

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Agronomía

DIAGNOSTICO DE LA EFICIENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA
UNIDAD DE RIEGO NICA, MALACATAN, SAN MARCOS, 1985

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la

Facultad de Agronomía

por

GUILLERMO ANTONIO RAMIREZ MORALES

en el Acto de Investidura como

INGENIERO AGRONOMO

en el Grado Académico de Licenciado en

Ciencias Agrícolas

Guatemala, octubre de 1986

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(882)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL I:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez Gómez
VOCAL II:	Ing. Agr. Jorge E. Sandoval I.
VOCAL III:	Ing. Agr. Mario Melgar Morales
VOCAL IV:	Br. Luis Molina Monterroso
VOCAL V:	P.A. Axel Gómez Chavarri
SECRETARIO:	Ing. Agr. Luis Alberto Castañeda A.

Guatemala, 3 de Octubre de 1,986.

Ingeniero:
César Castañeda
Decano
Facultad de Agronomía
Presente.

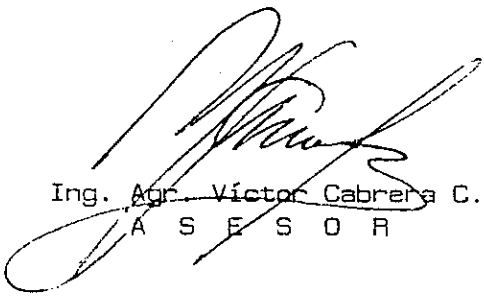
Señor Decano:

Me permito informarle que he asesorado el trabajo de tesis del estudiante, Guillermo Antonio Ramírez Morales, Carnet No. 80-10237, titulado: DIAGNOSTICO DE LA EFICIENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE RIEGO NICA, MALACATAN, SAN MARCOS, 1,985.

Dicho trabajo de investigación fué realizado de acuerdo a los procedimientos y normas de todo trabajo científico, por lo que recomiendo su aprobación para que sea aceptado como trabajo de tesis de graduación en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente.

"ID " ENSEÑAD A TODOS"



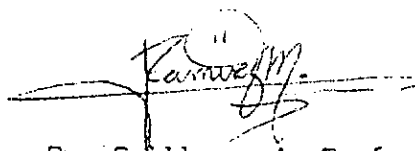
Ing. Agr. Víctor Cabrera C.
A S E S O R

Guatemala, 3 de Octubre de 1,986.

Honorable Junta Directa
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Ciudad.

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a su consideración el trabajo de tesis titulado: "DIAGNOSTICO DE LA EFICIENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE RIEGO NICA, MALACATAN SAN MARCOS 1,985". Como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo con el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Ramírez M.', with a horizontal line extending to the left and a flourish to the right.

Br. Guillermo A. Ramírez M.

TESIS QUE DEDICO

A MI PADRE:

Dr. Guillermo Antonio Ramírez Colón

INDICE

	Página
1. Introducción	01
2. Objetivos	03
2.1 Objetivo General	03
2.2 Objetivos específicos	03
3. Revisión Bibliográfica	04
3.1 Sistema de Riego	04
3.2 Eficiencia a considerar	08
3.3 Evapotranspiración	10
4. Metodología	13
4.1 Características de la Unidad de Riego Nicá	13
4.1.1 Ubicación	13
4.1.2 Clima	14
4.1.3 Topografía	14
4.1.4 Descripción del sistema de riego	14
4.2 Muestreo de usuarios	15
4.2.1 Estimación de la muestra	15
4.3 Análisis de la eficiencia de conducción	17
4.3.1 Determinación de la eficiencia de conducción	19
4.4 Análisis de la eficiencia de aplicación	20
4.4.1. Medición de los caudales de entrada y de salida en las parcelas	20
4.4.2. Muestreo de suelos	21
4.4.3 Análisis de la eficiencia de aplicación	22
4.5 Determinación de la eficiencia total de funcionamiento.	25
4.6 Velocidad de Infiltración	26
4.6.1 Medición del avance y recesión del agua para elaborar el perfil de humedecimiento del terreno.	29
4.6.2 Estimación de las pérdidas por escorrentía y percolación profunda	

	Página
4.7 Estimación de los requerimientos de riego	32
4.7.1 Determinación de la precipitación efectiva	33
4.7.2 Determinación de la evapotranspiración según el método de Hargreaves	34
4.8 Análisis de calidad física y química del agua	36
5. Resultados y Discusión	38
6. Conclusiones	59
7. Recomendaciones	61
8. Bibliografía	63
9. Apéndice	65

INDICE DE CUADROS

No.	TITULO	Página
1.	Eficiencia de conducción en los canales de la Unidad de riego Nicá, aforados en mayo de 1985	39
2.	Datos sobre las pérdidas por percolación profunda y escorrentía por parcela, Nicá, 1985.	45
3.	Datos de las láminas que podían almacenar los suelos (La) y de la láminas que debían aplicarse para reponer la humedad (Dn), Nicá, 1985	52
4.	Datos de la eficiencia de aplicación de agua en las parcelas, Nicá, 1985.	54
5.	Datos de la aplicación de agua por parcela, Nicá, 1985	54
6.	Datos de las constantes de humedad, contenido de humedad al cual se debe llegar con el riego, porcentajes de humedad del suelo antes y después del riego en las parcelas, Nicá, 1985	55
7.	Datos sobre el área de las parcelas, caudal Introducido, tiempo de riego, Nicá, 1985	56
8.	Datos de los sedimentos transportados en el canal principal de la Unidad de Riego Nicá, mayo 1985.	58
9.	Tabla demostrativa de el cálculo de la velocidad de infiltración	65

No.	TITULO	Página
10.	Datos de los requerimientos de riego y evapotranspiración de los cultivos de cacao plátano y pasto	66
11.	Datos sobre la eficiencia de aplicación del agua por parcela y según el método de riego utilizado, Nicá, 1985	67
11-a	Tabla de eficiencia del riego por superficie según manual AMES, 1962	67
12.	Datos de los cálculos de evapotranspiración real para los cultivos de plátano y pasto	68
13.	Datos sobre los parámetros de la velocidad de infiltración y tiempo de infiltración de la lámina bruta aplicada a las parcelas, Nicá, 1985	69
14.	Inventario de canales y obras de arte de la Unidad de riego Nicá, 1985	70
15.	Datos sobre las características físicas de los suelos de las parcelas, textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, Nica, 1985	71-72

11. Distribución de los canales de la Unidad de Riego
Nicá. 74
12. Ubicación de los puntos de aforo en los canales de
la Unidad de Riego Nicá, mayo de 1985. 75
13. Ubicación de los puntos donde se extrajeron mues-
tras de agua para determinar sólidos en suspensión.
Unidad de Riego Nicá, mayo de 1985. 76

Indice de Figuras

	Página
1. Esquema de la ubicación del molinete para aforar el canal principal.	18
2. Esquema de la ubicación del molinete para aforar los canales secundarios.	18
3. Forma y dimensiones del vertedero triangular.	21
4. Uso del papel logarítmico para el cálculo de parámetros de la velocidad de infiltración.	28
5. Esquema gráfico de la metodología de la medición de los tiempos de avance y recesión del agua.	31
6. Gráfico de los factores considerados en la elaboración de un balance hídrico.	33
7. Gráfica del comportamiento de la lámina bruta aplicada (Db), frente a la lámina de reposición de humedad (Dn) Nicá, 1985.	48
8. Esquema del perfil de humedecimiento promedio de las láminas promedio infiltradas, a lo largo del recorrido del agua sobre los terrenos.	49
9. Gráfica de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y 50% de capacidad de almacenamiento de humedad. Nicá, 1985.	50
10. Gráfica de el comportamiento de los contenidos de humedad de los suelos, antes y después del riego, frente al 50% de capacidad de almacenamiento de humedad. Nicá, 1985.	73

RESUMEN

El recurso agua, es un factor limitante en la agricultura, pero en Guatemala existe en la mayoría de regiones una abundante disponibilidad de ésta. Esto resulta ser un motivo más para hacer un uso eficiente procurando no desperdiciarla innecesariamente, mejor aún, aprovecharla inteligentemente para el desarrollo de la nación.

Este trabajo pretende llegar a saber que tan bien se hace uso del recurso agua en la Unidad de Riego Nicá, pues su funcionamiento en cuanto a eficiencia no se había estudiado hasta ahora. Para conocerla se usó una metodología de investigación compuesta de las siguientes partes.

De la población total de agricultores que riegan los cultivos de cacao, plátano y pasto se tomó una muestra. Con esto se buscaba agilizar la investigación para determinar la eficiencia de aplicación de agua.

A cada parcela escogida al azar, cuando estuvo definido el tamaño de la muestra se le determinó el caudal derivado para regarla, área, tiempo de riego, y método de riego usado. Se tomaron muestras de suelo para saber la textura y densidad aparente de los suelos, sus constantes de humedad y el contenido de humedad antes y después del riego. También se estimaron los parámetros de la velocidad de infiltración. Cuando se logró conocer la lámina de agua necesaria para reponer

la humedad en el suelo y se relacionó ésta con la lámina aplicada, logró establecerse la eficiencia de aplicación.

Para estimar la eficiencia de conducción se necesitó aforar los canales principal y secundario para conocer las pérdidas de agua durante el recorrido de éstos.

La eficiencia total de funcionamiento fue obtenida como el resultado de la multiplicación de la eficiencia total de aplicación y la eficiencia total de conducción.

Se elaboraron tres boletas de encuesta: Una boleta para conocer la experiencia y prácticas de riego de los agricultores; una segunda boleta de encuesta para establecer el conocimiento respecto al manejo de tierras bajo riego por parte de los trabajadores de la unidad de riego, así también los alcances de su participación en el funcionamiento de la unidad; y la tercera boleta para el Jefe de Operaciones de la unidad de riego y para el Encargado de Asistencia Técnica, de ellos se esperaba conocer su preparación, responsabilidad y función en el trabajo a su cargo.

Realizando un balance hídrico se llegó a establecer la necesidad de riego de cada cultivo considerado en este estudio (cacao, plátano, y pasto), a fin de poder elaborar un calendario de riego. Además se tomaron muestras del agua que circula

en el canal principal, también se extrajo una muestra de la fuente de derivación. Esto se hizo para conocer los sólidos en suspensión transportados en el agua y la calidad química de la misma.

Las conclusiones a las cuales se llegó son las siguientes:

La Unidad de Riego Nicá tiene una eficiencia total de funcionamiento de 42.0%. La cual se compone de: Eficiencia de conducción 91.2% y Eficiencia de aplicación 46.1%.

La principal deficiencia en la aplicación del agua es una lámina insuficiente con la cual no puede llevarse a los suelos a un umbral de humedad del 50% de la capacidad de almacenamiento de humedad.

En cuanto a las áreas cultivada, en su mayoría son bastante pequeñas con un área promedio de 0.320 has. El caudal derivado es pequeño con un promedio de 5.90 l.p.s., siendo ésta la causa de la insuficiente aplicación de agua.

Todos los agricultores poseen conocimientos similares y usan las mismas técnicas de riego, ninguno de ellos ha recibido instrucción para hacerlo y todos ellos desconocen los requerimientos de agua de los cultivos.

1. INTRODUCCION

En muchos países el riego es un arte antiguo, tanto como la civilización, pero para la humanidad es una ciencia, la de sobrevivir, utilizando el agua para áreas potencialmente regables.

La irrigación se practica como una base fundamental de la agricultura progresista en todo el mundo. Cuando se cuenta con una abundante disponibilidad de agua para un cultivo se asegura su rendimiento y rentabilidad tanto en regiones húmedas como áridas.

La operación de un proyecto de riego, no debe conceptuarse como un manejo de aguas con una técnica unilateral sino que como un conjunto de las técnicas de cultivo y por lo tanto, se requiere de una concordancia entre la infraestructura física para el mejoramiento agrícola, la utilización de variedades mejoradas para las condiciones existentes, el mejoramiento de la técnica de cultivo y junto a esto un manejo de la aplicación de agua.

Una baja eficiencia en el manejo del agua ocasionando desperdicio puede generar grandes problemas, aunque aparentemente no tenga importancia, como sería la elevación del nivel freático y los consecuentes problemas de drenaje y

falta de aireación, problemas de salinidad, escasez de agua al final de los canales de conducción y el desfase entre el área de diseño y el área efectivamente regada.

Los aspectos de operación de riego a nivel de agricultor y de los sistemas de abastecimiento de agua están aún dominados por la tradición y no presentan como un objetivo principal una alta eficiencia en el uso del agua.

En la captación las deficiencias de mayor incidencia son la disminución en la de caudal en la fuente de abastecimiento y el exceso de materiales de arrastre constituido por sedimentos de diferentes diámetros los cuales causan asolve en los canales. La deficiencia en la conducción hacen disminuir caudales y con ello el área de riego.

En la distribución, la falta de estructuras de medición, condiciones inadecuadas de los terrenos para la práctica del riego, falta de preparación del personal encargado y de dispositivos para regular caudales en los canales son entre otros los principales problemas.

Para concluir por parte de los usuarios se señala la falta de experiencia y ausencia de adiestramiento además de no haber una conservación y manejo de suelos ejecutado por personal calificado para ello.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

- Conocer el funcionamiento respecto a la operación; conservación, uso y manejo del agua en la Unidad de Riego Nicá.

2.2 Objetivos específicos:

- Cuantificar la eficiencia de aplicación del agua servida a los cultivos de tipo permanente (cacao, plátano, y pasto), por métodos de riego superficial.
- Conocer la eficiencia de conducción de agua en los canales de conducción.
- Determinar posibles soluciones para el manejo y operación del distrito de Riego.

3. Revisión Bibliográfica

3.1. Sistema de riego.

Israelsen & Hansen (1975), dicen que el riego es la aplicación artificial de agua con el fin de suministrar la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas y con el que se busca cumplir con los siguientes objetivos:

1. Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos se desarrollen.
2. Asegurar la cosecha contra la escasez de agua.
3. Refrigerar suelo y atmósfera para mejorar las condiciones ambientales favoreciendo el desarrollo vegetal.
4. Disolver sales contenidas en el suelo.
5. Reducir la formación de drenajes naturales.

