

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE LAS UNIDADES DE MINI-RIEGO, POR ASPERSION
EN PUEBLO VIEJO Y QUIAJOLA, SAN SEBASTIAN
HUEHUETENANGO, HUEHUETENANGO

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

Marco Tulio Díaz del Valle

En el Acto de Investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, AGOSTO DE 1983

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
O 1
T (711)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Oscar R. Leiva R.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
VOCAL CUARTO:	Prof. Herber Arana
VOCAL QUINTO:	Prof. Francisco Muñoz N.
SECRETARIO:	Ing. Agr. José Rodolfo Albizúrez P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. Antonio A. Sandoval S.
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
EXAMINADOR:	Dr. David Monterroso
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Alejandro Hernández
SECRETARIO:	Ing. Agr. Negli R. Gallardo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Huehuetenango, 22 de Julio de 1,983

Centro Universitario del Nor-Occidente
"CUNOROC"

Huehuetenango, Apartado Postal N° 68
Guatemala, Centroamérica

Ingeniero
César Castañeda
Decano de Facultad Agronomía
Presente

Respetable Ingeniero:

Con relación al cargo que me hiciera la decanatura de la Facultad de Agronomía, me es grato informarle que he -- concluido el asesoramiento y revisión del trabajo de tesis:

EVALUACION DE LAS UNIDADES DE MINI-RIEGO, POR ASPER--
SION, EN PUEBLO VIEJO Y QUIAJOLA, SAN SEBASTIAN HUEHUETE--
NANGO, HUEHUETENANGO. Realizado por el estudiante Marco -
Tulio Díaz del Valle.

Es importante hacer notar que éste es un trabajo de alta contribución en beneficio de los usuarios de los proyectos de Mini-riego del altiplano del país, por lo que -- recomiendo su aprobación.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Oscar Castillo.

OC/jml.

Honorable Junta Directiva

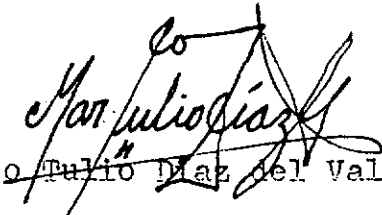
Honorable Tribunal Examinador

En cumplimiento con lo establecido en la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, expongo al criterio de ustedes el trabajo de tesis titulado:

"EVALUACION DE LAS UNIDADES DE MINI-RIEGO, POR
ASPERSION, EN PUEBLO VIEJO Y QUIAJOLA, SAN
SEBASTIAN HUEHUETENANGO, HUEHUETENANGO"

Esperando contar con la aprobación del mismo.

Respetuosamente,


Marco Tulio Díaz del Valle

ACTO QUE DEDICO

A: DIOS

A: mis padres

Daniel Francisco Díaz Herrera (QEPD)

Hortencia del Valle Vda. de Díaz

A: mi esposa

Hilda Samayoa Alegría de Díaz

A: mi hijo

Juan Pablo Díaz Samayoa

A: mis hermanos

Zoila Hortencia

Magnolia Leticia

Carlos Francisco

Martha Rosalinda

Andrés Roberto

Jaime Fernando

A: mi abuelito

Andrés del Valle

A: mis familiares en general

RECONOCIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Agr. Oscar Rolando Castillo P., por la orientación, asesoría y revisión del presente trabajo.

Al Ing. Agr. Msc. César E. Cisneros A. y al Ing. Agr. M.S. Jorge E. Sandoval Illescas, por su colaboración en la fase de gabinete.

A la región I de DIGESA, especialmente al personal del Departamento de riego y conservación de suelos, de la Sub-región I-1, de Huehuetenango, por su colaboración en la fase de campo.

A los campesinos de los Proyectos de mini-riego de Pueblo Viejo y Quiajolá, por su ayuda en la fase de campo.

A todas las personas que de una u otra manera, contribuyeron en la realización de este trabajo.

TESIS QUE DEDICO

A la Facultad de Agronomía de la Universidad
de San Carlos de Guatemala

A MIS AMIGOS

Luis Felipe Porres Litera
Julio Amilcar Martínez Guerra
Romeo Montepeque Roldán
José Luis Alvarado Alvarez
Marco Vinicio Fernández Montoya

A LAS FAMILIAS

Samayoa Alegría
Sandoval Rivas
Erdmenger Orellana
Campos Palma
Noriega Liu

Al campesino Guatemalteco.

INDICE

Página

RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
3.1. Generalidades del área de influencia del estudio	6
3.1.1. Localización	6
3.1.2. Vías de comunicación	6
3.1.3. Aspectos físicos de la zona	7
3.1.3.1. Ecología	7
3.1.3.2. Climatología	7
3.1.3.3. Hidrología	7
3.1.3.4. Fisiografía	7
3.1.3.5. Suelos	9
3.1.3.6. Vegetación	11
3.1.3.7. Uso de la Tierra	11
3.1.4. Aspectos Socioeconómicos	11
3.1.4.1. Demografía	11
3.1.4.2. Educación	11
3.1.4.3. Medios de supervivencia	13
3.1.4.4. Tenencia y distribución de la tierra	14
3.1.5. Servicios de asistencia técnica	14
3.1.6. Condiciones de producción agrícola	14
3.1.7. Condiciones de la producción forestal	15
3.1.8. Proyectos Actuales	15
4. EVALUACION COMPLETA	17
4.1. Información local	17
4.1.1. Datos climatológicos	17
4.1.2. Determinación del consumo de agua o evapotranspiración	17
4.1.3. Determinación de los requerimientos de riego	19

4.1.4. Información sobre suelos	19
4.1.4.1. Muestreo de suelos	19
4.1.4.2. Análisis físico-químico de los suelos	19
4.1.4.3. Determinación de las constantes de humedad del suelo	26
4.1.4.4. Factores que influyen en el manejo del sistema de riego	26
4.1.4.4.1. Superficie topográfica	26
4.1.4.4.2. Método de aplicación	26
4.2. Información del campo agrícola	28
4.2.1. Extensión del terreno por irrigar	28
4.2.2. Cultivos a regar	28
4.2.3. Velocidad de infiltración	29
4.2.4. Determinación de la lámina de humedad aprovechable	31
4.2.5. Determinación de la lámina de riego bruta	39
4.2.6. Determinación de los niveles permisibles de la lámina de agua, a distintas etapas de desarrollo de los cultivos de la zona	43
4.2.7. Determinación del calendario de riego	45
5. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION	54
5.1. Tipo de sistema de riego	54
5.2. Disponibilidad de agua y capacidad del sistema de riego	54
5.2.1. Disponibilidad de agua	54
5.2.2. Capacidad del sistema de riego	55
5.3. Eficiencias y uniformidades del sistema	59
5.3.1. Determinación de la eficiencia del sistema	61
5.3.1.1. Eficiencia de conducción	61
5.3.1.2. Eficiencia de aplicación	61
5.3.1.3. Eficiencia del sistema	69
5.3.2. Uniformidades del sistema	69
6. PARAMETROS DE COMPARACION	72
6.1. Operación actual	72
6.2. Propuesta de operación para los Proyectos de mini-riego	73

6.3. Comparación de aspersores	74
6.4. Movimiento de los aspersores dentro de la parcela	75
7. CONCLUSIONES	79
8. RECOMENDACIONES	80
9. APENDICE	81
10. BIBLIOGRAFIA	87

MAPAS Y PLANOS

Mapa de climas	8
Mapa de suelos	10

CUADROS

Cuadro No. 1	Datos de población de los Proyectos de mini-riego	12
Cuadro No. 2	Porcentaje de personas alfabetas analfabetas	13
Cuadro No. 3	Datos climatológicos	18
Cuadro No. 4	Determinación de la evapotranspiración real para hortalizas	20
Cuadro No. 5	Determinación de la evapotranspiración real para maíz	21
Cuadro No. 6	Determinación de la evapotranspiración real para cítricos	22
Cuadro No. 7	Requerimiento de riego	23
Cuadro No. 8	Análisis químico del suelo	24
Cuadro No. 9	Características físicas del suelo	25
Cuadro No. 10	Características físicas y de retención de humedad	26
Cuadro No. 11	Extensión de los proyectos de mini-riego en función del número de usuarios.	28
Cuadro No. 12	Datos de los cultivos en los Proyectos de mini-riego de Quiajolá y Pueblo Viejo	30
Cuadro No. 13	Datos de velocidad de infiltración e Infiltración básica	33
Cuadro No. 14	Determinación de la lámina de humedad aprovechable	41
Cuadro No. 15	Lámina de agua en función de la profundidad radicular promedio de cada mes	45
Cuadro No. 16	Datos para calcular calendario de riego	47
Cuadro No. 17	Resumen del calendario gráfico de riego	54
Cuadro No. 18	Resumen de datos necesarios para poder calcular la capacidad del sistema	58

Cuadro No. 19	Capacidad del sistema de riego	60
Cuadro No. 20	Volúmenes colectados en la Prueba de evaluación de Pueblo Viejo	63
Cuadro No. 21	Volumenes colectados en la Prueba de evaluación de Quiajolá	67
Cuadro No. 22	Resumen de los datos de eficiencia y uniformidad para el sistema de riego por aspersión	72
Cuadro No. 23	Operación actual de los Proyectos	73
Cuadro No. 24	Propuesta de operación para los proyectos de mini-riego	74
Cuadro No. 25	Intensidad de Riego para los Proyectos de Pueblo Viejo y Quiajolá	76

GRAFICAS

Gráfica No. 1	Velocidad de infiltración e infiltración básica. Parcela I Pueblo Viejo	34
Gráfica No. 2	Velocidad de infiltración e infiltración básica. Parcela II Pueblo Viejo	35
Gráfica No. 3	Velocidad de infiltración e infiltración básica. Parcela III Pueblo Viejo	36
Gráfica No. 4	Velocidad de infiltración e infiltración básica. Parcela I Quiajolá	37
Gráfica No. 5	Velocidad de infiltración e infiltración básica. Parcela II Quiajolá	38
Gráfica No. 6	Velocidad de infiltración e infiltración básica. Parcela III Quiajolá	39
Gráfica No. 7	Calendario gráfico de riegos Hortalizas. Ciclo Ene-Mar.	48
Gráfica No. 8	Calendario gráfico de riegos Hortalizas. Ciclo Feb-Abr	49
Gráfica No. 9	Calendario gráfico de riegos Hortalizas. Ciclo Mar-May	50
Gráfica No. 10	Calendario gráfico de riegos Maíz. Ciclo Ene-Abr.	51
Gráfica No. 11	Calendario gráfico de riegos Maíz. Ciclo Feb-May.	

Gráfica No. 12.	Calendario gráfico de riegos Cítricos, Ciclo Nov-May.	53
Gráfica No. 13	Movimiento del aspersor. Presión Moderada	78
Gráfica No. 14	Movimiento del aspersor. Presión intermedia	79

APENDICE

TABLAS

Tabla No. 1	Infiltración básica estimada con rela ción a textura y pendiente	83
Tabla No. 2	Necesidades diarias de uso máximo	83
Tabla No. 3	Clasificación de rociadores y su adap tabilidad	84

GRAFICAS

Gráfica No. 1	Curva única de Hansen, para Hortalizas	85
Gráfica No. 2	Curva única de Hansen, para Maíz	86
Gráfica No. 3	Curva única de Hansen, para Cítricos	87

RESUMEN

Se realizó una evaluación completa del sistema de riego de los Proyectos de mini-riego de aspersión por gravedad, en Pueblo Viejo y Quiajola, San Sebastián Huehuetenango, con el objetivo de detectar problemas en su diseño, operación y manejo, y determinar la eficiencia con que están operando actualmente estos Proyectos.

Se estableció el criterio de operación y manejo, en cuanto a épocas de siembra en el cultivo de hortalizas, maíz y cítricos, así como las especificaciones técnicas del riego para cada uno de éstos. Se determinó que el diseño y cálculo de operación del sistema son adecuados como fuente de agua según la extensión de los Proyectos, de acuerdo a su disponibilidad y capacidad del sistema.

Al realizar las evaluaciones de los volúmenes de agua colectados en las parcelas de riego, se estableció la eficiencia de aplicación y el coeficiente de uniformidad del agua sobre el terreno, parámetros que permitieron evaluar el método de riego,

En el Proyecto de mini-riego de Pueblo Viejo, se determinó una eficiencia de aplicación del agua por los aspersores en el suelo del 68% y un coeficiente de uniformidad del agua por los aspersores en el suelo del 67%. Para el Proyecto de mini-riego de Quiajola, se determinó una eficiencia de aplicación del 72% y un coeficiente de uniformidad del 71%. Finalmente se estableció para ambos proyectos, que el sistema de riego de aspersión por gravedad, esta operando adecuadamente.

1. INTRODUCCION

Guatemala cuenta en casi todo su territorio con grandes cuadales de agua, los cuales son aprovechados en mínima proporción para el riego, mientras que si ese aprovechamiento fuera mayor, se podría lograr un mejor desarrollo en la agricultura Nacional.

La Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA), del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, tiene a su cargo el desarrollo de los Proyectos de mini-riego, los cuales tratan de darle al pequeño agricultor del altiplano de la República, mejoras económicas mediante el uso racional del recurso agua - suelo.

La evaluación de los sistemas de riego, se hizo con el objetivo de descubrir problemas en su diseño, operación y manejo, que afectan el rendimiento del sistema, ya sea, en rendimiento, calidad de producto, en altos costos de operación, o en cualquier otra manera no deseable. Al encontrarse problemas con un sistema se puede proceder a determinar las soluciones e implementarlas.

Un sistema de riego se diseña y se opera para acoplarse a un conjunto de factores; de suelo, planta, clima, calidad de agua, y otros como; la disponibilidad y costo de mano de obra, costo de materiales. Por lo tanto es lógico que la evaluación de un sistema de riego debe tomar en cuenta estos mismos factores, además de las características del sistema mismo de riego.

Se realizaron evaluaciones detalladas, las que proporcionaron la información necesaria para identificar los problemas existentes y poder efectuar cambios.

2. OBJETIVOS

2.1. General:

- Evaluar la eficiencia del sistema de riego por aspersión, para adecuarlos a un mejor funcionamiento, con la finalidad de mejorar el nivel de vida de los usuarios.

2.2. Específicos:

- Determinar cuales son los problemas en los componentes de los sistemas de su operación y mantenimiento.
- Determinar modificaciones en el diseño de los sistemas.
- Establecer criterios de operación.
- Evaluar la eficiencia de conducción y la eficiencia de aplicación de los sistemas.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA

Merriam y Keller (1979) establecen que el manejo correcto del agua en las granjas, puede conservar agua, trabajo y suelo y libertad también para incrementar el rendimiento de los cultivos. La evaluación de un sistema debe medir y mostrar la efectividad de las prácticas de irrigación existentes. Un estudio cuidadoso de la evaluación del sistema podría indicar si se pueden hacer mejoras y proporcionaría manejos con una base razonada para seleccionar posibles modificaciones que podrían ser tanto, prácticas como económicas.

Las frecuentes evaluaciones indican la necesidad para estimar deficiencias en la humedad del terreno y para mejorar los sistemas prácticos de mantenimiento. Esto frecuentemente ahorra tanto agua como trabajo. Algunas veces es importante investigar el capital necesario para mecanizar o bien automatizar un sistema de irrigación.

Operación del sistema de Irrigación por Aspersión; puede ser mejorado grandemente por simples cambios, tales como: alteraciones de presión de operación; duración de la aplicación -- del agua, operando en diferentes presiones de irrigaciones alternas; usando alternativamente secuencias de equipo.

Posibilidades para ahorrar agua y trabajo usualmente son mejores, cuando la provisión de agua es flexible en: Frecuencia, Proporción y Duración.

Flexibilidad de Frecuencia: significa que el agua es útil en o cerca al día cuando ésta, es necesaria para igualar las demandas de humedad del cultivo.

Flexibilidad de Proporción: significa que la razón o proporción de provisión puede estar cambiando a diferentes tamaños de campo, interrupciones en los caudales de flujo, a variaciones de proporciones óptimas de infiltración, y a uniformizar la salida de carga de trabajo de los aspersores.

Flexibilidad de Duración: significa que el agua puede ser qui-
tada tan rápido como la eficiencia de humedad del terreno
haya sido provisionada y los requerimientos para lixiviar
hayan sido satisfechos.

Estos tipos de flexibilidad son necesarios para perfeccionar
el uso eficiente del agua. (10)

En la evaluación de la aplicación de un riego es necesario -
tomar en cuenta las características del método de riego y la velo-
cidad de infiltración, esta última es utilizada imprescindiblemen-
te para la evaluación de los diferentes métodos de riego. Guil-
llén (1980)

Yap-Salinas (1979) establece que el movimiento del agua desde
su fuente de origen hasta llegar al cultivo a lo largo de un sis-
tema de riego puede ser identificado como tres operaciones separa-
das: Conducción, Distribución y Aplicación de campo.

Conducción: es el movimiento de agua desde su fuente a través --
del canal principal y canales o tuberías (sub) laterales o
secundarios hasta las tomas o compuertas de los terciarios.

Distribución: es el movimiento del agua a través de los canales
o tuberías (distributarios) y cuaternarios hasta la compuer-
ta o toma de campo.

Aplicación de campo: es el movimiénto del agua desde la compuer-
ta o toma de campo al cultivo. (16)

Los primeros conceptos que se utiizan para evaluar un siste-
ma de riego son: la eficiencia de conducción y aplicación del a-
gua de riego usando para ello todo el conjunto de estructuras pa-
ra conducirlo y aplicarla. Guillen (1980).

Para lo cual la eficiencia de un sistema de riego es el pro-
ducto de la eficiencia de conducción por la eficiencia de aplica-
ción donde la fórmula de eficiencia del sistema puede ser expresa-
da como:

$$E_s = E_c E_a$$

Donde:

E_s Eficiencia del sistema
 E_c Eficiencia de conducción
 E_a Eficiencia de aplicación.

Por otra parte, la eficiencia de conducción tiene dos componentes importantes, es decir, se subdivide en dos factores de eficiencia, uno debido a las pérdidas intrínsecas del sistema (infiltración, fugas, evaporación) y otra por la misma operación del sistema (fallas en la programación, uso ilegal del agua de riego). Palacios (1975)

Por lo cual se puede definir a la eficiencia de conducción de un sistema, como la relación entre la cantidad de agua servida y la cantidad de agua derivada, que se expresa como:

$$E_c = \frac{C_{as}}{C_{ad}} \times 100$$

Donde:

E_c Eficiencia de conducción en %.
 C_{as} Cantidad de agua servida al sistema.
 C_{ad} Cantidad de agua derivada al sistema.

Respecto a la eficiencia de aplicación del agua a los cultivos durante el riego, es interesante hacer notar que se han tenido varias relaciones como índice de eficiencia, de los cuales se mencionan algunos: pérdidas por percolación profunda, pérdidas por escurrimiento superficial, al final de la tirada de riego y distribución del agua que se ha relacionado con la profundidad; lo cual es muy importante, ya que el concepto de eficiencia en el uso del agua se basa en el logro del mejor producto neto de las cosechas, esta observación es de trascendental importancia porque de otra manera los índices de eficiencia no indican la eficiencia real. Palacios (1975)

Por lo cual se puede definir a la eficiencia de aplicación de un sistema, como la relación que hay entre la lámina media captada en el área de la prueba (Volumen medio captado en el área de la parcela sobre el área del bote colector), y la lámina media de aplicación (Volumen medio de los aspersores aforados con manguera sobre el área donde se realizó la prueba.

$$E_a = \frac{LM_c}{LM_a} \times 100$$

Donde:

E_a	Eficiencia de aplicación del agua de riego en %
LM_c	Lámina media captada en el área de la prueba (cm)
LM_a	Lámina media de aplicación (cm)

3.1. Generalidades del Area de influencia del estudio

Datos generales sobre el área de estudio y su área de influencia, han sido reportados por la Sub-región I-1 de DIGESA y se discuten a continuación:

3.1.1. Localización

Según las coordenadas del mapa cartográfico 1:50,000 de la población de San Sebastián Huehuetenango, las aldeas de Pueblo Viejo y Quiajolá se encuentran entre las latitudes: 15°21' - 15°23' y las longitudes: 91°36' - 91°33'.

Geográficamente están ubicadas en el municipio de San Sebastián Huehuetenango, del departamento de Huehuetenango.

3.1.2. Vías de Comunicación

Sobre la ruta nacional 7-W de la carretera departamental a Huehuetenango hay aproximadamente 23 Kms. desde la cabecera municipal de San Sebastián Huehuetenango. La carretera Interamericana conduciendo a la Mesilla, también atraviesa el municipio, cuenta con caminos de herradura y veredas que unen a sus poblados, aldeas y caseríos entre sí y con municipios vecinos.

3.1.3. Aspectos Físicos de la zona

3.1.3.1. Ecología

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida vegetal de Holdrige, los bosques son: variados, montañas bajo humedad. La zona de vida de la región es: Bosque húmedo montano bajo.

3.1.3.2. Climatología

Según Thornthwaite, el clima tiene las siguientes características.

B'₂b'Bi Templado, con invierno benigno,
Húmedo.

Precipitación anual	1053.9 mm
Temperatura media anual	17.3°C
Evaporación anual	1525.3 mm

3.1.3.3. Hidrología

En el municipio de San Sebastián Huehuetenango, existen varios ríos y arroyos que bañan con sus aguas cristalinas los distintos caseríos y aldeas.

