relación Ca/Mg	Ca/Mg		7.7		*****			0	0
Relación Mg/K	Mg/K		2.7		*****			0	0
Nitrogeno	N	ug/ml	5	10				4.0	175
Fosforo	P		258	1098	*****			0.0	0
Azufre	S		23	41	*****			0.5	20
Boro	B		0.36	.5	*****			.02	1.0
Cobre	Cu		3.4	6.1	*****			.00	0
Hierro	Fe		146	252	*****			0.0	0
Manganeso	Mn		3.1	5.6	*****			0.3	15
Zinc	Zn		2.2	4	*****			.09	4

Este reporte es aceptado por el cliente bajo la condición que Agro Services International, Inc. es responsable solamente por la precisión de los análisis de las muestras tales como se les recibió. Tal responsabilidad se limita solo al costo de los análisis. Ninguna otra garantía expresada o implicada son dados.  
Comentarios: Los niveles nitrogeno superidos son generales - con mejor informacion local, puede cambiarios. Matena organica recién aplicada no esta indicado por analisis. Si hay, ajuste la aplicacion de elementos.



Tabla 64. Continuación.

	SERVICES INTERNATIONAL, INC.    215 E. Michigan Avenue    Orange City, Florida 32763    Ph. 904-775-6601    Fax 904-775-9890					
	<b>CHESTNUT HILL SALES, INC.</b> 1500 Port Boulevard Dodge Island Miami, FL    33132					
Cultivo a Fert. <u>Strawberries</u> Meta de Rend. _____ Cultivo Anterior _____ Rendimiento Aprox. _____ Cal Aplicada _____	Campo <u>SG-4</u> No. de Muestra <u>4 S/T</u> Localizacion de la Finca <u>4</u> Fecha de Ingreso al Lab. <u>07-30-93</u> Fecha de Salida de Result. <u>07-31-93</u>					
<b>Rafael Angel Sulbarais</b>						
Act. C.I.C. <u>9.9</u> meq/100 ml; Sat. Bases <u>100</u> %; Sat. Acidos <u>0</u> %; pH <u>5.8</u> ; M.O. <u>2.6</u> %; Sales Solubles _____ ppm; Clave De Textura <u>SB2</u>						
Elementos	Analisis del Suelo No. Lab. <u>W7 119 -2</u>	Guia de Interpretacion			Sugerencias de Fertilizantes	
	meq/100 ml    kg/ha 20 cm	debajo	optimo	encima	Kg/205m <sup>2</sup>	Kg/ha
					Lbs./1000 sq. ft.	Lbs./acre
Acidez Act.	A.A. <u>0.0</u>					
Calcio	Ca <u>7.8</u> <u>2808</u>	*****			Calcio <u>0.0</u>	<u>0</u>
Magnesio	Mg <u>1.33</u> <u>289</u>	***			Magnesio <u>0.0</u>	<u>0</u>
Potasio	K <u>0.80</u> <u>673</u> K <sub>2</sub> O	*****			Potasa (K <sub>2</sub> O) <u>0.0</u>	<u>0</u>
Sodio	Na _____					
Relacion Ca/Mg	Ca/Mg <u>5.9</u>	*****			Cal Dolomitica <u>45</u>	<u>2000</u>
Relacion Mg/K	Mg/K <u>1.7</u>				Cal Calcitica <u>0</u>	<u>0</u>
	ug/ml					
Nitrogeno	N <u>5</u> <u>8</u>				Nitrogeno <u>4.0</u>	<u>175</u>
Fosforo	P <u>96</u> <u>393</u> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	*****			Fosfata (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) <u>0.0</u>	<u>0</u>
Azufre	S <u>52</u> <u>111</u>	*****			Azufre-Forma Sulfato <u>0.0</u>	<u>0</u>
Boro	B <u>0.70</u> <u>1.3</u>	*****			Boro <u>.00</u>	<u>0.0</u>
Cobre	Cu <u>2.3</u> <u>4.1</u>	****			Cobre <u>.05</u>	<u>2</u>
Hierro	Fe <u>560</u> <u>1007</u>	*****			Hierro <u>0.0</u>	<u>0</u>
Manganeso	Mn <u>3.0</u> <u>5.4</u>	*****			Manganeso <u>0.3</u>	<u>15</u>
Zinc	Zn <u>2.4</u> <u>4.3</u>	****			Zinc <u>.09</u>	<u>4</u>
Otro						

Este reporte es aceptado por el cliente bajo la condicion que Agro Services International, Inc. es responsable solamente por la precision de los analisis de las muestras tales como se les recibio. Tal responsabilidad se limita solo al costo de los analisis. Ninguna otra garantia expresada o implicada son dados.  
 Comentarios: Los niveles nitrogeno sugeridos son generales - con mejor informacion local, puede cambiarios.    Materia organica recién aplicada no esta indicado por analisis. Si hay, ajuste la aplicacion de elementos.

161



Tabla 64. Continuación.

	<b>CHESTNUT HILL FARMS DE VENZUELA</b> Ave. Los Proceres Aniguo Almaguarn Merida, Merida Venezuela 5101	Cultivo a Fert. <u>Strawberries</u> Meta de Rend. _____ Cultivo Anterior _____ Rendimiento Aprox. _____ Cal Aplicada _____	Campo <u>M-3, M-3G</u> No. de Muestra <u>M-3, M-3G</u> Localizacion de la Finca _____ Fecha de Ingreso al Lab. <u>05-17-93</u> Fecha de Salida de Result. <u>05-20-93</u>
	Act. C.I.C. <u>6.8</u> meq/100 ml; Sat. Bases <u>86</u> %; Sat. Acidos <u>14</u> %; pH <u>4.9</u> ; M.O. <u>4.1</u> %; Sales Solubles _____ ppm; Clave De Textura <u>SB2</u>		

Elementos	Analisis del Suelo		Guia de Interpretacion			Sugerencias de Fertilizantes	
	No. Lab.	B4 75 -3	debajo	optimo	encima	Kg/205m <sup>2</sup> o Lbs./1000 sq. ft.	Kg/ha o Lbs./acre
Acidez Act.	A.A.	<u>1.0</u>					
Calcio	Ca	<u>4.8</u> <u>1728</u>	*****			Calcio <u>0.0</u>	<u>0</u>
Magnesio	Mg	<u>0.67</u> <u>145</u>	*			Magnesio <u>0.0</u>	<u>0</u>
Potasio	K	<u>0.35</u> <u>294</u> K <sub>2</sub> O	*****			Potasa (K <sub>2</sub> O) <u>2.3</u>	<u>100</u>
Sodio	Na						
Relacion Ca/Mg	Ca/Mg	<u>7.2</u>	*****			Cal Dolomitica <u>80</u>	<u>3500</u>
Relacion Mg/K	Mg/K	<u>1.9</u>	*****			Cal Calcitica <u>0</u>	<u>0</u>
		ug/ml					
Nitrogeno	N	<u>14</u> <u>25</u>	*			Nitrogeno <u>4.0</u>	<u>175</u>
Fosforo	P	<u>155</u> <u>676</u> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	*****			Fosfata (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) <u>0.0</u>	<u>0</u>
Azufre	S	<u>106</u> <u>190</u>	*****			Azufre-Forma Sulfato <u>0.0</u>	<u>0</u>
Boro	B	<u>2.10</u> <u>3.8</u>	*****			Boro <u>.00</u>	<u>0.0</u>
Cobre	Cu	<u>2.6</u> <u>4.7</u>	*****			Cobre <u>.05</u>	<u>2</u>
Hierro	Fe	<u>647</u> <u>1164</u>	*****			Hierro <u>0.0</u>	<u>0</u>
Manganeso	Mn	<u>8.7</u> <u>15.7</u>	*****			Manganeso <u>0.1</u>	<u>5</u>
Zinc	Zn	<u>3.2</u> <u>5.8</u>	*****			Zinc <u>.05</u>	<u>2</u>
Otro							

Este reporte es aceptado por el cliente bajo la condicion que Agro Services International, Inc. es responsable solamente por la precision de los analisis de las muestras tales como se les recibio. Tal responsabilidad se limita solo al costo de los analisis. Ninguna otra garantia expresada o implicada son dadas.  
 Comentarios: Los niveles nitrogeno sugeridos son generales - con mejor informacion local, puede cambiarnos.      Materia organica recién aplicada no esta indicado por analisis. Si hay, ajuste la aplicacion de elementos.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

www.bdigital.ula.ve  
APENDICE 3  
INFORMACION HIDRICA

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Tabla 85. Resultado del Análisis de las fuentes de agua realizado por el laboratorio WATERCHECK de CLEVELAND OH. USA.

ANALISIS 1/	MNC (mg/l)	NDL (NG/L)	NIVEL DETECTADO	
			SAN GERONIMO	MUCUPICHE
<b>MICROBIOLOGICO</b>				
Total Coliformes/100 ml	0	0,0	no detectado	no detectado
<b>QUIMICOS INORGANICOS</b>				
Cobre	1,0	0,004	0,014	0,012
Hierro	0,3	0,020	0,13	0,10
Manganeso	0.05	0,004	0,01	0,01
Sodio		1,0	19,0	15,0
Zinc	5,0	0,004	0,17	0,11
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )		10,0	23,0	16,0
Cloro	250,0	10,0	124,0	75,0
Fluor	4,0	0,50	2,6	2,3
Nitrogeno	10,0	0,50	0,5	0,5
Azufre	250,0	10,0	13,0	10,0
<b>FACTORES FISICOS</b>				
pH			5,1	5,5
Total solidos disueltos	500,0	20,0	190,0	170,0
Unidades de turbidez		0,1	98,0	85,0
<b>QUIMICOS ORGANICOS</b>				
Cloroformo		0,002	0,053	0,041
cloroetano		0,001	0,001	-----
dicloroetano		0,002	0,004	0,003
Triclorofluoroetano		0,002	0,005	0,004
Tolueno		0,001	0,004	0,002

1/ No se reportan otros productos analizados en el laboratorio, por no haber sido detectados.

MNC = Máximo nivel del contaminante.

