

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE RIEGO Y DEL NIVEL TECNOLÓGICO DEL
MANEJO DEL AGUA POR EL AGRICULTOR EN LA UNIDAD DE RIEGO LA
FRAGUA, ZACAPA.



TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR
MARCO VINICIO AGUIRRE ESCOBAR
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1991.



DL

01

T(1318)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

| | |
|---------------|--------------------------------------|
| DECANO | ING. AGR. EFRAIN MEDINA G. |
| VOCAL PRIMERO | ING. AGR. MAYNOR ESTUARDO ESTRADA R. |
| VOCAL SEGUNDO | |
| VOCAL TERCERO | |
| VOCAL CUARTO | P.A. ALFREDO ITZEP MANUEL |
| VOCAL QUINTO | P.A. FRANCISCO IBARRA |
| SECRETARIO | ING. AGR. MARCO ROMILIO ESTRADA M. |

Guatemala, octubre de 1991

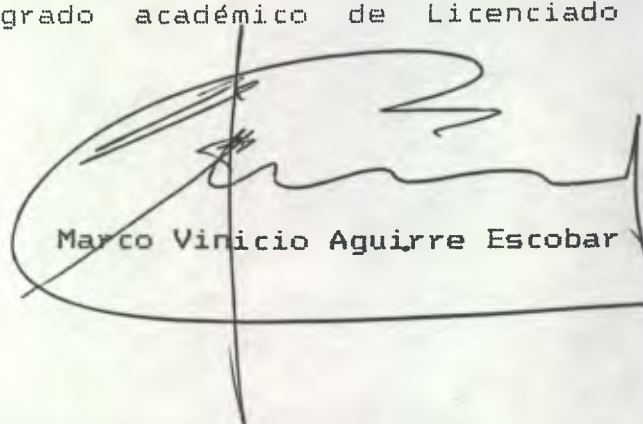
Señores
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
Facultad de Agronomía.

Respetables Señores:

De conformidad con lo establecido por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis titulado:

"EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE RIEGO Y DEL NIVEL TECNOLOGICO DEL MANEJO DEL AGUA POR EL AGRICULTOR EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.



Marco Vinicio Aguirre Escobar

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A MI PADRE

A MIS HERMANOS

MARIA AMINTA ESCOBAR DE AGUIRRE

CARLOS HUMBERTO AGUIRRE CASTILLO

TAREK HUMBERTO

TATIANA EUGENIA

ANA MARIA

HUGO LEONEL

JUAN CARLOS

A MI ABUELITA

A MI AHIJADA

A MI AHIJADO

A MIS PRIMOS

BERTA LOPEZ VDA. DE ESCOBAR

MICHELLE EUGENIA AGUIRRE SORIA

ESTUARDO JAVIER RUIZ MAZARIEGOS

ESTUARDO VENTURA Y LUIS ROBERTO

AGUIRRE MOLINA (Q.E.P.D.)

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS EN GENERAL

TESIS QUE DEDICO

A MIS PADRINOS

ING. AGR. CARLOS H. AGUIRRE C.

ING. AGR. HUGO RENE CORZO

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA POBLACION AGRICOLA NACIONAL

RECONOCIMIENTO

EL AUTOR DESEA EXPRESAR SU AGRADECIMIENTO SINCERO A

ING. AGR. MSC. VICTOR CABRERA POR LA EFICIENTE ORIENTACION,
ASESORIA Y REVISION DEL PRESENTE TRABAJO DE TESIS.

ING. AGR. INF. MIGUEL ANGEL OSORIO POR SU APOYO Y COLABORACION EN
LA PRESENTE INVESTIGACION.

LOS AGRICULTORES Y USUARIOS DE LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA POR
SU ESTRECHA COLABORACION.

AL PERSONAL TECNICO ADMINISTRATIVO DEL DISTRITO DE RIEGO No. 3,
VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA.