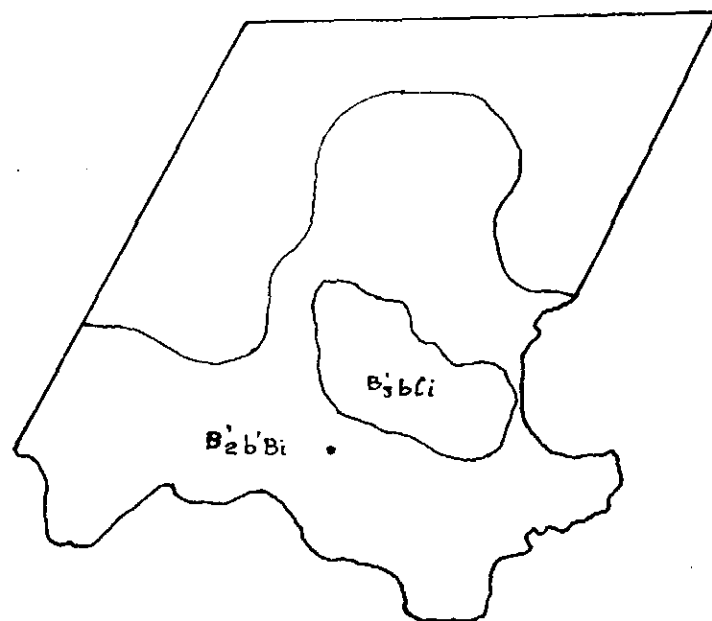
Los ríos; Selegua, Torlón, Mapá, Colorado y río Exquísal, son los ríos que pasan por las aldeas de Pueblo Viejo y Quiajolá. El río Colorado es la fuente de agua para el Proyecto de mini-riego de Pueblo Viejo y el río Exquísal es la fuente de agua para el Proyecto de mini-riego de Quiajolá.

3.1.3.4. Fisiografía

A 3,500 m. sobre el nivel del mar, en el lindero con Todos Santos Cuchumatán. Es un complejo montañoso, plegado y fallado.

Continuado por el Valle del río Selegua y entrando en la cañada que forman los montes de Santa Bárbara por el Sur y los Cuchu-

MAPA DE CLIMAS



REFERENCIAS

● SAN SEBASTIAN HUEHUETENANGO

$B_2 b' Bi$

FUENTE: ATLAS NACIONAL I.G.N.

ESCALA: 1:1,000.000

matanes forman la mayor parte del municipio, donde la cumbre de Tuibache, aproximadamente. El terreno desciende desde dicha elevación hacia el Sur, escalonandose en los flancos - de la montaña, pequeñas mesetas que circundan hondos precipicios, hasta que se desarrolla la topografía al pie de la Sierra, en una serie de colinas y llanuras que baña el río Selegua.

3.1.3.5. Suelos

Según el mapa de reconocimiento de Suelos, el área tiene las siguientes series:

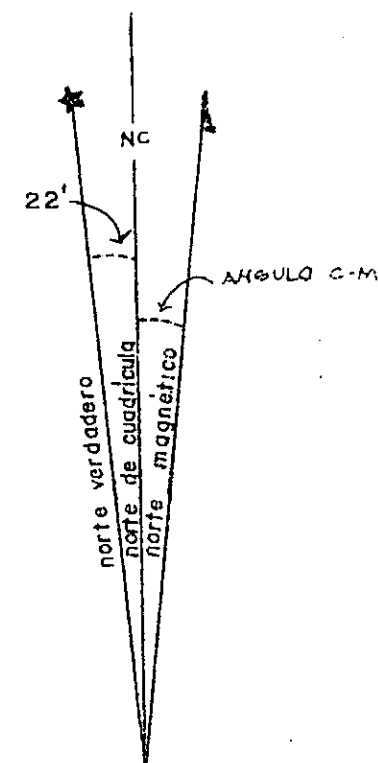
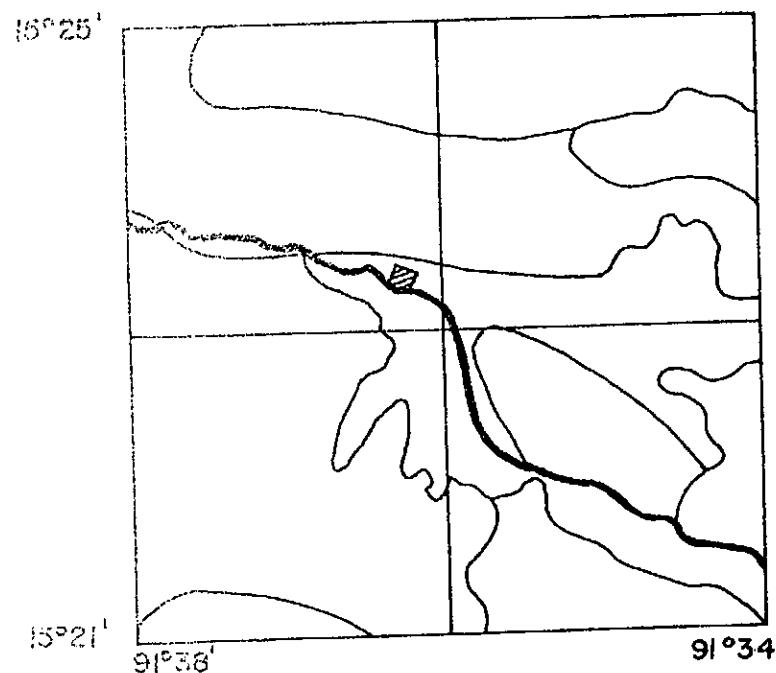
- Salamá Fase Quebrada: (Slq)

Están mapificados en la Clasificación de Reconocimiento de Suelos, en lugares donde las áreas de suelos Salamá han sido completamente seccionados y el 30% o más del área consiste de pendientes mayores del 15%. Los barrancos y las zanjás forman toda la superficie de muchas partes. En otras, queda solo un vestigio del depósito original de cenizas y esto puede ser de una forma cónica o de terraza angosta acerrada. Gran parte del área esta severamente erosionada y el -- substrato de ceniza blanca esta expuesta.

- Chixoy: (Chy)

Son poco profundos, excesivamente drenados desarrollados sobre caliza fragmentada en un clima húmedo seco. En su estrato natural, están densamente forestados con árboles deciduos y algo de pino, pero gran parte del área ha sido limpiada y se ha probado sembrar maíz.

SUELOS



REFERENCIAS:

■ SAN SEBASTIAN HUEHUETENANGO

— CARRETERA INTERAMERICANA

Chy IDENTIFICACION DE SERIE DE SUELOS

FUENTE : I. G. N.

HOJA : 1862 II

ESCALA : 1:250,000

3.1.3.6. Vegetación

Debido a que el clima de Guatemala es idóneo para la formación de bosques, en el área de estudio se encuentran bosques de Coníferas, Latifoliales y mixtos. En la ubicación de los mismos hay gran influencia de la fisiografía, ya que hay varios microclimas que varían de un lugar a otro. Las variedades más observadas en los bosques de coníferas son: pino, cipres, pinabete y sabinos. Las latifoliales son: roble, encino y alisos.

3.1.3.7. Uso de la tierra

La agricultura es la principal explotación de la tierra, hay: maíz, frijol, hortalizas, aguacates y cítricos.

Dentro de la ganadería: la crianza de ovejas, bueyes y mulas. El resto del área esta bajo bosques.

3.1.4. Aspectos Socioeconómicos

3.1.4.1. Demografía

Según los datos aportados por los Censos llevados a cabo, la población de los alrededores de la cabecera municipal, son poblados rurales. Teniendo la tendencia a crecer. (Cuadro No. 1).

3.1.4.2. Educación

El Censo efectuado en 1973 aporta los siguientes datos. (Cuadro No. 2)

CUADRO No. 1

DATOS DE POBLACION DE LOS PROYECTOS DE MINI-RIEGO

SEGUN CENSO	PROYECTO	POBLACION TOTAL	HOMBRES	MUJERES	POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA
1973	Pueblo Viejo	352	180	172	104
	Quiajolá	404	194	210	105
más reciente+	Pueblo Viejo	450	232	218	
	Quiajolá	483	236	247	

Fuente: USIPE

+ Datos recabados por la Alcaldía Municipal de San Sebastián Huehuetenango. 1981.

CUADRO No. 2
PORCENTAJE DE PERSONAS ALFABETAS Y ANALFABETAS

CENSO	ALDEA	ALFABETOS	%	ANALFABETOS	%
1973	Pueblo Viejo	40	11.36	312	88.64
	Quiajolá	69	17.07	335	82.93

Fuente: USIPE

Se observa que hay un número grande de analfabetos, pero en términos generales, se ha reducido grandemente en los últimos años.

3.1.4.3. Medios de supervivencia

- Productos

Básicamente viven de la agricultura, con los cultivos de subsistencia: maíz, -- frijol y los que se comercializan: cítri--cos (naranja, limón, lima y lima-limón), re--pollo, patatas, cebolla, tomate, lechuga; viven también de la fabricación de cal.

Los lugares donde se efectúan las ventas de los productos, generalmente son los mercados de la cabecera municipal y la cabecera departamental, ya que las vías de comunicación facilitan la comercialización de éstos.

Actualmente se ha iniciado la venta de productos con carácter de exportación, hacia El Salvador, básicamente de patatas y re--pollo.

- Migración

Existía la migración de familias ente-

ras a las grandes plantaciones de la Costa Sur en donde eran asalariados en el corte de algodón básicamente, o de otros cultivos como: café, caña de azúcar.

Pero con los Proyectos de mini-riego que dirige DIGESA Región I-1, esta migración ha bajado considerablemente, gracias a que ahora se cuenta con el recurso agua en cantidad suficiente en la época seca.

3.1.4.4. Tenencia y distribución de la tierra

En las áreas de explotación agrícola existe dominación de minifundios y en propiedad.

Algunas personas ceden sus tierras en forma de arrendamiento y medianería, pero hay predominio de propietarios.

Existiendo terrenos de menos de 1 Ha. de extensión.

3.1.5. Servicios de Asistencia Técnica

Desde 1979, el Sector Público Agrícola ha destacado promotores de desarrollo agrícola, quienes han indicado desde entonces la innovación de nuevas técnicas de: cultivo, conservación de suelos, uso de créditos, uso de semillas mejoradas, en las áreas de los Proyectos de riego. Básicamente ha sido trabajo de DIGESA Región I-1.

3.1.6. Condiciones de Producción Agrícola

Debido a las condiciones rudimentarias y tradicionales en que se cultivan las tierras, no se puede esperar a que hayan rendimientos óptimos.

Pero actualmente, tanto BANDESA como DIGESA, se encuentran fomentando el uso de insumos, principalmente en el área de riego.

El manejo de los suelos merece nuestra atención -

puesto que es el suelo el más deteriorado por desconocimiento de su uso y manejo adecuado.

Actualmente podemos decir que es muy poco lo que se ha hecho al respecto, ya que se cultiva en áreas de vocación forestal; el establecimiento de cultivos en terrenos con pendientes mayores del 32%.

Sólo en el área de riego hay manejo adecuado de los suelos, debido, a que el área tiene más asistencia técnica y las condiciones del relieve en el terreno son diferentes.

3.1.7. Condiciones de la Producción Forestal

En el área de estudio predominan los bosques puros de coníferas, en bajo porcentaje los bosques de la tifoliales y mixtos.

Dentro del uso que tiene se puede mencionar: uso como fuente de energía doméstica y de material de construcción. Es muy raro que se considere como fuente de materia prima para la producción forestal.

No se ha tenido algún dato sobre rendimiento de bosques del área, pero se sabe que hay tala inmoderada de árboles que provocan erosión y caudales torrenciales en las partes bajas de las aldeas, durante la época lluviosa.

3.1.8. Proyectos Actuales

En la actualidad, la Dirección General de Servicios Agrícolas, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, región I-1, tiene los Proyectos de mini-riego por aspersión, lo cual ha facilitado, que se puedan sembrar otro tipo diferente de cultivo a los tradicionales.

A través de extensión agrícola se han impartido pláticas y cursillos sobre: Gestión empresarial, piscicultura, técnicas de conservación de suelos, uso de

nuevas variedades en los cultivos tradicionales (maíz, frijol, y cítricos), y de los nuevos cultivos implantados (hortalizas). Así como también la introducción de razas mejoradas de cerdos.

Lo anteriormente descrito es planificado con el objetivo de obtener: aumento y diversificación de productos agrícolas; implementar el ingreso disponible de las personas; elevar el nivel de vida; mayores -- fuentes de trabajo; elevar el nivel educativo.

4. EVALUACION COMPLETA

A continuación se presenta el procedimiento general para efectuar una evaluación completa del sistema de riego por Aspersión, para los Proyectos de mini-riego de Pueblo Viejo y Quiajola en San Sebastián Huehuetenango.

4.1. Información Local

4.1.1. Datos climatológicos

Se consultaron los registros climatológicos del INSIVUMEH, para elegir entre las estaciones existentes aquella que tuviera las características a fines a la zona de estudio. Se determinó que la más adecuada es la estación tipo "A", ubicada en el municipio de Huehuetenango, departamento de Huehuetenango. Para fines de cálculo de evapotranspiración y requerimientos de riego, se recopilaron los registros que se muestran en el Cuadro No. 3.

4.1.2. Determinación del consumo de agua o evapotranspiración

Para la determinación de la evapotranspiración, se tomaron los cultivos de hortalizas, maíz y cítricos, ya que son los cultivos establecidos con mayor impulso en la zona. El método utilizado fue el de Blaney y Criddle modificado por Phelan, el cual presenta la siguiente expresión básica:

$$Et = K \times F$$

Donde:

Et	Evapotranspiración real total del cultivo, expresada como lámina de agua en cm.
K	Coefficiente total de ajuste que depende del cultivo y la ubicación
F	$\frac{(t + 17.8) \times P}{21.8}$
t	Temperatura media mensual en °C
P	Porcentaje de insolación mensual con respecto al total anual.

CUADRO No. 3

DATOS CLIMATOLOGICOS

ESTACION: 7.1.3. NOMBRE: HUEHUETENANGO LATITUD: 15°19'
 LONGITUD: 91°28' ELEVACION: 1902 msnm ANOS REGISTRO: 8(1972-79)

Mes	Temperaturas			Radiación* Solar	Viento		Humedad Relativa			Pe*
	Máx	Mín	Med		Máx	Med	Máx	Mín	Med	
Enero	25.6	7.0	16.8	9.58	26.5	7.1	100	17	60	0.2
Febre.	25.9	7.0	15.9	9.18	29.3	8.1	100	12	64	1.6
Marzo	29.1	8.2	18.3	10.60	32.0	8.8	100	12	59	11.2
Abril	27.6	11.5	18.6	9.66	30.6	7.7	100	14	69	22.4
Mayo	28.2	12.4	19.3	8.28	26.8	6.3	100	18	71	69.7
Junio	24.6	13.7	17.8	7.18	27.0	8.3	100	28	79	100.8
Julio	24.6	12.6	18.4	7.72	29.2	10.0	100	27	75	95.0
Agost.	24.7	13.5	17.3	7.51	24.8	7.9	100	29	79	98.7
Septi.	24.5	13.6	17.8	6.30	24.2	7.2	100	35	50	99.7
Octub.	23.9	12.6	18.1	7.27	23.8	6.6	100	28	78	90.0
Novie.	23.6	10.0	15.6	7.36	24.4	5.8	100	22	77	33.8
Dicie.	22.8	6.9	14.1	9.37	26.4	7.0	100	11	72	1.7
ANUAL	25.4	10.7	17.3		32.0	7.6	100	11	72	

Fuente: INSIVUMEH

* GONZALEZ (1974)

el cálculo se efectuó para la época de siembra, que se inicia en el mes de Enero. La determinación de la evapotranspiración real para los cultivos de hortalizas, maíz y cítricos se presentan en los Cuadros Nos. 4, 5 y 6.

4.1.3. Determinación de los requerimientos de riego

Una vez determinada la evapotranspiración real del cultivo para la época de siembra, se procedió a determinar el requerimiento de riego en base a la siguiente expresión:

$$Rr = Et' - Pe$$

Donde:

Rr Requerimiento de riego
Et' Evapotranspiración calculada
Pe Precipitación efectiva.

Los requerimientos para la época de siembra quedan como se muestra en el Cuadro No. 7

4.1.4. Información sobre suelos

4.1.4.1. Muestreo de suelos

Se tomaron muestras representativas del área de estudio, con el fin de efectuar los análisis para caracterizar los suelos. Se realizaron una serie de muestreos a una profundidad de 1.20 m, con el objeto de delimitar áreas, que por sus características determinarán la localización de una calicata para efectuar un muestreo detallado. Realizandose en sitios representativos de los dos Proyectos.

4.1.4.2. Análisis físico-químico de los suelos

De cada calicata se obtuvo una submuestra a fin de obtener al final una --

CUADRO No. 4

DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL PARA HORTALIZAS

Mes	Temp. °C	$t + 17.8$ 21.8	P %	f (cm)	Kt	f x Kt	Kc*	Etc (cm)	Et' (cm)	Et' acum. (cm)
Enero	16.8	1.587	9.58	15.203	0.763	11.600	0.78	9.048	6.315	6.315
Febrero	15.9	1.546	9.18	14.192	0.735	10.431	1.37	14.290	9.974	16.289
Marzo	18.3	1.656	10.60	17.554	0.810	14.219	1.20	17.063	11.910	28.199
				46.949				40.401	28.199	
Febrero	15.9	1.546	9.18	14.192	0.735	10.431	0.78	8.136	5.362	5.362
Marzo	18.3	1.656	10.60	17.554	0.810	14.219	1.37	19.480	12.837	18.199
Abril	18.6	1.670	9.66	16.132	0.819	13.212	1.20	15.854	10.448	28.647
				47.878				43.470	28.647	
Marzo	18.3	1.656	10.60	17.554	0.810	14.219	0.78	11.091	7.309	7.309
Abril	18.6	1.670	9.66	16.132	0.819	13.212	1.37	18.100	11.928	19.237
Mayo	19.3	1.702	8.28	14.093	0.841	11.852	1.20	14.222	9.372	28.609
				47.779				43.413	28.609	

$$Kt = 0.031144 t^{\circ}C + 0.2396$$

$$Etc = (f \times Kt) Kc$$

$$Et = Kg \times \sum f$$

$$Et = 0.6 \times \sum f$$

$$Etg < Etc \Rightarrow \text{ajuste}$$

$$Et' = (Etc) \frac{K}{K'}$$

$$K' = \frac{\sum Et}{\sum f}$$

+ Gráfica No. 1 del apéndice

Período de crecimiento

(vegetativo) 90 días

Fechas de siembra lo. de Enero

lo. de Febrero

lo. de Marzo

CUADRO No. 5
DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL PARA MAIZ

Mes	Temp. °C	$\frac{t - 17.8}{21.8}$	P %	f (cm)	Kt	f x Kt	Kc ⁺	Etc (cm)	Et' (cm)	Et' acum. (cm)
Enero	16.8	1.587	9.58	15.203	0.763	11.600	0.66	7.656	7.641	7.641
Febrero	15.9	1.546	9.18	14.192	0.735	10.431	1.04	10.848	10.826	18.467
Marzo	18.3	1.656	10.60	17.554	0.810	14.219	1.03	14.646	14.617	33.084
Abril	18.6	1.670	9.66	16.132	0.819	13.212	0.85	11.230	11.208	44.292
				63.081				44.380	44.292	
Febrero	15.9	1.546	9.18	14.192	0.735	10.431	0.66	6.884	6.581	6.581
Marzo	18.3	1.656	10.60	17.554	0.810	14.219	1.04	14.788	14.137	20.718
Abril	18.6	1.670	9.66	16.132	0.819	13.212	1.03	13.608	13.009	33.727
Mayo	19.3	1.702	8.28	14.093	0.841	11.852	0.85	10.074	9.631	43.358
				61.971				45.354	43.358	

$$Et = Kg \times \sum f$$

$$Et = 0.7 \times \sum f$$

$$Etg < Etc \Rightarrow \text{ajuste}$$

$$Et' = (Etc) \frac{K}{K'}$$

$$K' = \frac{\sum Et}{\sum f}$$

+ Gráfica No. 2 del apéndice

Período de crecimiento
(vegetativo)

120 días

Fechas de siembra

10. de Enero

10. de Febrero

CUADRO No. 6

DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL PARA CITRICOS

Mes	Temp. °C	$\frac{t - 17.8}{21.8}$	P %	f (cm)	Kt	f x Kt	Kc*	Etc (cm)	Et' (cm)	Et' acum. (cm)
Noviembre	15.6	1.532	7.36	11.276	0.725	8.175	0.68	5.559	4.964	4.964
Diciembre	14.1	1.463	9.37	13.708	0.679	9.308	0.70	6.516	5.819	10.783
Enero	16.8	1.587	9.58	15.203	0.763	11.600	0.72	8.352	7.458	18.241
Febrero	15.9	1.546	9.18	14.192	0.735	10.431	0.73	7.615	6.800	25.041
Marzo	18.3	1.656	10.60	17.554	0.809	14.201	0.74	10.509	9.384	34.425
Abril	18.6	1.670	9.66	16.132	0.819	13.212	0.75	9.909	8.849	43.274
Mayo	19.3	1.702	8.28	<u>14.093</u>	0.841	11.852	0.74	<u>8.770</u>	<u>7.832</u>	51.106
				102.158				57.230	51.106	

* Gráfica No. 3 Apéndice

$$Et = Kg \times \sum f = 0.5 \times 102.158 = 51.079$$

Etg < Etc $\Rightarrow$ ajuste

$$Et' = (Etc) \frac{K}{K'}$$

$$K' = \frac{\sum Et}{\sum f} = 0.56$$

$$Et' = Etc \times 0.893$$

Período de crecimiento

(Vegetativo) 212 días

Fecha de siembra

10. de Noviembre

CUADRO No. 7
REQUERIMIENTO DE RIEGO (mm)

Cultivo		Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Total
	Pe	33.8	1.7	0.2	1.6	11.2	22.4	69.7	
Cítricos	Et'	49.6	58.2	74.6	68.0	93.8	88.5	78.3	511.0
	Rr	15.8	56.5	74.4	66.4	82.6	66.1	8.6	370.4
Hortalizas	Et'			⁺ 63.2	99.7	119.1			282.0
	Rr			63.0	98.1	107.9			269.0
	Et'				⁺ 53.6	128.4	104.5		286.5
	Rr				52.0	117.2	82.1		251.3
	Et'					⁺ 73.1	119.3	93.7	286.1
	Rr					61.9	96.9	24.0	182.8
Maíz	Et'			⁺ 76.4	108.3	146.2	112.1		443.0
	Rr			76.2	106.7	135.0	89.7		407.6
	Et'				⁺ 65.8	141.4	130.1	96.3	433.6
	Rr				64.2	130.2	107.7	26.6	328.7

⁺Inicio del ciclo del cultivo

muestra representativa de toda el área.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos del ICTA, para su análisis físico-químico respectivo. Los resultados se muestran en los Cuadros No.s 8 y 9.