NDL = Nivel de detección del laboratorio.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

www.bdigital.ula.ve

A P E N D I C E 4  
I N F O R M A C I O N H I D R A U L I C A

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Tabla 66. Datos de Caudal-presión Sub-unidad SG-2

Localización salida sobre el lateral.	Localización del lateral en la múltiple			
	entrada	1/3 L	2/3 L	Final
Entrada	3,0	2,64	2,1	2,4
1/3	1,38	2,4	2,4	0,72
2/3	1,14	2,28	2,28	0,72
Final	0,78	1,80	1,14	0,66
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	5,62 (8)	5,62 (8)	8,09 (11,5)	4,92 (7)
Final	2,81 (4)	4,22 (6)	5,62 (8)	2,81 (4)
Pérdida carga %	50	25	31	43

Con los resultados de la Tabla 66, se obtuvieron los siguientes valores:

$$q_a = 1,74 \text{ l/h.}$$

$$q_n = 0,72 \text{ l/h.}$$

$$\Delta H_s = 5,62 - 2,81 = 2,81 \text{ m.}$$

$$h_a = 2,81 / 2,5 + 2,81 = 3,93 \text{ m.}$$

Lateral de mínima presión de entrada de la sub-unidad SG-2.

$$\text{Mínima LMPE (m)} = 4,92$$

Tabla 67. Datos de caudal-presión Sub-unidad SG-4

Localización salida sobre el lateral.	Localización del lateral en la múltiple.			
	Entrada (l/h)	1/3 abajo (l/h)	2/3 abajo (l/h)	Final (l/h)
Entrada	1,5	1,02	0,84	1,5
1/3	1,68	1,08	0,90	1,2
2/3	1,68	1,08	1,56	1,38
Final	1,68	0,72	1,62	1,80
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	8,44 (12)	8,44 (12)	3,52 (5)	4,92 (7)
Final	10,55 (15)	8,44 (12)	5,62 (8)	7,03 (10)
Pérdida carga %	- 25	0	- 60	- 43

Con los resultados de la Tabla 67, se obtuvieron los siguientes

valores:

$$q_a = 1,33$$

$$q_n = 0,87$$

$$\Delta H_s = 3,52$$

$$h_a = 8,44$$

Lateral de mínima presión de entrada de la Sub-unidad SG-4.

$$\text{Mínima LMFE (m)} = 3,52$$

Tabla 68. Datos de Caudal-presión Sub-unidad M-1

Localización salida sobre el lateral.	Localización del lateral en la múltiple.			
	Entrada (l/h)	1/3 abajo (l/h)	2/3 abajo (l/h)	Final (l/h)
Entrada	1,32	1,44	1,56	2,1
1/3	1,32	1,08	1,20	1,92
2/3	1,26	1,14	1,14	1,86
Final	1,14	1,20	1,08	1,80
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	7,03 (10)	7,03 (10)	7,03 (10)	14,06 (16)
Final	5,62 (8)	5,27 (7,5)	4,92 (7)	11,25 (16)
Pérdida carga %	20	25	30	20

Con los resultados de la Tabla 68, se obtuvieron los siguientes valores:

$$q_a = 1,41 \text{ l/h.}$$

$$q_n = 1,11 \text{ l/h.}$$

$$\Delta H_s = -4,22 \text{ m.}$$

$$h_a = 9,56 \text{ m.}$$

Lateral de mínima presión de entrada de la Sub-unidad M-1.

$$\text{Mínima LMPE (m)} = 7,03$$

Tabla 69. Datos de caudal-presión Sub-unidad M-2

Localización salida sobre el lateral.	Localización del lateral en la múltiple.			
	Entrada (l/h)	1/3 abajo (l/h)	2/3 abajo (l/h)	Final (l/h)
Entrada	1,8	2,04	1,98	2,22
1/3	1,44	1,80	1,80	2,22
2/3	1,08	1,50	1,50	2,22
Final	0,60	1,20	1,50	2,22
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	10,55 (15)	11,25 (16)	12,66 (18)	13,36 (19)
Final	2,81 (4)	5,27 (7,5)	7,03 (10)	13,36 (19)
Pérdida carga %	73	53	45	0

Con los resultados de la Tabla 69, se obtuvieron los siguientes valores:

$$q_a = 1,7 \text{ l/h}$$

$$q_p = 1,08 \text{ l/h}$$

$$\Delta H_s = - 2,81 \text{ m}$$

$$h_a = 12,24 \text{ m}$$

Lateral de mínima presión de entrada de la sub-unidad M-2.

$$\text{Mínima LMPE (m)} = 13,36$$

Tabla 70. Datos de caudal-presión Sub-unidad M-3

Localización salida sobre el lateral.	Localización del lateral en la múltiple.			
	Entrada (l/h)	1/3 abajo (l/h)	2/3 abajo (l/h)	Final (l/h)
Entrada	0,84	1,80	1,74	1,92
1/3	0,84	1,74	1,92	1,86
2/3	0,84	1,32	1,74	1,86
Final	0,84	1,26	2,04	1,80
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	3,52 (5)	7,03 (10)	14,06 (20)	10,55 (15)
Final	3,52 (5)	5,62 (8)	13,36 (19)	9,84 (14)
Pérdida carga %	0	20	5	7

Con los resultados de la Tablaa 70, se obtuvieron los siguientes valores:

$$q_a = 1,52 \text{ l/h.}$$

$$q_b = 0,84 \text{ l/h.}$$

$$\Delta H_s = -7,03 \text{ m.}$$

$$h_a = 7,74 \text{ m.}$$

Lateral de mínima presión de entrada de la Sub-unidad M-3.

$$\text{Mínima LMPE (m)} = 10,55$$

Tabla 71. Datos de caudal-presión Sub-unidad M-3G

Localización salida sobre el lateral.	Localización del lateral en la múltiple.			
	Entrada (l/h)	1/3 abajo (l/h)	2/3 abajo (l/h)	Final (l/h)
Entrada	Ø,96	1,35	1,43	1,35
1/3	Ø,96	1,7Ø	1,76	2,25
2/3	Ø,96	1,28	1,2Ø	1,65
Final	Ø,96	1,3Ø	1,5Ø	2,6Ø
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	4,22 (6)	7,Ø3 (1Ø)	7,Ø3 (1Ø)	7,Ø3 (1Ø)
Final	4,22 (6)	6,68 (9,5)	6,33 (9)	6,68 (9,5)
Pérdida carga %	Ø	5	1Ø	5

Con los resultados de la Tabla 71, se obtuvieron los siguientes valores:

$$q_a = 1,45 \text{ l/h.}$$

$$q_n = Ø,96 \text{ l/h.}$$

$$\Delta H_s = -2,81 \text{ m.}$$

$$h_a = 5,91 \text{ m.}$$

Lateral de mínima presión de entrada de la Sub-unidad M-3G.

$$\text{Mínima LMPE (m)} = 7,Ø3$$

Tabla 72. Datos de caudal-presión Sub-unidad M-2G.

Localización salida sobre el lateral.	Localización del lateral en la múltiple.			
	Entrada (l/h)	1/3 abajo (l/h)	2/3 abajo (l/h)	Final (l/h)
Entrada	1,92	1,05	0,98	0,90
1/3	1,50	1,24	1,20	1,28
2/3	1,44	1,54	1,60	1,58
Final	1,08	1,20	1,24	2,10
Presión	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)	m (PSI)
Entrada	4,92 (7)	5,27 (7,5)	4,92 (7)	4,92 (7)
Final	3,52 (5)	4,22 (6)	4,57 (6,5)	4,57 (6,5)
Pérdida carga %	28	20	7,11	7,11

Con los resultados de la Tabla 72, se obtuvieron los siguientes valores:

$$q_a = 1,37 \text{ l/h.}$$

$$q_n = 1,0 \text{ l/h.}$$

$$\Delta H_s = 0,35 \text{ m.}$$

$$h_a = 4,71 \text{ m.}$$

Lateral de mínima presión de entrada de la Sub-unidad M-2G.

$$\text{Mínima LMPE (m)} = 4,92$$

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

A P E N D I C E 5  
R E S U L T A D O S P R O G R A M A I R S I S

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

Tabla 73. Manejo del riego para siembras en Enero (1978-1982)

IBSIS Action Member      MANEJO DE RIEGO PARA SIEMBRAS EN ENERO (1978-1982)					
Country : MUCUBUBA Site : MUCUPICHES					
Altitude : 2320 m Latitude : 8.71 °      Longitude : 70.99 °					
Project : RIEGO/GOTEO EN FRESA PARA INTERVALO DE RIEGO DE TRES DIAS					
Field : Mucupiches/Fa/M-1 Crop : FRESA					
Cropping Period From 01/01/1978 To 30/11/1983					
----- Evaluating From 01/01/1978 To 30/11/1983					
ETo : Rain :					
---- Forecasting From --/--/---- To --/--/----					
----- Planning From 01/01/1978 To 31/12/1978					
ETo : Eto/fresa/mucupiches/78/79/80/81/82/83 Rain : Mucububa/lluvia/78/79/80/81/82/83					
"Fixed Interval / Back to Field Capacity" Irrigation Scheduling					
Fecha	Ir Depth (mm)	Interval (días)	Fecha	Ir Depth (mm)	Interval (días)
03/01/1978	19.1	3	02/09/1980	9.3	3
06/01/1978	10.5	3	05/09/1980	3.1	3
09/01/1978	9.0	3	08/09/1980	8.6	3
12/01/1978	9.0	3	11/09/1980	8.1	3
15/01/1978	9.0	3	14/09/1980	9.7	3
18/01/1978	9.5	3	17/09/1980	4.7	3
21/01/1978	9.8	3	20/09/1980	6.1	3
24/01/1978	11.2	3	26/09/1980	10.2	6
27/01/1978	8.8	3	29/09/1980	3.6	3
30/01/1978	4.2	3	02/10/1980	8.8	3
02/02/1978	15.6	3	11/10/1980	2.8	9
05/02/1978	13.4	3	14/10/1980	8.6	3

Continuación Tabla 73.