CONTENIDO

| | PAGINA |
|--|--------|
| RESUMEN | xii |
| 1. INTRODUCCION | 1 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 3. MARCO TEORICO | 5 |
| 3.1 MARCO CONCEPTUAL | 5 |
| 3.1.1* Generalidades sobre el riego superficial. | 5 |
| 3.1.2 Evaluación de un sistema de riego. | 7 |
| 3.1.3 Pérdidas y desperdicios de agua en una unidad de riego. | 8 |
| 3.1.4 Eficiencia del proyecto de riego. | 12 |
| 3.1.5 Métodos de distribución de agua. | 15 |
| 3.1.6 Planificación, diseño, operación y mantenimiento de proyectos de riego. | 18 |
| 3.2 MARCO REFERENCIAL | 22 |
| 3.2.1 Descripción general del área. | 22 |
| 3.2.2 Aspectos generales de la unidad. | 23 |
| 4. OBJETIVOS | 26 |
| 5. HIPOTESIS | 27 |
| 6. METODOLOGIA | 28 |
| 6.1 Método de trabajo. | 28 |
| 6.2 Cálculo de la eficiencia de conducción. | 28 |
| 6.3 Análisis de la eficiencia de conducción. | 30 |
| 6.4 Cálculo de la eficiencia de aplicación. | 33 |

| | PAGINA |
|---|--------|
| 6.4.1 Aforo de caudales de entrada y de salida en las parcelas. | 33 |
| 6.4.2 Cálculo de evapotranspiración. | 34 |
| 6.5 Análisis de la eficiencia de aplicación. | 37 |
| 6.6 Evaluación de la aplicación de agua en las parcelas. | 38 |
| 6.6.1 Medición del avance y recesión del agua aplicada. | 35 |
| 6.6.2 Muestreo de suelos. | 39 |
| 6.6.3 Cálculo de la velocidad de infiltración. | 40 |
| 6.6.4 Determinación de las pérdidas por percolación profunda. | 42 |
| 6.7 Determinación de la eficiencia total de funcionamiento. | 42 |
| 6.8 Encuesta a los usuarios de la unidad. | 42 |
| 6.8.1 Muestreo de la población. | 43 |
| 6.8.2 Análisis | 43 |
| 7. RESULTADOS Y DISCUSION | 45 |
| 7.1 Cálculo de la eficiencia de conducción. | 45 |
| 7.2 Cálculo de la eficiencia de aplicación. | 48 |
| 7.3 Evaluación de la eficiencia de aplicación. | 48 |
| 7.4 Encuesta a usuarios de la unidad. | 55 |
| 8. CONCLUSIONES | 65 |
| 9. RECOMENDACIONES | 67 |
| 10. BIBLIOGRAFIA | 69 |
| 11. APENDICE | 71 |

INDICE DE CUADROS

| | | PAGINA |
|-----|--|--------|
| 1. | "A" Evapotranspiración y requerimiento de riego para el cultivo de melón - 1..... | 72 |
| 2. | "A" Evapotranspiración y requerimiento de riego para el cultivo de tomate - 1..... | 73 |
| 3. | "A" Evapotranspiración y requerimiento de riego para el cultivo de maíz..... | 74 |
| 4. | "A" Evapotranspiración y requerimiento de riego para el cultivo de melón - 2..... | 75 |
| 5. | "A" Evapotranspiración y requerimiento de riego para el cultivo de tomate - 2..... | 76 |
| 6. | "A" Coeficientes de cultivo (kc) para diferentes especies..... | 77 |
| 7. | Eficiencia promedio de conducción por tipo de canal en porcentaje..... | 45 |
| 8. | Eficiencia de conducción y longitud de canales de la unidad de riego La Fragua..... | 47 |
| 9. | Eficiencia de aplicación de agua por parcela y por cultivo..... | 49 |
| 10. | "A" Datos sobre constantes de humedad y características físicas de los suelos de las parcelas de La Fragua, 1990..... | 78 |
| 11. | Datos sobre la lámina aprovechable, lámina neta de reposición, lámina de requerimiento de riego, intervalo promedio real y frecuencia utilizada..... | 52 |

INDICE DE FIGURAS

| | PAGINA |
|---|--------|
| 1. Mapa de la República de Guatemala y localización geográfica del departamento de Zacapa y municipio de Estanzuela que muestra el lugar donde está ubicada la unidad de riego..... | 24 |
| 2. Croquis del sistema de riego de la unidad La Fragua.... | 25 |
| 3. Esquema que muestra los puntos de aforo en los canales.. | 29 |
| 4. Profundidades para determinar la velocidad media del agua con molinete a 20% y 80%..... | 30 |
| 5. Profundidad a 60% con el molinete hidráulico..... | 30 |
| 6. Esquema que muestra la localización de los aforadores a la entrada y salida de la parcela..... | 35 |
| 7. Forma y dimensión del aforador Ballofet..... | 36 |
| 8. Curvas de avance y recesión..... | 50 |
| 9. Area regada por año, unidad La Fragua..... | 57 |
| 10. Porcentaje del área sembrada por cultivo, unidad La Fragua..... | 57 |