CUADRO No. 8

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Proyecto	Muestra	%	pH	ppm (disponible)		Meq/100 grs. de suelo	
				P	K	Ca	Mg
Quiajola	1	1.45	6.9	> 50	150	12.09	1.72
	2	2.57	6.4	31.25	155	1.91	1.55
	3	1.22	5.4	26.67	97	1.66	1.11
Pueblo Viejo	4	2.72	6.9	> 50	102	6.57	3.11
	5	1.78	6.7	13.33	123	1.25	1.04
	6	1.29	6.0	6.26	112	2.20	1.23

Análisis efectuado por el laboratorio de suelos del ICTA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

En base a los resultados del análisis químico de laboratorio podemos inferir, en primer lugar, que el nivel de materia orgánica son bajos, pues no alcanzan el 5%, considerado como el nivel adecuado.

Los elementos disponibles (K, Ca y Mg), son bajos.

Las condiciones químicas del suelo,

CUADRO No. 9
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

Proyecto	Muestra	Profundidad de suelo (cm)	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
Pueblo Viejo	1	0 - 30	12.94	23.63	59.43	Franco-arenoso
	2	30 - 60	40.44	20.01	39.55	Franco-arcilloso
	3	60 - 90	10.39	30.47	59.14	Franco-arenoso
	4	90 - 120	11.97	30.23	57.80	Franco-arenoso
Quiajolá	1	0 - 30	42.41	42.41	33.70	Franco-arcilloso
	2	30 - 60	16.88	26.93	56.19	Franco-arenoso
	3	60 - 90	15.03	25.10	59.87	Franco-arenoso
	4	90 - 120	18.35	24.45	57.20	Franco-arenoso

Análisis efectuado por el laboratorio de suelos de DIRYA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

o sea, los niveles de sus nutrimentos indican que es un suelo pobre.

Para asegurar su productividad, es necesario efectuar análisis de suelos, periódicamente.

4.1.4.3. Determinación de las constantes de humedad del suelo

Para la determinación de las constantes de humedad del suelo, se procedió a tomar muestras a cada 30 cm de profundidad, hasta los 120 cm. En las calicatas se obtuvo una submuestra de cada profundidad, hasta tener tres muestras compuestas (de 4 sub muestras cada una) Los resultados se presentan en el Cuadro No. 10.

4.1.4.4. Factores que influyen en el manejo del sistema de riego

4.1.4.4.1. Superficie topográfica

La topografía del área en estudio es muy irregular, presentando pendientes que van desde un 1% hasta un 40%.

4.1.4.4.2. Método de aplicación

El método de aplicación de agua de riego, es por medio del método de riego por: Aspersión. Tomando en consideración que una de sus ventajas, es la de poderse implementar en donde la topografía es irregular y donde los cultivos requieran de riegos frecuentes.

CUADRO No. 10

CARACTERISTICAS FISICAS Y DE RETENCION DE HUMEDAD

Proyecto	Profundidad (cm)	Textura	Densidad aparente	Humedad del suelo	
				1/3 Atm.	15 Atm
Pueblo Viejo	0 - 30	Franco-arenoso	1.4516	14.7268	6.0245
	30 - 60	Franco-arcilloso	1.3625	24.3618	13.1621
	60 - 90	Franco-arenoso	1.5620	13.2816	5.4938
	90 - 120	Franco-arenoso	1.4328	15.5519	7.1998
Quiajolá	0 - 30	Franco-arcilloso	1.3478	25.3127	12.7834
	30 - 60	Franco-arenoso	1.4923	13.3245	6.3031
	60 - 90	Franco-arenoso	1.5911	16.2533	4.5239
	90 - 120	Franco-arenoso	1.5243	17.1620	5.4343

Análisis efectuado en el laboratorio de suelos de DIRYA.

cuentas y livianos o la capa superficial sea poco profunda.

4.2. Información del campo agrícola

4.2.1. Extensión del terreno por irrigar

En base a entrevistas con personal encargado de los proyectos de mini-riego y consultas de los archivos de DIGESA, se pudo establecer la extensión de estos. Las especificaciones de sus extensiones aparecen en el Cuadro No. 11.

La extensión de cada uno de los Proyectos, está en función de la sumatoria total de las extensiones con que cada usuario entre en el Proyecto.

CUADRO No. 11

EXTENSION DE LOS PROYECTOS DE MINI-RIEGO
EN FUNCION DEL NUMERO DE USUARIOS

Proyecto	Número de Usuarios	Extensión (Has.)
Pueblo Viejo	43	43.73
Quiajola	64	34.98

Fuente: Archivos de mini-riego, DIGESA, Región I-1

4.2.2. Cultivos a regar

En la zona de estudio, es tradicional, dadas las condiciones climatológicas, agrónomicas y sociales, la siembra de cultivos tradicionales como son los ci---

tricos y el maíz, aunque últimamente la introducción del cultivo de hortalizas, de clima templado (ayote, brócoli, coliflor, lechuga, cebolla, repollo y tomate), a tomado auge para la siembra, en función de la implantación del riego por aspersión en los Proyectos de mini-riego de Pueblo Viejo y Quiajolá. En el Cuadro No. 12, se presentan los datos de siembra para los cultivos de la zona de estudio.

4.2.3. Velocidad de infiltración

Se efectuaron pruebas de campo para el cálculo de la velocidad de infiltración, utilizando el método del infiltrómetro de cilindro, el cual consiste de un cilindro de metal de aproximadamente 40 cm de diámetro y con una altura aproximada de 35 cm. la cual va enterrada a 1/3 de su altura, en su base se le hace un buffer, que consiste básicamente en aplicar agua alrededor de la colocación del cilindro para que haya una mejor distribución vertical del agua infiltrada.

Tomando lectura del descenso del agua, en función de los intervalos de tiempo se pudo establecer la velocidad de infiltración.

Los valores medios de cada punto, tiempo y lámina infiltrada se acumularon y se ploteó en hoja de papel logarítmico de tres ciclos en el cual, en el eje de las ordenadas se anotaron las láminas acumuladas y en el eje de las abscisas el tiempo acumulado, las rectas obtenidas fueron ajustadas mediante la utilización de regresión lineal teniéndose con ello un valor más representativo.

Para los cálculos de los parámetros de la ecuación de infiltración se empleó el modelo de Kostia---kov-Lewis.

$$I = Kt^n$$

CUADRO No. 12

DATOS DE LOS CULTIVOS EN LOS PROYECTOS DE MINI-RIEGO
QUIAJOLA Y PUEBLO VIEJO

Cultivo	Familia	Variedad	Fecha y método de siembra	(cm) Profundidad de siembra	Distancia de siembra entre surcos entre plantas	
Maíz	Graminácea	Criollo.	Todo el año. Siembra directa.	3 - 5	80 - 90	20 - 25
Ayote	Cucurbitácea	Suchinni No. 117 ZV	Todo el año. Siembra directa.	2	90 - 300	90 - 200
Brócoli	Cruciferaea	De cico No. 124 CF	Todo el año. Semillero y trasplante.	2	60 - 90	40 - 60
Lechuga	Cruciferaea	Salinas, White boston No. 181 WBF, Great lakes No. 183 GLV.	Todo el año. Semillero y trasplante.	2	35 - 45	25 - 30
Cebolla	Liliácea	Chata mexicana 135 AR.	En la zona templada y fría, de Agosto a Noviembre y de Febrero a Mayo. Semillero y trasplante.	2	30 - 40	8 - 12
Repollo	Cruciferaea	Green boy, King Kole No. 323 KKF, Roundop No. 232 RF.	Todo el año. Semillero y trasplante.	2	60 - 90	40 - 60
Tomate	Solanacea	Napoli No. 284 NF, Roma No. 284 RF, Marglobe.	Todo el año. Semillero y trasplante.	1 - 2	90 - 120	40 - 60
Frijol	Leguminosacea	Suchitán.	Todo el año. Siembra Directa.	2	40 - 90	10 - 20
Papa	Solanácea	Lomán.	Todo el año. Siembra directa.	8 - 10	75 - 90	25 - 30

Donde:

- I Velocidad de infiltración en cm/hr
- K Parámetro que representa la cantidad de infiltración durante el intervalo inicial
- t Tiempo en minutos.
- n Parámetro que indica la forma con la que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

Los valores del intercepto ordenada en el origen al igual que la pendiente se obtuvieron de un promedio de los diferentes puntos muestrados.

En base a las pruebas de campo, y los datos aportados por éstos, se pudo establecer la velocidad de infiltración (rapidez con la cual penetra el agua al suelo, generalmente se expresa con unidades de lámina por tiempo), y de infiltración básica (punto en el cual la velocidad de infiltración sobre el tiempo de infiltración sobre el tiempo de infiltración, se hacen aproximadamente constantes).

Estos dos, son parámetros que nos van a determinar el tiempo y la lámina de riego ($\leq$ a un 10% de su capacidad de infiltración) para evitar una sobresaturación (encharcamiento y erosión) de los suelos bajo riego.

La infiltración básica se determino partiendo de la siguiente expresión.

$$T_b = - \frac{K}{n}$$

Donde:

- T_b Tiempo de infiltración básica en mins.
- n Parámetro que indica la forma con la que la velocidad de infiltra---

ción se reduce con el tiempo.

$$I_b = K(T_b)^n$$

Donde:

T_b Infiltración básica en cm/mints.
K Parámetro que representa la cantidad de infiltración durante el intervalo inicial.

Para una mejor representatividad se realizaron tres pruebas de campo en cada uno de los Proyectos de la zona de estudio, quedando los datos de velocidad de infiltración e infiltración básica, como puede observarse en el Cuadro No. 13 Gráficas Nos. 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

4.2.4. Determinación de la lámina de humedad aprovechable

La lámina de humedad aprovechable, es la lámina de agua que el suelo puede retener entre los límites de capacidad de campo y punto de marchites permanente.

(Hurd, 1974) establece que la profundidad radicular para los cultivos; de hortalizas es de 40 cm, para maíz es de 80 cm. y para cítricos es de 120 cm. como promedio.

Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$LHA = \frac{(P_{s_{cc}} - P_{s_{pmp}})}{100} \times D_a \times P$$

Donde:

LHA Lámina de humedad aprovechable del estrato. (cm)
P_{s_{cc}} Porcentaje de humedad a capacidad de campo.

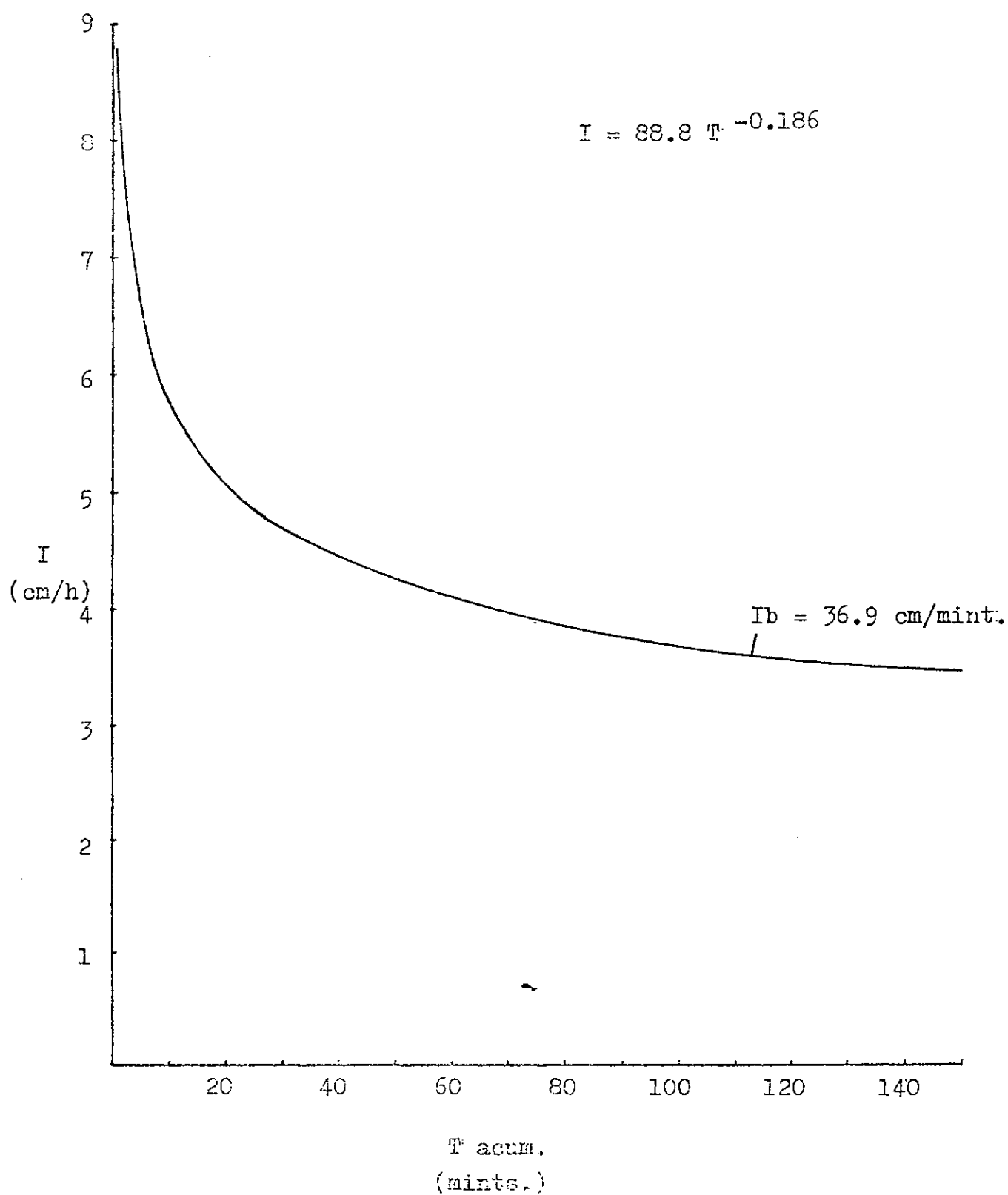
CUADRO No. 13

DATOS DE VELOCIDAD DE INFILTRACION E INFILTRACION
BASICA

Proyecto	Parcela	Textura	VELOCIDAD DE INFILTRACION			INFILTRACION BASICA (mint) (cm/mint) (cm/hr)		
			n	K	I	Tb	Ib	Ib
Pueblo Viejo	I	moderadamente fina	-0.186	88.8	$88.8t^{-0.186}$	111.6	36.94	0.61
	II	media	-0.082	66.2	$66.2t^{-0.082}$	49.2	48.10	0.802
	III	media	-0.153	79.36	$79.36t^{-0.153}$	91.8	39.75	0.663
Quiajolá	I	moderadamente fina	-0.300	185.2	$185.2t^{-0.300}$	180.0	39.00	0.650
	II	media	-0.150	65.8	$65.8t^{-0.150}$	90.0	33.50	0.558
	III	moderadamente fina	-0.248	74.10	$74.1t^{-0.248}$	148.8	21.43	0.357