El agua de riego complementaria de otras aguas procedentes de las fuentes que se mencionan a continuación, cuya importancia y existencia no pueden ser ignoradas al momento de calcular las dotaciones de agua para riego:

- Precipitación pluvial.
- Agua atmosférica no procedente de precipitación

- Aguas superficiales.
- Aguas subterráneas

Olvidar estas cuatro fuentes y la proporción en que cada una contribuye a las necesidades vegetales repercute en un deficiente planteo del sistema de riego.

Goldberg (1979) indica que los métodos de riego por inundación a gravedad, se practican desde tiempo inmemorial y consiste en conducir un volumen de agua desde una fuente de captación hacia los surcos o melgas de un campo y dejarla que fluya hacia éstos por gravedad. El rendimiento general y la eficiencia de agua que ha humedecido la zona radicular del cultivo y la cantidad de agua descargada.

Empleando la conducción a cielo abierto y métodos de riego por superficie menos la mitad del agua suministrada llega a utilizarse esta deficiencia se debe a infiltraciones y evaporación, también a una mala preparación de la tierra por falta de conocimientos del agricultor, provocando pérdidas por escorrentía y percolación profunda acarreando problemas de erosión, encharcamiento y salinización.

Ventajas del riego superficial:

1. En superficies de terreno plano, la inversión inicial es baja.

2. Puede usarse cuando hay bastante agua y poco peligro de inundación.
3. Con grandes caudales de riego y grandes obras de almacenamiento el costo de aplicación es bajo.
4. Para plantas de raíces profundas es barato, adecuado y fácil de manejar.
5. De gran uso en campos de pasto.

Desventajas del riego superficial:

1. Necesita más agua por unidad de área y no se pueden aplicar pequeñas cantidades de agua.
2. Peligro de anegamiento en el sub-suelo con probabilidades de ocasionar problemas de inundación.
3. La nivelación de terrenos es costosa.
4. Necesita vigilancia la aplicación del agua.

El buen aprovechamiento del agua de riego necesita que se diseñe y maneje el sistema de riego bajo los siguientes criterios:

- Almacenar el agua necesaria en la zona radicular.
- Lograr una aplicación relativamente uniforme del agua, logrando que ésta permanezca un tiempo estable en todos los puntos.
- Conseguir minimizar la erosión, esto se consigue haciendo variar los caudales.
- Minimizar la escorrentía, aunque esto no es tan importante si se está en capacidad de reciclar el agua.
- Reducir el agua de percolación a menos que sea para el lavado de sales .
- Disminuir la superficie del terreno no utilizable para riego.
- Utilizar la menor cantidad de mano de obra posible.
- Adaptar la geometría y dimensiones del terreno lo mejor posible.
- Acomodar el sistema de riego a los suelos, topografía y cultivos, favoreciendo un mejor diseño.
- Facilitar el uso de maquinaria agrícola.

3.2 Eficiencia a considerar

a) Eficiencia de aplicación (Ea).

Es la relación entre la lámina promedio almacenada en la zona radicular (el agua necesaria para mantener la humedad del cultivo) y la lámina promedio de agua de riego aplicada. Grassi (7) (8) (9).

$$Ea = \frac{LPZR}{LPA}$$

donde: Ea: es la Eficiencia de aplicación.

LPZR: la Lámina Promedio aplicada a la zona radicular.

LPA: la Lámina promedio aplicada al campo.

Esta eficiencia muestra la fracción aplicada que se ha almacenado en la zona de las raíces y que es potencialmente accesible a la evapotranspiración.

b) Eficiencia de conducción (Ec).

Es la relación entre el caudal que entra en una parte del sistema de conducción y el caudal que circula en otra parte posterior del sistema. Juarez (1985).

$$Ec = \frac{\text{Caudal Inicial}}{\text{Caudal final}}$$

donde: Ec: Eficiencia de conducción

Caudal Inicial: Caudal al inicio del
sistema $m^3/\text{seg.}$

Caudal Final: Caudal al final del
sistema en $m^3/\text{seg.}$

Con esto podemos conocer la magnitud de pérdidas de agua en el transcurso de la conducción.

Al hacer la evaluación de un sistema de riego, se tienen que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Si está el suelo lo suficientemente seco para comenzar el riego.
2. Si está el suelo suficientemente húmedo para cortar el riego.
3. Se distribuye el agua uniformemente en el terreno.
4. Existe abundante escorrentía final.
5. Es el abastecimiento de agua y el sistema capaz de una entrega de agua para un uso eficiente de agua como de labor.

Aragón Rivas (1984), refiere que en la Unidad de Riego el Rancho-Jícaro, los usuarios aplican más agua de la necesitada regularmente, razón por la cual se desperdician grandes cantidades de agua debido a la sobrelámina aplicada. La mayoría de las pérdidas aquí son por percolación profunda. También informa que para dicha unidad de riego el área de diseño no es cubierta totalmente por el servicio de riego.

3.3 Evapotranspiración

Transpiración: Es el agua que penetra a través de las raíces y se utiliza en construcción de tejidos o es emitida por las hojas y devuelta a la atmósfera.

Evaporación: Agua evaporada en el terreno adyacente, por la superficie del agua o por la superficie de las hojas de las plantas.

El volumen de agua transpirado por las plantas depende de: El agua que tienen a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de las plantas, de su follaje y de la naturaleza de sus hojas.

Con el riego se busca mantener constante la humedad del suelo, pues éste es la fuente de aprovisionamiento de agua para las plantas. Al conocer la evapotranspiración, se puede saber la cantidad de agua que debe suministrarse al suelo para reponer la humedad perdida, manteniendo constante la disponibilidad de agua para las plantas.

Se ha definido que existen dos tipos de evapotranspiración: potencial y real.

Evapotranspiración potencial: Pérdida de agua que ocurriría en una superficie cubierta totalmente de vegetación sin ninguna restricción de humedad edáfica; depende fundamentalmente de condiciones climáticas existentes, dadas por las características físicas de la atmósfera vecina del suelo.

La evapotranspiración potencial depende de las siguientes variables:

$$Etp = f(Rg, r, T, Ea, u, n)$$

donde: Etp: Evapotranspiración potencial

Rg: Radiación global

r: Coeficiente de reflexión

T: Temperatura del aire.

Evapotranspiración real: Las variables de la cobertura vegetal, natural o cultivada, las condiciones edáficas y los niveles de humedad en el suelo, tanto en espacio como en tiempo, modifican la definición anterior de evapotranspiración potencial.

$$Et = Etp \times K$$

donde: Et: Evapotranspiración real

Etp: Evapotranspiración potencial

K: Coeficiente que toma en cuenta el efecto de las relaciones agua-suelo-planta.

La evotranspiración real por medio del coeficiente K, considera el efecto fisiológico y físico derivado de la planta y el suelo. Mientras que la evapotranspiración potencial incluye aspectos de orden físico que dependen del suelo.

Para medir la evapotranspiración real existen métodos directos e indirectos. Entre los métodos directos están las parcelas experimentales y los lisímetros; los métodos indirectos pueden ser varios como Blannet & Criddle, Hargreaves, Thornthwaite.

4. Metodología.

4.1 Características de la Unidad de riego Nica

4.1.1 Ubicación

El proyecto de Riego Nicá se encuentra localizado en la región denominada Nicá, municipio de Malacatán, departamento de San Marcos, abarca el microparcelamiento Nicá y fincas particulares vecinas de Esquipulas Nicá y San Francisco Nicá, situadas en el municipio y departamentos ya citados. Las coordenadas geográficas son -- $14^{\circ} 50' 54''$ latitud Norte y $92^{\circ} 08' 58''$ longitud Oeste.

Esta área se limita al Norte con el municipio de Malacatán, cabecera municipal; al Sur con la finca El Silencio; al Oeste, Río Nicá y finca El Zapote y al Este el río Suchiate.

La unidad de riego se comunica con la carretera asfaltada CA-2 por medio de tres caminos de terracería que tienen una longitud de 8, 10 y 12 kilómetros, transitables los tres en verano, no así en invierno, quedando en esta época únicamente un acceso transitable para vehículos de doble tracción.

4.1.2. Clima.

La región se encuentra a 132 metros sobre el nivel del mar. Esta zona forma parte de la cuenca del río Suchiate.

El clima según la clasificación de Thornthwaite, es de verano cálido y de invierno benigno. La temperatura promedio anual es de 25.5°C , con máximas medias mensuales de 32°C en los meses de marzo, abril y mayo; mínimas medias mensuales de 22°C en el mes de agosto. La precipitación media anual es de 3300 milímetros distribuidos de mayo a octubre, sin una distribución normal, la humedad relativa media es de 75%.

4.1.3 Topografía.

La topografía del lugar es plana, con una pendiente uniforme hacia el sur de 1.5%.

4.1.4. Descripción del sistema de riego.

La Unidad de Riego Nicá, deriva agua del Río Petacalapa, el cual es afluente del Río Suchiate, el inventario de canales de conducción y demás obras de arte se puede ver en el cuadro No. 13 del apéndice.

4.2. Muestreo de usuarios

4.2.1. Estimación de la muestra.

La unidad de Riego Nicá cuenta actualmente con un total de 42 usuarios que poseen terrenos cultivados con cacao, plátano y pasto. Esta es una cantidad de usuarios bastante sencilla de manejar para realizar un censo encuestado sobre sus conocimientos de riego, pero esta situación cambia cuando se trata de realizar el análisis de la eficiencia de aplicación de agua de riego. Evaluarlos a todos requeriría demasiado tiempo, equipo y personal capacitado. Por esta razón para realizar el estudio de la eficiencia de aplicación se recurrió a la técnica de muestreo estadístico.

Para la definición del tamaño de la muestra se empleó la siguiente ecuación,

$$n = \frac{N \times t^2 \times s^2}{N \times d^2 \times t^2 \times s^2} \dots\dots\dots \text{ec.1.}$$

donde:

- N: Tamaño total de la población
- n: Tamaño definido de la muestra
- s: Varianza
- d: Precisión
- t: Valor tabular de T de Student

Debido a la similaridad que existe en la forma de regar los diferentes cultivos había una gran uniformidad para seleccionar a los integrantes de la muestra dentro de cada grupo de cultivos, por ello se utilizó el muestreo simple aleatorio.

La boleta de encuesta destinada a los agricultores usuarios, pretendía determinar los conocimientos que tienen sobre el riego y su manejo, esta boleta se puede observar en el anéndice (Pág. No. 80).

El personal encargado del trabajo de campo, se le encuestó para conocer sus labores y responsabilidades y también se buscaba conocer respecto a los conocimientos del riego que ellos -- poseen, si han recibido adiestramiento y capacitación para el desempeño de sus labores. La boleta de encuesta para el personal de campo se detalla en el apéndice (Pag. No. 79).

El Jefe de Operación y al Encargado de Asistencia Técnica también se les indagó para conocer sus responsabilidades y funciones dentro de sus labores, además de llegar a conocer la preparación que poseen, ver la boleta en el apéndice)Pág. No. 81)

4.3. Análisis de la eficiencia de conducción.

La eficiencia de conducción, es la relación con la que el agua se distribuye desde su punto de derivación a través del canal Principal y de los secundarios hasta llegar a las tomagranjas.

Los canales se aforaron a fin de cuantificar el caudal que circulaba por el sistema de riego, para ello, se midió la velocidad que llevaba el agua en el punto determinado el canal y se determinó el área de la sección del agua en el punto de aforo.

Para conocer la velocidad con que el agua circulaba por los canales se usó el molinete, para emplearlo adecuadamente se buscó mantener constante el tirante del agua vigilando el caudal en la toma de la presa y a la entrada de los canales secundarios. Se ubicó la estación de aforo en un sitio donde no hubiera turbulencia y se vigiló que nadie extrajera agua del canal mientras duraba la prueba.

La velocidad se tomó a una profundidad de 0.6 la altura del tirante de agua según puede observarse en las figuras No. 1 y No. 2.

El aforo de cada canal se realizó en su parte inicial y final, para calcular los caudales se utilizó la siguiente

Esquema de la ubicación del molinete para aforar el canal principal.

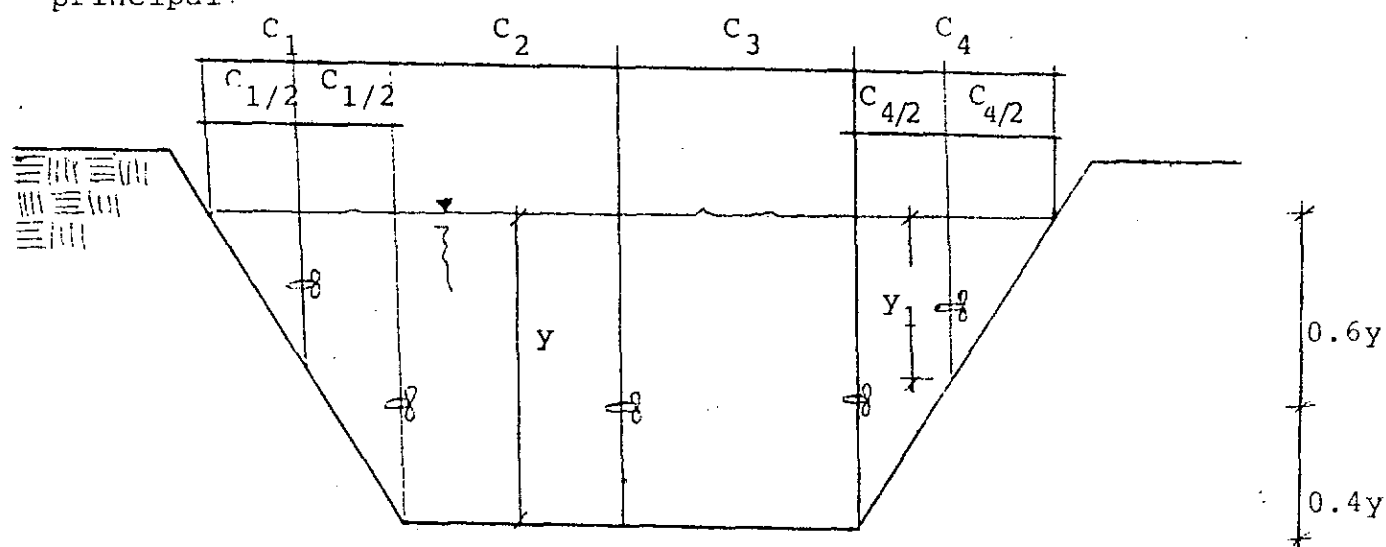


Figura No. 1

Esquema de la ubicación del molinete para aforar los canales secundarios

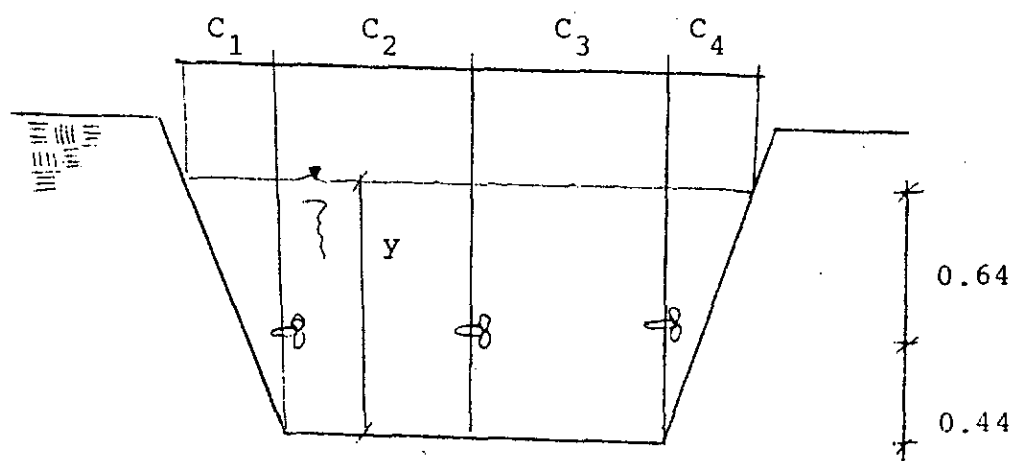


Figura No. 2

Y : Altura del tirante del agua al fondo del canal.