PAGINA

| | | |
|-----|--|----|
| 12. | "A" Datos de los parámetros de velocidad de infiltración y tiempo de infiltración de lámina neta a un 50% de capacidad de almacenamiento Profundidad 00 - 80 cm..... | 79 |
| 13. | Datos sobre las pérdidas por escorrentía y percolación profunda por parcela..... | 54 |
| 14. | Datos de sobreaplicación de volúmenes de agua por parcela..... | 54 |
| 15. | Area regada en un año por cultivo, en manzanas..... | 56 |
| 16. | Frecuencia de riego utilizada (porcentaje de usuarios)..... | 60 |
| 17. | Frecuencia de riego promedio utilizada según el cultivo y el tipo de suelo (días)..... | 60 |
| 18. | Criterios utilizados por el agricultor para quitar el agua durante un riego (porcentaje de usuarios)... | 62 |
| 19. | Colas de surco al momento del riego (porcentaje de usuarios)..... | 62 |
| 20. | Tiempo de riego por manzana (porcentaje de usuarios) | 64 |
| 21. | Distribución del agua (porcentaje de usuarios)..... | 64 |
| 22. | Porcentaje de usuarios que quieren regar más Area... | 64 |
| 23. | Porcentaje de usuarios dispuestos a pagar más..... | 64 |

EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE RIEGO Y DEL NIVEL TECNOLÓGICO DEL
MANEJO DEL AGUA POR EL AGRICULTOR EN LA UNIDAD DE RIEGO LA
LA FRAGUA, ZACAPA

EVALUATION OF THE IRRIGATION EFFICIENCY AND THE FARMERS TECHNIC
LEVEL IN USING THE IRRIGATION WATER IN THE IRRIGATION DISTRICT OF
LA FRAGUA, ZACAPA.

RESUMEN

En Guatemala existen actualmente veintisiete unidades de riego estatales, las cuales han venido operando con deficiencias en la operación y funcionamiento en sus sistemas, lo que conduce a un mal aprovechamiento del recurso del agua. La presente investigación se realizó en la unidad de riego La Fragua con el objetivo de establecer la eficiencia del sistema de riego y proporcionar las recomendaciones adecuadas a fin de mejorar el uso del recurso agua.

La metodología empleada fue la siguiente: La eficiencia de aplicación se determinó en parcelas de agricultores voluntarios en las cuales se realizaron trabajos de medidas de caudales entregados en la tomagranja, caudales escurridos, volumen perdido por percolación profunda, evapotranspiración y medición del agua neta de riego; relacionando los resultados de evapotranspiración con la lámina bruta aplicada se obtuvo la eficiencia de aplicación por parcela y por cultivo. Se realizó una evaluación del comportamiento de agua aplicada a las parcelas cuyos parámetros fueron: muestreo de suelos para determinar textura,

densidad aparente y sus constantes de humedad, curvas de avance, recesión y velocidad de infiltración.

La eficiencia de conducción se obtuvo mediante aforo de caudales de entrada y salida en los canales para conocer las pérdidas de agua durante el recorrido de éstos. Del número total de usuarios se obtuvo una muestra estadística siendo esta de ochenta, a la cual se le pasó una boleta de encuesta determinándose, que los usuarios poseen un nivel bajo de tecnología respecto al uso y manejo del agua de riego.

La eficiencia total del sistema de riego se obtuvo del producto del promedio de la eficiencia de conducción por el promedio de la eficiencia de aplicación.

Se concluyó que la eficiencia del sistema es de 29 por ciento, siendo sus componentes: Eficiencia de conducción 74 por ciento y eficiencia de aplicación de 39 por ciento. La deficiente aplicación se debe principalmente al exceso de aplicación de agua aplicada en las parcelas por cada riego, desconocimiento del usuario de las prácticas correctas en la aplicación del agua, que ocasiona así una mala distribución de la misma en las parcelas, desconocimiento de las frecuencias relativas de riego, porque provoca riegos innecesarios en los cuales el agricultor lo hace en base a su experiencia y no en el momento adecuado cuando el cultivo lo necesita. La eficiencia de conducción para canales secundarios fue de 69 por ciento y es donde ocurren las mayores pérdidas por conducción debido al daño

físico que éstos presentan.