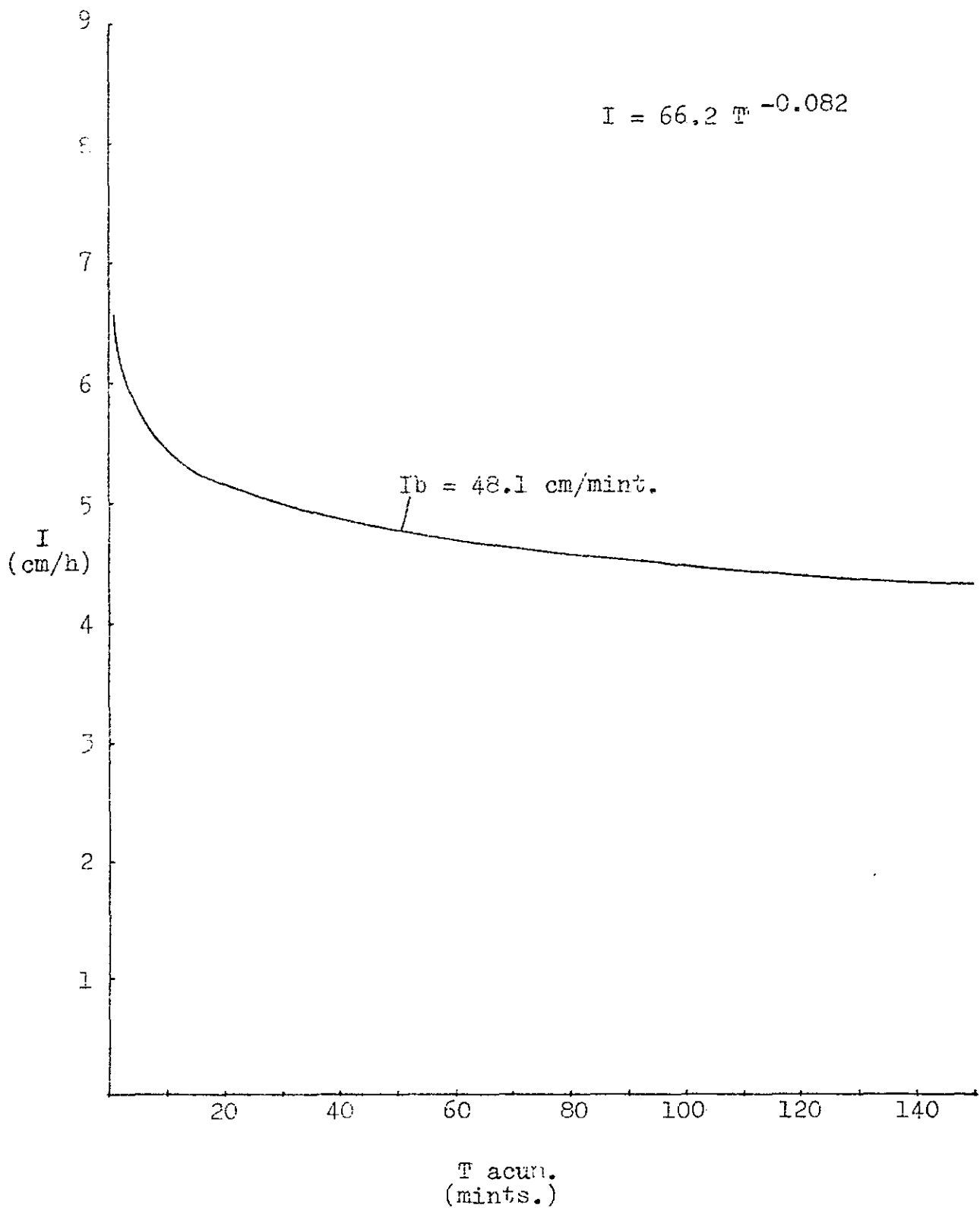
PROYECTO: PUEBLO VIEJO

PARCELA: I



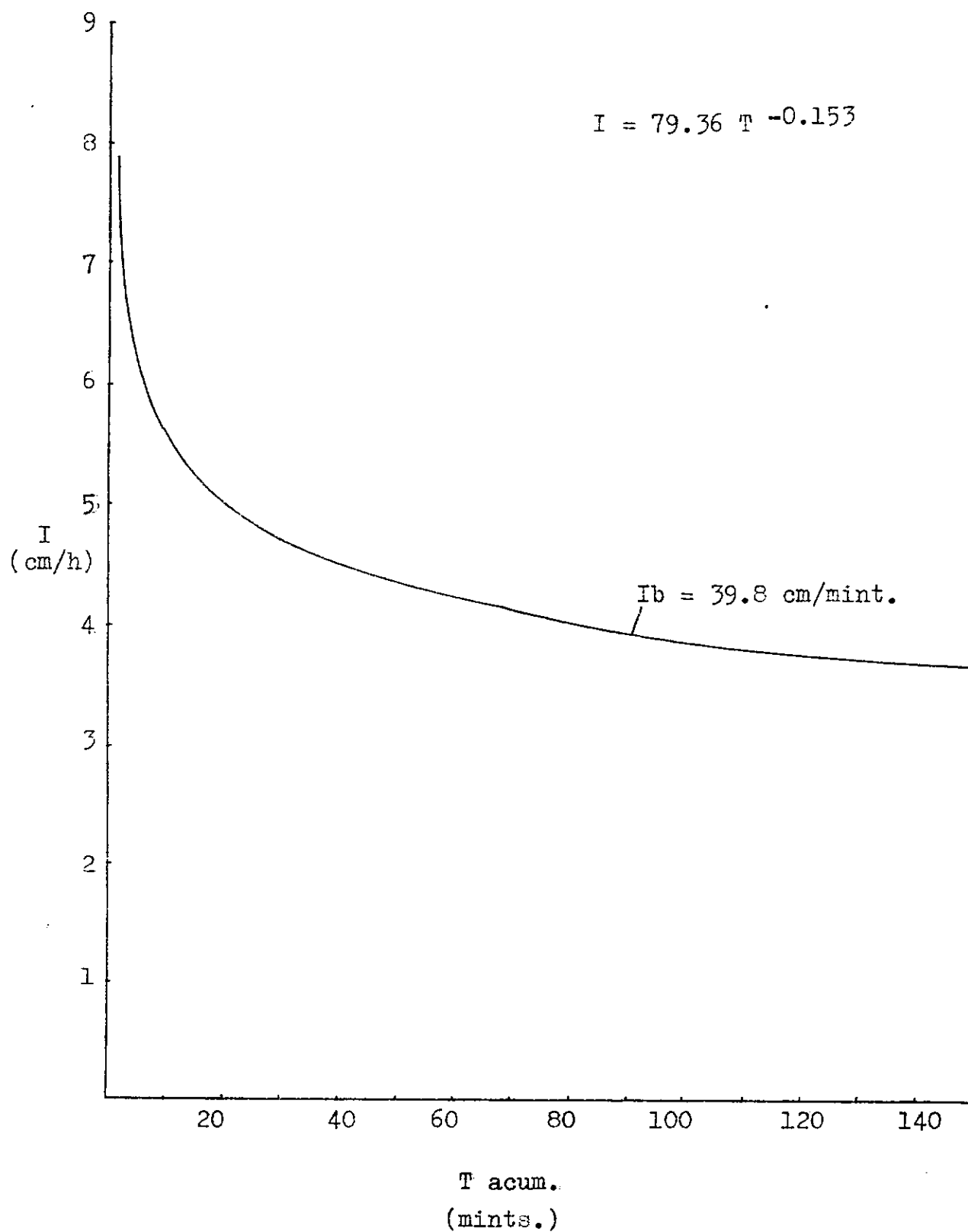
PROYECTO: PUEBLO VIEJO

PARCELA: II



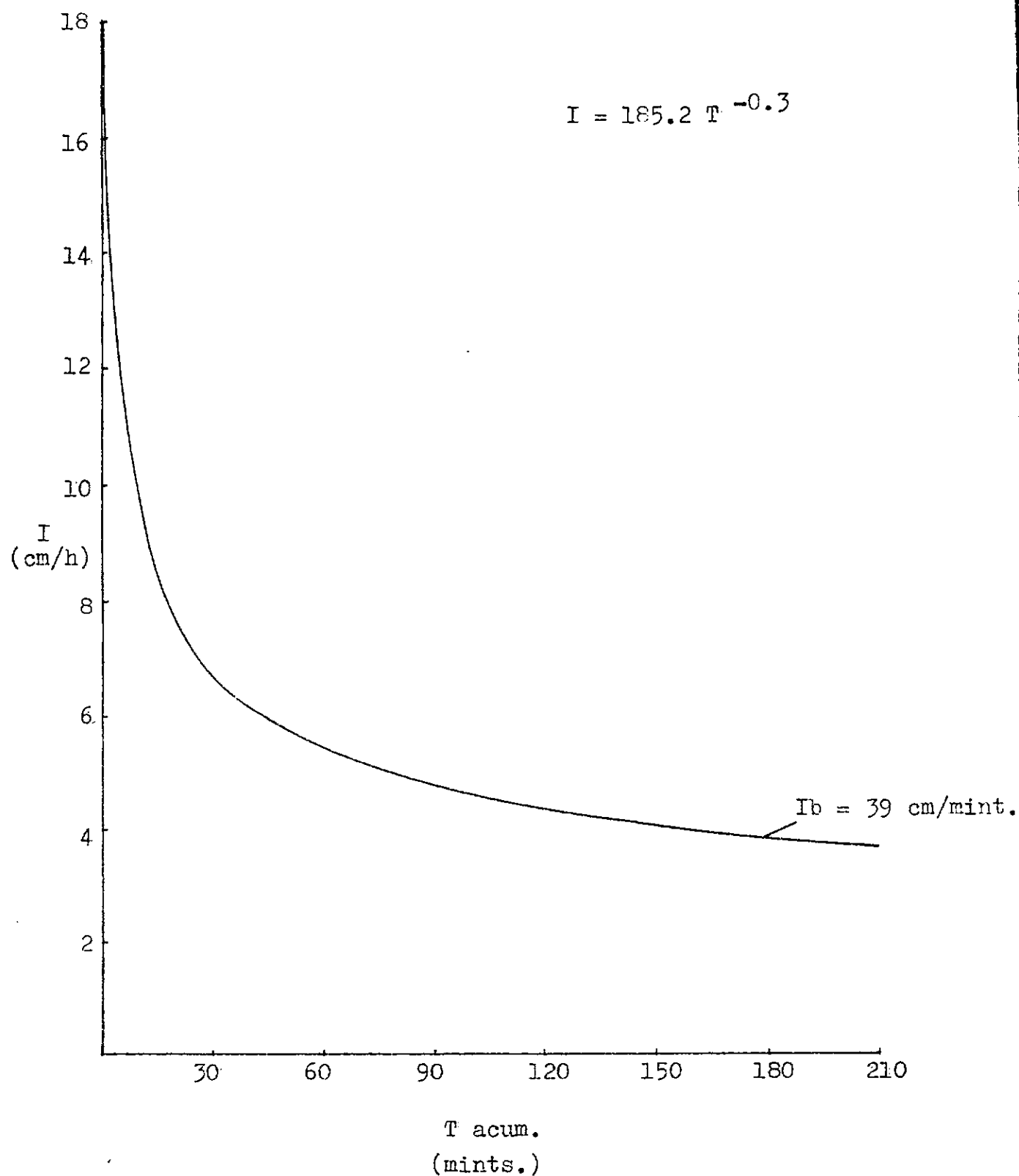
PROYECTO: PUEBLO VIEJO

PARCELA: III



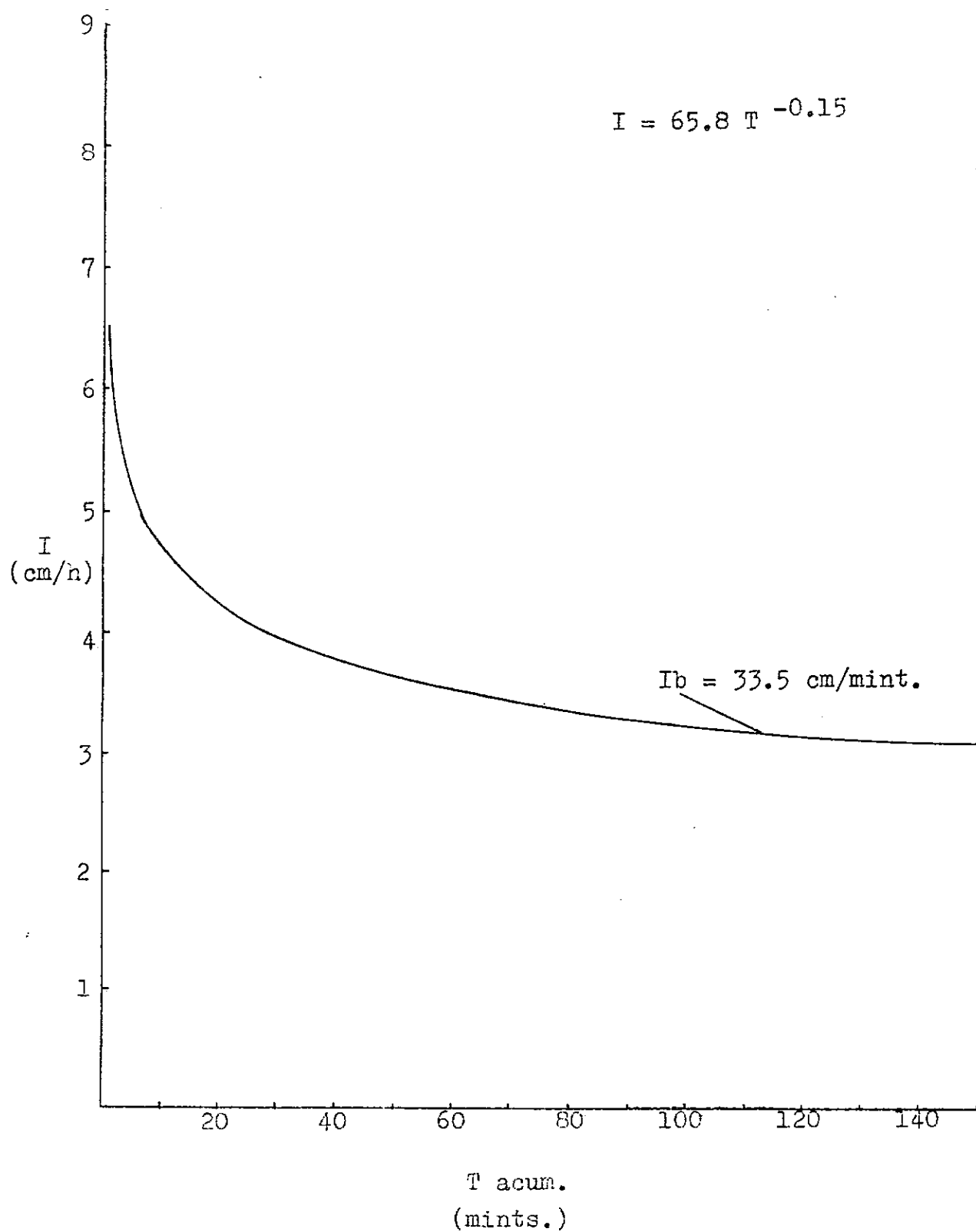
PROYECTO: JULAJOLA

PARCELA: I



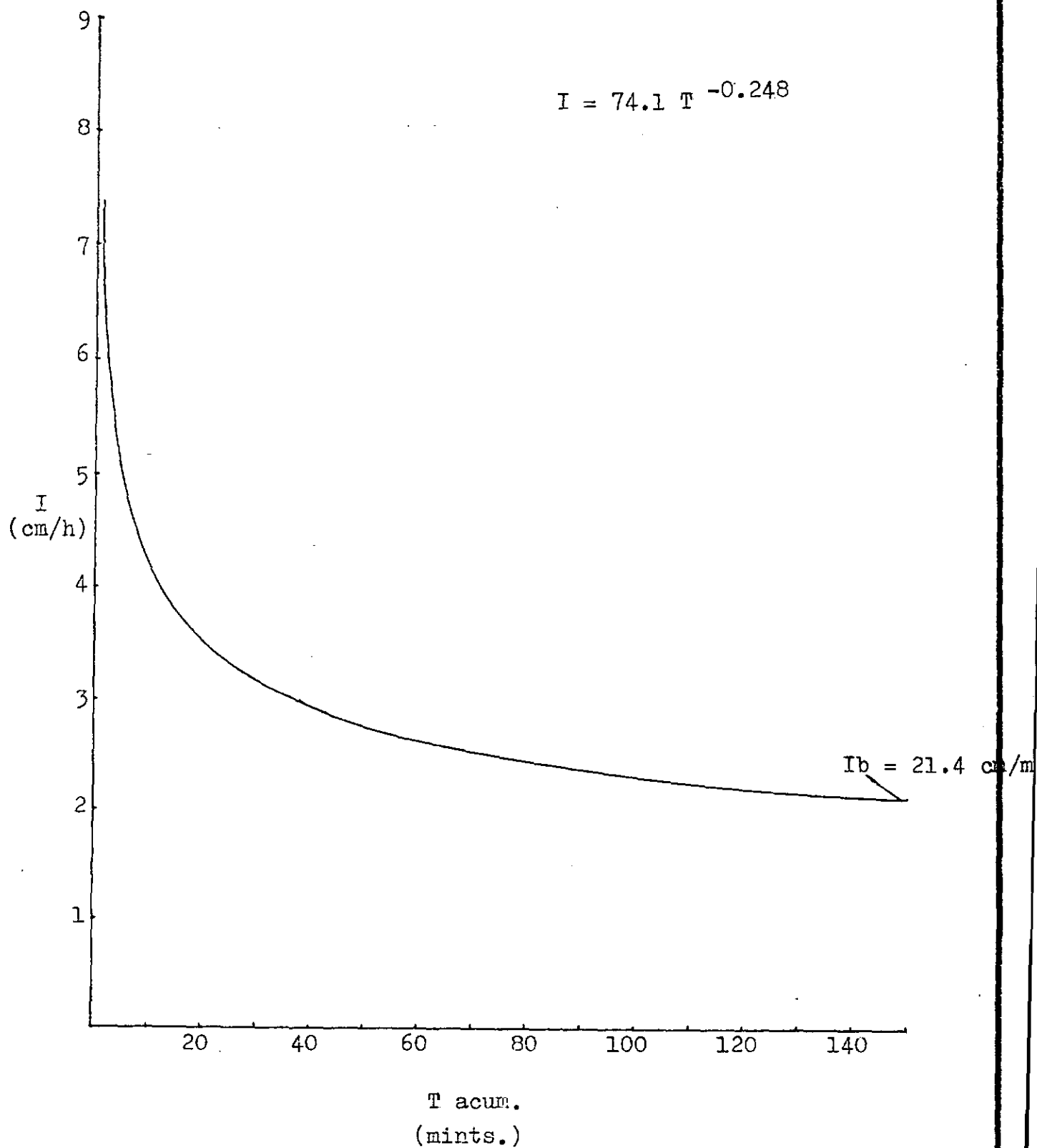
PROYECTO: QUIAJOLA

PARCELA: II



PROYECTO: QUIAJOLA

PARCELA: III



$P_{s_{pmp}}$	Porcentaje de humedad a punto de <u>marchi</u> tez permanente del estrato.
Da	Densidad aparente del estrato.
P	Profundidad del estrato. (cm)

Los resultados se presentan en el Cuadro No. 14

4.2.5. Determinación de la lámina de riego bruta

La lámina de riego bruta, es la lámina que debe aplicarse después de considerar un porcentaje de eficiencia de aplicación, sobre la lámina de riego neta. A su vez la lámina de riego neta se define, como aquella que es necesario aplicar al cultivo de cada riego para mantener la humedad del suelo en tensiones adecuadas para ser fácilmente aprovechable por el mismo.

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

Donde:

Lb	Lámina bruta. (cm)
Ln	Lámina neta. (cm)
Ea	Eficiencia de aplicación. (%)
$Ln = A (LHA)$	

Donde:

Ln	Lámina neta. (cm)
A	Porcentaje de la lámina de agua aprovechable que puede permitirse sea usada por el cultivo sin que éste se resienta.

La mayoría de cultivos y en especial los cultivos de la zona (hortalizas, maíz y cítricos), son susceptibles a la falta de humedad (Aooenbos y Kassam, 1979), por lo que se utilizó un 60% de la lámina de a

CUADRO No. 14

DETERMINACION DE LA LAMINA DE HUMEDAD
APROVECHABLE

Porcentaje de humedad						
Proyecto	Profundidad del suelo	Capacidad de campo	Punto de Marchitez Permanente	Densidad Aparente	LHA (cm)	Cultivo Hortalizas Maíz Cítricos
Pueblo Viejo	0 - 30	14.7268	6.0245	1.4516	3.79	
	30 - 60	24.3618	13.1621	1.3625	4.58	8.37
	60 - 90	13.2816	5.4938	1.5620	3.64	12.01
	90 - 120	15.5519	7.1998	1.4328	3.59	15.60
Quiajolá	0 - 30	25.3127	12.7834	1.3478	5.07	
	30 - 60	13.3245	6.3031	1.4923	3.14	8.21
	60 - 90	16.2533	4.5239	1.5911	5.60	13.81
	90 - 120	17.1620	5.4343	1.5243	5.36	19.17

gua aprovechable. Quedando en este caso, para el Proyecto de Pueblo Viejo:

Hortalizas: $Ln = 0.60$ (8.37)
 $Ln = 5.02$ cm

Maíz: $Ln = 0.60$ (12.01)
 $Ln = 7.21$ cm

Cítricos: $Ln = 0.60$ (15.60)
 $Ln = 9.39$ cm

Y para los cultivos del Proyecto de Quiajolá los siguientes datos:

Hortalizas: $Ln = 0.60$ (8.21)
 $Ln = 4.93$ cm.

Maíz: $Ln = 0.60$ (13.81)
 $Ln = 9.29$ cm

Cítricos: $Ln = 0.60$ (19.17)
 $Ln = 11.50$ cm

(Pair, 1975) Las eficiencias de aplicación en riego por aspersión, varía de 0.70 en regiones áridas hasta 0.80 en climas fríos. Al trabajar con las eficiencias de aplicación de cada Proyecto de mini-riego (Cuadro No. 22), la lámina bruta queda así:

Proyecto de mini-riego "Pueblo Viejo":

Hortalizas: $Lb = 5.02$ cm/0.68
 $Lb = 7.38$ cm

Maíz: $Lb = 7.21$ cm/0.68
 $Lb = 10.60$ cm

Cítricos: Lb = 9.36 cm/0.68
 Lb = 13.76 cm

Y para los cultivos del Proyecto de mini-riego de "Quiajola", la lámina de riego bruta queda así:

Hortalizas: Lb = 4.93 cm/0.72
 Lb = 6.84 cm

Maíz: Lb = 8.29 cm/0.72
 Lb = 11.51 cm

Cítricos: Lb = 11.5 cm/0.72
 Lb = 15.97 cm.

En resumen, para el Proyecto de mini-riego de Pueblo Viejo, podemos inferir.

Hortalizas: La lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP es de 8.37 cm netos y 12.31 cm brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baje hasta un 40% es de 5.02 cm netos y 7.38 cm brutos.

Maíz: La lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP es de 12.01 en cm netos y 17.66 cm brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baje hasta un 40% es de 7.21 cm netos y 10.60 cm brutos.

Cítricos: La lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP es de 15.60 cm netos y 22.94 cm brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baje hasta un 40% es de 9.36 cm netos y 13.76 cm brutos.

En resumen, para el Proyecto de mini-riego de Quiajoló, podemos inferir:

Hortalizas: La lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP es de 8.21 cm netos y 11.40 cm brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baje hasta un 40% es de 4.93 cm netos y 6.84 cm brutos.

Maíz: La lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP es de 13.81 cm netos y 19.18 cm brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baje hasta un 40% es de 8.29 cm netos y 11.51 cm brutos.

Cítricos: La lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP es de 19.17 cm netos y 26.63 cm brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baje hasta un 40% es de 11.50 cm netos y 19.97 cm brutos.

4.2.6. Determinación de los niveles permisibles de la lámina de agua, a distintas etapas de desarrollo de los cultivos de la zona

(Hurd, 1974), establece que la profundidad radicular para hortalizas es de 40 cm, para maíz de 80 cm y para cítricos de 120 cm, como promedio. Además de establecer un 90% de la profundidad máxima de exploración de las raíces.

Para establecer las láminas de agua, para el ciclo del cultivo, se utilizaron los datos de las profundidades enraizables promedio de cada mes, los cuales aparecen en el Cuadro No. 15, partiendo de la siguiente ecuación:

CUADRO No. 15

LAMINA DE AGUA EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD RADICULAR PROMEDIO DE CADA MES

Proyecto	Cultivo		CICLO DEL CULTIVO					
			1er. Mes	2do. Mes	3er. Mes	4to. Mes	5to. Mes	6to. Mes
Pueblo Viejo	Hortalizas	Px	14.00	32.00	36.00			
		Ln	1.06	2.93	3.29			
		Lb	1.56	4.31	4.84			
	Maíz	Px	22.00	55.00	71.00	72.00		
		Ln	1.67	5.03	5.18	5.26		
		Lb	2.46	7.40	7.62	7.74		
	Cítricos	Px	19.00	53.00	80.00	97.00	107.00	108.00
		Ln	1.44	4.85	5.84	6.97	7.68	7.75
		Lb	2.12	7.13	8.59	10.25	11.29	11.40
Quiajola	Hortalizas	Px	14.00	32.00	36.00			
		Ln	1.42	2.01	2.26			
		Lb	1.97	2.79	3.14			
	Maíz	Px	22.00	55.00	71.00	72.00		
		Ln	2.23	3.46	7.95	8.06		
		Lb	3.10	4.81	11.04	11.19		
	Cítricos	Px	19.00	53.00	80.00	97.00	107.00	108.00
		Ln	1.93	3.33	8.96	10.40	11.48	11.59
		Lb	2.68	4.63	12.44	14.44	15.94	16.10

Px Profundidad de exploración radicular promedio para cada mes. (90%)

Lb Lámina bruta. (Esta es la lámina que realmente debe aplicarse en el campo)

Ea Eficiencia de aplicación (Proyecto: Pueblo Viejo = 0.68 ; Quiajola = 0.72)

$$R = 1.8 \left(\frac{t}{tc} \right) \left(\frac{1.5 - t}{tc} \right) Rx$$

Donde:

- R Profundidad enraizable. (cm)
t Tiempo o intervalo considerado del total.
tc Duración del ciclo del cultivo.
Rx Profundidad enraizada. (Profundidad máxima de exploración radicular).