08/02/1978	5.0	3	17/10/1980	10.2	3
11/02/1978	8.8	3	20/10/1980	7.3	3
14/02/1978	12.7	3	23/10/1980	13.6	3
17/02/1978	13.0	3	26/10/1980	12.5	3
20/02/1978	15.7	3	29/10/1980	10.2	3
23/02/1978	15.9	3	01/11/1980	8.2	3
26/02/1978	14.2	3	04/11/1980	1.5	3
01/03/1978	13.3	3	07/11/1980	6.5	3
04/03/1978	7.3	3	10/11/1980	4.6	3
07/03/1978	3.3	3	13/11/1980	8.8	3
10/03/1978	16.0	3	16/11/1980	10.1	3
13/03/1978	15.9	3	19/11/1980	12.3	3
16/03/1978	14.9	3	22/11/1980	10.0	3
19/03/1978	14.5	3	25/11/1980	6.9	3
22/03/1978	13.3	3	28/11/1980	12.4	3
25/03/1978	5.9	3	01/12/1980	6.2	3
28/03/1978	6.1	3	04/12/1980	11.1	3
31/03/1978	1.8	3	07/12/1980	10.0	3
09/04/1978	0.1	9	10/12/1980	6.4	3
12/04/1978	3.5	3	13/12/1980	9.4	3
15/04/1978	0.0	3	16/12/1980	6.4	3
24/04/1978	6.4	9	19/12/1980	10.2	3
27/04/1978	13.0	3	22/12/1980	11.8	3
30/04/1978	2.0	3	25/12/1980	11.4	3
03/05/1978	9.2	3	28/12/1980	11.3	3
06/05/1978	5.3	3	31/12/1980	11.0	3
09/05/1978	7.6	3	03/01/1981	8.3	3
12/05/1978	5.0	3	06/01/1981	12.8	3
15/05/1978	2.1	3	09/01/1981	11.9	3
18/05/1978	9.6	3	12/01/1981	12.1	3
21/05/1978	7.5	3	15/01/1981	11.0	3
24/05/1978	8.3	3	18/01/1981	12.6	3
27/05/1978	2.1	3	21/01/1981	12.6	3
30/05/1978	4.9	3	24/01/1981	12.8	3
02/06/1978	7.8	3	27/01/1981	12.2	3
05/06/1978	6.5	3	30/01/1981	6.8	3
08/06/1978	4.9	3	02/02/1981	9.9	3
11/06/1978	5.1	3	05/02/1981	11.6	3
14/06/1978	5.1	3	08/02/1981	12.5	3
17/06/1978	11.6	3	11/02/1981	12.7	3
20/06/1978	8.3	3	14/02/1981	3.3	3
26/06/1978	3.5	6	17/02/1981	7.4	3
29/06/1978	7.3	3	20/02/1981	0.2	3
02/07/1978	1.6	3	23/02/1981	2.0	3
05/07/1978	11.1	3	26/02/1981	4.4	3
08/07/1978	12.5	3	01/03/1981	7.9	3
11/07/1978	8.8	3	04/03/1981	8.9	3
14/07/1978	6.6	3	10/03/1981	7.0	6
17/07/1978	6.7	3	13/03/1981	8.1	3
20/07/1978	5.5	3	16/03/1981	11.8	3
23/07/1978	11.5	3	19/03/1981	13.9	3

Continuación Tabla 73.

26/07/1978	6.2	3	22/03/1981	13.0	3
29/07/1978	5.3	3	25/03/1981	13.3	3
01/08/1978	7.4	3	28/03/1981	12.1	3
04/08/1978	7.5	3	31/03/1981	14.8	3
07/08/1978	5.8	3	03/04/1981	13.6	3
10/08/1978	1.8	3	06/04/1981	1.6	3
13/08/1978	5.0	3	12/04/1981	6.3	6
16/08/1978	2.9	3	18/04/1981	0.1	6
19/08/1978	13.2	3	21/04/1981	1.5	3
22/08/1978	6.7	3	24/04/1981	6.0	3
25/08/1978	3.9	3	27/04/1981	2.7	3
28/08/1978	5.8	3	06/05/1981	2.5	9
31/08/1978	3.0	3	12/05/1981	0.6	6
03/09/1978	9.4	3	15/05/1981	3.7	3
06/09/1978	9.0	3	18/05/1981	3.1	3
09/09/1978	10.3	3	21/05/1981	7.5	3
12/09/1978	5.0	3	24/05/1981	5.7	3
15/09/1978	3.6	3	27/05/1981	2.9	3
18/09/1978	6.8	3	30/05/1981	1.1	3
21/09/1978	10.6	3	05/06/1981	3.7	6
24/09/1978	8.0	3	08/06/1981	4.4	3
30/09/1978	6.9	6	11/06/1981	3.4	3
03/10/1978	9.2	3	14/06/1981	8.6	3
06/10/1978	10.3	3	17/06/1981	7.7	3
09/10/1978	1.7	3	20/06/1981	3.5	3
12/10/1978	8.6	3	23/06/1981	6.6	3
15/10/1978	3.4	3	03/01/1981	18.6	3
18/10/1978	4.8	3	06/01/1981	10.4	3
21/10/1978	11.0	3	09/01/1981	9.5	3
24/10/1978	1.9	3	12/01/1981	9.8	3
27/10/1978	4.5	3	15/01/1981	8.7	3
30/10/1978	5.2	3	18/01/1981	9.8	3
02/11/1978	7.1	3	21/01/1981	9.9	3
05/11/1978	11.5	3	24/01/1981	9.7	3
08/11/1978	11.6	3	27/01/1981	9.6	3
11/11/1978	6.8	3	30/01/1981	7.1	3
14/11/1978	4.3	3	02/02/1981	16.0	3
17/11/1978	3.4	3	05/02/1981	12.2	3
20/11/1978	8.9	3	08/02/1981	13.0	3
23/11/1978	10.6	3	11/02/1981	14.0	3
26/11/1978	9.6	3	14/02/1981	4.6	3
29/11/1978	11.1	3	17/02/1981	7.3	3
02/12/1978	2.6	3	20/02/1981	0.7	-3
05/12/1978	7.4	3	23/02/1981	3.2	3
08/12/1978	7.0	3	26/02/1981	5.8	3
11/12/1978	3.2	3	01/03/1981	9.4	3
14/12/1978	6.3	3	04/03/1981	9.5	3
17/12/1978	10.7	3	07/03/1981	0.6	3
20/12/1978	8.3	3	10/03/1981	7.4	3
23/12/1978	12.0	3	13/03/1981	8.5	3

Continuación Tabla 73.

26/12/1978	12.2	3	16/03/1981	12.4	3
29/12/1978	12.2	3	19/03/1981	14.3	3
03/01/1979	7.9	3	22/03/1981	13.6	3
06/01/1979	11.9	3	25/03/1981	13.8	3
09/01/1979	11.0	3	28/03/1981	12.7	3
12/01/1979	12.7	3	31/03/1981	15.2	3
15/01/1979	12.4	3	03/04/1981	14.1	3
18/01/1979	12.5	3	06/04/1981	2.7	3
21/01/1979	12.7	3	12/04/1981	7.0	6
24/01/1979	10.3	3	18/04/1981	0.4	6
27/01/1979	12.5	3	21/04/1981	2.0	3
30/01/1979	13.0	3	24/04/1981	7.1	3
02/02/1979	13.4	3	27/04/1981	3.6	3
05/02/1979	14.6	3	06/05/1981	4.5	9
08/02/1979	15.2	3	12/05/1981	0.9	6
11/02/1979	12.0	3	15/05/1981	4.4	3
14/02/1979	7.9	3	18/05/1981	3.8	3
17/02/1979	6.3	3	21/05/1981	8.0	3
20/02/1979	11.9	3	24/05/1981	7.5	3
23/02/1979	15.1	3	27/05/1981	4.1	3
26/02/1979	13.4	3	30/05/1981	1.8	3
01/03/1979	1.3	3	05/06/1981	4.7	6
04/03/1979	9.8	3	08/06/1981	4.9	3
07/03/1979	8.8	3	11/06/1981	4.3	3
10/03/1979	3.9	3	14/06/1981	9.1	3
13/03/1979	11.5	3	17/06/1981	8.9	3
16/03/1979	12.9	3	20/06/1981	4.8	3
19/03/1979	8.2	3	23/06/1981	7.3	3
22/03/1979	10.7	3	26/06/1981	4.5	3
25/03/1979	0.3	3	29/06/1981	8.5	3
28/03/1979	10.1	3	02/07/1981	7.7	3
31/03/1979	9.2	3	05/07/1981	4.3	3
03/04/1979	14.9	3	08/07/1981	6.5	3
06/04/1979	8.8	3	11/07/1981	4.6	3
12/04/1979	6.2	6	14/07/1981	10.4	3
15/04/1979	3.9	3	17/07/1981	5.8	3
18/04/1979	5.2	3	20/07/1981	5.4	3
21/04/1979	0.3	3	23/07/1981	7.9	3
24/04/1979	3.4	3	26/07/1981	10.0	3
27/04/1979	6.4	3	29/07/1981	11.0	3
30/04/1979	0.9	3	01/08/1981	8.5	3
03/05/1979	11.6	3	04/08/1981	8.3	3
06/05/1979	10.0	3	07/08/1981	9.1	3
09/05/1979	12.5	3	10/08/1981	3.1	3
12/05/1979	1.9	3	13/08/1981	4.5	3
15/05/1979	1.0	3	16/08/1981	5.8	3
24/05/1979	4.7	9	19/08/1981	10.2	3
27/05/1979	9.8	3	22/08/1981	1.2	3
30/05/1979	1.5	3	25/08/1981	2.2	3
02/06/1979	1.1	3	28/08/1981	3.2	3

Continuación Tabla 73.

05/06/1979	3.5	3	31/08/1981	8.9	3
11/06/1979	1.1	6	06/09/1981	3.5	6
14/06/1979	7.6	3	15/09/1981	4.2	9
17/06/1979	0.6	3	18/09/1981	2.5	3
20/06/1979	7.1	3	21/09/1981	5.7	3
23/06/1979	3.2	3	24/09/1981	7.7	3
03/01/1979	7.7	3	27/09/1981	9.5	3
06/01/1979	9.3	3	30/09/1981	8.2	3
09/01/1979	8.9	3	03/10/1981	11.5	3
12/01/1979	9.6	3	06/10/1981	7.9	3
15/01/1979	9.8	3	09/10/1981	9.7	3
18/01/1979	9.7	3	12/10/1981	5.6	3
21/01/1979	9.7	3	15/10/1981	2.5	3
24/01/1979	9.0	3	18/10/1981	7.4	3
27/01/1979	8.7	3	21/10/1981	3.9	3
30/01/1979	10.3	3	27/10/1981	4.1	6
02/02/1979	15.9	3	30/10/1981	3.8	3
05/02/1979	15.1	3	02/11/1981	0.0	3
08/02/1979	15.7	3	05/11/1981	7.7	3
11/02/1979	12.6	3	08/11/1981	5.8	3
14/02/1979	8.4	3	11/11/1981	8.7	3
17/02/1979	7.5	3	14/11/1981	7.7	3
20/02/1979	12.9	3	17/11/1981	11.3	3
23/02/1979	15.5	3	20/11/1981	9.9	3
26/02/1979	13.9	3	23/11/1981	3.3	3
01/03/1979	2.1	3	26/11/1981	13.4	3
04/03/1979	9.7	3	29/11/1981	9.2	3
07/03/1979	10.1	3	02/12/1981	9.3	3
10/03/1979	5.5	3	05/12/1981	8.1	3
13/03/1979	11.6	3	08/12/1981	10.7	3
16/03/1979	13.4	3	11/12/1981	8.5	3
19/03/1979	9.6	3	14/12/1981	7.9	3
22/03/1979	12.1	3	17/12/1981	8.8	3
25/03/1979	1.5	3	20/12/1981	11.6	3
28/03/1979	10.3	3	23/12/1981	11.7	3
31/03/1979	10.2	3	26/12/1981	10.8	3
03/04/1979	15.2	3	29/12/1981	8.8	3
06/04/1979	10.2	3	06/01/1982	2.1	6
09/04/1979	0.7	3	09/01/1982	8.2	3
12/04/1979	6.7	3	12/01/1982	11.3	3
15/04/1979	5.7	3	15/01/1982	8.5	3
18/04/1979	6.3	3	18/01/1982	11.8	3
21/04/1979	1.8	3	21/01/1982	11.9	3
24/04/1979	4.3	3	24/01/1982	12.4	3
27/04/1979	7.9	3	27/01/1982	13.6	3
30/04/1979	1.6	3	30/01/1982	9.1	3
03/05/1979	11.5	3	02/02/1982	8.1	3
06/05/1979	11.0	3	05/02/1982	10.0	3
09/05/1979	13.0	3	08/02/1982	3.7	3
12/05/1979	2.6	3	11/02/1982	1.6	3

Continuación Tabla 73.