Se recomienda que el Distrito de riego proporcione a sus usuarios referencias en cuanto a frecuencias, dosis, tiempos de avance del agua en los surcos y tiempos de riego. Una política adecuada para la transferencia de destrezas en el Área de manejo del agua sería adoptar un esquema de capacitación por demostraciones, lo que permitiría además de capacitar al usuario, de estar a la escucha de sus problemas. Este trabajo de investigación se realizó durante la temporada de riego 1989-90.

1. INTRODUCCION

En Guatemala actualmente se encuentran en operación cinco distritos de riego, agrupando dentro de los mismos 27 unidades de riego con los cuales se pretende cubrir un área potencial de 17,700 hectáreas, todas susceptibles a ser regadas por sistemas de riego por gravedad o bombeo-gravedad. Los sistemas de riego estatal ejecutados hasta 1988 suman un total de 17,700 hectáreas; sin embargo esta área nunca es regada en su totalidad, en los meses de noviembre a abril que es cuando se supone que toda el área de diseño debe encontrarse en operación se riega solamente alrededor de 4,500 a 5,000 hectáreas, o sea un 26% del área diseñada es la que realmente se encuentra en operación. En los meses de mayo a agosto la superficie total regada baja a 2,000 ó 2,500 hectáreas. De lo anterior se observa que hasta la fecha en ninguna unidad se ha logrado cubrir el área estimada.

Según un informe del Plan Maestro de Riego en Guatemala en 1989, las 27 unidades de riego públicas se caracterizan por la sub-utilización de los sistemas, conduciendo a una eficiencia del riego muy baja, provocada por grandes desperdicios de agua originadas por el mal estado de las infraestructuras y el manejo del agua en las parcelas. Aumentar la eficiencia permite aumentar las áreas regadas y así mismo aumentar los ingresos de las unidades, el Gobierno no tiene hasta la fecha, los recursos necesarios para la rehabilitación de las unidades, por lo tanto una de las maneras de mejorar la eficiencia a corto plazo es de

mejorar el uso y manejo del agua en las parcelas por parte de los usuarios lo que implica conocer el actual uso y manejo del agua en las unidades.

La unidad de riego La Fragua, una de las más grandes e importantes del país posee deficiencias operacionales en el sistema de riego y uno de los factores que incide en la baja cobertura del área a regar son las pérdidas de agua que se observan en la conducción, distribución y aplicación del agua de riego, por lo que el presente trabajo pretende investigar las eficiencias de estas actividades a fin de proponer algunas soluciones al problema y contribuir a hacer un uso racional del agua. La eficiencia de riego de un sistema se determina mediante la cuantificación de las eficiencias de conducción y aplicación del agua de riego, el producto de ambas eficiencias expresada en porcentaje reflejará el grado de aprovechamiento del agua y permitirá plantear recomendaciones y algunas soluciones para mejorar el uso de ese vital recurso natural.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Siendo la unidad de riego La Fragua una de las más grandes del país y una área potencialmente agrícola, se hace necesario realizar estudios que contribuyan al buen funcionamiento de la misma.- Desde 1,986 se riegan anualmente aproximadamente 1651 ha, lo que representa el 66% del área de diseño.- El mal manejo del agua que se da dentro de la unidad origina pérdidas considerables del recurso agua y la sub-utilización de la infraestructura, esto ha provocado que en la unidad el área total de diseño no llegue a ser regada en su totalidad.- Un factor básico para que la unidad cumpla con sus objetivos es evaluar y estudiar la eficiencia con la cual está operando el sistema.-

Desde que inició su operación esta unidad, no se han realizado estudios de eficiencia de conducción en los canales del sistema, por lo tanto no se tienen datos reales de pérdidas en los mismos.- En cuanto a la medición de la eficiencia del riego en la parcela, según bibliografía y los resultados obtenidos en experimentos en esta unidad por el Proyecto Regional de Agrometeorología (PRA-DIRYA-CATIE) en 1987-88, se han desarrollado estudios sobre la eficiencia sobre el uso del agua por comparación de caudal de entrada y la necesidad máxima del cultivo, las pérdidas de agua por cola de surco debido al manejo por los agricultores y se ha concluido que se pierde más del 50% del agua aplicada al surco o a la parcela y se estableció que del 20 al 30% son pérdidas por escurrimiento o cola de surco.-

Para darle seguimiento a estos estudios se evaluó la

eficiencia de aplicación de agua cuantificando pérdidas de agua por escurrimiento y pérdidas por percolación profunda.- También la falta de conocimientos de técnicas adecuadas de riego por parte de los usuarios contribuyen a una baja eficiencia de riego en la parcela, por lo que se evaluó el nivel tecnológico utilizado por el agricultor.-