Los datos de la humedad aprovechable se obtuvieron del Cuadro No. 10. (Características físicas y de retención de humedad).

4.2.7. Determinación del calendario de riego

Determinados los valores de requerimiento de riego y lámina de riego neta y bruta, tomando los días correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo de hortalizas (90 días), maíz (120 días) y cítricos (212 días), se calculó el calendario de riego, por medio del Método Gráfico, en el cual se utilizaron los datos que se presentan en el Cuadro No. 16.

Considerando iniciar los riegos el día 10. de enero, febrero y marzo, para el cultivo de hortalizas y el 10. de enero y febrero, para el cultivo de maíz, y el día 10. de noviembre para el cultivo de cítricos, y asumiendo que en ese momento al suelo se le ha efectuado el llamado riego profundo, que no se toma en consideración para fines de cálculo.

Se calculó el calendario, según puede apreciarse en las Gráficas Nos. 7,8,9,10,11, y 12, y cuyo resumen se presenta en el Cuadro No. 17.

CUADRO No. 16

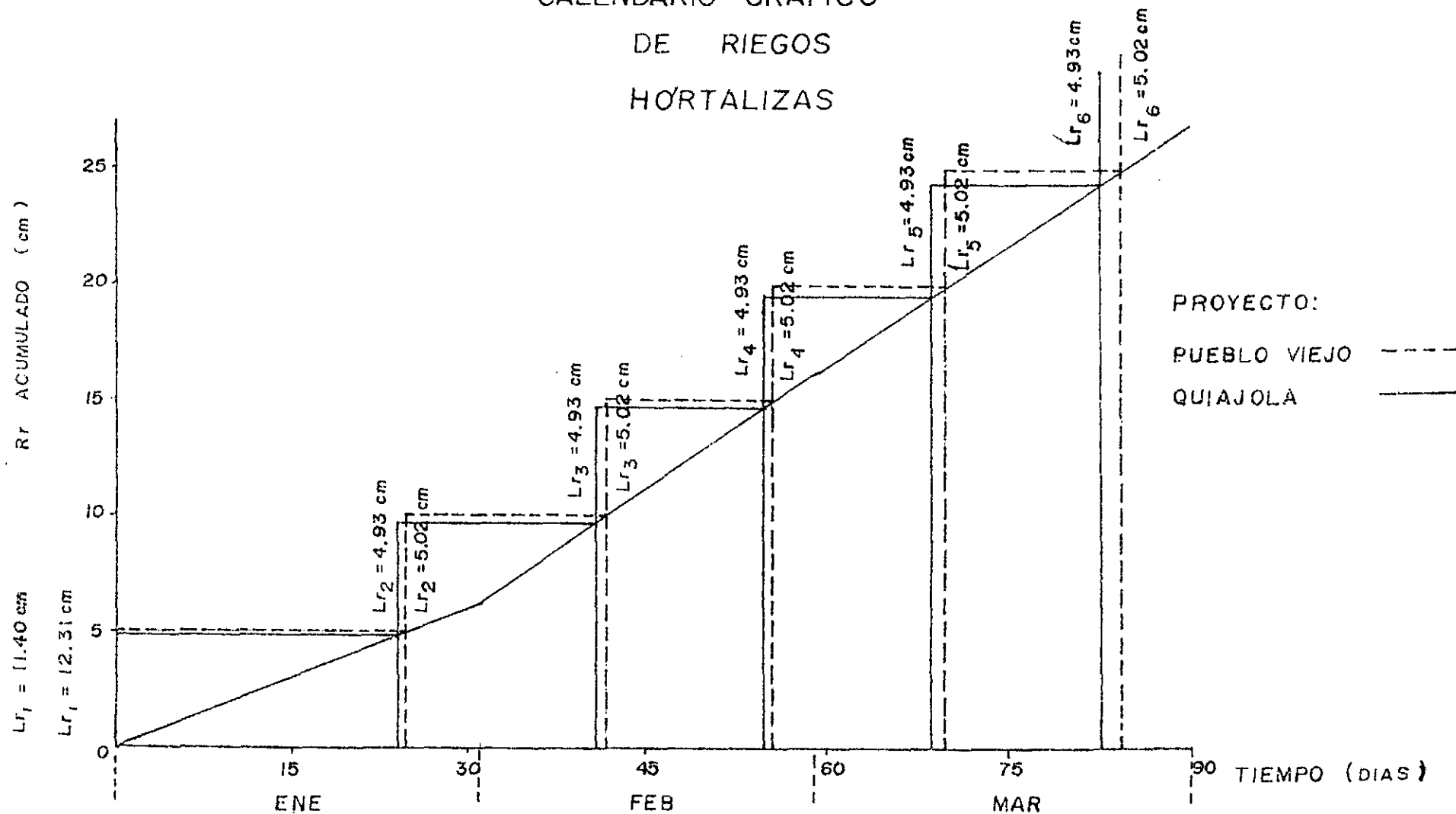
DATOS PARA CALCULAR CALENDARIO DE RIEGO

Cultivo	Ciclo vegetativo	Rr (cm)	Rr acum. (cm)	Días	Días acum.
Hortalizas	Enero	6.30	6.30	31	31
	Febrero	9.81	16.11	28	59
	Marzo	10.79	26.90	31	90
	Febrero	5.20	5.20	28	28
	Marzo	11.72	16.92	31	59
	Abril	8.21	25.13	30	89
	Marzo	6.19	6.19	31	31
	Abril	9.69	15.88	30	61
	Mayo	2.40	18.28	31	92
Maíz	Enero	7.62	7.62	31	31
	Febrero	10.67	18.29	28	59
	Marzo	13.50	31.79	31	90
	Abril	8.97	40.76	30	120
	Febrero	6.42	6.42	28	28
	Marzo	13.02	19.44	31	59
	Abril	10.77	30.21	30	89
	Mayo	2.66	32.87	31	120
Cítricos	Noviembre	1.58	1.58	30	30
	Diciembre	5.65	7.23	31	61
	Enero	7.44	14.67	31	92
	Febrero	6.64	21.31	28	120
	Marzo	8.26	29.57	31	151
	Abril	6.61	36.18	30	181
	Mayo	0.86	37.04	31	212

Requerimiento de riego. (cm)

CALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS HORTALIZAS

GRAFICA No 7



RIEGO No

2

3

4

5

6

RIEGO No

2

3

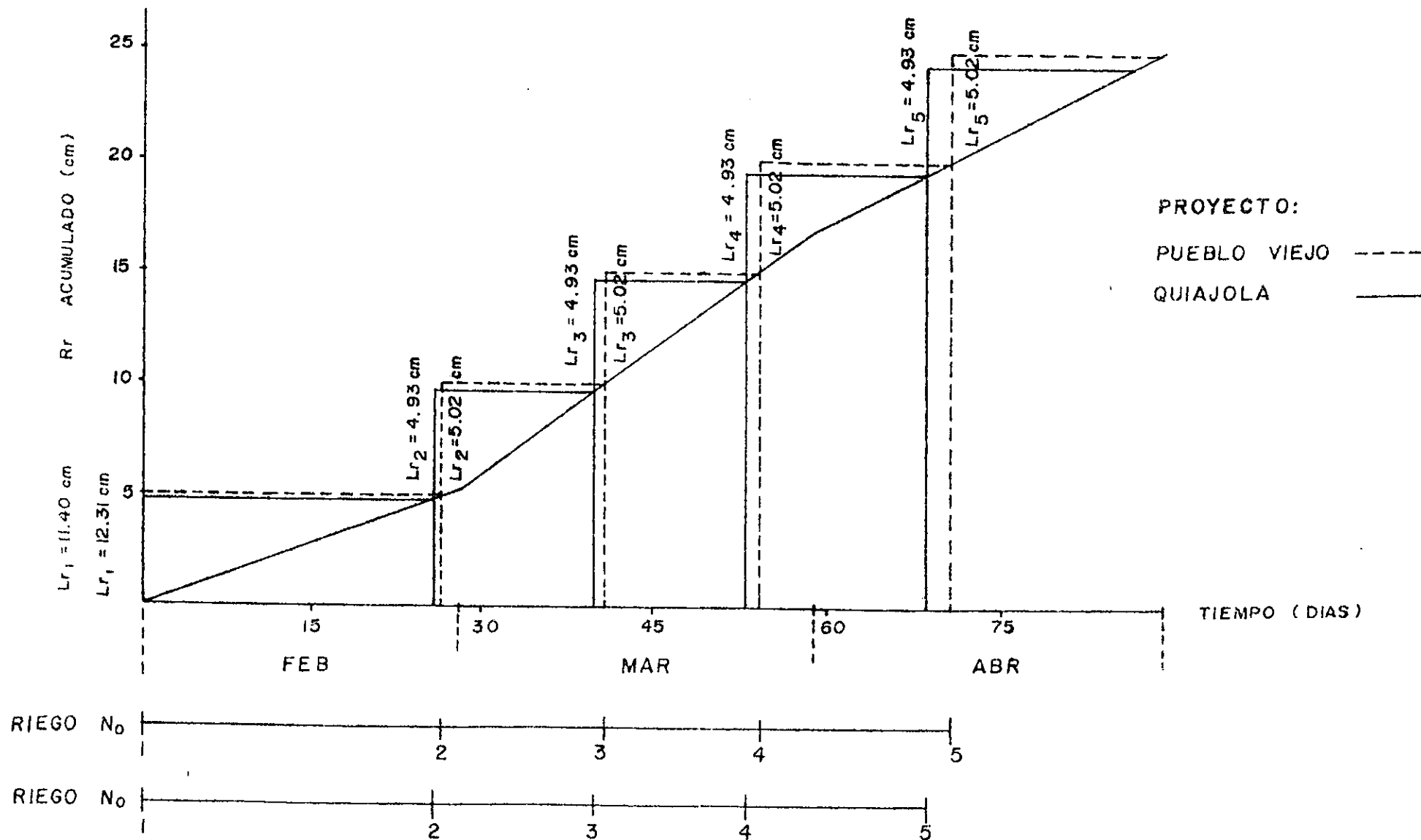
4

5

6

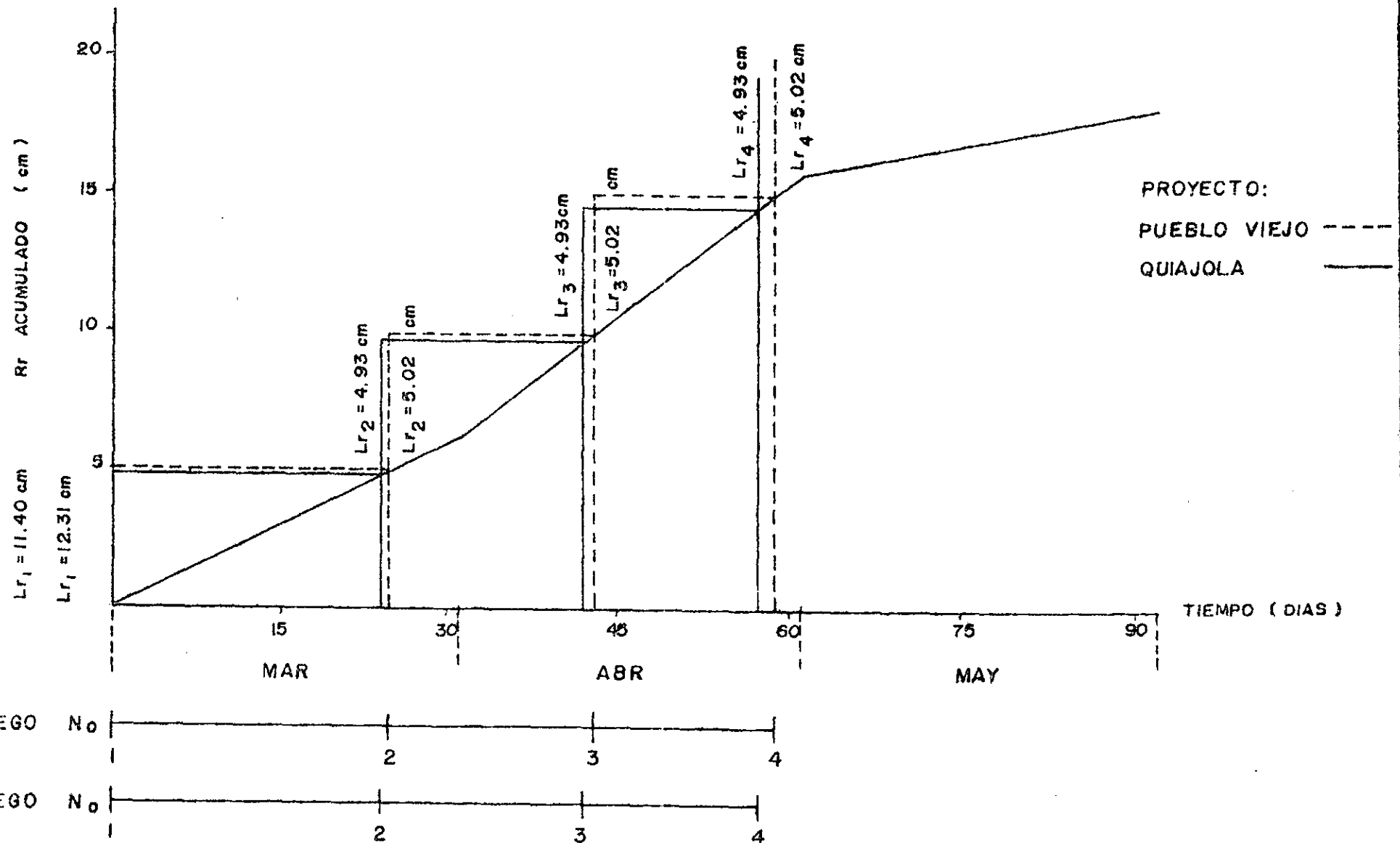
GALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS HORTALIZAS