15/05/1979	2.5	3	14/02/1982	7.4	3
24/05/1979	5.6	9	17/02/1982	5.4	3
27/05/1979	10.0	3	20/02/1982	6.5	3
30/05/1979	2.7	3	23/02/1982	6.3	3
02/06/1979	1.5	3	26/02/1982	6.6	3
05/06/1979	4.7	3	01/03/1982	6.4	3
11/06/1979	1.2	6	04/03/1982	13.2	3
14/06/1979	8.5	3	07/03/1982	12.9	3
17/06/1979	1.6	3	10/03/1982	0.5	3
20/06/1979	7.4	3	13/03/1982	7.7	3
23/06/1979	5.1	3	16/03/1982	6.9	3
26/06/1979	4.4	3	19/03/1982	12.2	3
29/06/1979	7.8	3	22/03/1982	13.7	3
02/07/1979	8.1	3	25/03/1982	1.4	3
05/07/1979	4.7	3	31/03/1982	4.2	6
08/07/1979	6.5	3	03/04/1982	3.9	3
11/07/1979	3.7	3	09/04/1982	3.4	6
14/07/1979	7.9	3	12/04/1982	5.5	3
17/07/1979	3.1	3	27/04/1982	5.1	15
20/07/1979	1.5	3	03/05/1982	3.2	6
23/07/1979	14.2	3	06/05/1982	1.3	3
26/07/1979	4.3	3	09/05/1982	1.4	3
29/07/1979	11.2	3	12/05/1982	10.8	3
04/08/1979	5.1	6	15/05/1982	6.2	3
07/08/1979	9.2	3	18/05/1982	3.4	3
10/08/1979	7.2	3	21/05/1982	6.8	3
13/08/1979	10.3	3	24/05/1982	8.4	3
16/08/1979	0.4	3	27/05/1982	1.1	3
19/08/1979	4.2	3	30/05/1982	3.1	3
22/08/1979	10.0	3	02/06/1982	3.0	3
25/08/1979	9.2	3	05/06/1982	6.7	3
28/08/1979	6.3	3	08/06/1982	5.5	3
03/09/1979	4.3	6	11/06/1982	7.9	3
09/09/1979	2.8	6	14/06/1982	7.9	3
12/09/1979	10.9	3	17/06/1982	9.3	3
15/09/1979	6.0	3	20/06/1982	2.5	3
18/09/1979	3.0	3	23/06/1982	8.0	3
21/09/1979	3.1	3	03/07/1982	8.2	3
24/09/1979	9.7	3	06/07/1982	2.6	3
27/09/1979	11.9	3	09/07/1982	6.1	3
30/09/1979	8.0	3	12/07/1982	8.5	3
03/10/1979	6.6	3	15/07/1982	8.8	3
06/10/1979	7.0	3	18/07/1982	9.0	3
09/10/1979	8.0	3	21/07/1982	9.4	3
12/10/1979	2.9	3	24/07/1982	9.5	3
15/10/1979	0.9	3	27/07/1982	10.0	3
18/10/1979	4.9	3	30/07/1982	9.4	3
21/10/1979	0.0	3	02/08/1982	13.6	3
27/10/1979	3.1	6	05/08/1982	10.6	3
30/10/1979	7.4	3	08/08/1982	4.9	3

Continuación Tabla 73.

02/11/1979	9.4	3	11/02/1982	3.8	3
05/11/1979	1.8	3	14/02/1982	8.4	3
08/11/1979	7.5	3	17/02/1982	6.3	3
11/11/1979	2.8	3	20/02/1982	7.2	3
17/11/1979	3.0	6	23/02/1982	7.5	3
20/11/1979	10.8	3	26/02/1982	8.3	3
23/11/1979	4.9	3	01/03/1982	7.3	3
26/11/1979	8.8	3	04/03/1982	13.7	3
29/11/1979	6.9	3	07/03/1982	13.4	3
02/12/1979	9.4	3	10/03/1982	2.3	3
05/12/1979	10.4	3	13/03/1982	7.7	3
08/12/1979	10.9	3	16/03/1982	8.0	3
11/12/1979	10.1	3	19/03/1982	12.7	3
14/12/1979	1.8	3	22/03/1982	14.2	3
17/12/1979	1.3	3	25/03/1982	2.1	3
20/12/1979	0.1	3	31/03/1982	5.6	6
23/12/1979	5.3	3	03/04/1982	4.3	3
26/12/1979	1.7	3	09/04/1982	5.1	6
29/12/1979	8.5	3	12/04/1982	6.8	3
03/01/1980	7.0	3	27/04/1982	7.0	15
06/01/1980	12.2	3	03/05/1982	3.6	6
09/01/1980	11.5	3	06/05/1982	2.1	3
12/01/1980	11.2	3	09/05/1982	2.6	3
15/01/1980	11.0	3	12/05/1982	11.2	3
18/01/1980	6.9	3	15/05/1982	6.8	3
21/01/1980	8.5	3	18/05/1982	4.9	3
24/01/1980	10.3	3	21/05/1982	7.1	3
27/01/1980	14.7	3	24/05/1982	8.7	3
30/01/1980	11.5	3	27/05/1982	1.5	3
02/02/1980	6.1	3	30/05/1982	4.9	3
05/02/1980	1.5	3	02/06/1982	4.3	3
08/02/1980	4.9	3	05/06/1982	6.7	3
11/02/1980	11.2	3	08/06/1982	6.4	3
14/02/1980	13.3	3	11/06/1982	8.9	3
17/02/1980	13.5	3	14/06/1982	8.4	3
20/02/1980	1.8	3	17/06/1982	9.9	3
23/02/1980	14.8	3	20/06/1982	3.2	3
26/02/1980	14.0	3	23/06/1982	8.0	3
29/02/1980	14.2	3	26/06/1982	6.7	3
03/03/1980	14.8	3	29/06/1982	10.5	3
06/03/1980	12.8	3	02/07/1982	10.5	3
09/03/1980	14.3	3	05/07/1982	5.1	3
12/03/1980	14.4	3	08/07/1982	5.8	3
15/03/1980	15.0	3	11/07/1982	6.7	3
18/03/1980	14.5	3	14/07/1982	6.6	3
21/03/1980	14.6	3	17/07/1982	12.8	3
24/03/1980	14.9	3	20/07/1982	10.3	3
27/03/1980	19.3	3	23/07/1982	9.1	3
30/03/1980	19.6	3	26/07/1982	8.3	3
02/04/1980	18.2	3	29/07/1982	7.4	3

Continuación Tabla 73.

05/04/1980	15.1	3	01/08/1982	9.9	3
08/04/1980	2.3	3	04/08/1982	11.3	3
11/04/1980	9.4	3	07/08/1982	9.3	3
14/04/1980	9.7	3	10/08/1982	11.7	3
17/04/1980	4.0	3	13/08/1982	5.6	3
20/04/1980	8.3	3	16/08/1982	7.8	3
26/04/1980	4.3	6	19/08/1982	13.1	3
29/04/1980	10.9	3	22/08/1982	12.7	3
02/05/1980	5.8	3	25/08/1982	15.1	3
05/05/1980	9.2	3	28/08/1982	11.6	3
08/05/1980	2.0	3	31/08/1982	10.4	3
11/05/1980	3.0	3	03/09/1982	8.5	3
14/05/1980	10.0	3	06/09/1982	8.9	3
17/05/1980	5.2	3	09/09/1982	7.4	3
20/05/1980	5.5	3	12/09/1982	4.6	3
23/05/1980	10.6	3	15/09/1982	10.4	3
26/05/1980	0.1	3	18/09/1982	11.0	3
29/05/1980	4.2	3	21/09/1982	14.5	3
01/06/1980	5.1	3	24/09/1982	8.2	3
04/06/1980	4.4	3	27/09/1982	3.7	3
07/06/1980	4.2	3	30/09/1982	5.3	3
10/06/1980	7.6	3	03/10/1982	7.5	3
13/06/1980	8.6	3	06/10/1982	5.5	3
16/06/1980	11.9	3	09/10/1982	3.6	3
19/06/1980	3.2	3	12/10/1982	4.5	3
22/06/1980	1.3	3	15/10/1982	10.3	3
03/01/1980	10.4	3	18/10/1982	7.5	3
06/01/1980	9.5	3	21/10/1982	2.6	3
09/01/1980	9.1	3	24/10/1982	9.2	3
12/01/1980	9.0	3	27/10/1982	2.2	3
15/01/1980	8.8	3	30/10/1982	2.8	3
18/01/1980	7.4	3	02/11/1982	8.1	3
21/01/1980	6.5	3	05/11/1982	2.3	3
24/01/1980	7.9	3	08/11/1982	11.0	3
27/01/1980	8.8	3	11/11/1982	10.7	3
30/01/1980	11.0	3	14/11/1982	7.4	3
02/02/1980	15.1	3	17/11/1982	1.8	3
05/02/1980	2.5	3	20/11/1982	3.2	3
08/02/1980	5.1	3	23/11/1982	4.5	3
11/02/1980	11.6	3	26/11/1982	6.9	3
14/02/1980	13.8	3	29/11/1982	3.2	3
17/02/1980	14.0	3	02/12/1982	6.2	3
20/02/1980	3.1	3	05/12/1982	9.9	3
23/02/1980	14.7	3	08/12/1982	8.4	3
26/02/1980	14.5	3	11/12/1982	8.8	3
29/02/1980	14.7	3	14/12/1982	10.9	3
03/03/1980	15.3	3	17/12/1982	10.2	3
06/03/1980	13.4	3	20/12/1982	7.5	3
09/03/1980	14.7	3	23/12/1982	6.3	3
12/03/1980	14.9	3	26/12/1982	4.8	3

Continuación Tabla 73.