3.- MARCO TEORICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. GENERALIDADES SOBRE EL RIEGO SUPERFICIAL

El riego es definido como la aplicación artificial de agua al suelo con el fin de suplir la humedad necesaria a las plantas para su desarrollo. Israelsen y Hansen (12). El sistema de riego superficial consiste en conducir el agua desde la fuente hacia los campos de riego y dejarla que fluya por gravedad en los mismos. Cuando se realiza el riego superficial el agua se infiltra en el suelo hasta llegar a una capacidad de retención cuya profundidad será determinada por el tiempo de riego, caudal, condiciones físicas y topografía del suelo. Goldbergs (7).

El riego superficial posee los sistemas que mayores pérdidas de agua ocasionan su uso. El escurrimiento y la percolación hacia la formación acuífera constituyen sus pérdidas principales en los regadíos, pero estas pérdidas pueden disminuirse por medio de un sistema diseñado en forma adecuada, pudiendo utilizarse irrigación en bombeo de flujo de retorno o la nivelación exacta del terreno lo cual elimina prácticamente el escurrimiento así como la selección adecuada de la relación del cauce y longitud del curso puede reducir un buen número de pérdidas por percolación. Bishop (1).-

Con el riego superficial, aproximadamente del 5 al 10% del área cultivable, queda ocupada por los canales principales, laterales de riego y drenaje. Además el agua desperdiciada con

el uso de métodos ineficientes reduce el área que puede regarse con una determinada cantidad de agua, incrementando por lo tanto, los costos del proyecto y disminuyendo la factibilidad de la obra, además de reducir las ganancias generales del proyecto. Juárez (13).-

Tanto en el riego superficial como en cualquier otra forma de aplicación del agua, y con el fin de obtener un máximo aprovechamiento de la irrigación, es necesario plantearse y resolver en forma adecuada las interrogantes siguientes: Cisneros. (3). Cuánto, cuándo y cómo regar.-

Explicándose de una forma más amplia de la siguiente manera:

Cuánto: Es la cantidad de agua que se debe aplicar expresada como una lámina de riego (cm, mm, plg).-

Cuándo: Se refiere con que intervalo de tiempo se habrá de aplicar determinada lámina.

Cómo: Que se refiere a la forma de cómo ha de aplicarse el riego según las condiciones del área.-

El riego superficial es el de mayor uso en el país debido a que su costo de inversión es relativamente bajo, a que las fuentes de agua disponibles son adecuadas, los sistemas y exigencias de mercado, los sistemas de siembras tradicionales de los cultivos y las costumbres de la gente. Gundersen (11).-

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO SUPERFICIAL

VENTAJAS.

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

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

DESVENTAJAS

- A. Requiere grandes volúmenes de agua.
- B. Pérdidas de agua por conducción.
- C. Altas pérdidas de agua en aplicación parcelaria debido a esconrrentia y percolación profunda.
- D. Bajas uniformidades de distribución a nivel de parcela.
- E. Aplicable a terrenos planos o con leve pendiente.

3.1.2. EVALUACION DE UN SISTEMA DE RIEGO

Un sistema de riego puede ser sujeto a evaluación a través de la eficiencia de conducción y de aplicación. Grassi (8). La eficiencia de conducción puede ser un índice para calificar un sistema y hasta cierto punto permite conocer la bondad de operación, porque al comparar las eficiencias obtenidas en cada ciclo agrícola se puede saber si se ha mejorado o no. Palacios (17). La eficiencia de aplicación por otro lado indica como maneja el agricultor el agua, también por comparación entre las eficiencias obtenidas en varios ciclos agrícolas se puede saber si se han mejorado o no los métodos de riego y si han aplicado las láminas adecuadas. Palacios (17).