GRAFICA No 8



CALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS HORTALIZAS

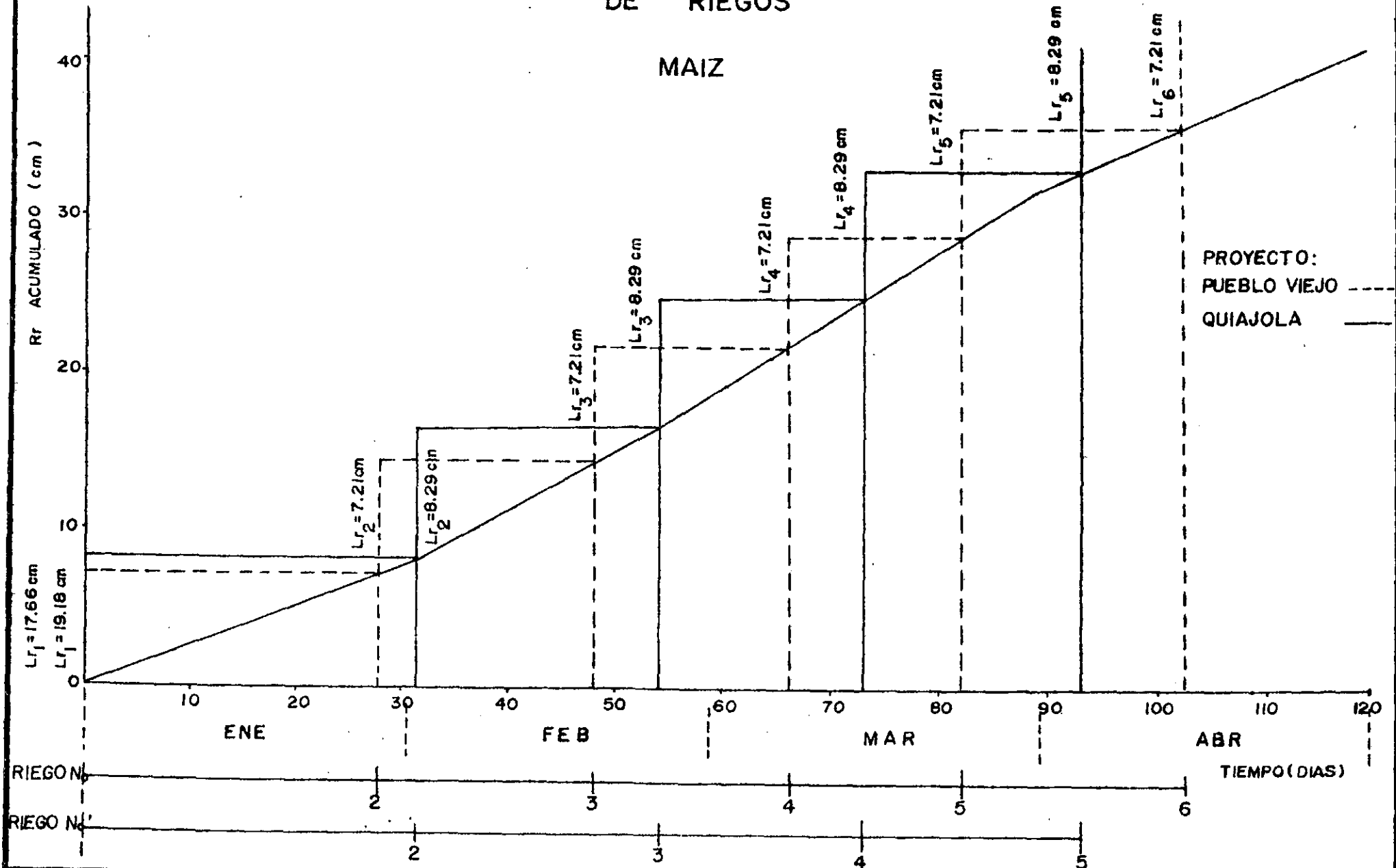
GRAFICA No 9



CALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS

GRAFICA No 10

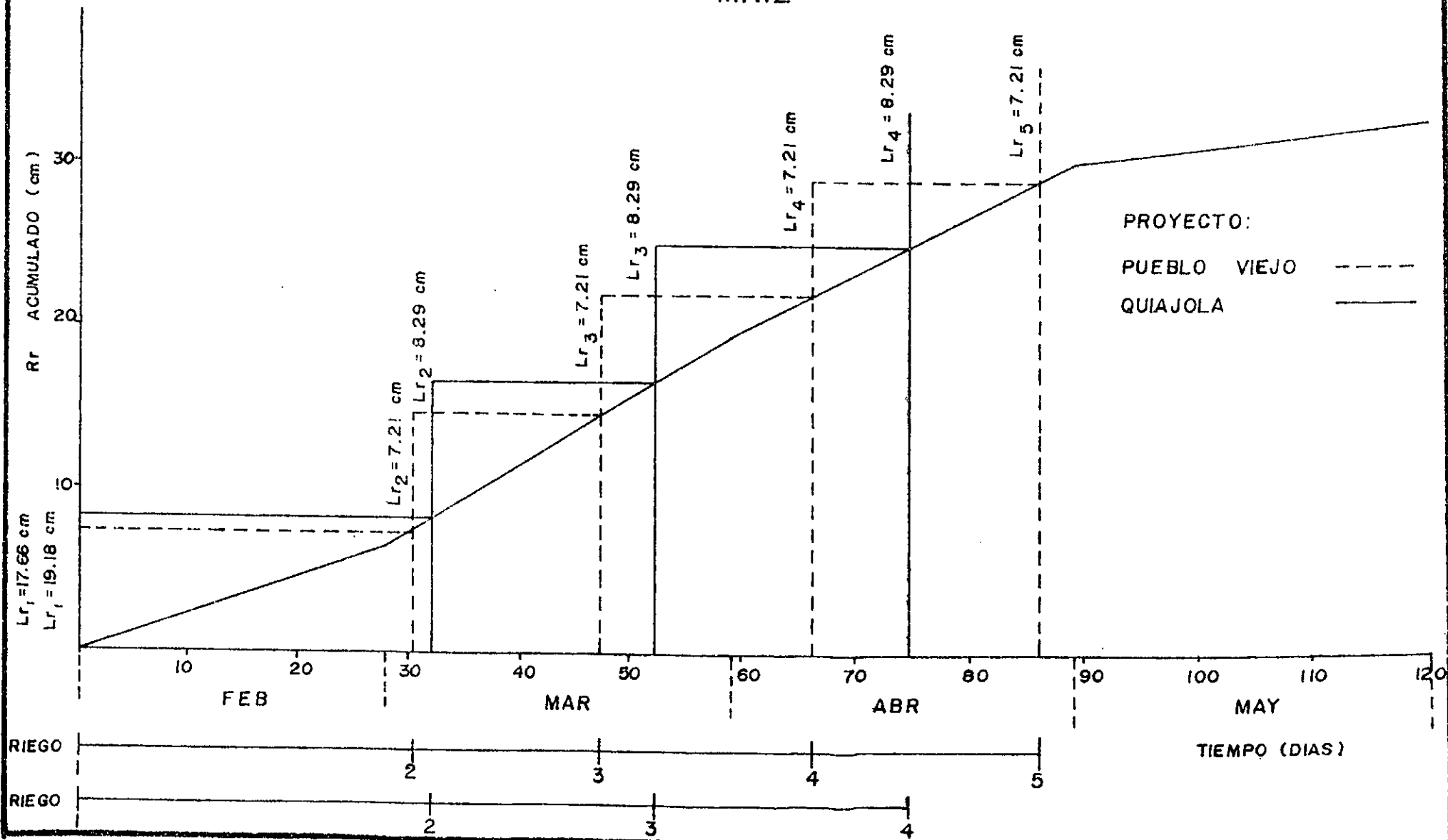
MAIZ



CALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS

GRAFICA No 11

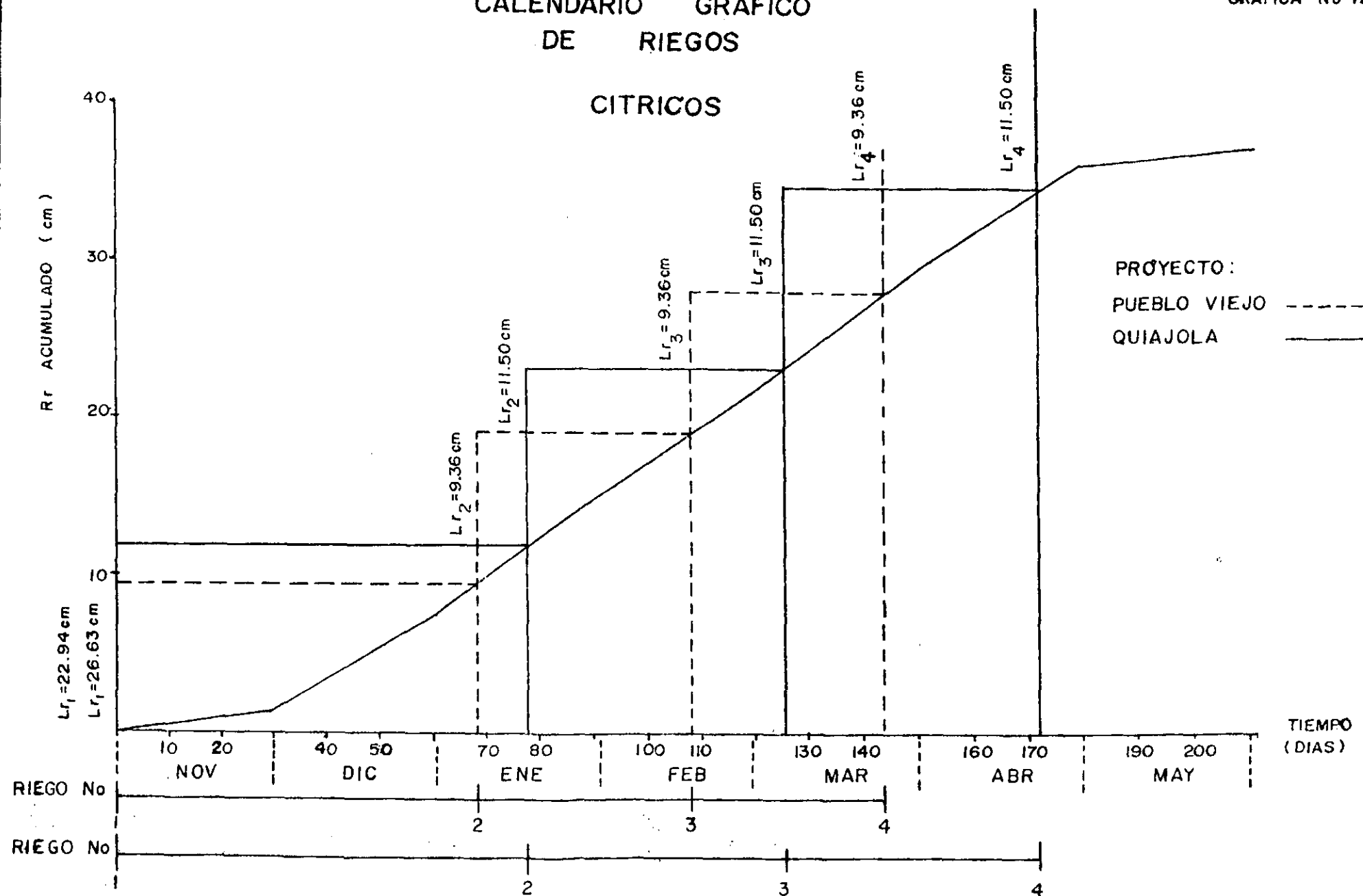
MAIZ



CALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS

GRAFICA No 12

CITRICOS



CUADRO No. 17

RESUMEN DEL CALENDARIO GRAFICO DE RIEGO

Cuadro	Cultivo	Etapa	Nº. de riegos	Fecha	Intervalo
Castaño Viejo Mortalizas	Maíz	Ene-Mar	1	1/Enero	—
			2	25/Enero	25
			3	11/Febrero	17
			4	25/Febrero	14
			5	11/Marzo	14
			6	25/Marzo	14
		Feb-Abr	1	1/Febrero	—
			2	26/Febrero	26
			3	13/Marzo	15
			4	26/Marzo	13
			5	12/Abril	17
		Mar-May	1	1/Marzo	—
			2	25/Marzo	25
			3	12/Abril	18
			4	23/Abril	16
	Citrícos	Ene-Abr	1	1/Enero	—
			2	25/Enero	25
			3	18/Febrero	21
			4	3/Marzo	13
			5	24/Marzo	16
			6	13/Abril	20
		Feb-May	1	1/Febrero	—
			2	2/Marzo	30
			3	19/Marzo	17
			4	7/Abril	19
			5	27/Abril	20
Castilla Mortalizas	Maíz	Nov-May	1	1/Noviembre	—
			2	3/Enero	60
			3	16/Febrero	33
			4	24/Marzo	36
		Ene-Mar	1	1/Enero	—
			2	24/Enero	24
			3	10/Febrero	16
			4	24/Febrero	14
			5	10/Marzo	14
			6	24/Marzo	14
		Feb-Abr	1	1/Febrero	—
			2	26/Febrero	26
			3	12/Marzo	14
			4	25/Marzo	13
			5	10/Abril	16
		Mar-May	1	1/Marzo	—
			2	24/Marzo	24
			3	11/Abril	18
			4	26/Abril	15
	Citrícos	Nov-May	1	1/Noviembre	—
			2	17/Enero	73
			3	6/Marzo	48
			4	22/Abril	46
	Maíz	Ene-Abr	1	1/Enero	—
			2	1/Febrero	32
			3	24/Febrero	23
			4	14/Marzo	19
			5	3/Abril	20
		Feb-May	1	1/Febrero	—
			2	4/Marzo	32
			3	24/Marzo	20
			4	15/Abril	22

Nota: El intervalo de riego, estimado en el presente trabajo no puede reducirse proporcionalmente a la lámina de agua a aplicar.

5. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION

5.1. Tipo de sistema de riego

El tipo de sistema de riego implantado y a evaluar en la zona de estudio, es el método de riego de aspersión por gravedad, en función de que, es el que más se adapta a condiciones irregulares del terreno y por tener la fuente o lugar de captación y derivación, en un punto más alto al área de riego.

Para los dos Proyectos de mini-riego, se cuenta -- con dos tipos de aspersores, distribuidos en el terreno, de la siguiente manera:

PARTES BAJAS DEL TERRENO		PARTES ALTAS DEL TERRENO	
MARCA	Rain Troll	MARCA	Rain Troll
MODELO	S 201-2	MODELO	50 A
CAUDAL	7.9 gpm	CAUDAL	6.05 gpm
PRESION	50 PSI	PRESION	50 PSI
DIAMETRO		DIAMETRO	
DE MOJADO	95 pies	DE MOJADO	88 pies
BOQUILLA	1 11/64" x 3/32"	BOQUILLA	1 11/64"

5.2 Disponibilidad de agua y capacidad del sistema de riego

5.2.1. Disponibilidad de agua

Según datos de archivo de DIGESA, región I-1, el río Esquísal que constituye la fuente de agua disponible para el Proyecto de mini-riego de Quiajollá, mantiene un caudal de estiaje de $1.1 \text{ m}^3/\text{seg}$ y un caudal de diseño de 40 lps. El río Colorado que constituye la fuente de agua disponible, para el Proyecto de mini-riego de Pueblo Viejo, mantiene un caudal de estiaje de $0.7 \text{ m}^3/\text{seg}$ y un caudal de diseño de 40 lps.

El caudal de diseño fue calculado en base --
al área potencial de riego para cada Proyecto ---
(Cuadro No. 11), y tomando en consideración futu--
ras ampliaciones del mismo.

5.2.2. Capacidad del sistema de riego

La capacidad que se requiere de un sistema de
aspersión depende del tamaño del área de riego (á-
rea del Proyecto), la altura bruta que alcanza del
agua que se aplica en cada riego, y el tiempo neto
de operación asignado para aplicar dicha cantidad.

(Hurd, 1974), propone la siguiente metodolo-
gía para poder establecer la capacidad del siste--
ma:

1. Inventario de Recursos

- Ubicación: Región de tipo templado húmedo
- Suelos: Textura moderadamente burda: barro
arenoso y barro arenoso fino (Cuadro No. 9)
- Topografía: Irregular. (Punto 4.1.4.4.1.)
- Fuente de agua: Proyecto Pueblo Viejo = 40 lps
Proyecto Quiajolá = 40 lps. (punto 5.2.1.)
- Cultivos: cítricos, hortalizas y maíz (cabe recu-
rrir a la rotación de los cultivos de horta-
lizas y maíz. Sin embargo, son las hortal-
izas, el cultivo cuyo requisito máximo de a-
gua es mayor).
- Clima: templado, con invierno benigno, húmedo;
(Punto 3.1.3.2.)

2. Agua que se aplica en cada riego en función de las características edáficas

De acuerdo con el Cuadro No. 14, la capacidad
de retención de agua para el suelo del Proyecto de
Pueblo Viejo es de 1.4 milímetros por cada centíme-
tro de profundidad para hortalizas y de 1.3 milíme-

tros por cada centímetro de profundidad para cítricos, y una profundidad de extracción de humedad de 60 cm para hortalizas y 120 cm para cítricos. La humedad total disponible para hortalizas es de 8.4 cm sobre la base de no usar más del 50% de esta humedad, la lámina máxima de agua por aplicar en cada riego es de 4.2 cm. La humedad total disponible para cítricos es de 15.60 cm. sobre la base de no usar más del 50% de esta humedad, la lámina máxima de agua por aplicar en cada riego es de 7.8 cm.

La capacidad de retención de agua para el suelo del Proyecto de Quiajolá es de 1.37 milímetros por cada centímetro de profundidad para hortalizas y de 1.6 milímetros por cada centímetro de profundidad de extracción de humedad de 60 cm para hortalizas y 120 cm para cítricos. La humedad total disponible para hortalizas es de 8.22 cm sobre la base de no usar más del 50% de esta humedad, la lámina máxima de agua por aplicar en cada riego es de 4.11 cm. La humedad total disponible para cítricos es de 19.20 cm sobre la base de no usar más del 50% de esta humedad, la lámina máxima de agua por aplicar en cada riego es de 9.6 cm.

3. Intervalo de tiempo más corto

Es éste el tiempo permisible entre riegos sucesivos, comúnmente denominado ciclo rotativo, durante el uso consuntivo máximo del cultivo. Para los cultivos del Proyecto de Pueblo Viejo se utilizaron, el valor de 0.51 cm/día para hortalizas, y de 0.33 cm/día para cítricos (tabla No. 2 del apéndice). El ciclo rotativo para hortalizas resulta de $4.2/0.51$, o sea de 8 días. El ciclo rotativo

para cítricos resulta de $7.8/0.33$, o sea de 24 días.

Para los cultivos del Proyecto de Quiajolá se utilizaron los valores de 0.51 cm/día para hortalizas, y de 0.33 cm/día para cítricos. El ciclo rotativo para hortalizas resulta de $4.11/0.51$, o sea de 8 días. El ciclo rotativo para cítricos resulta de $9.6/0.33$, o sea de 29 días.

En el Cuadro No. 18 se presenta un resumen, de los datos necesarios para estimar la capacidad del sistema de los dos Proyectos de mini-riego.

CUADRO No. 18

RESUMEN DE DATOS NECESARIOS PARA PODER CALCULAR
LA CAPACIDAD DEL SISTEMA

Proyecto	Cultivo	CRH	PEH	Agua que se aplica en cada riego			Intervalo de tiempo por más corto Ciclo rotativo
				HTD	VMA	UC	
Pueblo Viejo	Hortalizas	1.40	60	8.40	4.20	0.51	8
	Cítricos	1.30	120	15.60	7.80	0.33	24
Quiajolá	Hortalizas	1.37	60	8.22	4.11	0.51	8
	Cítricos	1.60	120	19.20	9.60	0.33	29

CRH Variación de la capacidad de retención de humedad de suelos. (en milímetros de agua por centímetro de profundidad).

PEH Profundidad de extracción de humedad. (cm)

HTD Humedad total disponible. (cm)

VMA Volúmen máximo de agua por aplicar en cada riego. Aplicación máxima en centímetros.
(D)

Uc Uso consuntivo del cultivo. (cm/día)

F Intervalo de riego en días.

4. Capacidad del sistema

La capacidad del sistema se calculó por medio de la ecuación:

$$Q = \frac{A \times D \times 27.8}{F \times H \times E}$$

Donde:

Q Capacidad de descarga. (lps)

A Area en Hectáreas

D Aplicación profunda en centímetros.

F Intervalo de riego en días.

H Horas de aplicación diaria.

E Eficiencia de aplicación en el campo.

27.8 Factor de conversión.

Se tomaron 22 horas diarias de operación (dejando 2 horas diarias como margen para mover las mangueras), una eficiencia de aplicación en el Proyecto de Pueblo Viejo de 0.68 (Cuadro No. 22), y una extensión de 8.75 Has. para cítricos y una extensión de 43.98 Has. para hortalizas. (según datos del archivo de DIGESA, región I-1).

Una eficiencia de aplicación en el Proyecto de Quiajolá de 0.72 (Cuadro No. 22), y una extensión de 6.56 Has. para cítricos y una extensión de 28.42 Has. para hortalizas. (Según archivos de DIGESA, región I-1).

Los resultados aparecen expresados en el Cuadro No. 19, en donde podemos observar los datos necesarios para poder estimar la capacidad del siste

ma de riego, de los Proyectos de Pueblo Viejo y Quiajolá.

CUADRO No. 19
CAPACIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO

Proyecto	Cultivo	Has A	cm D	días F	Hrs H	% E	lps Q	Qttotal
Pueblo Viejo	Hortalizas	34.98	4.2	8	22	0.68	34.13	
	Cítricos	8.75	7.8	24	22	0.68	5.28	39.41
Quiajolá	Hortalizas	28.42	4.11	8	22	0.72	25.63	
	Cítricos	6.56	9.60	29	22	0.72	3.81	29.44

En resumen podemos inferir, que la disponibilidad de agua para el Proyecto de Pueblo Viejo (40 lps), se considera adecuada, ya que la capacidad estimada en el presente trabajo es de 39.41 lps, en función de la extensión planificada de las áreas bajo riego.

La disponibilidad de agua para el Proyecto de Quiajolá (40 lps), se considera adecuada, ya que la capacidad estimada en el presente trabajo es de 29.44 lps, en función de la extensión planificada de las áreas bajo riego.

5.3. Eficiencia y uniformidad del sistema

Los primeros conceptos que se utilizan para evaluar un sistema de riego, son la eficiencia de conducción y aplicación del agua de riego, usando para ello todo el conjunto de estructuras para conducirla y aplicarla. (Guillén, 1980).

Eficiencia del sistema

La eficiencia de un sistema de riego es el producto de la eficiencia de conducción por la eficiencia de aplicación, donde la fórmula de eficiencia del sistema puede ser expresada como:

$$E_s = E_c E_a$$

Donde:

E_s Eficiencia del sistema. (%)

E_c Eficiencia de conducción. (%)

E_a Eficiencia de aplicación. (%)

Eficiencia de conducción

Podemos definir, a la eficiencia de conducción de un sistema, como la relación entre la cantidad de agua servida al sistema y la cantidad de agua derivada al sistema, y se expresa como:

$$E_c = \frac{C_{as}}{C_{ad}} \times 100$$

Donde:

E_c Eficiencia de conducción. (%)

C_{as} Cantidad de agua servida al sistema. (lps)

C_{ad} Cantidad de agua derivada al sistema. (lps)

Eficiencia de aplicación

Se puede definir a la eficiencia de aplicación de un sistema, como la relación que hay entre la lámina media captada en el área de la prueba y la lámina media de aplicación.

$$E_a = \frac{LM_c}{LM_a} \times 100$$

Donde:

E_a Eficiencia de aplicación del agua de riego (%).

- LM_c Lámina media captada en el área de la prueba. (cm)
- LM_a Lámina media de aplicación. (cm)

La evaluación del sistema de riego es una medida para saber que tan eficiente se esta operando el conjunto de estructuras y aprovechando el recurso. (Guillén, 1980).

5.3.1. Determinación de la eficiencia del sistema

Para poder determinar la eficiencia del sistema fue necesario estimar:

5.3.1.1. Eficiencia de conducción

No se obtuvo ningún dato de aforo de diferencia de caudales, ya que la tubería es cerrada, implicando con ésto, el no poder realizar ningún aforo a lo largo de la tubería de conducción. Pudiendose únicamente establecer, según inspección y reconocimiento de esta tubería, que no se detectaron fugas a lo largo de éstas.

5.3.1.2. Eficiencia de aplicación

Para la determinación de la eficiencia de aplicación, en el Proyecto de mini-riego de Pueblo Viejo y Quiajolá, se utilizaron 10 recipientes, que se colocaron a lo largo del radio del aspersor, distribuidos a distancias proporcionales para cubrir el radio total del aspersor.

La duración del riego fue de una hora, tiempo en el cual se realizó la prueba, para poder determinar la lámina captada por los recipientes, en ese tiempo de riego.

(Guillén, 1980), establece el siguiente procedimiento para poder determinar la eficien-

. cia de aplicación, para el sistema de riego por
aspersión.

I. Proyecto Pueblo Viejo

1. Los volúmenes colectados por los recipientes en la prueba de evaluación, aparecen en el Cuadro No. 20, datos de los cuales se partió para poder determinar la eficiencia de aplicación del Proyecto de mini-riego por aspersión de Pueblo Viejo, San Sebastián Huehuetenango.

CUADRO No. 20

VOLUMENES COLECTADOS EN LA PRUEBA DE EVALUACION (cm³)
PUEBLO VIEJO

15.70	15.70	7.85
23.55	23.55	15.70
31.40	31.40	23.55
31.40	31.40	23.55
47.10	39.25	31.40
39.25	39.25	39.25
31.40	39.25	47.10
23.55	31.40	31.40
15.70	23.55	23.55
7.85	15.70	15.70

2. Condiciones en las que se realizó la prueba:

- a. Volumen del bote usado en el aforo del aspersor = 3.78 lit.
- b. Presión = 82 PSI = 5.8 Kg/cm²
- c. Tiempo de llenado = 14 seg.
- d. Temperatura en el momento de la Prueba = 21°C.

- e. Humedad relativa = 30%
- f. Velocidad del viento = 8.1 Km/hr.
- g. Dirección del viento = Nor-Oeste.
- h. Area del bote colector = 78.5 cm²
- i. Duración de la prueba = 60 minutos.
- j. Area donde se realizó la prueba = 190 m²

3. Eficiencia de diseño:

Es la relación entre la lámina mínima captada y la lámina media captada en el área de la prueba, y se expresa como:

$$E_d = \frac{L_{mc}}{L_{Mc}} \times 100$$

Donde:

L_{mc} Lámina mínima captada. (cm)

L_{Mc} Lámina media captada en el área de la prueba.
(cm)

E_d Eficiencia de diseño. (%)

Para calcularla se partió de los registros obtenidos con los colectores; para conocer la lámina mínima captada se tomó el promedio del 25% de los valores más bajos de la lámina registrada en los colectores.

El 25% de los valores más bajos fueron:

15.70, 15.70, 7.85, 15.70, 15.70, 7.85, 15.70 y 15.70 cm³

V_{mc} = volumen mínimo captado

$$V_{mc} = \frac{15.70 + 15.70 + \dots + 15.70}{8} = \frac{109.9}{8} = 13.7375 \text{ cm}^3$$

$L_{mc} = \frac{\text{volumen mínimo captado}}{\text{Area del bote colector}}$

$$L_{mc} = \frac{13.7375 \text{ cm}^3}{78.50 \text{ cm}^2} = 0.175 \text{ cm}$$

V_{mc} = volumen medio captado en el área de la prueba

$V_{mc} = \frac{\text{volumen observado en el colector } i}{\text{número de observaciones (colectores)}}$

$$V_{mc} = \frac{\sum V_i}{n} = \frac{15.70 + 23.55 + \dots + 15.70}{30} = \frac{816.4}{30} = 27.21 \text{ cm}^3$$

$$V_{mc} = 27.21 \text{ cm}^3$$

$L_{mc} = \frac{\text{volumen medio captado en el área de la prueba}}{\text{Area del bote colector}}$

$$L_{mc} = \frac{V_{mc}}{A_c} = \frac{27.21 \text{ cm}^3}{78.5 \text{ cm}^2} = 0.34662 \text{ cm}$$

$$E_d = \frac{0.175 \text{ cm}}{0.34662 \text{ cm}} \times 100 = 50.4875\%$$

Si $Q = \frac{V}{t} = \frac{\text{volumen del bote usado en el aforo del aspersor}}{\text{tiempo de llenado}}$

$$Q = \frac{3.78}{14} = 0.27 \text{ lps} = 972 \text{ lph} = 0.972 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Volumen aplicado en el tiempo de duración de la prueba
60 minutos, entonces: $V = 0.972 \text{ m}^3$

L_{ma} = lámina media aplicada en el área de la prueba.