Y_1 : Altura del tirante del agua a la mitad del Talud.

ecuación.

$$Q = A \times V \dots\dots\dots \text{ec.2.}$$

donde: Q: Caudal en metros cúbicos por segundo

A: Area de la sección del canal en el punto de aforo en mts^2 .

V: Velocidad del agua en metros por segundo.

4.3.1 Determinación de la eficiencia de conducción

La ecuación para determinar la eficiencia de conducción es la siguiente:

$$Ec = \frac{Q - 2}{Q - 1} \times 100 \dots\dots\dots \text{ec.3}$$

donde:

Ec: Eficiencia de conducción para el canal X en porcentaje.

Q-1: Caudal que entra al canal, en $\text{metros}^3/\text{segundo}$

Q-2: Caudal al final del canal, en $\text{metros}^3/\text{segundo}$

Habiendo obtenido la eficiencia de conducción de cada canal, la eficiencia total de conducción se calcula

haciendo el promedio de las eficiencias de conducción de todos los canales.

4.4. Análisis de la eficiencia de aplicación.

4.4.1. Medición de los caudales de entrada y de salida en las parcelas.

Los caudales de entrada y salida en las parcelas se midieron usando un vertedero triangular aforado y calibrado. Dicho vertedero se colocó en la salida de la regadera que conducía el agua a la parcela y para medir las salidas de agua se colocaba al final de los surcos cuando los había o ubicándolo en el punto donde convergieran más fácilmente las aguas de salida (cuando no regaban por surcos).

A continuación se presenta la fórmula de caudal a la cual está calibrado el vertedero.

$$Q = 1.38H^{5/2} \dots\dots\dots ec.4$$

donde:

Q: Caudal en metros³/segundo

H: Altura de la cresta del agua sobre el vertedero en centímetros.

El vertedero llevaba incluida una escala limnigráfica, graduada en centímetros en uno de sus lados para medir la altura del tirante de la cresta de agua. El vertedero

se debe colocar perpendicular a la dirección de la embestida del agua y en posición perfectamente horizontal.

En la figura No. 3, puede observarse la forma y dimensiones del vertedero.

Forma y Dimensiones del vertedero triangular

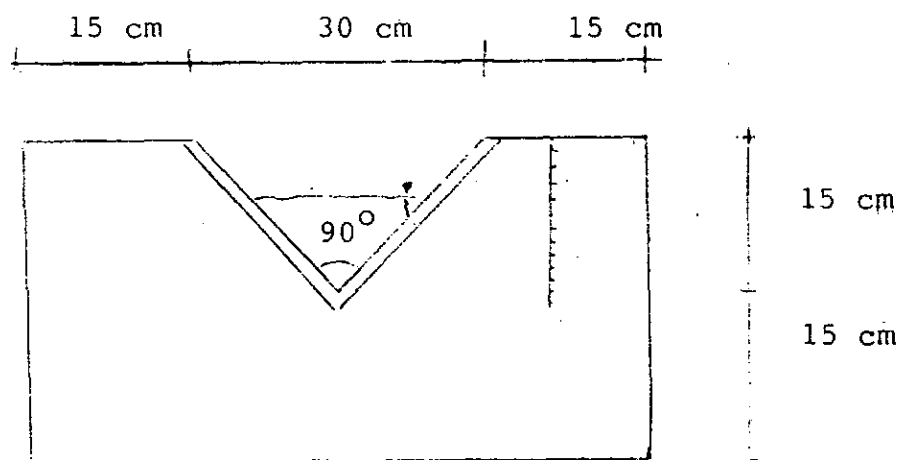


Figura No. 3

y: Tirante de la cresta del agua en el vertedro en cm.

4.4.2. Muestreo de suelos.

Se realizó un muestreo de suelos con el fin de establecer las características físicas del suelo relacionadas con el riego: textura, densidad aparente y constantes de humedad como son el punto de marchitez permanente y capacidad de campo, así también el contenido de humedad

del mismo en ese momento. Para tomar las muestras se utilizó el tornillo de berrena y las profundidades a las cuales se tomaron fue de 60 y 90 centímetros, pues según Grassi (1975) los pastos, frutales permanentes y arbustos tienen una penetración radicular de 90 centímetros como mínimo.

Para conocer la humedad que contiene el suelo después del riego se tomaron muestras de suelo 24 a 30 horas después de regado el terreno.

Los análisis de punto de marchités. permanente y de capacidad de campo se realizaron en los laboratorios de la Dirección de Riego y Avenamiento de la ciudad de Guatemala; la textura, densidad aparente y contenidos de humedad se determinaron en el laboratorio de suelos de la Unidad de Riego Caterina del municipio de Catarina, San Marcos.

Estos datos se muestran en el cuadro No. 8 del apéndice.

4.4.3. Análisis de la eficiencia de aplicación.

Para poder evaluar la eficiencia de aplicación de agua en cada parcela es necesario conocer la lámina de agua que puede almacenar el suelo estando a capacidad de campo, esta lámina se puede conocer aplicando la fórmula

siguiente:

$$La = \frac{(CC - PMP)}{100} \times Dap \times Pr \dots\dots\dots ec.5.$$

donde:

- La: Lámina que puede almacenar el suelo a capacidad de campo, en centímetros.
- CC: Capacidad de campo, expresada en porcentaje
- PMP: Punto de marchitez permanente, expresado en porcentaje.
- Dap: Densidad aparente, en gramos/cm³
- Pr: Profundidad radicular considerada, en centímetros

El riego se ha concebido para su aplicación a determinados intervalos de tiempo, para que resulte operativo en la práctica, no conviene mantener en el suelo un alto nivel de humedad, por eso se establece aplicar un umbral de riego, tal como regar cuando se ha consumido un porcentaje de la lámina de agua disponible (La). Esto es considerar una demanda neta de agua.

La lámina que debe aplicarse al suelo para mantener un contenido de humedad se establece mediante la siguiente ecuación:

$$Dn = \frac{(CC-HA)}{100} \times Dap \times Pr \times Ur \dots\dots\dots ec.6.$$

donde:

Dn: Lámina de agua que debe aplicarse, en cm.

HA: Porcentaje de humedad del suelo antes del riego

Ur: Umbral de riego, 50% de la capacidad de almacenamiento de humedad.

La lámina de agua que fue aplicada efectivamente al terreno se establece a partir del caudal, tiempo de riego y área irrigada. Dicha lámina se obtiene según la ecuación:

$$Db = \frac{\text{vol (m}^3\text{)}}{\text{Area (m}^2\text{)}} \dots\dots\dots ec.7.$$

donde:

Db: Lámina de agua aplicada, en cm.

Vol: Volumen de agua aplicada en metros³

Area: Area regada en metros².

La eficiencia de aplicación parcelaria, es la relación entre el agua que se debe regar y la cantidad de agua efectivamente aplicada. (8), (9).

$$E_{ap} = \frac{D_n}{D_b} \times 100 \dots\dots\dots ec,8,$$

donde:

E_{ap}: Eficiencia de aplicación parcelaria, en porcentaje

D_n: Lámina de agua que debe aplicarse, en cm.

D_b: Lámina de agua aplicada, en cm.

La eficiencia de aplicación total se obtiene de la media de todas las eficiencias de aplicación parcelarias.

4.5. Determinación de la eficiencia total de funcionamiento.

Una vez establecidas las eficiencias totales de aplicación y de conducción, se pudo establecer la eficiencia global de funcionamiento de la Unidad de Riego Nicá, para ello se utilizó la fórmula siguiente:

$$E = \frac{E_{ap} \times E_c}{100} \times 100 \dots\dots\dots ec.9.$$

donde:

E: Eficiencia global de funcionamiento de la unidad de riego en porcentaje

E_{ap}: Eficiencia total de aplicación de agua, en

porcentaje.

Ec: Eficiencia total de conducción, en porcentaje.

4.6 Velocidad de Infiltración.

Para determinar la Velocidad de Infiltración, ---- se seleccionó en cada parcela estudiada un área apropiada para instalar allí el cilindro infiltrómetro simple. La toma de lecturas de la lámina infiltrada se hizo a intervalos variables, por el comportamiento decreciente de las velocidades respecto al tiempo. Los intervalos de lectura fueron de un minuto, luego cinco, diez, quince y treinta minutos hasta ajustar dos horas, (Aragón 1984) ver apéndice No. 9.

Para el cálculo de los parámetros de la ecuación de infiltración se usó el modelo de Kostyakow-Lewis, el cual es:

$$I_b = Kt^n \dots\dots\dots \text{ec.10.}$$

donde:

I_b : Velocidad de infiltración expresada en cm/hora

K: Parámetro que representa la cantidad de infiltración durante el intervalo inicial.

t: Tiempo de prueba expresado en minutos.

n: Parámetro que indica la forma con que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

Por medio de procedimientos matemáticos, se cambia esta ecuación de exponencial a lineal a través de logaritmos de base 10, quedando la ecuación 10, de la siguiente manera:

$$\text{Log } I_1: \text{Log } K + n \text{Log } t \quad \text{.....ec.11.}$$

Con el empleo de ecuaciones simultáneas, se pueden calcular los parámetros n y K. También es muy práctico calcularlos usando el papel logarítmico, empleando el tiempo acumulado, contra la velocidad de infiltración, como lo indica la figura No. 4

Para el cálculo de los parámetros de velocidad de infiltración se puede utilizar papel logarítmico cuyo procedimiento es más fácil de usar y no necesita mucho cálculo. Ver figura No. 4.

Figura No. 4

Uso del papel logarítmico para el cálculo de
parámetros de la velocidad de infiltración

Infiltracion
cm/hora

$$K = 50.77$$

$$n = 0.5201$$

$$- 0.5201$$

$$I = 50.77 t$$

$$K = 50.77$$

y

n

x

$$n = \frac{y}{x}$$

1

10

100

Tiempo en minutos

La lámina infiltrada se puede deducir en función de la velocidad de infiltración que se tenga sobre el terreno; por tanto se puede deducir a partir de la siguiente ecuación:

$$L = \frac{Kt}{n} (n-1) \dots\dots\dots \text{ec.12.}$$

donde:

L: Lámina infiltrada acumulada, en cm.

t: Tiempo en horas

Cuando se desea conocer el tiempo que el terreno tarda en infiltrar una lámina determinada, tenemos:

$$t = \frac{(L \times (n-1))}{K} \frac{1}{n-1} \dots\dots\dots \text{ec.13}$$

4.6.1 Medición del avance y recesión del agua para elaborar el perfil de humedecimiento del terreno.

Para medir el avance del frente del agua en el terreno, se marcan estaciones a lo largo de lo que era el recorrido del agua desde su punto de origen, luego de esto se va midiendo el tiempo que tarda en llegar el agua hasta cada una de estas estaciones.

El tiempo de recesión se mide simplemente observando el tiempo que tarda el agua en ser absorbida por el suelo a la altura de cada una de las estaciones ya referidas.

Para medir los tiempos de avance y de recesión se usó la siguiente libreta de campo:

Estación	Distancia(mt)	Avance(tiempo)	Recesión(tiempo)

Con estos datos de avance y recesión se puede determinar el tiempo de permanencia del agua sobre los puntos de terreno establecidos, y con la ecuación No. 12, se puede elaborar el perfil de humedecimiento del terreno y conocer las pérdidas de agua por percolación. Ver gráfica No. 5.

4.6.2. Estimación de las pérdidas por escorrentía y percolación profunda.

Para determinar las pérdidas por percolación profunda, se establece que:

$$P_{PC}\% = \frac{(R + 1)^{n+1} - R^{n+1}}{(R + 1)^{n+1} + R^{n+1}} \times 100 \quad \dots\dots\dots ec.14$$

Esquema gráfico de la metodología de la medición de los tiempos de avance y recesión del agua .