15/03/1980	15.5	3	29/12/1982	2.6	3
18/03/1980	15.0	3	03/01/1983	1.8	3
21/03/1980	15.1	3	06/01/1983	8.4	3
24/03/1980	15.4	3	09/01/1983	9.3	3
27/03/1980	19.7	3	12/01/1983	12.4	3
30/03/1980	19.9	3	15/01/1983	10.4	3
02/04/1980	18.5	3	18/01/1983	12.2	3
05/04/1980	15.5	3	21/01/1983	12.1	3
08/04/1980	4.7	3	24/01/1983	14.3	3
11/04/1980	9.2	3	27/01/1983	13.1	3
14/04/1980	10.3	3	30/01/1983	13.5	3
17/04/1980	5.1	3	02/02/1983	8.2	3
20/04/1980	10.0	3	05/02/1983	12.1	3
26/04/1980	5.8	6	08/02/1983	13.0	3
29/04/1980	11.7	3	11/02/1983	13.7	3
02/05/1980	6.6	3	14/02/1983	15.0	3
05/05/1980	10.3	3	17/02/1983	15.3	3
08/05/1980	3.2	3	20/02/1983	15.1	3
11/05/1980	3.3	3	23/02/1983	6.7	3
14/05/1980	10.3	3	26/02/1983	9.9	3
17/05/1980	6.5	3	01/03/1983	7.7	3
20/05/1980	6.5	3	04/03/1983	13.7	3
23/05/1980	11.0	3	07/03/1983	14.8	3
26/05/1980	1.2	3	10/03/1983	11.2	3
29/05/1980	4.7	3	13/03/1983	13.6	3
01/06/1980	6.2	3	16/03/1983	7.3	3
04/06/1980	4.9	3	19/03/1983	13.7	3
07/06/1980	5.6	3	22/03/1983	15.8	3
10/06/1980	8.0	3	25/03/1983	14.5	3
13/06/1980	9.2	3	28/03/1983	14.6	3
16/06/1980	13.0	3	31/03/1983	14.8	3
19/06/1980	4.7	3	03/04/1983	2.5	3
22/06/1980	1.9	3	06/04/1983	4.2	3
25/06/1980	11.7	3	15/04/1983	0.2	9
28/06/1980	5.0	3	18/04/1983	2.3	3
01/07/1980	11.2	3	21/04/1983	5.7	3
04/07/1980	0.5	3	24/04/1983	4.4	3
07/07/1980	11.6	3	27/04/1983	6.4	3
10/07/1980	9.1	3	30/04/1983	1.5	3
16/07/1980	6.6	6	03/05/1983	4.2	3
19/07/1980	5.6	3	06/05/1983	1.3	3
22/07/1980	10.6	3	09/05/1983	7.2	3
25/07/1980	6.5	3	12/05/1983	8.6	3
28/07/1980	5.8	3	15/05/1983	5.2	3
31/07/1980	7.0	3	18/05/1983	0.2	3
03/08/1980	4.2	3	21/05/1983	2.7	3
06/08/1980	5.7	3	27/05/1983	0.9	6
09/08/1980	3.4	3	30/05/1983	6.6	3
12/08/1980	5.0	3	02/06/1983	11.9	3
15/08/1980	6.0	3	05/06/1983	3.9	3

Continuación Tabla 73.

18/08/1980	6.5	3	08/06/1983	5.7	3
21/08/1980	2.0	3	11/06/1983	1.2	3
24/08/1980	10.6	3	14/06/1983	7.2	3
27/08/1980	5.8	3	17/06/1983	6.8	3
30/08/1980	7.0	3	20/06/1983	9.2	3
02/09/1980	9.3	3	23/06/1983	4.5	3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

PARAMETROS	Ir Depth (mm)	Interval (dias)
Tot. valores	838.0	838.0
Val. mínimo	0.0	3.0
Val. Máximo	19.9	15.0
Val. Medio	7.9	3.2
Desv. Standar	4.1	1.0
Varianza	17.1	1.0

Tabla 74. Manejo del riego para siembras en Mayo (1978-1982)

IBSIS Action Member MANEJO DE RIEGO PARA SIEMBRAS EN MAYO (1978-1982)					
Country : MUCUBUBA Site : MUCUPICHES					
Altitude : 2320 m Latitude : 8.71 ° Longitude : 70.99 °					
Project : RIEGO/GOTEO EN FRESA PARA INTERVALO DE RIEGO DE TRES DIAS					
Field : Mucupiches/Fa/M-1 Crop : FRESA					
Cropping Period From 01/05/1978 To 30/11/1983					
----- Evaluating From ---/---/----- To ---/---/-----					
ETo : Rain :					
---- Forecasting From ---/---/----- To ---/---/-----					
----- Planning From 01/05/1978 To 30/11/1983					
ETo : Eto/fresa/mucupiches/78/79/80/81/82/83 Rain : Mucurubà/lluvia/78/79/80/81/82/83.					
"Fixed Interval / Back to Field Capacity" Irrigation Scheduling					
Fecha	Ir Depth (mm)	Interval (días)	Fecha	Ir Depth (mm)	Interval (días)
06/05/1978	5.3	3	21/05/1981	7.5	3
09/05/1978	5.6	3	24/05/1981	5.7	3
12/05/1978	5.7	3	27/05/1981	2.9	3
15/05/1978	2.2	3	30/05/1981	1.1	3
18/05/1978	6.9	3	05/06/1981	3.7	6
21/05/1978	6.6	3	08/06/1981	4.4	3
24/05/1978	7.4	3	11/06/1981	3.4	3
27/05/1978	1.8	3	14/06/1981	8.6	3
30/05/1978	4.0	3	17/06/1981	7.7	3
02/06/1978	8.4	3	20/06/1981	3.5	3
05/06/1978	6.5	3	23/06/1981	6.6	3
08/06/1978	4.9	3	26/06/1981	4.0	3
11/06/1978	5.1	3	29/06/1981	8.2	3

Continuación Tabla 74.

14/06/1978	5.1	3	02/07/1981	7.6	3
17/06/1978	11.6	3	05/07/1981	4.3	3
20/06/1978	8.3	3	08/07/1981	6.5	3
26/06/1978	3.5	6	11/07/1981	4.6	3
29/06/1978	7.3	3	14/07/1981	10.4	3
02/07/1978	2.3	3	17/07/1981	5.8	3
05/07/1978	11.9	3	20/07/1981	5.4	3
08/07/1978	13.0	3	23/07/1981	7.9	3
11/07/1978	10.1	3	26/07/1981	10.0	3
14/07/1978	7.7	3	29/07/1981	11.0	3
17/07/1978	7.9	3	01/08/1981	8.5	3
20/07/1978	6.3	3	04/08/1981	8.3	3
23/07/1978	11.8	3	07/08/1981	9.1	3
26/07/1978	7.3	3	10/08/1981	3.1	3
29/07/1978	6.1	3	13/08/1981	4.5	3
01/08/1978	7.7	3	16/08/1981	5.8	3
04/08/1978	9.1	3	19/08/1981	10.2	3
07/08/1978	6.2	3	22/08/1981	1.2	3
10/08/1978	3.8	3	25/08/1981	2.2	3
13/08/1978	5.5	3	28/08/1981	3.2	3
16/08/1978	4.4	3	31/08/1981	8.9	3
19/08/1978	13.0	3	06/09/1981	3.5	6
22/08/1978	8.0	3	15/09/1981	4.2	9
25/08/1978	5.5	3	18/09/1981	2.5	3
28/08/1978	7.1	3	21/09/1981	5.7	3
31/08/1978	3.0	3	24/09/1981	7.7	3
03/09/1978	9.9	3	27/09/1981	9.5	3
06/09/1978	10.2	3	30/09/1981	8.2	3
09/09/1978	11.4	3	03/10/1981	11.5	3
12/09/1978	6.9	3	06/10/1981	7.9	3
15/09/1978	5.2	3	09/10/1981	9.7	3
18/09/1978	7.3	3	12/10/1981	5.6	3
21/09/1978	11.1	3	15/10/1981	2.5	3
24/09/1978	8.6	3	18/10/1981	7.4	3
30/09/1978	7.4	6	21/10/1981	3.9	3
03/10/1978	9.8	3	27/10/1981	4.1	6
06/10/1978	10.9	3	30/10/1981	3.8	3
09/10/1978	3.2	3	02/11/1981	0.0	3
12/10/1978	9.1	3	05/11/1981	7.7	3
15/10/1978	5.4	3	08/11/1981	5.8	3
18/10/1978	6.0	3	11/11/1981	8.7	3
21/10/1978	11.8	3	14/11/1981	7.7	3
24/10/1978	3.0	3	17/11/1981	11.3	3
27/10/1978	5.4	3	20/11/1981	9.9	3
30/10/1978	5.5	3	23/11/1981	3.3	3
02/11/1978	7.1	3	26/11/1981	13.4	3
05/11/1978	11.5	3	29/11/1981	9.2	3
08/11/1978	11.6	3	02/12/1981	9.3	3
11/11/1978	6.8	3	05/12/1981	8.1	3
14/11/1978	4.3	3	08/12/1981	10.7	3

Continuación Tabla 74.

17/11/1978	3.4	3	11/12/1981	8.5	3
20/11/1978	8.9	3	14/12/1981	7.9	3
23/11/1978	10.6	3	17/12/1981	8.8	3
26/11/1978	9.6	3	20/12/1981	11.6	3
29/11/1978	11.1	3	23/12/1981	11.7	3
02/12/1978	2.6	3	26/12/1981	10.8	3
05/12/1978	7.4	3	29/12/1981	8.8	3
08/12/1978	7.0	3	03/05/1981	7.6	3
11/12/1978	3.2	3	06/05/1981	4.0	3
14/12/1978	6.3	3	12/05/1981	1.3	6
17/12/1978	10.7	3	15/05/1981	3.8	3
20/12/1978	8.3	3	18/05/1981	3.6	3
23/12/1978	12.0	3	21/05/1981	6.3	3
26/12/1978	12.2	3	24/05/1981	7.1	3
29/12/1978	12.2	3	27/05/1981	2.7	3
03/05/1979	8.0	3	30/05/1981	1.9	3
06/05/1979	10.0	3	05/06/1981	4.7	6
09/05/1979	12.5	3	08/06/1981	4.9	3
12/05/1979	1.9	3	11/06/1981	4.3	3
15/05/1979	1.0	3	14/06/1981	9.1	3
24/05/1979	4.7	9	17/06/1981	8.9	3
27/05/1979	9.8	3	20/06/1981	4.8	3
30/05/1979	1.5	3	23/06/1981	7.3	3
02/06/1979	1.1	3	26/06/1981	4.5	3
05/06/1979	3.5	3	29/06/1981	8.5	3
11/06/1979	1.1	6	02/07/1981	8.2	3
14/06/1979	7.6	3	05/07/1981	6.0	3
17/06/1979	0.6	3	08/07/1981	7.6	3
20/06/1979	7.1	3	11/07/1981	7.2	3
23/06/1979	3.2	3	14/07/1981	10.3	3
26/06/1979	3.4	3	17/07/1981	7.3	3
29/06/1979	7.7	3	20/07/1981	6.6	3
02/07/1979	7.5	3	23/07/1981	8.6	3
05/07/1979	4.7	3	26/07/1981	10.5	3
08/07/1979	6.5	3	29/07/1981	12.2	3
11/07/1979	3.7	3	01/08/1981	9.1	3
14/07/1979	7.9	3	04/08/1981	10.1	3
17/07/1979	3.1	3	07/08/1981	10.4	3
20/07/1979	1.5	3	10/08/1981	4.8	3
23/07/1979	14.2	3	13/08/1981	5.1	3
26/07/1979	4.3	3	16/08/1981	6.9	3
29/07/1979	11.2	3	19/08/1981	10.6	3
04/08/1979	5.1	6	22/08/1981	2.8	3
07/08/1979	9.2	3	25/08/1981	3.2	3
10/08/1979	7.2	3	28/08/1981	3.9	3
13/08/1979	10.3	3	31/08/1981	8.9	3
16/08/1979	0.4	3	06/09/1981	4.4	6
19/08/1979	4.2	3	09/09/1981	0.8	3
22/08/1979	10.0	3	12/09/1981	0.0	3
25/08/1979	9.2	3	15/09/1981	4.9	3

Continuación Tabla 74.