$L_{ma} = \frac{\text{volumen medio de los aspersores aforados con manguera}}{\text{Area donde se realizó la prueba}}$

$$L_{ma} = \frac{V}{A} = \frac{0.972 \text{ m}^3}{190 \text{ m}^2} = 0.00511578 \text{ m}$$

$$L_{ma} = 0.511578 \text{ cm}$$

4. Eficiencia de aplicación para el área de la prueba

Es la relación que hay entre la lámina mínima captada y la lámina media de descarga por los aspersores por el área de la prueba, donde se puede expresar como:

$$E_{ap} = \frac{L_{mc}}{L_{ma}} \times 100$$

Donde:

Eap Eficiencia de aplicación para el área de la prueba en %

Lmc Lámina mínima captada. (cm)

La Lámina media descargada por las boquillas. (cm)

Donde: La = LMa

$$Eap = \frac{0.175 \text{ cm}}{0.511578 \text{ cm}} \times 100 = 34.20788\%$$

5. Eficiencia de aplicación

Es la relación que hay entre la lámina media captada en el área de la prueba y la lámina media de aplicación.

$$Ea = \frac{Lmc}{LMa} \times 100$$

Donde:

Lmc lámina media captada en el área de la prueba (cm)

LMa lámina media de aplicación. (cm)

Ea eficiencia de aplicación del agua de riego en %.

$$Ea = \frac{0.34662 \text{ cm}}{0.511578 \text{ cm}} \times 100 = 67.75612\%$$

II. Proyecto Quiajolá

1. Los volúmenes colectados por los recipientes en la prueba de evaluación, aparecen en el Cuadro No. 21, datos de los cuales se partió para poder determinar la eficiencia de aplicación del Proyecto de mini-riego por aspersión de Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango.

CUADRO No. 21

VOLUMENES COLECTADOS EN LA PRUEBA DE EVALUACION (cm³)
QUIAJOLA

23.55	31.40	15.70
23.55	23.55	23.55
31.40	23.55	23.55
39.25	23.55	31.40
47.10	31.40	23.55
54.95	31.40	19.63
47.10	31.40	19.63
47.10	23.55	19.63
31.40	19.63	19.63
23.55	15.70	15.70

2. Condiciones en las que se realizó la prueba:

- a. Volumen del bote usado en el aforo del aspersor = 3.78 lit.
- b. Presión = 81 PSI = 5.7 Kg/cm²
- c. Tiempo de llenado = 19 seg.
- d. Temperatura en el momento de la prueba = 20°C
- e. Humedad relativa = 30%
- f. Velocidad del viento = 8.1 Km/hr.
- g. Dirección del viento = Nor-Oeste
- h. Area del bote colector = 78.5 cm²
- i. Duración de la prueba = 60 minutos
- j. Area donde se realizó la prueba = 145 m²

3. Eficiencia de diseño

$$Ed = \frac{Lmc}{LMc} \times 100$$

Donde:

Ed Eficiencia de diseño en %

Lmc lámina mínima captada. (cm)

LMc lámina media captada en el área de la prueba,
ba,

El 25% de los valores más bajos fueron:

15.70, 15.70, 15.70, 19.63, 19.63, 19.63, 19.63 y 19.63
cm³.

Vmc = volumen mínimo captado

$$Vmc \equiv \frac{15.7 + 15.7 + \dots + 19.63}{8} \equiv \frac{145.25}{8} = 18.15625 \text{ cm}^3$$

Lmc $\equiv$ $\frac{\text{volumen mínimo captado}}{\text{Area del bote colector}}$

$$Lmc \equiv \frac{18.15625 \text{ cm}^3}{78.5 \text{ cm}^2} = 0.23129 \text{ cm}$$

Vmc $\equiv \frac{\sum Vi}{n} \equiv \frac{\text{Volumen observado en el colector } i}{\text{Número de observaciones (colector)}}$

$$Vmc \equiv \frac{23.55 + 23.55 + \dots + 15.7}{30} \equiv \frac{836.05}{30} = 27.87 \text{ cm}^3$$

$$Vmc = 27.87 \text{ cm}^3$$

LMc $\equiv \frac{\text{Volumen medio captado en el área de la prueba}}{\text{Area del bote colector}}$

$$LMc \equiv \frac{Vmc}{Ac} \equiv \frac{27.87 \text{ cm}^3}{78.5 \text{ cm}^2} = 0.35503 \text{ cm}$$

$$Ed \equiv \frac{Lmc}{LMc} \times 100$$

$$Ed \equiv \frac{0.23129 \text{ cm}}{0.35503 \text{ cm}} \times 100 = 65.1466\%$$

Sí $Q \equiv \frac{V}{t} \equiv \frac{\text{Volumen del bote usado el en aforo del aspersor}}{\text{tiempo de llenado}}$

$$Q \equiv \frac{3.78}{19} = 0.199 \text{ lps} = 716.4 \text{ lph} = 0.716 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Volumen aplicado en el tiempo de duración de la prueba
(60 minutos), entonces: $V = 0.716 \text{ m}^3$

LMa = lámina media aplicada sobre el área de la prueba

$$LMa = \frac{\text{Volumen medio de los aspersores aforados con manguera}}{\text{Area en donde se realizó la prueba}}$$

$$LMa = \frac{V}{A} = \frac{0.716 \text{ m}^3}{145 \text{ m}^2} = 0.00493793 \text{ m}$$

$$Lma = 0.493793 \text{ cm}$$

4. Eficiencia de aplicación para el área de la prueba:

$$Esp = \frac{Lmc}{La} \times 100$$

Donde:

$$Lmc = 0.23129 \text{ cm}$$

$$La = LMa = 0.493793 \text{ cm}$$

$$Eap = \frac{0.23129 \text{ cm}}{0.49279 \text{ cm}} \times 100 = 46.83976\%$$

5. Eficiencia de aplicación

$$Ea = \frac{LMc}{LMa} \times 100$$

Donde:

$$LMc = 0.35503 \text{ cm}$$

$$LMa = 0.49379 \text{ cm}$$

$$Ea = \frac{0.35503 \text{ cm}}{0.49379 \text{ cm}} \times 100 = 71.89898\%$$

En resumen podemos inferir, que la eficiencia de aplicación del agua de riego sobre el terreno para el Proyecto de Pueblo Viejo es del 68% y para el Proyecto de Quiajolá es del 72%

5.3.1.3. Eficiencia del sistema

Es el producto de la eficiencia de conducción por la eficiencia de aplicación. Por no poderse aforar la tubería, por ser cerrada completamente, no fue posible determinar el valor de la eficiencia de conducción para los Proyectos de Pueblo Viejo y Quiajolá.

Es de hacer notar, que la eficiencia de conducción para tubería PVC es bastante alta, debido a: coeficiente de fricción bajo (0.00015). Dentro de los Proyectos, después de una inspección minuciosa no se encontraron fugas de agua por lo que se asume que la eficiencia de conducción es alta.

Al carecer de los datos de eficiencia de conducción, no podemos calcular la eficiencia del sistema.

5.3.2. Uniformidad del sistema

La uniformidad de aplicación es un indicador de la buena distribución del agua por los aspersores en el suelo, para ello se tienen varios coeficientes a través de los cuales puede conocerse la uniformidad de aplicación, entre dichos coeficientes está el de Christiansen.

La manera de expresar la importancia del coeficiente de uniformidad y sus valores es mediante la determinación del porcentaje del área que no está recibiendo la cantidad adecuada de agua o que por ciento del área está recibiendo más agua que la necesaria. (Guillén, 1980)

El coeficiente más común para medir la uniformidad de distribución, es el coeficiente sugerido por Christiansen (1942) y está dado por:

$$CU = \left(1 - \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{\bar{X} \cdot n} \right)$$

Donde:

- X Observaciones de las láminas de agua recibida en los colectores, colocados en la prueba de evaluación de aspersion.
- $\bar{X}$ Media de las observaciones.
- n Número de observaciones.

Podemos determinar que para el Proyecto de Pueblo Viejo, la uniformidad de aplicación, queda:

$$\sum X_i = 816.4 \text{ cm}^3$$

$$n = 30$$

$$\text{y como } \sum X_i = n\bar{X}$$

entonces

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{816.4}{30} = 27.21 \text{ cm}^3$$

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 266.9 \text{ cm}^3$$

$$CU = \left(1 - \frac{266.9 \text{ cm}^3}{816.4 \text{ cm}^3} \right) \times 100 = 67.3\%$$

Podemos determinar que para el Proyecto de Quiajolá la uniformidad de aplicación, queda:

$$\sum X_i = 836.05 \text{ cm}^3$$

$$n = 30$$

$$\text{y como } \sum X_i = n\bar{X}$$

$$\text{entonces } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{836.05}{30} = 27.87 \text{ cm}^3$$

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 241.77 \text{ cm}^3$$

$$CU = \left(1 - \frac{241.77 \text{ cm}^3}{836.05 \text{ cm}^3} \right) \times 100 = 71.1\%$$

Con los datos obtenidos de las eficiencias y uniformidades del sistema, podemos entonces hacer un Cuadro resumen , de esos datos para cada uno de los Proyectos de mini-riego, de San Sebastián Huehuetenango.

CUADRO No. 22

RESUMEN DE LOS DATOS DE EFICIENCIA Y UNIFORMIDAD PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

Proyecto	Ea	CU
Pueblo Viejo	68	67.3
Quiajolá	72	71.1

Donde:

Ea Eficiencia de aplicación. (%)
CU Uniformidad de aplicación. (%)

Discusión de resultados

De los datos anteriores podemos inferir que:

- a) (Pair, 1975) Establece que las eficiencias de aplicación en riegos por aspersión, varían de 0.70 en regiones áridas hasta 0.80 en climas fríos. Por lo que la eficiencia de aplicación para la zona de estudio, se puede considerar bastante aceptable, por estar cercano a estos parámetros de eficiencia de aplicación, en función de su clima. (punto 3.1.3.--2.)
- b) La uniformidad de aplicación se ha podido determinar en base al coeficiente de uniformidad de Chris-

tiansen, dandonos como resultado, una eficiencia de aplicación bastante aceptable, en función de la buena distribución del agua por los aspersores en el suelo.

6. PARAMETROS DE COMPARACION

Estos parámetros, nos podrán permitir comparar la operación actual de los Proyectos, con la operación con la que deberían trabajar éstos.

6.1. Operación actual

En el Cuadro No. 23, aparecen los datos de; tiempo de riego, intervalo de riego, los cuales son los parámetros con los que se operan los proyectos, de parte de los usuarios.

CUADRO No. 23
OPERACION ACTUAL DE LOS
PROYECTOS

Proyecto	Cultivo	Tr (hr)	Ir (días)
Pueblo Viejo	Hortalizas	4	5
	Maíz	4	5
	Cítricos	4	5
Quiajolá	Hortalizas	7	3
	Maíz	7	3
	Cítricos	7	3

Fuente: Entrevistas con los usuarios.

Nota: Los usuarios no establecen diferencia alguna entre el tiempo de riego y el intervalo de -- riego, para cada cultivo en función de su ciclo vegetativo.

Donde:

Tr Tiempo de riego en hr.

Ir Intervalo de riego en días.

6.2. Propuesta de operación para los Proyectos de mini-riego

En el Cuadro No. 24, aparecen los datos de: infiltración básica (Cuadro No. 13), lámina bruta (Punto 4.2. 5.), intervalo de riego mínimo o crítico (Cuadro No. 17) y tiempo de riego, que queda expresado como, la relación entre la lámina bruta y la infiltración básica del terreno.

CUADRO No. 24
PROPUESTA DE OPERACION PARA LOS PROYECTOS
DE MINI-RIEGO

Proyecto	Cultivo	Ciclo	Ib (cm/hr)	Lb (cm)	Irc (días)	Trt (hr)
Pueblo Viejo	Hortalizas	Ene-Mar	0.692	7.38	14	11
		Feb-Abr	0.692	7.38	13	11
		Mar-May	0.692	7.38	16	11
	Maíz	Ene-Abr	0.692	10.60	16	15
		Feb-May	0.692	10.60	17	15
	Cítricos	Nov-May	0.692	13.76	36	20
Quiajolá	Hortalizas	Ene-Mar	0.522	6.84	14	13
		Feb-Abr	0.522	6.84	13	13
		Mar-May	0.522	6.84	15	13
	Maíz	Ene-Abr	0.522	11.51	19	22
		Feb-May	0.522	11.51	20	22
	Cítricos	Nov-May	0.522	15.97	46	30

Donde:

Ib	Infiltración básica en cm/hr.
Lb	Lámina bruta de riego en cm.
Irc	Intervalo de riego mínimo o crítico en días.
Trt	Tiempo de riego por turno en hr.

Nota: El tiempo de riego para cada etapa de desarrollo del cultivo estará en función de la intensidad de riego, y donde la infiltración básica será igual o menor a la pluviometría del aspersor para que haya un tiempo estipulado y evitar erosión.

6.3. Comparación de aspersores

En el Punto 5.1., se puede observar los tipos de aspersores con que cuentan los usuarios, en función de la parte del terreno en donde tengan sus parcelas, dentro del Proyecto. En las partes bajas del Proyecto, utilizan un aspersor tipo s 201-2, con un tamaño de boquilla de $11/64"$ x $3/32"$, en función de una mayor presión de operación. En las partes altas de los Proyectos utilizan un aspersor tipo A 50, con un tamaño de boquilla de $11/64"$, en base a una menor presión de operación.

En base de la intensidad de riego (Ir), que es la relación de la lámina bruta sobre el tiempo de riego -- por turno, se puede establecer el tipo de aspersor a usar, en función de la presión de operación y de la tasa mínima de aplicación recomendable. (Ver tabla No. 2 del apéndice).

En el Cuadro No. 25, se puede observar la intensidad de riego, en base a su tasa mínima de aplicación, para los Proyectos de mini-riego de Pueblo Viejo y Quiajola.

CUADRO No. 25

INTENSIDAD DE RIEGO PARA LOS PROYECTOS DE
PUEBLO VIEJO Y QUIAJOLA

Proyecto	PARTES ALTAS BAJA PRESION	PARTES BAJAS ALTA PRESION
Pueblo Viejo	0.21 pulg/hr	0.26 pulg/hr
Quiajolá	0.21 pulg/hr	0.28 pulg/hr

Fuente: Datos obtenidos a partir del Cuadro No. 24.

De lo anterior podemos inferir, que los aspersores colocados en los Proyectos de mini-riego, en función de las localizaciones de las parcelas en el terreno, (partes altas y partes bajas del área de estudio), cumplen las necesidades de la tasa mínima de aplicación. (Tabla No. 3 del apéndice).

6.4. Movimiento de los aspersores dentro de la parcela

Los movimientos de los aspersores dentro de las parcelas de los Proyectos de mini-riego, los usuarios, solo colocaban el aspersor a una distancia tal, en que se unieran los diámetros de mojado sin que existiese un traslape entre éstos.

Por lo que se proponen los siguientes traslapes de los rociadores, en función de la velocidad del viento. (Hurd, 1974)

- Si los vientos son hasta 6 Km/hr no debe excederse el 50% del diámetro húmedo de la circunferencia de riego del rociador para el caso del espaciamiento de los rociadores sobre la línea lateral, ni del 65% de dicho diámetro húmedo para el caso del desplazamiento lateral a su próxima posición.

- Para vientos de 6 a 15 Km/hr, reduzcanse los ante riores porcentajes para que no excedan de 40 a -- 50%, respectivamente.

Pudiendose observar en las Gráficas Nos. 13 y 14, los movimientos de los rociadores dentro de las parce--- las, en función de la presión de operación.

MODELO PARA RIEGO

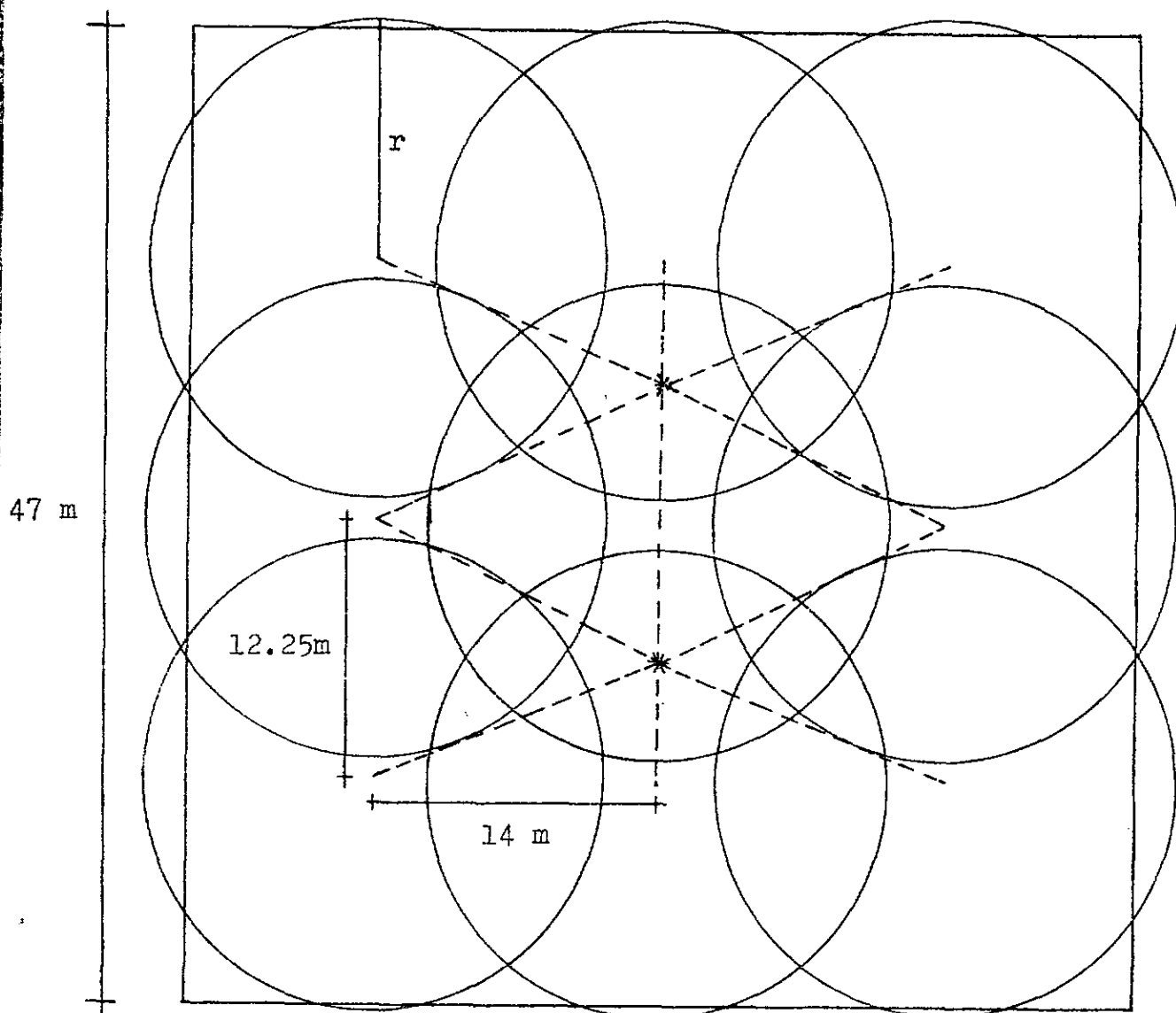
PRESION: MODERADA (15 - 30 PSI)

AREA: 5 CUERDAS (25 VRS. x 25 VRS.)

RIEGO CON MANGUERA DE 5/8" x 50'

DOS CHORROS EN LAS CINCO CUERDAS.

NUEVE POSICIONES PARA EL ASPERSOR.



* CHORRO

----- MANGUERA

. POSICION DEL ASPERSOR

r RADIO DE MOJADO = 11.50 m.