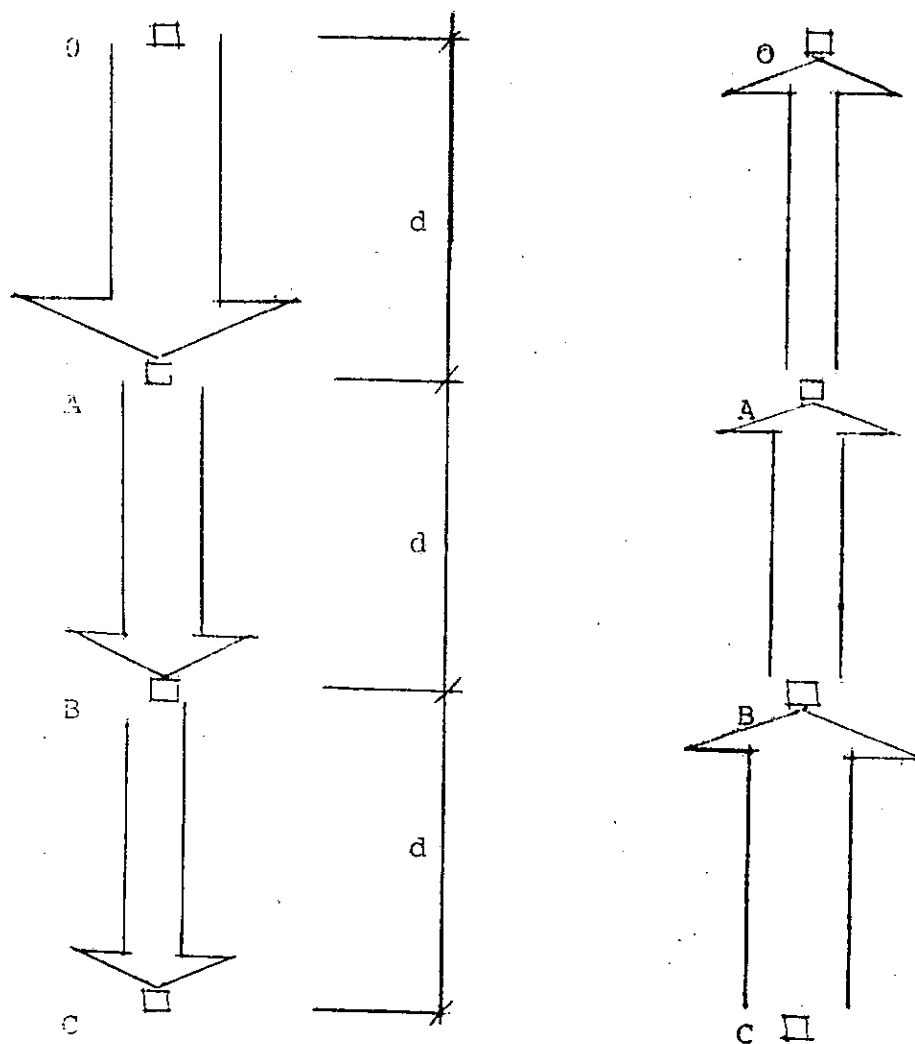
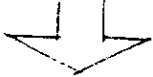


Figura No. 5

-  : Estación referencial para la toma de tiempos
-  : Frente de avance del agua
-  : Frente de recesión del agua.
- d : Distancia entre estaciones (en metros).

donde:

Prc%: Pérdidas por percolación profunda en porcentaje.

R: Relación entre tiempo de mojado y tiempo de reposición de la lámina neta.

1: $R = \frac{T_2}{T_1}$ donde T1: Tiempo de mojado
T2: Tiempo de reposición de la lámina neta.

En la parcela cuando el agricultor maneja el agua ocurren pérdidas por escurrimiento al final del surco y estas teóricamente pueden determinarse con la prueba siguiente:

$$\text{Pes\%} = \frac{t_2}{t_1 + t_2} \frac{Q_{\text{sal}}}{Q} \times 100 \dots \text{ec.15.}$$

donde:

Pes% : Pérdidas por escurrimiento en porcentaje

Qsal : Caudal de salida en l.p.s.

Q : Caudal de entrada en l.p.s.

t1 : Tiempo de duración de la escorrentia

t2 : Tiempo de aplicación del agua.

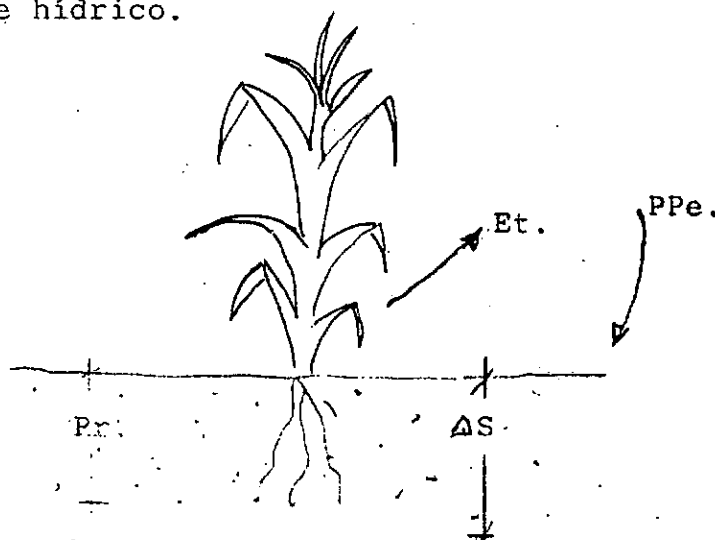
4.7. Estimación de los requerimientos de riego.

Los requerimientos de riego de los cultivos se establecen mediante la elaboración de un balance hídrico:

$$Rr. PPe - Et + \Delta s. \dots\dots\dots ec.16.$$

Figura No. 6

Gráfico de los factores considerados en la elaboración de un balance hídrico.



Rr: Requerimiento de riego, en mm.

PPe: Precipitación efectiva, en mm.

Et: Evapotranspiración real, en mm.

ΔS: Cambio en el contenido de humedad, en mm.

DPR: Profundidad radicular del cultivo

4.7.1. Determinación de la precipitación efectiva.

Esta se determinó según el método de Blanney & Criddle, con el cual se aplican coeficientes decrecientes por cada 25mm de incremento en el total de la lluvia mensual. Dichos coeficientes son los siguientes:

Lluvia mensual (mm)	Coefficiente
25	0.95
50	0.90
75	0.82
100	0.62
125	0.45
150	0.25
150	0.05

4.7.2. Determinación de la evapotranspiración según el método de Hargreaves.

Hargreaves elaboró una fórmula para determinar evapotranspiración real, proporcionando el consumo de agua en función de la humedad relativa media al medio día, temperatura media y la duración del día dependiendo de la latitud. La fórmula incluye coeficientes de efecto del cultivo.

En unidades métricas y con temperaturas en $^{\circ}\text{C}$ la fórmula es:

$$E_t = 17.37K \times d \cdot T (1.0 - 0.01H_n) \dots\dots ec.17$$

donde:

ET: Evapotranspiración, en mm.

K: Coeficiente de desarrollo del cultivo.

d: Coeficiente mensual de duración del día.

T: Temperatura media mensual, en °C.

Hn: Humedad relativa media al medio día.

El coeficiente d, está relacionado con el P de Blanney & Criddle de modo que $d=0.12 p$

Se sugieren efectuar las siguientes correcciones, dado que la fórmula fue desarrollada en condiciones meteorológicas medias.

Los resultados se deben de aumentar o disminuir en 9% por cada 50Km/día de aumento o disminución del viento respecto a 100 Km/día que corresponden a las condiciones de obtención, de la fórmula.

Los resultados deben aumentarse o disminuirse en 1% por cada 100 metros de elevación a partir de los 150 metros sobre el nivel del mar.

La fórmula se obtuvo con una insolación del 90%, para situaciones diferentes se aplican las siguientes correcciones:

Insolación:	30	40	50	60	70	80	90
Corrección:	-34%	-28%	-24%	-20%	-16%	-9%	0

Los cálculos de la evapotranspiración para plátano y pasto se encuentran en el cuadro No. 12 del apéndice y los datos de requerimientos de riego para cacao, plátano y pasto están en el cuadro no. 10 del apéndice.

4.8 Análisis de calidad física y química del agua

Para determinar la cantidad de sólidos en suspensión (gramos/litros), transportados por el agua que circula por los canales que extrajeron muestras de agua a lo largo del canal principal.

Dichas muestras eran de 1/2 litro y se extrajeron el mismo día procurando seguir la marcha de la corriente. La ubicación de los puntos de extracción de muestras se observa en la figura No. 11 en el apéndice.

A efecto de conocer la calidad química del agua se tomó 1 litro de agua de la fuente de derivación que es en este caso el Río Petacalapa.

A esta muestra se le determinó el % de sodio soluble a fin de conocer la relación de absorción de sodio (RAS),

y la cantidad en miliequivalentes por litro de cationes y aniones.

Estos análisis se realizaron en el laboratorio de aguas de la Dirección de Riego y Avenamiento.

5. Resultados y Discusión

Se llegó a determinar la eficiencia total de la Unidad de Riego Nicá, la cual es de 42%.

La eficiencia se divide así:

- Eficiencia media de conducción: 91.2%
- Eficiencia media de aplicación: 46.1%

La eficiencia media de conducción se halla en un porcentaje muy bueno, solamente 1/10 del agua derivada se pierde en la conducción. Esta eficiencia media es de 91.2% y en todos los canales es elevada, siendo la mínima de un 66% en el canal principal que es el de mayor longitud y que transporta mayor caudal.

Los datos de la eficiencia de conducción se pueden observar en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1

Eficiencia de conducción en los canales de la Unidad de Riego Nicá, aforados en mayo de 1985.

Canal	Eficiencia de conducción, en %	Longitud de cada canal, en m.
CP-1	66	9768.00
CS-1	88	1875.95
CS-2	91	937.60
CS-3	83	2230.00
CS-4	100	671.82
CS-5	85	1693.90
CS-6	99	698.20
CS-7	95	1748.00
CS-8	98	1219.30
CS-9	99	1249.20
Cs-10	92	1105.00
Eficiencia media de conducción 91.2		

Las pérdidas por conducción son causadas por tomagranjas mal cerradas (casi ninguna tomagranja posee compuesta) y por rajaduras y/o falta de unión entre las cisas de las pizarras.

Se obtuvo el tamaño de la muestra que se debía utilizar. Por medio de un premuestreo se dedujo que la varianza era de 0.392 para la variable considerada, que para este efecto fue el caudal de agua introducido a la parcela. La muestra sí determinada con una precisión de 0.25 litros por segundo es de 15 agricultores usuarios, pero se analizaron 16, esto representa 1 de cada 3 usuarios que poseen cultivos de tipo

permanente y es igual a decir que se utilizó una intensidad de 38.1% respecto de la población. Estos 16 usuarios se eligieron al azar y su distribución según cultivos fue de la siguiente forma.

- Usuarios que riegan cacao: 8
- Usuarios que riegan plátano: 5
- Usuarios que riegan pastos: 3

Estos 16 usuarios sirvieron para analizar la aplicación del agua y para efectos de la encuesta se realizó un censo a los 42 agricultores. Igualmente se censó a 15 trabajadores de campo de la unidad de riego y al Jefe de Operaciones y al Asistente Técnico. Las boletas de encuesta utilizadas se anexan en el apéndice.

Al preguntar a los agricultores respecto a los métodos de riego se obtuvo que un 86.2% conocen y usan el riego por surcos, el riego inundando secciones del terreno lo conocen un 27.6% y lo usan sólo un 17.2.% de ellos.

Un 41.4% de los agricultores tiene terrenos nivelados, todos por maquinaria de la Dirección General de Servicios Agrícolas, DIGESA. La gran mayoría de agricultores que riegan por surcos, en un 96.2% orienta sus surcos por el conocimiento de la pendiente a favor de la cual corre mejor el agua; el resto tuvo asesoría de una brigada de topógrafos

que trabajaba en la nivelación de terrenos.

Conocen la cantidad de agua que se les sirve un 44.8% de los usuarios quienes lo han averiguado preguntando al personal encargado de la distribución del agua y esa cantidad que ellos conocen es solamente la altura del tirante de agua en el canal de donde derivan ellos.

La cantidad de surcos que derivan simultáneamente es muy variable y depende de la cantidad de agua recibida y de la longitud de los surcos, de este modo un 64% de quienes riegan por surcos irrigan 3 a 4 surcos simultáneamente y un 12% riega 5 surcos a la vez, el 24% restantes riegan 1, 2, 6, 8, e incluso 10 surcos simultáneamente.

Un 72.4% de los usuarios manifestó no tener problemas de colas o exceso de agua al final de los surcos o terreno inundado, 27% si tienen problemas de inundación o de desagüe de excedentes de agua. De estos 27% la mitad no ejercen ningún control sobre los excedentes de agua y la otra mitad drenan el agua a algún otro cultivo o parcela. El hecho de que tan pocos usuarios tengan problemas de colas de agua se debe al modo de aplicar el agua; cuando están irrigando una serie de surcos o inundando una sección del terreno, cierran el suministro de agua cambiándolo a otra serie de surcos o a otra sección al observar que al frente de avance del agua le falta poco para llegar al final de su recorrido.

Unicamente un 27.6% de los agricultores ha regado alguna vez de noche o después de las 18:00 pm. Sufren de erosión por causa del riego el 69% de ellos; de este 69% la tienen en los surcos y a un 20% en las regaderas de conducción de agua. El 100% de los usuarios riegan por un calendario de riego establecido.

Se encuestó a 15 trabajadores de campo de la unidad de riego, de ellos el 80% leen y escriben y el 20% restante no. Ocho de ellos trabajan como peones de campo en los terrenos de la oficina de la unidad de riego y 7 de ellos trabajan directamente en la distribución y vigilancia del agua de riego llamándoseles canaleros.

De estos 15 trabajadores un 80% sabe trazar surcos, un 20% no sabe. Quienes trazan surcos el 75% aprendió en la práctica y el otro 25% en adiestramientos o laborando en otras instituciones.

El 80% de los trabajadores saben técnicas de manejo y conservación de suelos y de estos la mitad transfiere estos conocimientos a los usuarios. Un 53% han participado en cursos de riego o cultivos los demás no; dichos cursos los han impartido diversas instituciones, la propia unidad de riego, DIGESA, ICTA y DIRYA.

Los trabajadores de campo no reportan problemas serios por parte de los usuarios, sólo un 30% expresaron tener problemas pues los agricultores extraen agua fuera de turnos.

Durante su trabajo los canaleros miden el agua que, suministran con un metro, éste lo introducen en el canal y miden el tirante del agua que están derivando a los terrenos.