28/08/1979	6.3	3	18/09/1981	3.0	3
03/09/1979	4.3	6	21/09/1981	7.3	3
09/09/1979	2.8	6	24/09/1981	8.6	3
12/09/1979	10.9	3	27/09/1981	10.6	3
15/09/1979	6.0	3	30/09/1981	8.9	3
18/09/1979	3.0	3	03/10/1981	12.0	3
21/09/1979	3.1	3	06/10/1981	8.5	3
24/09/1979	9.7	3	09/10/1981	10.7	3
27/09/1979	11.9	3	12/10/1981	6.6	3
30/09/1979	8.0	3	15/10/1981	2.5	3
03/10/1979	6.6	3	18/10/1981	8.4	3
06/10/1979	7.0	3	21/10/1981	5.7	3
09/10/1979	8.0	3	27/10/1981	5.9	6
12/10/1979	2.9	3	30/10/1981	3.8	3
15/10/1979	0.9	3	02/11/1981	0.0	3
18/10/1979	4.9	3	05/11/1981	7.7	3
21/10/1979	0.0	3	08/11/1981	5.8	3
27/10/1979	3.1	6	11/11/1981	8.7	3
30/10/1979	7.4	3	14/11/1981	7.7	3
02/11/1979	9.4	3	17/11/1981	11.3	3
05/11/1979	1.8	3	20/11/1981	9.9	3
08/11/1979	7.5	3	23/11/1981	3.3	3
11/11/1979	2.8	3	26/11/1981	13.4	3
17/11/1979	3.0	6	29/11/1981	9.2	3
20/11/1979	10.8	3	02/12/1981	9.3	3
23/11/1979	4.9	3	05/12/1981	8.1	3
26/11/1979	8.8	3	08/12/1981	10.7	3
29/11/1979	6.9	3	11/12/1981	8.5	3
02/12/1979	9.4	3	14/12/1981	7.9	3
05/12/1979	10.4	3	17/12/1981	8.8	3
08/12/1979	10.9	3	20/12/1981	11.6	3
11/12/1979	10.1	3	23/12/1981	11.7	3
14/12/1979	1.8	3	26/12/1981	10.8	3
17/12/1979	1.3	3	29/12/1981	8.8	3
20/12/1979	0.1	3	03/05/1982	3.2	3
23/12/1979	5.3	3	06/05/1982	1.3	3
26/12/1979	1.7	3	09/05/1982	1.4	3
29/12/1979	8.5	3	12/05/1982	10.8	3
03/05/1979	18.5	3	15/05/1982	6.2	3
06/05/1979	10.4	3	18/05/1982	3.4	3
09/05/1979	9.2	3	21/05/1982	6.8	3
12/05/1979	4.2	3	24/05/1982	8.4	3
15/05/1979	4.4	3	27/05/1982	1.1	3
24/05/1979	5.1	9	30/05/1982	3.1	3
27/05/1979	6.8	3	02/06/1982	3.0	3
30/05/1979	3.1	3	05/06/1982	6.7	3
02/06/1979	1.4	3	08/06/1982	5.5	3
05/06/1979	4.7	3	11/06/1982	7.9	3
11/06/1979	1.2	6	14/06/1982	7.9	3
14/06/1979	8.5	3	17/06/1982	9.3	3

Continuación Tabla 74.

17/06/1979	1.6	3	20/06/1982	2.5	3
20/06/1979	7.4	3	23/06/1982	8.0	3
23/06/1979	5.1	3	26/06/1982	6.2	3
26/06/1979	4.4	3	29/06/1982	10.0	3
29/06/1979	7.8	3	02/07/1982	9.8	3
02/07/1979	8.5	3	05/07/1982	5.1	3
05/07/1979	4.7	3	08/07/1982	5.8	3
08/07/1979	6.9	3	11/07/1982	6.7	3
11/07/1979	6.1	3	14/07/1982	6.6	3
14/07/1979	10.0	3	17/07/1982	12.8	3
17/07/1979	4.0	3	20/07/1982	10.3	3
20/07/1979	2.4	3	23/07/1982	9.1	3
23/07/1979	14.2	3	26/07/1982	8.3	3
26/07/1979	6.4	3	29/07/1982	7.4	3
29/07/1979	11.4	3	01/08/1982	9.9	3
04/08/1979	6.9	6	04/08/1982	11.3	3
07/08/1979	11.1	3	07/08/1982	9.3	3
10/08/1979	8.4	3	10/08/1982	11.7	3
13/08/1979	10.6	3	13/08/1982	5.6	3
16/08/1979	1.1	3	16/08/1982	7.8	3
19/08/1979	5.3	3	19/08/1982	13.1	3
22/08/1979	9.9	3	22/08/1982	12.7	3
25/08/1979	10.3	3	25/08/1982	15.1	3
28/08/1979	6.5	3	28/08/1982	11.6	3
03/09/1979	5.2	6	31/08/1982	10.4	3
06/09/1979	3.3	6	03/09/1982	8.5	3
12/09/1979	11.1	3	06/09/1982	8.9	3
15/09/1979	6.6	3	09/09/1982	7.4	3
18/09/1979	4.0	3	12/09/1982	4.6	3
21/09/1979	3.4	3	15/09/1982	10.4	3
24/09/1979	10.6	3	18/09/1982	11.0	3
27/09/1979	12.3	3	21/09/1982	14.5	3
30/09/1979	8.7	3	24/09/1982	8.2	3
03/10/1979	6.9	3	27/09/1982	3.7	3
06/10/1979	8.1	3	30/09/1982	5.3	3
09/10/1979	9.2	3	03/10/1982	7.5	3
12/10/1979	4.5	3	06/10/1982	5.5	3
15/10/1979	2.1	3	09/10/1982	3.6	3
18/10/1979	6.1	3	12/10/1982	4.5	3
21/10/1979	2.5	3	15/10/1982	10.3	3
27/10/1979	3.9	6	18/10/1982	7.5	3
30/10/1979	7.4	3	21/10/1982	2.6	3
02/11/1979	9.4	3	24/10/1982	9.2	3
05/11/1979	1.8	3	27/10/1982	2.2	3
08/11/1979	7.5	3	30/10/1982	2.8	3
11/11/1979	2.8	3	02/11/1982	8.1	3
17/11/1979	3.0	6	05/11/1982	2.3	3
20/11/1979	10.8	3	08/11/1982	11.0	3
23/11/1979	4.9	3	11/11/1982	10.7	3
26/11/1979	8.8	3	14/11/1982	7.4	3

Continuación Tabla 74.

29/11/1979	6.9	3	17/11/1982	1.8	3
02/12/1979	9.4	3	20/11/1982	3.2	3
05/12/1979	10.4	3	23/11/1982	4.5	3
08/12/1979	10.9	3	26/11/1982	6.9	3
11/12/1979	10.1	3	29/11/1982	3.2	3
14/12/1979	1.8	3	02/12/1982	6.2	3
17/12/1979	1.3	3	05/12/1982	9.9	3
20/12/1979	0.1	3	08/12/1982	8.4	3
23/12/1979	5.3	3	11/12/1982	8.8	3
26/12/1979	1.7	3	14/12/1982	10.9	3
29/12/1979	8.5	3	17/12/1982	10.2	3
03/05/1980	6.0	3	20/12/1982	7.5	3
06/05/1980	9.6	3	23/12/1982	6.3	3
12/05/1980	7.7	6	26/12/1982	4.8	3
15/05/1980	5.3	3	29/12/1982	2.6	3
18/05/1980	5.2	3	03/05/1982	8.9	3
21/05/1980	8.1	3	06/05/1982	2.4	3
24/05/1980	6.6	3	09/05/1982	3.7	3
30/05/1980	3.2	6	12/05/1982	7.7	3
02/06/1980	1.8	3	15/05/1982	6.6	3
05/06/1980	7.2	3	18/05/1982	5.1	3
08/06/1980	2.6	3	21/05/1982	4.9	3
11/06/1980	10.2	3	24/05/1982	5.7	3
14/06/1980	10.0	3	27/05/1982	1.5	3
17/06/1980	12.4	3	30/05/1982	4.9	3
20/06/1980	0.5	3	02/06/1982	5.4	3
23/06/1980	4.6	3	05/06/1982	6.5	3
26/06/1980	11.6	3	08/06/1982	6.4	3
29/06/1980	0.6	3	11/06/1982	8.9	3
02/07/1980	13.3	3	14/06/1982	8.4	3
05/07/1980	4.2	3	17/06/1982	9.9	3
08/07/1980	10.8	3	20/06/1982	3.2	3
11/07/1980	4.3	3	23/06/1982	8.0	3
14/07/1980	3.0	3	26/06/1982	6.7	3
17/07/1980	5.2	3	29/06/1982	10.5	3
20/07/1980	7.8	3	02/07/1982	11.0	3
23/07/1980	9.5	3	05/07/1982	6.1	3
29/07/1980	6.3	6	08/07/1982	7.0	3
01/08/1980	7.1	3	11/07/1982	7.8	3
04/08/1980	6.0	3	14/07/1982	6.9	3
07/08/1980	6.8	3	17/07/1982	13.1	3
10/08/1980	4.3	3	20/07/1982	11.7	3
13/08/1980	0.9	3	23/07/1982	9.9	3
16/08/1980	9.5	3	26/07/1982	9.5	3
19/08/1980	4.1	3	29/07/1982	8.4	3
22/08/1980	5.1	3	01/08/1982	11.1	3
25/08/1980	10.7	3	04/08/1982	11.9	3
28/08/1980	3.2	3	07/08/1982	10.4	3
31/08/1980	11.0	3	10/08/1982	12.1	3
03/09/1980	6.8	3	13/08/1982	7.3	3

Continuación Tabla 74.