AREA REGADA POR CADA POSICION DEL ASPERSOR

MODELO PARA RIEGO

GRAFICA No. 14

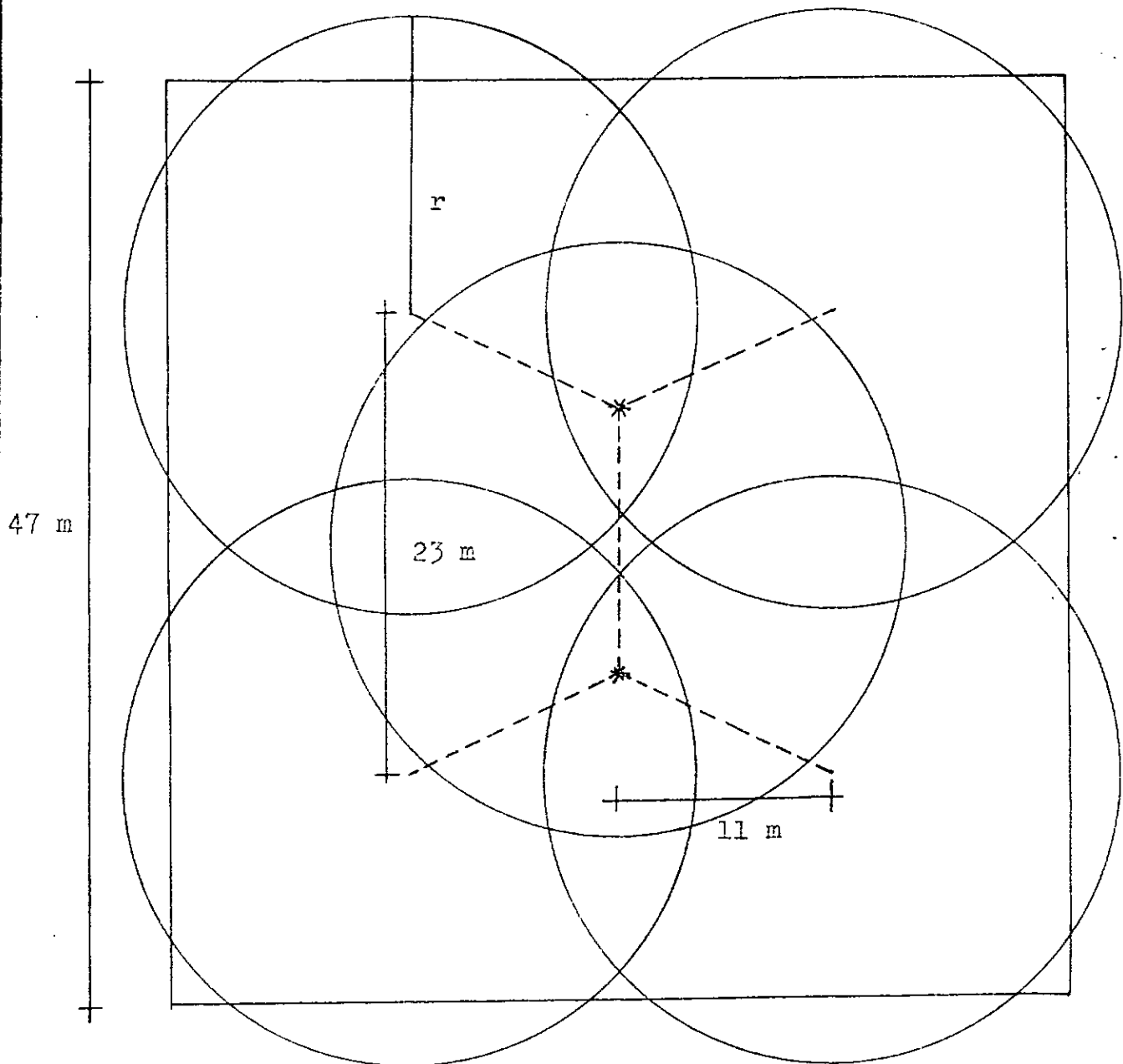
PREISION: INTERMEDIA (30 - 60 PSI)

AREA: 5 CUERDAS (25 VRS. x 25 VRS.)

RIEGO CON LANGUERA DE 5/8" x 50'

DOS CHORROS DE LAS CINCO CUERDAS

CINCO POSICIONES PARA EL ASPERSOR

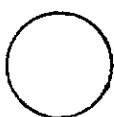


* CHORRO

----- MANGUERA

. POSICION DEL ASPERSOR

r RADIO DE MOJADO = 15 m.



AREA REGADA POR CADA POSICION DEL ASPERSOR

7. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado, se concluye lo siguiente:

- 7.1. Los Proyectos de mini-riego de aspersión por gravedad de Pueblo Viejo y Quiajolá, al ser evaluados, se pudo establecer que la eficiencia del diseño es adecuada.
- 7.2. La eficiencia de aplicación para los sistemas de Pueblo Viejo y Quiajolá, son de 68% y 72% respectivamente.
- 7.3. La capacidad con que se diseñó el sistema, cumple satisfactoriamente con el potencial del área planificada a regar, existiendo un excedente de caudal de 0.59 y 10.56 lps, para Pueblo Viejo y Quiajolá respectivamente, dando margen a posibles ampliaciones.
- 7.4. En la operación actual los intervalos de riego son muy reducidos y generalizados para todas las épocas de desarrollo y tipo de cultivo.
- 7.5. No existe diferenciación en cuanto a magnitud de las láminas de riego, en función del tipo del suelo, y la época de desarrollo del cultivo.
- 7.6. La movilización de los aspersores resulta inadecuada puesto que no se da el traslape respectivo en función -- del área de mojado.
- 7.7. La producción en las áreas bajo riego, se ve beneficiada por la diversificación de cultivos, que pueden cultivar y vender, implicando con ésto, un incremento en el nivel de vida de los usuarios y la reducción de la migración.
- 7.8. En base a los estudios realizados, no se presenta ningún cambio dentro del sistema, por ser adecuado, la eficiencia de aplicación del agua sobre las áreas bajo riego.

8. RECOMENDACIONES

En base al estudio realizado y a las conclusiones obtenidas se recomienda:

- 8.1. La eficiencia del sistema es factible elevarla, a través de una operación adecuada, en función de los requerimientos de la planta y del tipo de suelo.
- 8.2. Para una mejor operación es conveniente seguir los lineamientos planteados en el presente trabajo, y en el futuro efectuar estudios más detallados.
- 8.3. Al estimarse un excedente en la capacidad del sistema en el Proyecto de Quiajolá, se recomienda una ampliación futura.
- 8.4. Efectuar aforos constantes en las fuentes de agua para determinar la cantidad exacta de disponibilidad de agua para cada una de las épocas del año.
- 8.5. Para el mantenimiento del nivel adecuado de los recursos Agua-Suelo - Planta, es necesario el trabajo intensivo de los Promotores Agrícolas, en cuánto a: prácticas de manejo y conservación del suelo; uso adecuado de la tierra mediante prácticas de riego, todo ésto, con la finalidad de: incrementar la producción por unidad de área; y obtener mejores rendimientos de los cultivos.
- 8.6. Realizar una evaluación completa, en los demás Proyectos de riego de DIGESA, regiones con mini-riego, así como en otros Proyectos de riego, para determinar la eficiencia con que están operando.
- 8.7. Realizar una evaluación completa de tipo económico, para establecer, sí se aumenta el nivel económico del usuario en cada uno de los Proyectos de mini-riego.

9. APENDICE

TABLA No. 1

INFILTRACION BASICA ESTIMADA CON RELACION A
TEXTURA Y PENDIENTE

Pendiente en %	T E X T U R A D E L S U E L O		
	Moderadamente fina	Media	Moderadamente gruesa
0.00 - 4.00	0.510 - 1.020	0.760 - 1.780	1.270 - 2.540
4.00 - 8.00	0.380 - 0.640	0.510 - 1.270	1.020 - 1.780
8.00 - más	0.250 - 0.380	0.760 - 0.760	0.760 - 1.270

Fuente: (4)

TABLA No. 2

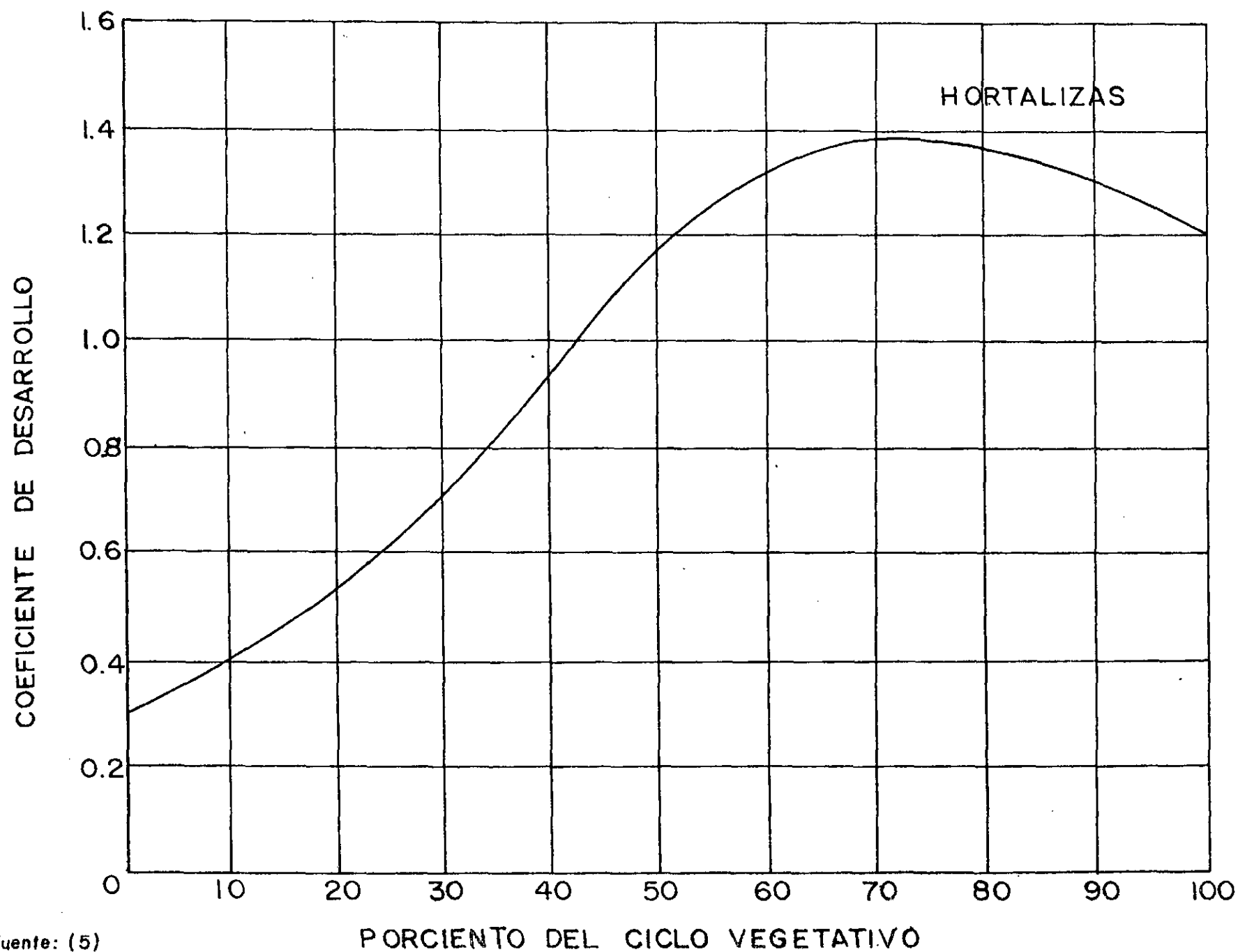
NECESIDADES DIARIAS DE USO MAXIMO

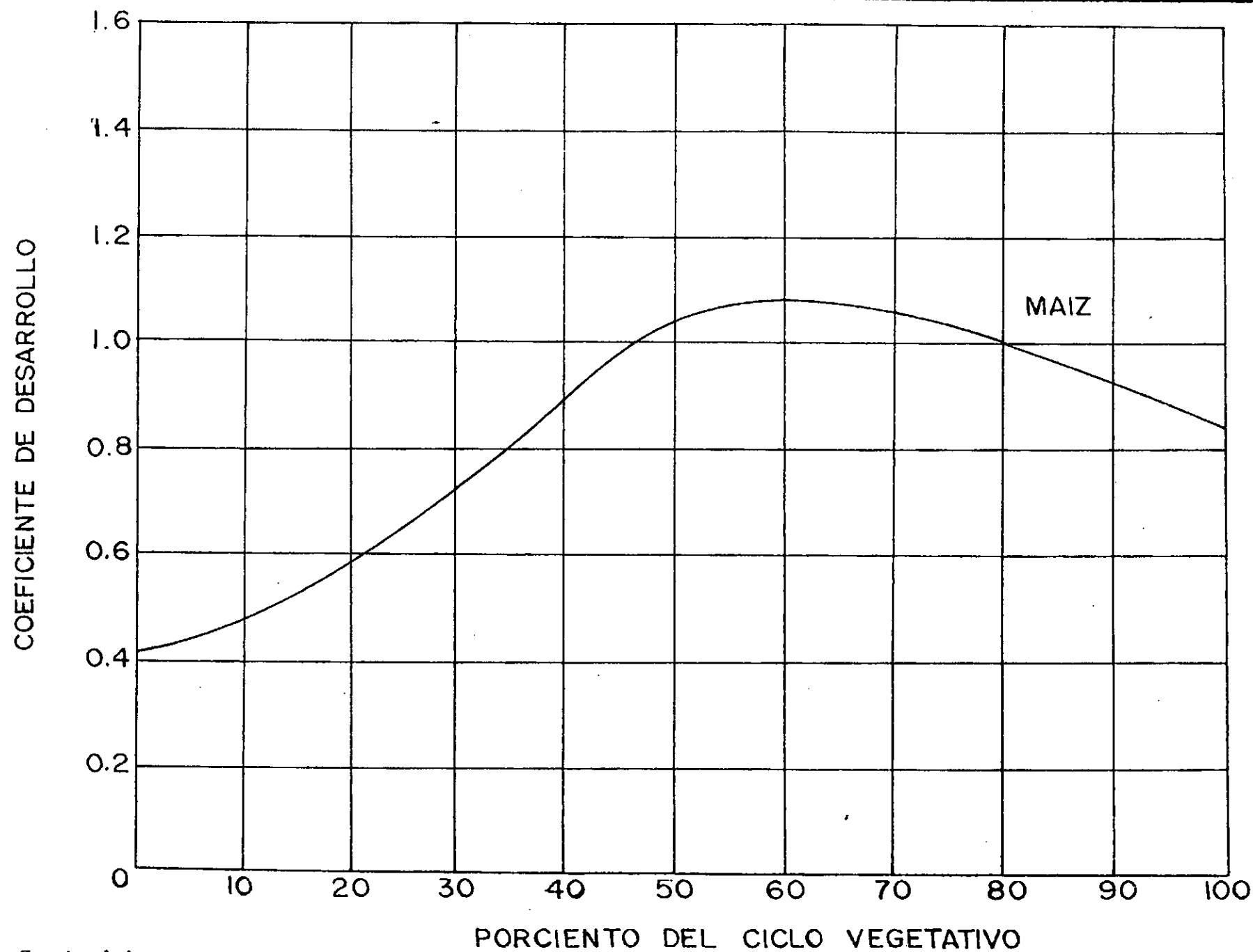
Cultivo	cm/día	pulg/día
Cítricos	0.33	0.13
Hortalizas para el mercado	0.51	0.20

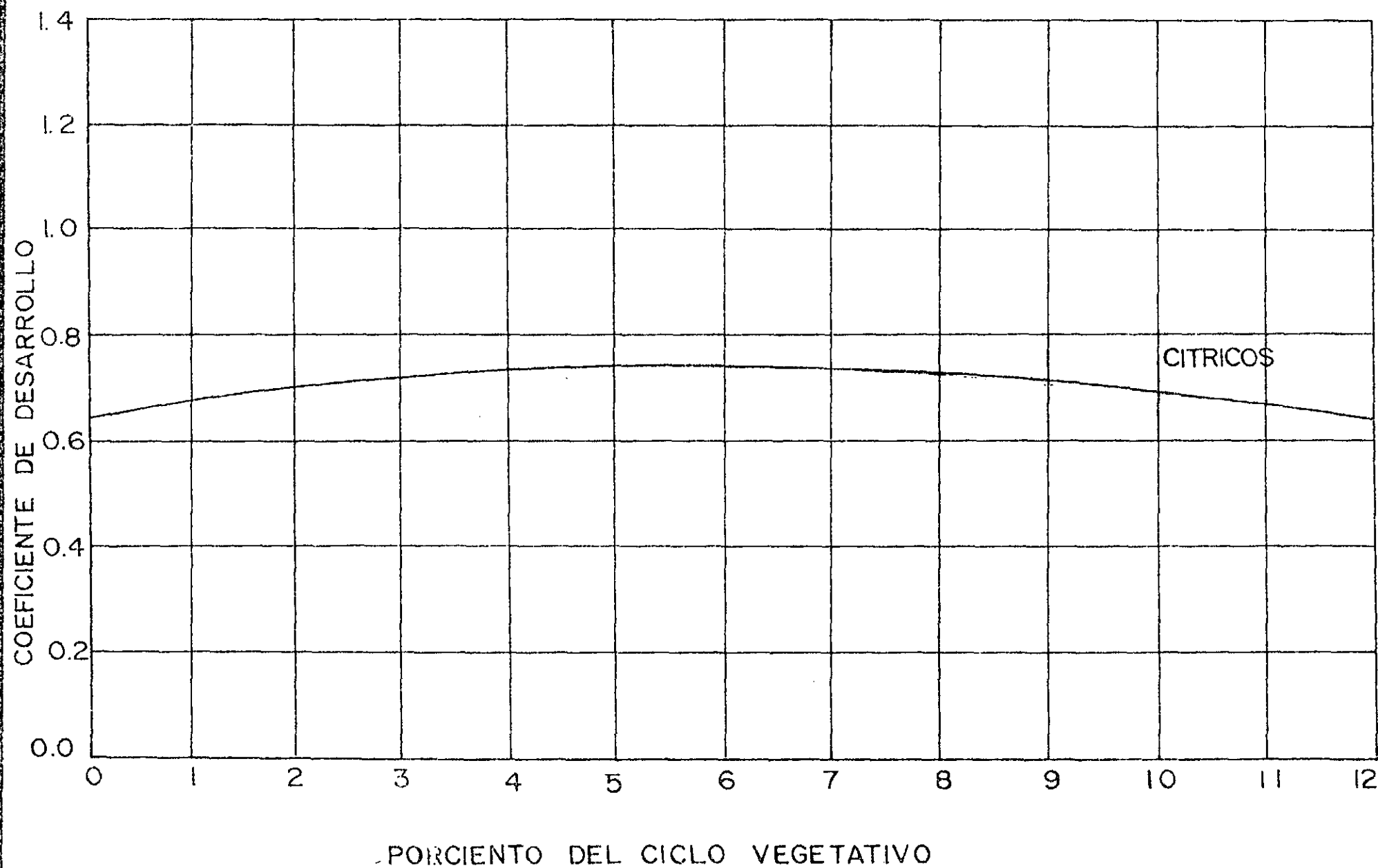
Fuente: (9)

TABLA No. 3
CLASIFICACION DE ROCIADOR Y SU ADAPTABILIDAD

TIPO DE ROCIADOR	Presión moderada 15 - 30 PSI, 1 - 2 Kg/cm ²	Presión intermedia 30 - 60 PSI, 2 - 4 Kg/cm ²
Características Generales.	Usualmente diseño de boquilla sola oscilante o en boquilla doble en brazo largo.	Cualquiera de los dos diseños: boquilla sola o dos boquillas.
Alcance de los diámetros húmedos	18 a 24 m 60 a 80 pies	23 a 37 m 75 a 100 pies
Tasa mínima de aplicación que se recomienda.	0.50 cm/hr 0.20 pulg/hr	0.62 cm/hr 0.25 pulg/hr
Características del chorro.	Las gotas de agua son bastante uniformes.	Las gotas de agua están bien distribuidas en todo el diámetro húmedo.
La figura de distribución de humedad.	De aceptable a buena en los límites superiores del intervalo de presiones.	Muy buena.
Adaptación y limitaciones	Principalmente para rociado por debajo de las copas de los árboles en las huertas. Puede usarse para cultivos de campo abierto y legumbres.	Para todos los cultivos a campo abierto y para la mayoría de los suelos susceptibles de riego. Bien adaptada para rociar sobre árboles en huertas, arboledas.



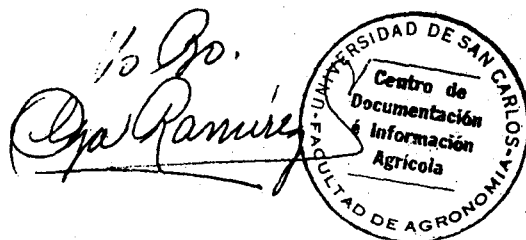




10. BIBLIOGRAFIA

1. AOORENBOS, J. y KASSAM, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979, 212 p.
2. BLANEY, H.F. and CRIDDLE, W.D. Determinig consumptave use and irrigation water requerements. USDA, Agricultural Research Service. Technical Bulletin No. 1275. 1972. pp 5-20
3. CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by sprinkling. University of California. Agricultural Experiment Station. Bulletin No. 670. 1942. pp 10-25
4. CISNEROS, C.E. Apuntes del curso de Riegos y Drenajes I. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p. (inédito).
5. GONZALEZ, O.A. Estimación de requerimientos de riego en Guatemala. Tesis Mag. Riego y drenaje. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados. 1974. 101 pag.
6. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Datos metereologicos. Guatemala. 1972-1979.
7. GUILLEN. J.A. Evaluación de métodos de riego. México, Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Boletín Técnico No. 16. 1980. pp. 5-9, 56-81.
8. HOLDRIGE, L. Mapa de zonificación ecológica de Guatemala, según sus formaciones vegetales. Guatemala, SCIDA, 1858. pp. 60-70.
9. HURD, C.L. Guía para el riego por aspersión. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional. 1974. 90p.

10. MERRIAM, J.L. and KELLER, J. Farm irrigation system evaluation; a guide for management. Logan Utah, Utah State University. Departament of Agricultural and Irrigation Engineering. 1979. pp. 19-50
11. PAIR, C. Sprinkler irrigation. 4th. ed. USA, The Irrigation Association. 1975. 615 p.
12. PALACIOS, V. Productividad, ingresos y eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego en México. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Post-graduados. Rama de Riego y Drenaje. 1975. pp. 20-40.
13. SALAZAR, L.J. Evaluación de los sistemas de riego. Logan Utah, Utah State University. Departament of Agricultural and Irrigation Engineering. 1978. s.p.
14. _____. Metodología y formatos utilizados en la evaluación de sistemas de riego. Logan Utah, Utah State University, Departament of Agricultural and Irrigation Engineering. 1978. s.p.
15. SIMMONS, C. TARANO, P. y PINTO, J. Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. pp. 113-140.
16. YAP-SALINAS, L.H. Eficiencia y uniformidad en el riego. Utah State University, Departament of Agricultural Irrigation Engineering, Boletín Técnico No. 1. 1979. pp. 5-14.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia	_____
Asunto	_____

"IMPRIMASE"

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Cesar A. Castañeda S.



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
D E C A N O