El suministro de agua establecido para los usuarios se regula por medio de un calendario, todo el tiempo es regulada la entrega de agua por los canaleros quienes cortan el agua al agricultor al terminar de regar o sino ha terminado, al concluir su turno. El 80% de los trabajadores se dedican también a labores de mantenimiento del sistema de riego.

El tiempo que llevan de laborar los trabajadores en la unidad de riego varía desde 11 años hasta menos de 1.

El Jefe de Operaciones de la Unidad de Riego Nicá, es Ingeniero Agrónomo; sus funciones son administrar, vigilar la operación y mantenimiento de la unidad así como supervisar trabajos. Los problemas con que se enfrenta dentro de su trabajo es la falta de vehículos apropiados para la movilización y que el manejo presupuestario de el proyecto de riego no lo realiza la propia unidad de riego. La programación

de su trabajo se hace planificando metas anuales, la evaluación de estas metas se hace mensualmente.

El encargado de Asistencia Técnica de la Unidad, es actualmente un Ingeniero Agrónomo; sus funciones son la transferencia de conocimientos y técnicas de riego a los usuarios, esto lo hace mediante conferencias, días demostrativos y visitas a cada gricultor, todo ello coordinado con el Jefe de Operaciones. De los problemas que él encuentra para brindar asistencia técnica a los agricultores está la falta de receptividad de éstos y la dificultad de medios de locomoción dentro de la unidad de riego. La planificación de su trabajo la hace de acuerdo con la época de riego a través de informes.

Se calcularon los parámetros de las velocidades de infiltración, con ellos se pudo calcular el tiempo necesario para infiltrar la lámina bruta aplicada (Db) a cada parcela.

Estos resultados están en el cuadro No. 7 del apéndice. Con estos parámetros de infiltración y usando la ecuación No. 14 , en los tiempos de permanencia de agua sobre cada terreno, se pudo elaborar con todos ellos un perfil de humedecimiento promedio. Si a éste se le añade la lámina promedio de reposición de humedad, se tiene una estimación de las pérdidas de agua por percolación profunda. Ver figura No. 6 del apéndice. La lámina promedio que debía infiltrarse es de 43.5 cm y la lámina promedio que debía de infiltrarse en el cuarto inferior del recorrido del agua sobre los terre-

nos es de 40.0 cm.

Las pérdidas por percolación profunda varían desde un 15.94% hasta un 52.37% con un promedio de 35.18% y las pérdidas por escorrentía son menores en general sus valores extremos van de 79.30% hasta cero estando el promedio en 8.32% (Ver cuadro No. 2).

Cuadro No. 2

Datos sobre las pérdidas por percolación profunda y escorrentía por parcela, Nicá, 1985.

Parcela	Pérdidas por percolación profunda en %	Pérdidas por escorrentía en %
1	26.19	1.94
2	31.97	5.99
3	44.95	5.18
4	49.05	10.62
5	32.69	5.22
6	35.75	7.59
7	40.61	1.94
8	18.66	79.30
9	15.94	0
10	44.46	0
11	43.96	4.09
12	52.87	2.41
13	37.10	0.28
14	20.34	8.51

Continúa Cuadro No.2

15	23.44	0
16	44.98	0
$\bar{X}$	35.18	$\bar{X}$ 8.32

Los resultados de los análisis para determinar textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente está en el cuadro No. 15 del apéndice.

En cada parcela sus suelos tienen una capacidad de almacenamiento de agua específico, la lámina de almacenamiento promedio es de 15.05 cm, variando desde 6.91 cm. hasta 27.54 cm. Se consideró que con el riego se pretende mantener en los suelos un límite de dentro del contenido de humedad y para ello en el riego se debe de aplicar una lámina de reposición de humedad; esta lámina promedio es de 7.52 cm con valores máximos de 13.77 cms. y mínimos de 3.46 cms.

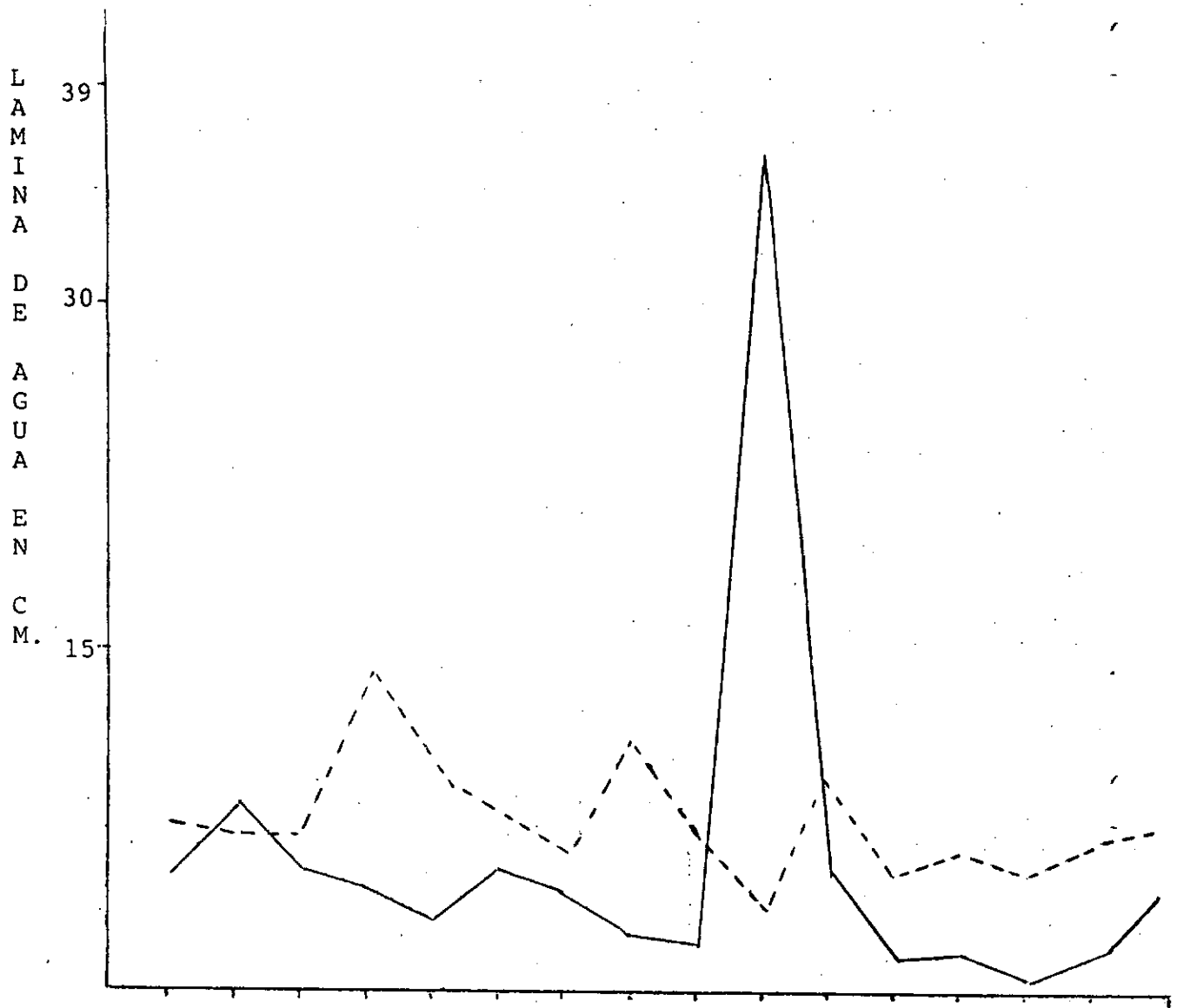
Con los datos de las láminas de reposición de humedad y las láminas brutas aplicadas se calcula la eficiencia de aplicación de agua por parcela, sus valores extremos son desde 8.0% hasta 86.4%, la eficiencia total de aplicación de agua es de 46.1%. Ver cuadro No. 4. Las deficiencias encontradas se deben a la falta de aplicación de agua en la mayoría de las parcelas, o sea que la lámina bruta aplicada (Db), está debajo de la lámina de reposición de humedad

(Dn). Sólo en dos parcelas se determinó existía sobre aplicación de agua, los datos de sobre aplicación y de falta de aplicación están en el cuadro No. 5. En la figura No. 7, se puede ver el comportamiento de la lámina bruta aplicada frente a la lámina de reposición de humedad.

Al comparar los porcentajes de humedad en los suelos antes y después de riego, se aprecia que en 9 parcelas llegó a sobrepasar el contenido de humedad al cual se pretende mantener el suelo o sea a más del 50% de la capacidad de almacenamiento e incluso al momento de tomar la muestra, 24 a 30 horas después del riego, se encontraban algunos suelos encima de su capacidad de campo. En las otras 7 parcelas el porcentaje de humedad de los suelos no llegó a ese 50% de contenido de humedad, incluso en una parcela se detectó que no se pudo superar el punto de marchitez permanente. Con estos 7 casos se demuestra que la falta de aplicación de agua es el principal motivo de las deficiencias de aplicación. Ver cuando No. 6.

En la figura No. 9 del apéndice está gráficamente expresado las constantes de humedad y el 50% de capacidad de almacenamiento de humedad, así en la figura No. 8 del apéndice muestra los porcentajes de contenido de humedad a la cual se debía haber llegado con el riego.

Gráfica del comportamiento de la lámina bruta aplicada
(Db), frente a la lámina de reposición de humedad (Dn),
Nicá, 1985.



PARCELAS
FIGURA No. 7

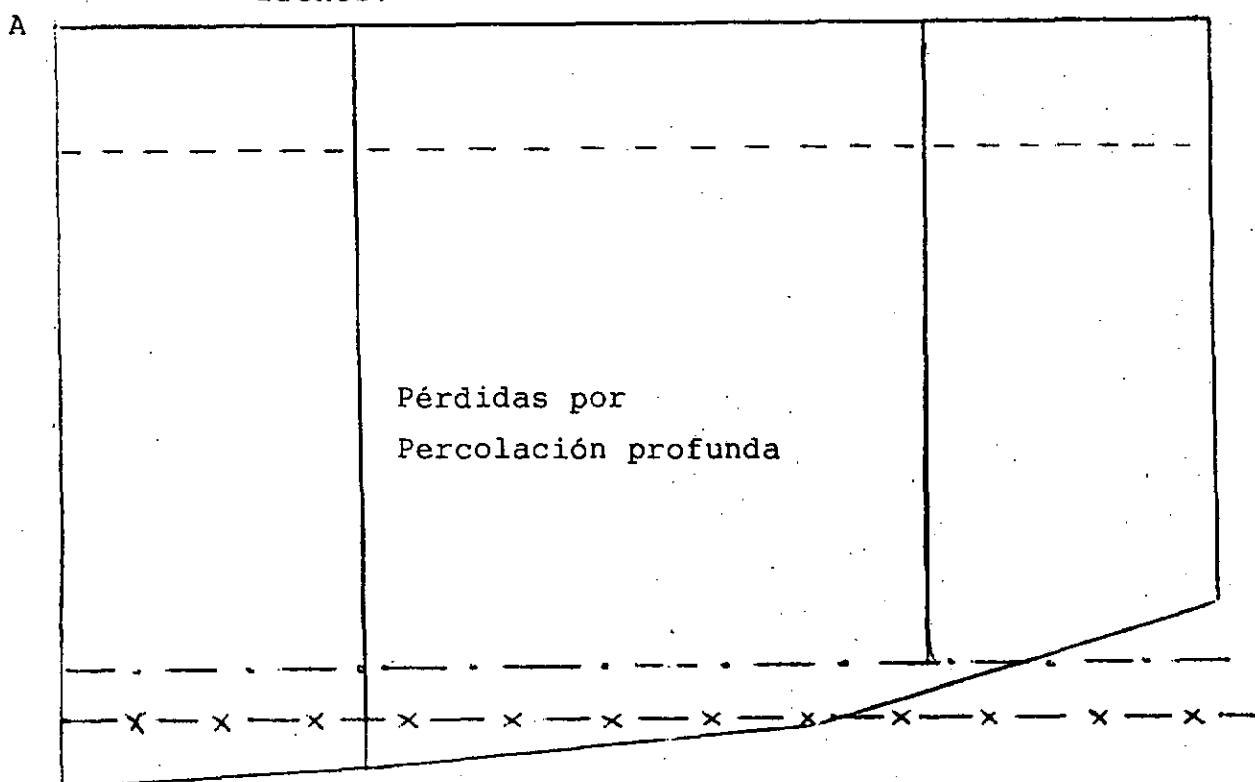
———— Lámina bruta aplicada (Db), en cm.
----- Lámina de reposición de humedad (Dn), en cm.

Figura No. 8

Esquema del perfil de humedecimiento promedio de las láminas promedio infiltradas, a lo largo del recorrido del agua sobre los terrenos.