06/09/1980	6.2	3	16/08/1982	8.8	3
09/09/1980	6.6	3	19/08/1982	14.2	3
12/09/1980	10.7	3	22/08/1982	13.1	3
15/09/1980	3.4	3	25/08/1982	15.4	3
18/09/1980	7.0	3	28/08/1982	12.2	3
21/09/1980	5.9	3	31/08/1982	10.9	3
24/09/1980	3.7	3	03/09/1982	10.0	3
27/09/1980	10.1	3	06/09/1982	9.8	3
30/09/1980	4.3	3	09/09/1982	9.2	3
03/10/1980	9.7	3	12/09/1982	6.2	3
12/10/1980	0.6	9	15/09/1982	11.8	3
15/10/1980	12.2	3	18/09/1982	12.4	3
18/10/1980	8.1	3	21/09/1982	14.8	3
21/10/1980	8.9	3	24/09/1982	9.1	3
24/10/1980	13.9	3	27/09/1982	4.9	3
27/10/1980	11.0	3	30/09/1982	6.6	3
30/10/1980	9.3	3	03/10/1982	7.7	3
05/11/1980	2.5	6	06/10/1982	6.4	3
08/11/1980	2.1	3	09/10/1982	5.3	3
11/11/1980	8.6	3	12/10/1982	6.2	3
14/11/1980	5.1	3	15/10/1982	10.8	3
17/11/1980	12.4	3	18/10/1982	8.8	3
20/11/1980	11.2	3	21/10/1982	4.7	3
23/11/1980	8.9	3	24/10/1982	9.9	3
26/11/1980	10.0	3	27/10/1982	3.4	3
29/11/1980	10.4	3	30/10/1982	2.8	3
02/12/1980	7.3	3	02/11/1982	8.1	3
05/12/1980	10.1	3	05/11/1982	2.3	3
08/12/1980	9.8	3	08/11/1982	11.0	3
11/12/1980	8.2	3	11/11/1982	10.7	3
14/12/1980	8.7	3	14/11/1982	7.4	3
17/12/1980	6.0	3	17/11/1982	1.8	3
20/12/1980	12.1	3	20/11/1982	3.2	3
23/12/1980	11.2	3	23/11/1982	4.5	3
26/12/1980	11.8	3	26/11/1982	6.9	3
29/12/1980	10.9	3	29/11/1982	3.2	3
03/05/1980	17.8	3	02/12/1982	6.2	3
06/05/1980	9.7	3	05/12/1982	9.9	3
09/05/1980	1.1	3	08/12/1982	8.4	3
12/05/1980	4.8	3	11/12/1982	8.8	3
15/05/1980	6.8	3	14/12/1982	10.9	3
18/05/1980	5.6	3	17/12/1982	10.2	3
21/05/1980	7.0	3	20/12/1982	7.5	3
24/05/1980	6.5	3	23/12/1982	6.3	3
30/05/1980	3.8	6	26/12/1982	4.8	3
02/06/1980	3.6	3	29/12/1982	2.6	3
05/06/1980	8.1	3	03/05/1983	2.6	3
08/06/1980	4.1	3	06/05/1983	1.8	3
11/06/1980	10.1	3	09/05/1983	7.1	3
14/06/1980	10.5	3	12/05/1983	8.6	3

Continuación Tabla 74.

17/06/1980	13.6	3	15/05/1983	5.2	3
20/06/1980	0.9	3	18/05/1983	0.2	3
23/06/1980	5.2	3	21/05/1983	2.7	3
26/06/1980	11.9	3	27/05/1983	0.9	6
29/06/1980	2.0	3	30/05/1983	6.6	3
02/07/1980	13.2	3	02/06/1983	11.9	3
05/07/1980	4.7	3	05/06/1983	3.9	3
08/07/1980	11.7	3	08/06/1983	5.7	3
11/07/1980	5.1	3	11/06/1983	1.2	3
14/07/1980	3.6	3	14/06/1983	7.2	3
17/07/1980	6.2	3	17/06/1983	6.8	3
20/07/1980	8.6	3	20/06/1983	9.2	3
23/07/1980	10.0	3	23/06/1983	4.5	3
29/07/1980	7.1	6	26/06/1983	6.6	3
01/08/1980	8.1	3	29/06/1983	9.0	3
04/08/1980	7.0	3	02/07/1983	4.9	3
07/08/1980	8.1	3	05/07/1983	1.8	3
10/08/1980	5.2	3	08/07/1983	8.4	3
13/08/1980	2.8	3	11/07/1983	1.6	3
16/08/1980	9.9	3	14/07/1983	8.8	3
19/08/1980	5.0	3	17/07/1983	3.9	3
22/08/1980	6.7	3	20/07/1983	11.0	3
25/08/1980	11.1	3	23/07/1983	6.8	3
28/08/1980	5.4	3	26/07/1983	6.4	3
31/08/1980	12.3	3	29/07/1983	8.6	3
03/09/1980	8.6	3	01/08/1983	9.3	3
06/09/1980	7.5	3	04/08/1983	7.2	3
09/09/1980	7.8	3	07/08/1983	6.5	3
12/09/1980	11.9	3	10/08/1983	6.0	3
15/09/1980	4.8	3	13/08/1983	14.3	3
18/09/1980	8.0	3	16/08/1983	8.8	3
21/09/1980	6.9	3	19/08/1983	8.4	3
24/09/1980	4.1	3	22/08/1983	4.3	3
27/09/1980	11.3	3	25/08/1983	7.2	3
30/09/1980	5.6	3	28/08/1983	13.3	3
03/10/1980	9.9	3	31/08/1983	10.5	3
06/10/1980	0.8	3	03/09/1983	11.3	3
12/10/1980	1.6	6	06/09/1983	11.9	3
15/10/1980	12.7	3	09/09/1983	5.7	3
18/10/1980	9.3	3	12/09/1983	12.5	3
21/10/1980	9.9	3	15/09/1983	5.7	3
24/10/1980	14.3	3	18/09/1983	7.8	3
27/10/1980	11.6	3	21/09/1983	4.7	3
30/10/1980	9.9	3	24/09/1983	8.2	3
05/11/1980	2.5	6	27/09/1983	11.2	3
08/11/1980	2.1	3	30/09/1983	12.0	3
11/11/1980	8.6	3	03/10/1983	8.6	3
14/11/1980	5.1	3	06/10/1983	8.2	3
17/11/1980	12.4	3	09/10/1983	9.9	3
20/11/1980	11.2	3	12/10/1983	10.4	3

Continuación Tabla 74.

23/11/1980	8.9	3	15/10/1983	9.2	3
26/11/1980	10.0	3	18/10/1983	2.3	3
29/11/1980	10.4	3	21/10/1983	4.0	3
02/12/1980	7.3	3	24/10/1983	8.5	3
05/12/1980	10.1	3	27/10/1983	10.5	3
08/12/1980	9.8	3	30/10/1983	5.4	3
11/12/1980	8.2	3	02/11/1983	4.2	3
14/12/1980	8.7	3	05/11/1983	11.3	3
17/12/1980	6.0	3	08/11/1983	9.8	3
20/12/1980	12.1	3	11/11/1983	11.3	3
23/12/1980	11.2	3	14/11/1983	4.5	3
26/12/1980	11.8	3	17/11/1983	8.6	3
29/12/1980	10.9	3	20/11/1983	12.0	3
06/05/1981	2.5	6	23/11/1983	10.7	3
12/05/1981	0.6	6	26/11/1983	8.1	3
15/05/1981	3.7	3	29/11/1983	9.8	3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

PARAMETROS	Ir Depth (mm)	Interval (días)
Tot. valores	759.00	759.00
Val. Mínimo	0.00	3.00
Val. Máximo	18.50	9.00
Val. Medio	7.14	3.16
Desv. Standar	3.36	0.74
Varianza	11.28	0.54

Tabla 75. Manejo del riego para siembras en Septiembre (1978-1982)

IBSIS Action Member MANEJO DE RIEGO PARA SIEMBRAS EN SEPTIEMBRE (1978-1982)

Country : MUCURUBA (MERIDA-VENEZUELA)  
 Site : MUCUPICHES

Altitude : 2320 m  
 Latitude : 8.71 ° Longitude : 70.99 ° -

Project : RIEGO/GOTEO EN FRESA PARA INTERVALO DE RIEGO DE TRES DIAS.

Field : Mucupiches/Fa/M-1  
 Crop : FRESA

Cropping Period From 01/09/1978 To 30/11/1983.

----- Evaluating From 01/01/1978 To 30/11/1983

ETo :  
 Rain :

----- Forecasting From --/--/-- To --/--/--

----- Planning From 01/09/1978 To 30/11/1983

ETo : Eto/fresa/mucupiches/78/79/80/81/82/83.  
 Rain : Mucuruba/lluvia/78/79/80/81/82/83.

"Fixed Interval / Back to Field Capacity" Irrigation Scheduling

IRRIGATION DATA (Event)

FECHA	Ir Depth (mm)	Interval (día)	FECHA	Ir Depth (mm)	Interval (día)
03/09/1978	17.1	3	23/12/1980	11.7	3
06/09/1978	7.3	3	26/12/1980	12.3	3
09/09/1978	9.8	3	29/12/1980	11.4	3
12/09/1978	6.4	3	06/09/1981	3.5	6
15/09/1978	5.9	3	15/09/1981	4.2	9
18/09/1978	6.9	3	18/09/1981	2.5	3
21/09/1978	7.8	3	21/09/1981	5.7	3
24/09/1978	7.7	3	24/09/1981	7.7	3
27/09/1978	0.4	3	27/09/1981	9.5	3

Continuación Tabla 75.