A. Parte inicial del recorrido del agua sobre los terrenos.

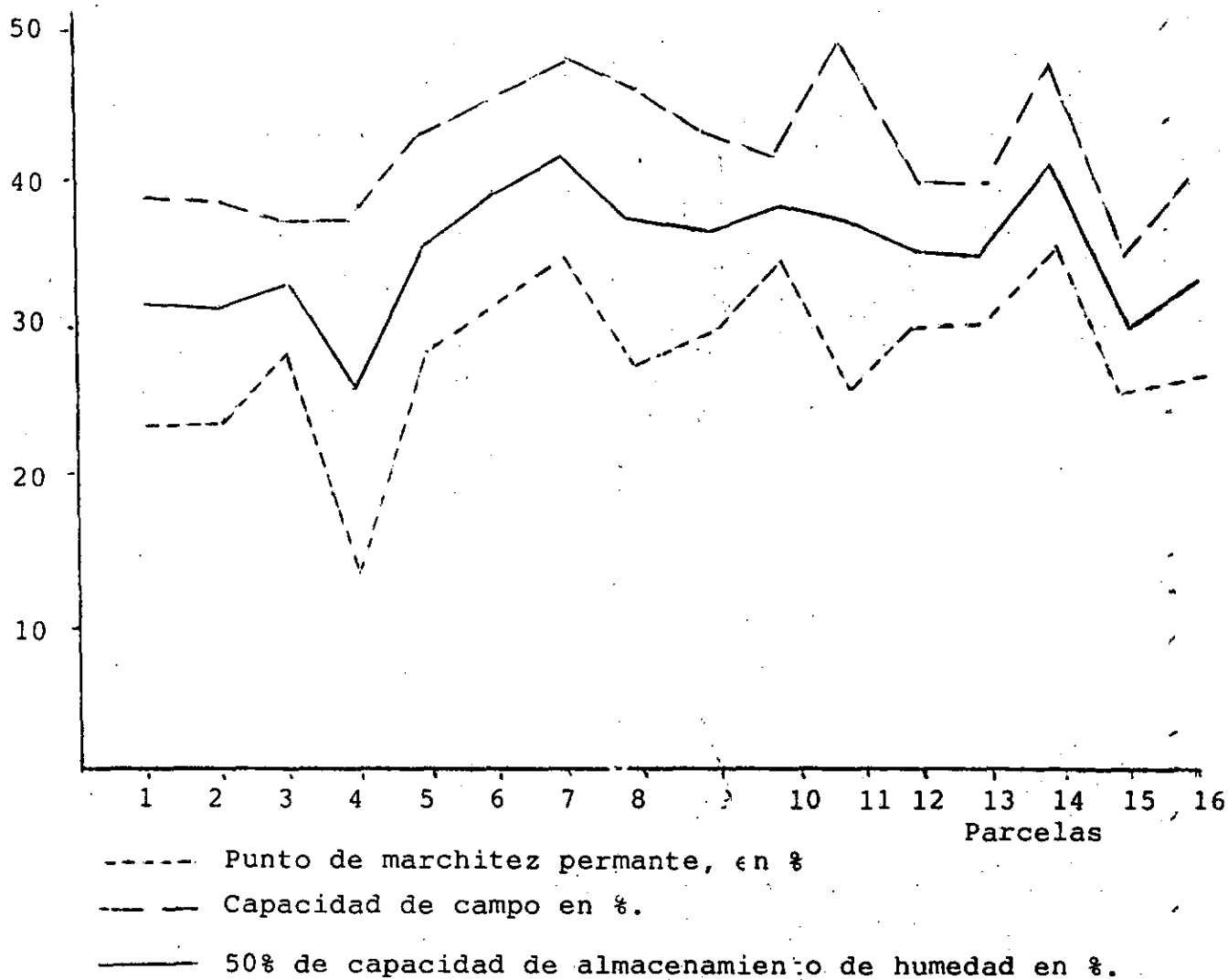
B. Parte final del recorrido del agua sobre los terrenos.



- Lámina requerida para reponer la humedad. 7.52 cm.
- . - . - . Lámina promedio infiltrada en el cuarto inferior 40.01 cm.
- x - x - x Lámina promedio infiltrada. 43.5 cm.
- _____ Perfil de humedecimiento

Figura No. 9

Gráfica de la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y 50% de capacidad de almacenamiento de humedad. Nicá, 1985.



La eficiencia de promedio de los agricultores que riegan sus cultivos por surcos es de 48.6% esto según el manual AMES, para terrenos bien nivelados y de textura arenosa como los de Nicá, es la eficiencia esperada. Para aquellos agricultores que riegan dejando correr el agua libre e inundando parcialmente secciones de su terreno, según el recorrido del agua, la eficiencia de aplicación promedio es de 42.5% Ver en el apéndice cuadros No. 11 y No. 11-a.

Cuadro No. 3

Datos de las láminas que podían almacenar los suelos (La) y de las láminas que debían de aplicarse para reponer la humedad (Dn).

Parcela	Lámina que puede almacenar el suelo (La) en cm.	Lámina de reposición de la humedad (Dn) en cm.
1	14.82	7.41
2	13.83	6.92
3	13.44	6.72
4	27.54	13.77
5	19.00	9.50
6	16.41	8.22
7	12.16	6.08
8	22.08	11.04
9	15.04	7.52
10	6.91	3.46
11	19.24	9.62
12	9.60	4.80
13	9.50	4.75
14	12.47	6.24
15	13.98	6.99
16	14.69	7.34
	15.05	7.52

La gran mayoría de los caudales derivados son bajos a excepción de la parcela No. 10, donde se deriva agua directamente del canal principal. Los caudales introducidos a las parcelas varían desde 2.12 l.p.s. hasta 90.00 l.p.s. Las áreas irrigadas son pequeñas con un mínima de 0.03. has y un máximo de 1.100has al día. El área irrigada promedio cada día es de 0.320 has. Ver cuadro No. 7.

Cuadro No. 4

Datos de la eficiencia de aplicación de agua en las parcelas, Nicá, 1985.

Parcela	Lámina de reposición de la humedad (Dn), en cm.	Lámina bruta aplicada (Db), en cm.	Eficiencia de aplicación, en %.
1	7.41	5.70	76.9
2	6.92	8.00	86.4
3	6.72	5.70	84.8
4	13.77	4.50	32.7
5	9.50	3.44	36.2
6	8.22	5.60	68.1
7	6.08	4.54	74.7
8	7.52	2.54	33.8
9	11.04	2.40	21.7
10	3.46	36.80	9.4
11	9.62	5.20	54.0
12	4.75	1.50	31.6
13	4.80	1.70	35.4
14	6.24	0.50	8.0
15	6.99	1.60	22.9
16	7.34	4.50	64.3
Promedio	7.52	6.17	46.1

Cuadro No. 5

Datos de la aplicación de agua por parcela. Nicá, 1985.

Parcela	Lámina de reposición de humedad (Dn), en cm.	Lámina bruta aplicada (Db) en cm.	Lámina sobreaplicada en cm.	Lámina faltante en cm.
1	7.41	5.70	-----	1.71
2	6.92	8.00	1.08	-----
3	6.72	5.70	-----	1.02
4	13.77	4.50	-----	9.27
5	9.50	3.44	-----	6.06
6.	8.22	5.60	-----	2.62
7	6.08	4.54	-----	1.54
8	11.04	2.40	-----	8.64
9	7.52	2.54	-----	4.98
10	3.46	36.80	33.34	-----
11	9.62	5.20	-----	4.42
12	4.75	1.50	-----	3.25
13	6.24	0.50	-----	5.74
14	4.80	1.70	-----	3.10
15	6.99	1.60	-----	5.39
16	7.34	6.17	-----	2.84

Cuadro No. 6

Datos de las constantes de humedad, contenido de humedad al cual se debe de llegar con el riego, porcentajes de humedad del suelo antes y después del riego en las parcelas. Nicá, 1985.

Parcela	CC en %	PMP en %	% Humedad requerida	% Humedad antes del riego	% Humedad después del riego
1	39.45	23.83	31.64	36.46	42.21
2	39.45	33.80	31.62	41.04	46.91
3	38.48	28.13	33.30	32.28	38.85
4	38.40	13.85	26.12	12.59	20.32
5	43.48	28.13	35.80	26.80	36.52
6	46.28	32.22	39.25	27.60	37.65
7	48.34	35.36	41.80	26.70	32.50
8	46.34	27.78	37.06	31.00	41.39
9	43.73	29.72	36.72	26.58	43.50
10	41.89	34.58	38.24	32.44	40.18
11	47.75	26.24	37.00	40.86	45.42
12	38.58	30.19	34.88	27.10	33.70
13	39.56	30.17	34.86	28.81	32.98
14	46.27	35.35	40.81	23.35	30.54
15	33.89	25.43	29.66	20.37	29.20
16.	38.60	26.17	32.38	34.94	41.78

% Humedad requerida: Es la humedad que debe estar disponible a las plantas y corresponde al 50% de la capacidad de almacenamiento.

Todos los datos corresponden a 90 cm. de profundidad.

Cuadro No. 7

Datos sobre el área de las parcelas, caudal introducido y tiempo de riego. Nicá, 1985.

Parcela	Area (has).	Caudal introducido en l.p.s.	Tiempo de riego en horas
1	0.152	6.91	3
2	0.033	5.54	1.3
3	0.220	6.91	5
4	0.220	6.91	4
5	0.440	8.41	5
6	0.286	5.59	2
7	0.180	5.54	1
8	1.100	10.20	16
9	0.260	6.20	3
10	0.260	90.00*	3
11	0.044	4.40	1.5
12	0.132	4.36	1.3
13	0.178	5.54	1.5
14	0.178	2.12	1.5
15	0.440	5.54	10
16	1.011	4.40	9
Promedio	0.320	5.10	

* Este dato se excluyó al elaborar el promedio para evitar el error por sesgo.

Los análisis de calidad química del agua de acuerdo a la clarificación de aguas para riego en $C_1 S_1$, en el río Petacalapa.

Esta agua tiene una conductividad eléctrica de 59×10^6 micromhos a $25^\circ C$ y su relación de absorción de sodio es de 0.35. Haciendo de esta agua apta para riego en cualquier cultivo y sin ninguna limitación para los suelos de Nicá, que son bien drenados.

Los análisis de sedimentos transportados a lo largo del canal principal dieron los resultados mostrados en el cuadro No. 8. Si estos datos muestran una elevación entre la salida del primer desarenador y el segundo se debe a que en este tramos de su recorrido el canal principal pasa por una ladera de la cual se desprenden terrones y caen al canal. La cantidad de sedimentos transportados no es en ningún momento alarmante y la velocidad a que circula el agua por el canal principal hace que no existan mayores problemas de asolvamiento.

Cuadro No. 8

Datos de los sedimentos transportados en el canal principal de la Unidad de Riego Nicá, mayo 1985.

Localización de el punto de muestreo	Sedimentos gr/mt ³
Antes del 1º desarenador	15.4
Después del 1º desarenador	14.3
Antes del 3º desarenador	79.9
Después del 2º desarenador	26.3
5675 metros	16.9
8450 metros	9.7

Con los valores de evapotranspiración real de Hargreaves y la precipitación efectiva; se determinaron los requerimientos de riego, con las láminas de reposición de humedad se elaboraron calendarios de riego.

El intervalo de riego crítico para cacao es de 73 días y un sólo riego en toda la temporada. Para el plátano el intervalo de riego crítico es de 16 días hasta 27 días. Para el pasto el intervalo de riego crítico es de 12 días con 9 a 10 aplicaciones cuyos intervalos varían desde 12 días hasta 19 días.

Los cálculos de evapotranspiración, precipitación efectiva y requerimientos de riego están en el apéndice. Ver cuadro No. 10.

6. Conclusiones

1. La eficiencia total de la Unidad de Riego Nicá, es de 42.05 y esta eficiencia se compone así:

- Eficiencia media de conducción: 91.2%
- Eficiencia media de aplicación: 46.1%

2. Las causas de las pérdidas de conducción son; la total carencia de compuertas en las tomagranjas, rajaduras en las pizarras y falta de unión entre las sisas de las pizarras.

3. Las áreas irrigadas son pequeñas, igualmente los caudales derivados, siendo respectivamente las medias de 0.320 has y 5.90 l.p.s.

El riego funciona eficientemente en aquellas parcelas donde el aporte de humedad es suficiente para mantener el suelo al 50% o más de su capacidad de almacenamiento. Por ello existen deficiencias de aplicación de agua en parcelas donde el caudal introducido es poco y el tiempo de riego también. Ver cuadro No. y figura No. 9.

4. Se utilizan en la Unidad de Riego Nicá, dos métodos de riego:

- El más usado es el de riego por surcos rectos que tiene una eficiencia media de aplicación de 48.6%.

- El otro método consiste en una práctica en la que se deja inundar el terreno dejando correr libremente el agua buscando cubrir la mayor parte posible del terreno. Tiene una eficiencia media de aplicación de 43.5%.
-
5. Todos los agricultores usuarios, poseen los mismos conocimientos y aplican las mismas técnicas de riego. todos han aprendido en la práctica lo poco que saben.
 6. Todos los agricultores riegan en base a un calendario de turnos en el cual no se toman en cuenta las necesidades de riego de los cultivos, por carecerse del conocimiento respecto de los requerimientos de riego, lo cual es indispensable para una óptima calendarización.

7. Recomendaciones

1. Revisar y reparar donde sea necesario el revestimiento de los canales así como las sisas entre las pizarras.
2. Reglamentar el establecimiento de compuertas en la toma-granjas. Si estas compuertas estuvieran aforadas y calibradas serían de gran beneficio.
3. Proporcionar a los agricultores usuarios del servicio de riego, conocimientos y asesoría para el uso del agua de riego; encaminándolos así a mejorar sus métodos de riego por inundación.
4. Investigar sobre las longitudes y pendientes de surcos más adecuados para los terrenos de la unidad, a modo de poder recomendar y asesorar a los agricultores sobre el surco y pendiente apropiado a su terreno.
5. Se recomienda para el cultivo de cacao aplicar un sólo riego, ya que su intervalo de riego crítico es de 73 días. El plátano posee un intervalo de riego crítico de 16 días y necesita 7 aplicaciones de riego. Para pasto deben efectuarse de 9 a 10 aplicaciones de riego con un intervalo de riego crítico de 12 días. Para esta calendarización se debe conscientizar a los agricultores de que estén llenando los requerimientos de sus cultivos y que con ello pueden reducir sus costos al disminuir

las aplicaciones de agua en muchos casos.

6. Realizar investigaciones respecto al uso consuntivo de diversos cultivos importantes en la región, a modo de generar información que ayude a elevar la tecnología.
7. Realizar demostraciones a los usuarios de que el riego puede aplicarse de noche sin ningún problema, pues en la actualidad sólo se riegan de 10 a 12 horas diarias.
8. Instalar en la unidad de riego una estación meteorológica que permita obtener información climatológica básica para el manejo de cultivos bajo riego.
9. Si se establece el cobro de cuotas por el servicio de riego, conviene cobrar por volumen de agua utilizado así se evitarán desperdicio y se obtendrán mejores eficiencias.

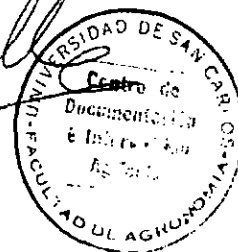
8. Bibliografía

1. ARAGON, M.R. Diagnóstico sobre la aplicación del agua de riego en la Unidad El Rancho-Jícaro. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 69 p.
2. BARILLAS, E. Determinación experimental de la evapotranspiración de tomate y melón en la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 84 p.
3. CHUPINA, O.E. Alternativa de desarrollo agrícola para la Unidad de riego Nicá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. 121 p.
4. DIAZ DEL VALLE, M.T. Evaluación de las unidades de riego por aspersión en Pueblo Viejo y Quiajola, San Sebastián, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 89 p.
5. DOOREMBOS, J. et al. Efectos del agua sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos. Roma. FAO. Estudios de riego y drenaje. Boletín No. 33. 1974. 25 p.
6. GOLDBERG, S. Técnicas y métodos para el uso eficiente del agua en agricultura. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1979. 25 p.
7. GRASSI, C. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 1975. 88 p.
8. _____. Operación y conservación de sistemas de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 1977. 265 p.
9. _____. Método de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 1978. 265 p.
10. JUAREZ, M.A. Diagnóstico sobre la eficiencia de funcionamiento de la Unidad de Riego "La Blanca", Ocos, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1985. 60 p.
11. ISRAELSEN, O.H. y HANSEN, U. Principios y aplicaciones del riego. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Alberto García Palacios. 2a. ed. Barcelona, Reverté, 1975. 447 p.

12. MASAYA, R. Deficiencias en la operación de unidades de riego de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 108 p.
13. PEÑA DE LA, I. Calidad de las aguas de riego. Guatemala, Ministerio de Agricultura. Memorándum Técnico no. 2. 1980. 43 p.

Vo. Bo.

Patuall



9. Apéndice

Cuadro No. 9

Tabla demostrativa de el cálculo de la velocidad de infiltración.

Hora*	Tiempo acumulado	Lectura*	Infiltración acumulada ^o	Vel. de infiltración	Log. de Tiempo acumulado	Log. de velocidad de infiltr. ^o
9.25	0	9.7	-----	-----	-----	-----
9.26	1	8.5	1.2	72.0	0.000	1.857
9.30	5	6.8	2.9	25.5	0.699	1.407
9.35	10	6.0	3.7	9.6	1.000	0.982
9.40	15	5.0	4.7	12.0	<u>1.176</u>	<u>1.079</u>
9.55	30	3.4	1.6	6.4	1.477	0.806
-----	-----	14.0	-----	-----	-----	-----
10.25	60	10.3	3.7	7.4	1.778	0.869
10.55	90	7.6	2.7	5.4	1.954	0.732
11.25	120	5.5	2.1	4.2	2.079	0.623

* Datos obtenidos en el campo.

° Datos calculados a partir de los datos de campo.

De estos valores se definen dos ecuaciones que son:

$$+ 5.325 = + 4 \log K + n (2.875)$$

$$+ 3.030 = + 4 \log K + n (7.288)$$

Despejandolas por ecuaciones simultaneas se obtuvieron los parámetros de la velocidad de infiltración que quedaron así:

$$K = 50.707$$

$$n = -0.5201$$

Cuadro No. 10

Datos de requerimientos de riego y evapotranspiración de los cultivos de cacao, plátano y pasto.

CACAO			PLATANO Y PASTO	
Precipitación efectiva en mm mensual	Evapotranspiración real en mm.	Requerimientos de riego en mm.	Evapotranspiración real en mm.	Requerimientos de riego en mm.
E 49.00	84.00	35.80	139.90	91.70
F 28.45	84.40	55.95	140.70	112.25
M 70.05	95.30	-----	158.80	88.75
A 100.25	85.40	-----	142.70	42.02
M 100.25	64.10	-----	105.70	5.45
J 100.25	52.48	-----	82.90	-----
J 100.25	55.20	-----	89.80	-----
A 100.25	49.40	-----	82.30	-----
S 100.25	41.80	-----	69.60	-----
O 100.25	45.40	-----	75.60	-----
N 100.25	52.30	-----	87.10	81.64
D 36.36	70.81	35.45	87.00	-----
		151.45 mm		421.84

Cuadro No. 11

Datos sobre la eficiencia de aplicación del agua por parcela y según el método de riego utilizado. Nicá, 1985.

Surcos		Inundación	
Parcela	Eficiencia de aplicación, en %	Parcela	Eficiencia de aplicación en %
1	76.9	2	86.4
5	36.2	3	84.8
6	68.1	4	32.7
7	74.7	9	33.8
8	24.7	10	99.4
11	54.0	14	8.0
12	31.6	Promedio	42.5
13	35.4		
15	22.9		
16	64.3		
Promedio	48.6		

Cuadro No. 11-a

Tabla de eficiencia del riego por superficie. Según Manual AMES (1962).

Textura del suelo y topografía.	Sistema de riego			
	Melgas	Surcos	Milgas en contorno	Pozas
Arenoso				
a) Bien nivelado	60	40-50	45	70
b) Nivelación mala	40-50	35	30	--
c) Quebrado o pendiente	--	20-30	20	--

Cuadro No. 13

Datos sobre los parámetros de la velocidad de infiltración y tiempo de infiltración de la lámina bruta aplicada a las parcelas. Nicá, 1985.

Parcela	K	n	Lámina bruta aplicada en cm.	Tiempo de infiltración
1	13.81	-0.529	5.70	3 h, 23 min.
2	15.578	-0.162	8.00	48 minutos
3	14.521	-0.131	5.70	32 minutos
4	14.512	-0.129	4.50	24 minutos
5	12.337	-0.308	3.49	34 minutos
6	15.520	-0.149	5.60	15 minutos
7	15.713	-0.140	4.54	12 minutos
8	136.066	-0.276	2.40	8.7 seg.
9	23.044	-0.607	2.54	1.2 seg
10	19.503	-0.371	36.80	1 h, 18 min.
11	45.476	-0.034	5.20	6.3 min.
12	45.238	-0.038	1.50	1.7 min.
13	56.160	-0.387	1.70	5.4 seg.
14	116.782	-0.286	0.50	1 segundo
15	86.980	-0.600	1.60	1 segundo
16	46.134	-0.318	4.50	32.6 seg.

K: Parámetro de la cantidad de infiltración en el intervalo inicial.

n: Parámetro de la forma en que la velocidad de infiltración se reduce.

Cuadro No. 14

Inventario de canales y obras de arte de la Unidad de
Riego Nicá. Nicá, 1985.

1 canal enterrado.	451.20 m. de longitud		
1 canal principal.	9768.00 "	"	"
Canal secundario 1	1875.95 "	"	"
Canal secundario 2	937.60 "	"	"
Canal secundario 3	2230.00 "	"	"
Canal secundario 4	671.92 "	"	"
Canal secundario 5	1693.00 "	"	"
Canal secundario 6	698.20 "	"	"
Canal secundario 7	1748.00 "	"	"
Canal secundario 8	1219.30 "	"	"
Canal secundario 9	1249.20 "	"	"
Canal secundario 10	1105.00 "	"	"
Canal secundario 11	1260.80 "	"	"
Tomagranjas: 237	Puentes canal:	3	
Caidas: 141	Desarenadores:	2	
Sifones: 6	Puentes:	4	
Drenajes 7	Sifones tomagranjas:	7	*
Caidas: 22			

Cuadro No. 15

Datos sobre las características físicas de los suelos de las parcelas: Textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Nicá, 1985.

Parcela	Profundidad en cm.	Textura	Dap gr/cc	CC gr/ %	PMP en %
1	0-30	Franco Arenoso	1.288	38.12	26.69
	30-60	" "	1.218	38.60	26.17
	60-90	" "	1.192	39.45	23.83
2	0-30	" "	1.288	38.10	26.74
	30-60	" "	1.168	38.54	26.30
	60-90	" "	1.095	39.55	23.87
3	0-30	" "	1.088	36.07	18.44
	30-60	" "	1.074	37.11	24.11
	60-90	" "	1.128	38.49	28.13
4	0-90	" "	1.207	38.40	13.05
5	0-30	" "	1.098	39.11	12.04
	60-90	" "	1.094	43.48	28.13
6	0-30	" "	1.239	34.77	19.77
	30-60	" "	1.277	46.16	30.77
	60-90	" "	1.179	46.28	32.22
7	0-60	" "	1.138	44.60	33.10
	60-90	" "	1.098	48.34	35.26
8	0-40	" "	1.052	46.21	16.87
	40-90	" "	1.049	46.34	27.78
9	0-30	" "	1.192	38.34	22.33
	30-90	" "	1.193	43.73	29.72
10	0-90	" "	1.051	41.89	34.58

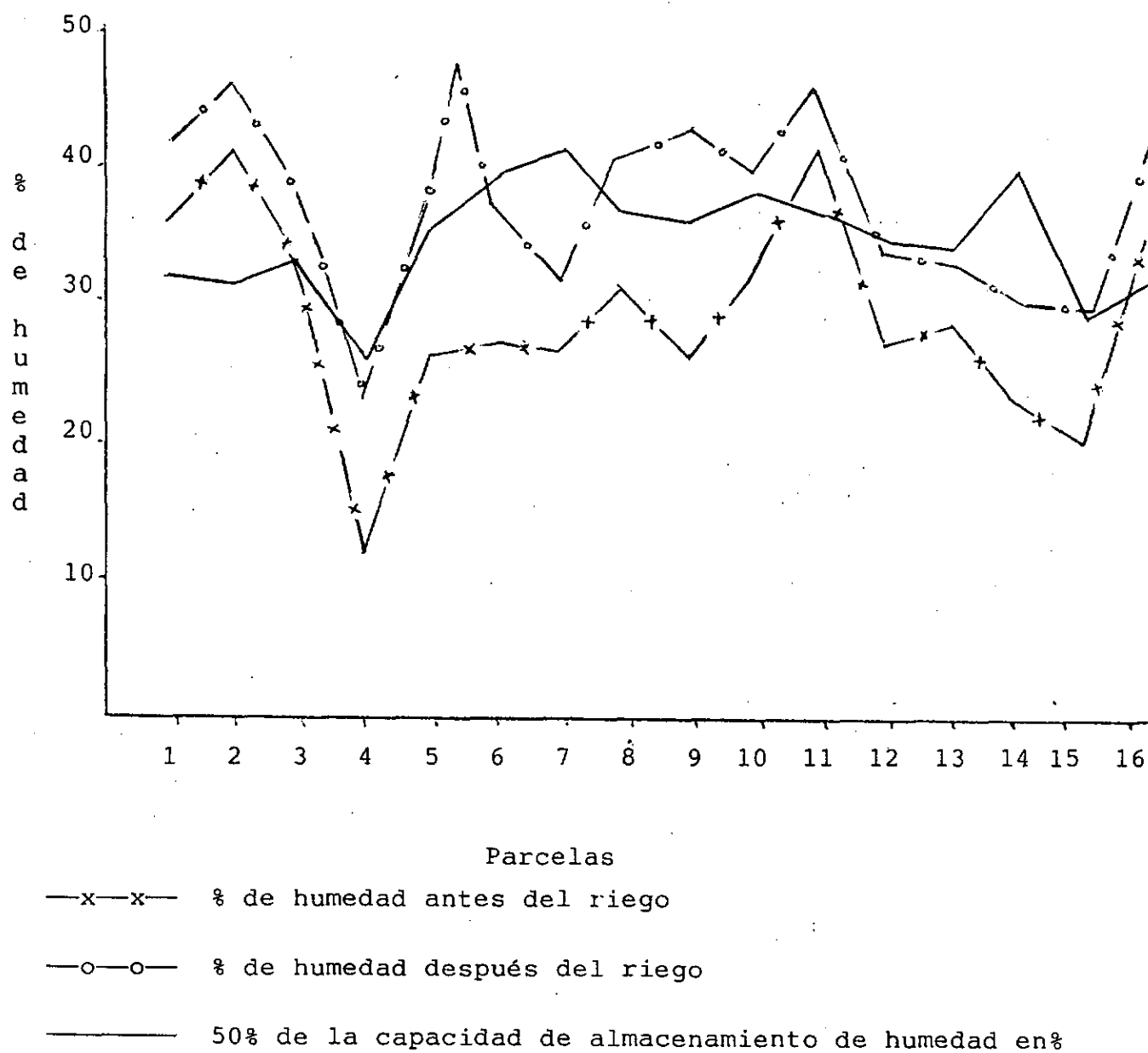
continua/

Continua cuadro No. 15

11	0-30	"	"	0.976	40.51	18.60
	30-90	"	"	0.994	47.75	26.24
12	0-30	"	"	0.954	32.68	18.94
	30-90	"	"	0.989	39.58	30.19
13	0-30	"	"	0.970	32.70	18.96
	30-90	"	"	0.994	39.56	30.17
14	0-30	"	"	1.058	35.72	21.54
	30-90	"	"	1.217	46.27	35.35
15	0-30	"	"	1.262	39.22	19.28
	30-90	"	"	1.267	33.89	25.43
16	0-30	"	"	1.168	39.22	19.28
	30-60	"	"	1.017	37.99	26.69
	60-90	"	"	1.140	38.60	26.17

Figura No. 10

Gráfica de el comportamiento de los contenidos de humedad de los suelos, antes y después del riego, frente al 50% de capacidad de almacenamiento de humedad. Nicá, 1985.