30/09/1978	5.7	3	30/09/1981	8.2	3
03/10/1978	11.4	3	03/10/1981	11.5	3
06/10/1978	10.9	3	06/10/1981	7.9	3
09/10/1978	3.2	3	09/10/1981	9.7	3
12/10/1978	9.1	3	12/10/1981	5.6	3
15/10/1978	5.4	3	15/10/1981	2.5	3
18/10/1978	6	3	18/10/1981	7.4	3
21/10/1978	11.8	3	21/10/1981	3.9	3
24/10/1978	3	3	27/10/1981	4.1	6
27/10/1978	5.4	3	30/10/1981	3.8	3
30/10/1978	5.8	3	02/11/1981	0	3
02/11/1978	8.1	3	05/11/1981	7.7	3
05/11/1978	12.6	3	08/11/1981	5.8	3
08/11/1978	12.1	3	11/11/1981	8.7	3
11/11/1978	8.1	3	14/11/1981	7.7	3
14/11/1978	5.9	3	17/11/1981	11.3	3
17/11/1978	5.1	3	20/11/1981	9.9	3
20/11/1978	9.3	3	23/11/1981	3.3	3
23/11/1978	11.2	3	26/11/1981	13.4	3
26/11/1978	10.1	3	29/11/1981	9.2	3
29/11/1978	12	3	02/12/1981	9.3	3
02/12/1978	3.8	3	05/12/1981	8.1	3
05/12/1978	8.2	3	08/12/1981	10.7	3
08/12/1978	7.6	3	11/12/1981	8.5	3
11/12/1978	4.4	3	14/12/1981	7.9	3
14/12/1978	6.8	3	17/12/1981	8.8	3
17/12/1978	11	3	20/12/1981	11.6	3
20/12/1978	8.8	3	23/12/1981	11.7	3
23/12/1978	12.3	3	26/12/1981	10.8	3
26/12/1978	12.7	3	29/12/1981	8.8	3
29/12/1978	12.8	3	06/09/1981	4.6	6
03/09/1979	4.1	3	12/09/1981	0.5	6
09/09/1979	2.8	6	15/09/1981	4.8	3
12/09/1979	10.9	3	18/09/1981	2.5	3
15/09/1979	6	3	21/09/1981	5.2	3
18/09/1979	3	3	24/09/1981	6.4	3
21/09/1979	3.1	3	27/09/1981	9.6	3
24/09/1979	9.7	3	30/09/1981	8.6	3
27/09/1979	11.9	3	03/10/1981	13.3	3
30/09/1979	8	3	06/10/1981	8.5	3
03/10/1979	6.6	3	09/10/1981	10.7	3
06/10/1979	7	3	12/10/1981	6.6	3
09/10/1979	8	3	15/10/1981	2.5	3
12/10/1979	2.9	3	18/10/1981	8.4	3
15/10/1979	0.9	3	21/10/1981	5.7	3
18/10/1979	4.9	3	27/10/1981	5.9	6
21/10/1979	0	3	30/10/1981	5	3
27/10/1979	3.1	6	02/11/1981	1	3
30/10/1979	7.4	3	05/11/1981	8.1	3
02/11/1979	9.4	3	08/11/1981	6.4	3

Continuación Tabla 75.

05/11/1979	1.8	3	11/11/1981	9.1	3
08/11/1979	7.5	3	14/11/1981	8.9	3
11/11/1979	2.8	3	17/11/1981	11.8	3
17/11/1979	3	6	20/11/1981	10.5	3
20/11/1979	10.8	3	23/11/1981	3.7	3
23/11/1979	4.9	3	26/11/1981	13.5	3
26/11/1979	0.8	3	29/11/1981	9.8	3
29/11/1979	6.9	3	02/12/1981	9.7	3
02/12/1979	9.4	3	05/12/1981	8.6	3
05/12/1979	10.4	3	08/12/1981	11.2	3
08/12/1979	10.9	3	11/12/1981	9.1	3
11/12/1979	10.1	3	14/12/1981	8.5	3
14/12/1979	1.8	3	17/12/1981	9.6	3
17/12/1979	1.3	3	20/12/1981	12.1	3
20/12/1979	0.1	3	23/12/1981	12.2	3
23/12/1979	5.3	3	26/12/1981	11.4	3
26/12/1979	1.7	3	29/12/1981	10.1	3
29/12/1979	0.5	3	03/09/1982	7.3	3
03/09/1979	14.2	3	06/09/1982	8.9	3
09/09/1979	2.9	6	09/09/1982	7.4	3
12/09/1979	8.3	3	12/09/1982	4.6	3
15/09/1979	6.8	3	15/09/1982	10.4	3
18/09/1979	3.4	3	18/09/1982	11	3
21/09/1979	3.1	3	21/09/1982	14.5	3
24/09/1979	9	3	24/09/1982	8.2	3
27/09/1979	8.6	3	27/09/1982	3.7	3
30/09/1979	9	3	30/09/1982	5.3	3
03/10/1979	7.5	3	03/10/1982	7.5	3
06/10/1979	8.1	3	06/10/1982	5.5	3
09/10/1979	9.2	3	09/10/1982	3.6	3
12/10/1979	4.5	3	12/10/1982	4.5	3
15/10/1979	2.1	3	15/10/1982	10.3	3
18/10/1979	6.1	3	18/10/1982	7.5	3
21/10/1979	2.5	3	21/10/1982	2.6	3
27/10/1979	3.9	6	24/10/1982	9.2	3
30/10/1979	7.3	3	27/10/1982	2.2	3
02/11/1979	10.3	3	30/10/1982	2.8	3
05/11/1979	2.5	3	02/11/1982	8.1	3
08/11/1979	7.7	3	05/11/1982	2.3	3
11/11/1979	3.8	3	08/11/1982	11	3
14/11/1979	0.1	3	11/11/1982	10.7	3
17/11/1979	4.4	3	14/11/1982	7.4	3
20/11/1979	10.7	3	17/11/1982	1.8	3
23/11/1979	6.5	3	20/11/1982	3.2	3
26/11/1979	9	3	23/11/1982	4.5	3
29/11/1979	8.3	3	26/11/1982	6.9	3
02/12/1979	10.5	3	29/11/1982	3.2	3
05/12/1979	11	3	02/12/1982	6.2	3
08/12/1979	11.5	3	05/12/1982	9.9	3
11/12/1979	10.6	3	08/12/1982	8.4	3

Continuación Tabla 75.

14/12/1979	2.9	3	11/12/1982	8.8	3
17/12/1979	2	3	14/12/1982	10.9	3
20/12/1979	2.2	3	17/12/1982	10.2	3
23/12/1979	6.7	3	20/12/1982	7.5	3
26/12/1979	4.1	3	23/12/1982	6.3	3
29/12/1979	8.9	3	26/12/1982	4.8	3
03/09/1980	4.8	3	29/12/1982	2.6	3
06/09/1980	6.2	3	03/09/1982	15.5	3
09/09/1980	6.6	3	06/09/1982	9.9	3
12/09/1980	10.7	3	09/09/1982	7	3
15/09/1980	3.4	3	12/09/1982	4.7	3
18/09/1980	7	3	15/09/1982	7.9	3
21/09/1980	5.9	3	18/09/1982	10.1	3
24/09/1980	3.7	3	21/09/1982	8.7	3
27/09/1980	10.1	3	24/09/1982	9.2	3
30/09/1980	4.3	3	27/09/1982	6.4	3
03/10/1980	9.7	3	30/09/1982	5.9	3
12/10/1980	0.6	9	03/10/1982	11.9	3
15/10/1980	12.2	3	06/10/1982	6.4	3
18/10/1980	8.1	3	09/10/1982	5.3	3
21/10/1980	8.9	3	12/10/1982	6.2	3
24/10/1980	13.9	3	15/10/1982	10.8	3
27/10/1980	11	3	18/10/1982	8.8	3
30/10/1980	9.3	3	21/10/1982	4.7	3
05/11/1980	2.5	6	24/10/1982	9.9	3
08/11/1980	2.1	3	27/10/1982	3.4	3
11/11/1980	0.6	3	30/10/1982	3.9	3
14/11/1980	5.1	3	02/11/1982	8.6	3
17/11/1980	12.4	3	05/11/1982	3.9	3
20/11/1980	11.2	3	08/11/1982	10.7	3
23/11/1980	8.9	3	11/11/1982	11.3	3
26/11/1980	10	3	14/11/1982	8.5	3
29/11/1980	10.4	3	17/11/1982	3.9	3
02/12/1980	7.3	3	20/11/1982	4.3	3
05/12/1980	10.1	3	23/11/1982	5.4	3
08/12/1980	9.8	3	26/11/1982	7.2	3
11/12/1980	8.2	3	29/11/1982	4.7	3
14/12/1980	8.7	3	02/12/1982	7.6	3
17/12/1980	6	3	05/12/1982	10.3	3
20/12/1980	12.1	3	08/12/1982	8.9	3
23/12/1980	11.2	3	11/12/1982	9.2	3
26/12/1980	11.8	3	14/12/1982	11.4	3
29/12/1980	10.9	3	17/12/1982	10.8	3
03/09/1980	16.2	3	20/12/1982	8.2	3
06/09/1980	6.2	3	23/12/1982	6.9	3
09/09/1980	5	3	26/12/1982	6.6	3
12/09/1980	10.6	3	29/12/1982	3.3	3
15/09/1980	5.7	3	03/09/1983	8.3	3
18/09/1980	7.4	3	06/09/1983	12.4	3
21/09/1980	5.2	3	09/09/1983	7.3	3

Continuación Tabla 75.

24/09/1980	4	3	12/09/1983	13.5	3
27/09/1980	10.3	3	15/09/1983	7.6	3
30/09/1980	7	3	18/09/1983	9.7	3
03/10/1980	10.6	3	21/09/1983	7.1	3
06/10/1980	0.8	3	24/09/1983	8.6	3
12/10/1980	1.6	6	27/09/1983	11.7	3
15/10/1980	12.7	3	30/09/1983	13.3	3
18/10/1980	9.3	3	03/10/1983	9.1	3
21/10/1980	9.9	3	06/10/1983	8.6	3
24/10/1980	14.3	3	09/10/1983	11.1	3
27/10/1980	11.6	3	12/10/1983	11.4	3
30/10/1980	9.7	3	15/10/1983	9.8	3
05/11/1980	3.7	6	18/10/1983	2.7	3
08/11/1980	3.7	3	21/10/1983	6	3
11/11/1980	9.2	3	24/10/1983	9.7	3
14/11/1980	7	3	27/10/1983	11.7	3
17/11/1980	12.9	3	30/10/1983	6.7	3
20/11/1980	11.0	3	02/11/1983	4.2	3
23/11/1980	9.4	3	05/11/1983	11.3	3
26/11/1980	10.8	3	08/11/1983	9.8	3
29/11/1980	11.1	3	11/11/1983	11.3	3
02/12/1980	8.4	3	14/11/1983	4.6	3
05/12/1980	10.6	3	17/11/1983	8.6	3
08/12/1980	10.2	3	20/11/1983	11.9	3
11/12/1980	8.5	3	23/11/1983	10.7	3
14/12/1980	9.2	3	26/11/1983	8.1	3
17/12/1980	7	3	29/11/1983	9.8	3
Parametros	Ir Depth	Interval			
	(mm)	(días)			
Tot. Valores	373.00	373.00			
Val. Mínimo	0.00	3.00			
Val. Máximo	17.10	9.00			
Val. Medio	7.67	3.14			
Desv. Standar	3.34	0.70			
Varianza	11.18	0.49			