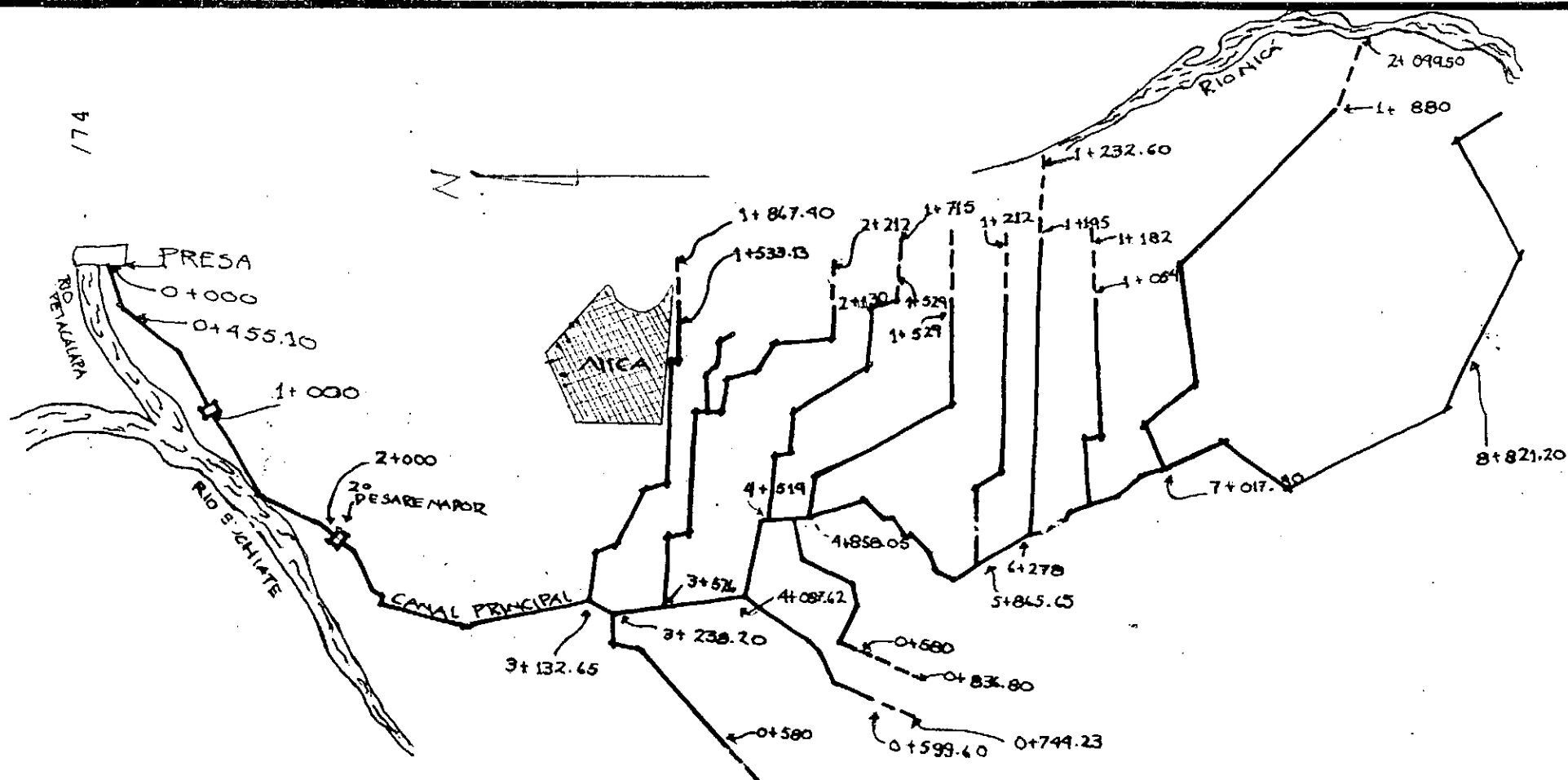


Figura No. 11

Distribución de los canales
Unidad de Riego Nicá.

Figura No. 12

Ubicación de los puntos de aforo en los canales de la
Unidad de Riego Nicá, mayo de 1985.

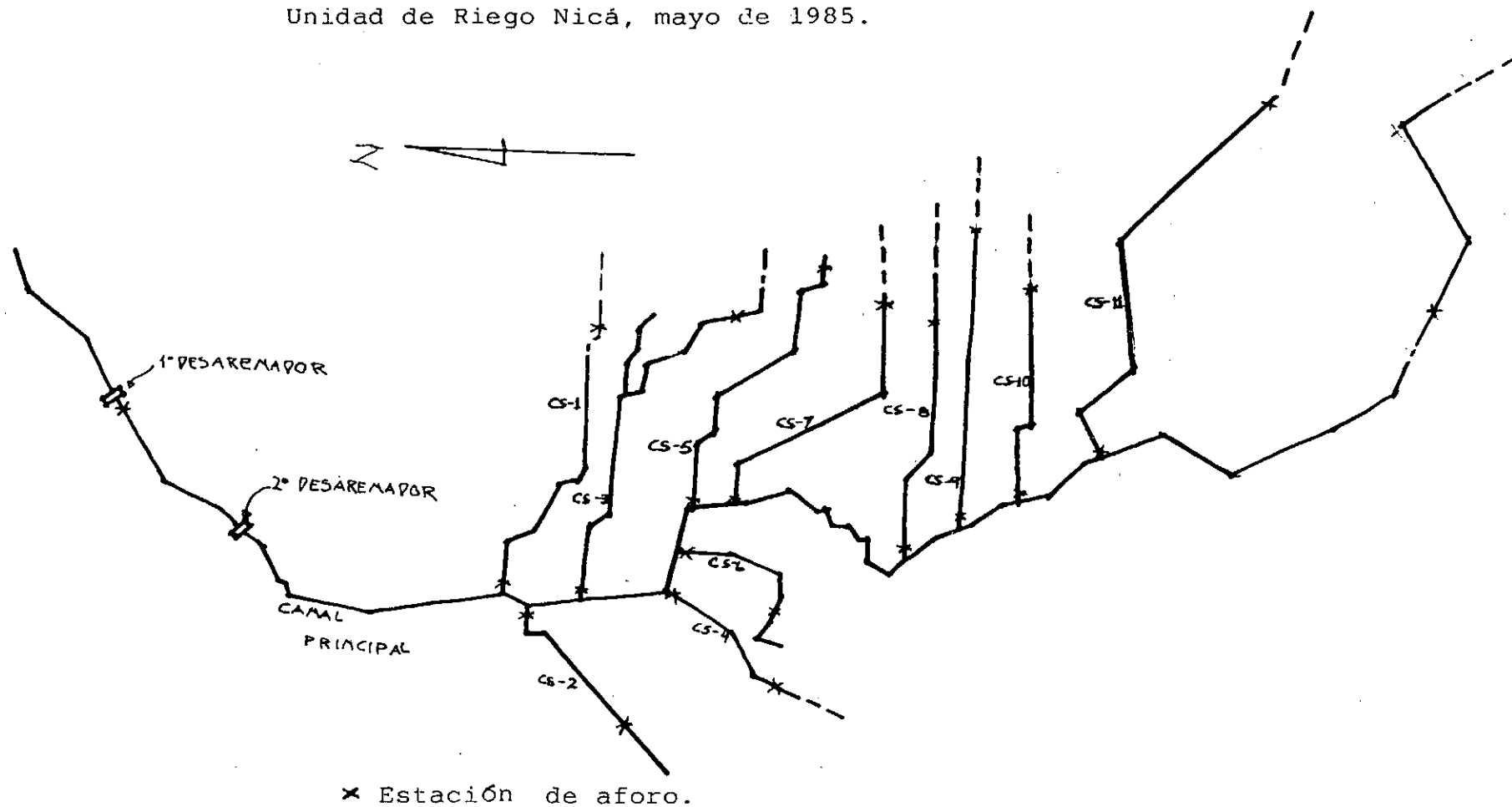
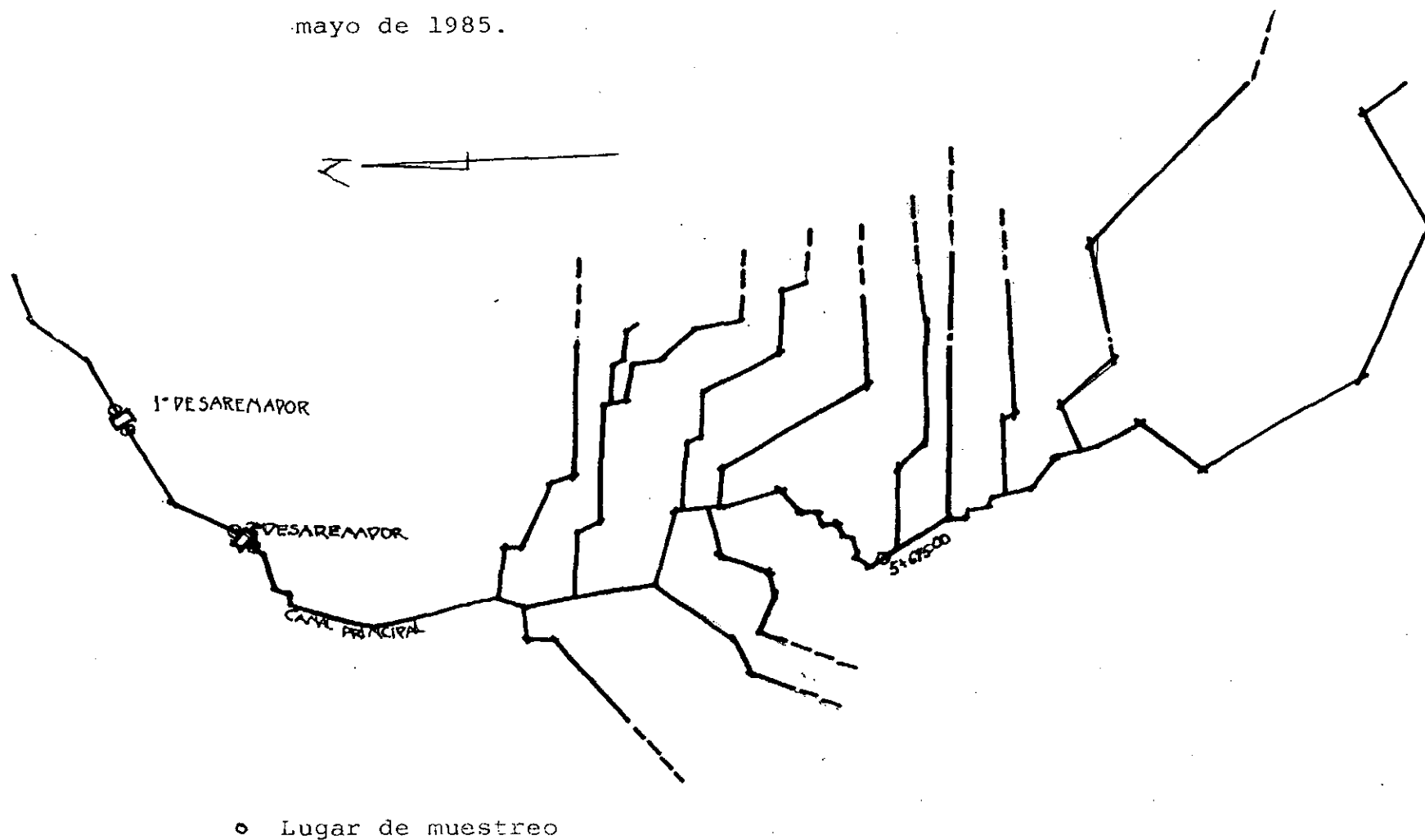


Figura No. 13

Ubicación de los puntos donde se extrajeron muestras de agua para determinar solidos en suspensión. Unidad de Riego Nicá, mayo de 1985.



Unidad de Riego Nicá.

Boleta de encuesta para el personal técnico de la unidad de riego.

1. Nombre _____
2. Cargo _____
3. Estudios efectuados _____

4. Tiempo de trabajo _____
5. Funciones _____

6. Ha recibido alguna preparación para desempeñar sus funciones.
Qué preparación. _____

Dónde _____
Quén lo impartió _____
7. Existe alguna reglamentación para su trabajo. _____
8. Que problema encuentra usted en su trabajo _____

9. Tiene alguna programación y planificación para desempeñar su trabajo. _____

10. Efectúa revisiones y evaluaciones a su labor periódicamente.

Cómo _____
Cuándo _____
11. Qué transferencia de tecnología ha hecho usted
Al personal a su cargo. _____

A los usuarios _____

Boleta de encuesta para el personal encargado de la vigilancia y control del riego en la Unidad de Riego Nicá, Malacatán, San Marcos.

1. Nombre _____
2. Puesto _____ 3. Lee y escribe _____
4. Funciones _____
5. qué labores de mantenimiento realiza en la sección a su cargo. Desasolve _____ Mantenimiento de compuertas _____
Chapeo en las orillas _____ Control de tomagranjas _____
Reparaciones al canal _____ Otros _____
6. Sabe trazar surcos, melgas, regaderas. _____
7. Dónde aprendió, adiestramientos _____
en la práctica _____
otros _____
8. Ha participado en cursos sobre riego y cultivos _____
Quién lo impartió DIRYA _____ ICTA _____
DIGESA _____ La Unidad de riego _____
Otro _____
9. Conoce técnicas de manejo y conservación de suelos _____
Trazo de curvas a nivel _____ AseQUIAS de ladera _____
cultivos en contorno _____ Otros _____
11. Que problemas encuentra con los usuarios
Sustraen agua _____ Repetan el calendario _____ el turno _____
Controlan el riego _____ Colaboran _____ Vigilan sus tomagranjas _____
12. Cómo mide el agua de riego que sirve. Escalas en el canal _____
Tiempo _____ Otro _____
13. Cómo sabe cuando cortar el suministro de agua
Al concluir de regar _____ Al terminar el turno _____
Otro _____

Boleta de encuesta para los usuarios de riego de la Unidad de riego Nicá, Malacatán, San Marcos.

1. Nombre _____
2. Area de la finca _____ curdas. 3. Area en explotación _____
cuerdas.
4. Area bajo riego _____ curdas.
5. Cultivos bajo riego Area (cuerdas) Rendimiento (qq/mz)
Riegos/temprada _____

6. Qué métodos de riego conoce Inundación _____ Lo usa _____
Surcos _____ Lo usa _____
Melgas _____ lo usa _____
7. Su terreno está nivelado _____
por quien. DIGESA _____ COMPAÑIA PRIVADA _____
DIRYA _____ OTRO _____
8. Si usa melgas o surcos cómo los traza
Nivel de precisión _____ Nivel tipo A _____ Nivel de manguera _____
Teodolito _____ Otro _____ Sin Asparatos _____
9. Conoce la cantidad de agua que usa para regar _____
10. Cómo la mide. Vertederos _____ Escalas graduadas _____
Otros _____
11. Cuántos surcos riega simultáneamente _____
12. Cómo sabe cuando cortar el agua en el surco o melga
midiendo el tiempo _____ Observando el humedecimiento del
suelo _____ Al llegar la corriente al final _____ Otro _____

13. Hacia dónde vierte los desagües. No hay _____ Al camino _____
Se reciclan _____ Otro _____
14. Ha tenido turnos de riego en la noche _____
15. Se ha erosionado su terreno _____ En surcos _____ Regaderas _____
Desagües _____
16. Cómo decide cuándo regar. Calendario _____ % de humedad
Otro _____
17. Profundidad del nivel freático _____ mts.
18. Recibe visitas del técnico de riego. _____

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
DECANO