Cada valor de estas eficiencias es puntual que varía y está sujeta a varios factores, por lo que se deben de calcular periódicamente de preferencia cada ciclo agrícola; ambas eficiencias tienen fuerte influencia en las láminas de riego por lo que es muy importante conocer la variación de estas a través del tiempo, para poder estimar obviamente las variaciones de los coeficientes unitarios de requerimiento de riego o lámina. Palacios (17). Es conveniente resaltar que la eficiencia de riego evalúa únicamente aspectos de operación, comprendiendo esta los conceptos de riego y drenaje, es decir, incluye la captación de las aguas, derivación o almacenamiento, distribución por las redes principal y secundaria, entrega a la red terciaria y finalmente, entrega a los usuarios en uno o más puntos del perímetro de sus tierras para finalmente recolectar los sobrantes de agua superficial y subsuperficial. Goldbergs (7). Siendo la operación una actividad del funcionamiento de un sistema de riego que es el conjunto de labores técnico administrativas que tiene como objetivo reponer tanto las obras civiles como agronómicas, como las tierras beneficiadas y asistir técnica, educacional y económicamente a los usuarios. Grassi (8).

3.1.3. PERDIDAS Y DESPERDICIOS DE AGUA EN UNA UNIDAD DE RIEGO

Estas se dividen en pérdidas y desperdicios en la red de conducción interna de la propiedad y las que se producen en la aplicación de agua en la parcela. Grassi (10).

3.1.3.1. PERDIDAS Y DESPERDICIOS EN EL SISTEMA DE CONDUCCION

Estas se producen por diferentes causas entre las más importantes destacan las siguientes:

A. PERDIDAS POR EVAPORACION

Tienen poca importancia dada la reducida área evaporante, que en general es la representación del sistema en operación de una propiedad durante el riego por gravedad, aproximadamente del 5 al 10 por ciento del área cultivada queda ocupada por los canales principales y laterales de riego y drenaje, siendo esta una superficie expuesta a que sucedan pérdidas por evaporación. Golbergs (7).

B. PERDIDAS POR INFILTRACION

Estas tienen significación mayor y dependen de la naturaleza física del terreno, de la superficie de infiltración y el régimen de funcionamiento de los canales construidos en terrenos sueltos por ejemplo dan lugar a importantes reducciones de caudal. Grassi (9). La superficie de infiltración depende de la longitud de la red de riego y del perímetro mojado. Grassi (10). El perímetro mojado puede disminuirse no elevando el tirante de operación y concentrándose en áreas pequeñas de recorrido de agua por la red de riego en determinadas épocas cuando sea posible. Palacios (17). Es muy importante mantener los caudales con régimen continuo porque esto asegura un menor volumen de pérdidas. Grassi (10).

C. DESPERDICIOS POR FUGAS EN LAS ESTRUCTURAS

Su reducción es importante, por lo que se recomienda revisar

periódicamente los sellos de las compuertas, pues la suma de los caudales de todas las fugas pueden representar un porcentaje alto. Grassi (9).

D. DESPERDICIOS EN EL MANEJO DE AGUA DURANTE LA OPERACION

Estas se deben fundamentalmente a una falla en la programación por desconocimiento de las eficiencias, se solicita más agua de la necesaria la cual ocasiona desperdicios, también puede romperse un canal o verterse mucha agua por las compuertas o cajas de derivación, así como el uso ilegal o riego no combilizado afecta seriamente. Grassi (10).

3.1.3.2. PERDIDAS Y DESPERDICIOS EN LA APLICACION DE AGUA A LA PARCELA

Estas se pueden producir de dos maneras: Debajo del horizonte de raíces por percolación profunda y al pie de la misma por escurrimiento, la primera representa para la propiedad una pérdida real, ya que el agua que supera la capa de raíces no puede ser aprovechada por el cultivo, la segunda en cambio constituye un desperdicio ya que en determinadas condiciones integra el caudal con que se riega otra parcela del mismo predio. Grassi (10).

Las pérdidas y desperdicios ocurridas en la aplicación de agua depende de varios factores:

Características del suelo: En terrenos sueltos predominan las pérdidas por percolación, mientras que el escurrimiento se reduce, en terrenos donde la velocidad de infiltración es alta

ocurre exactamente lo mismo. Grassi (9).

Topografía: Esta tiene fuerte influencia porque a medida que la pendiente aumenta, el escurrimiento superficial aumenta y disminuye la percolación profunda. Grassi (10).

Dimensión en las parcelas: Si estas son exageradamente largas el elevado tiempo de mojado, o sea el lapso que requiere el frente de agua para cubrir la distancia que media desde la cabecera hasta el pie de la parcela, incide notablemente en la distribución de la humedad en el suelo. Thorne (20).

Competencia del regante: Cabe señalar que no todo obrero rural por el hecho de serlo, puede considerarse con suficientes conocimientos para regar, es necesario tener alguna experiencia en el manejo del agua de tal manera que debe de estar atento durante todo el lapso que comprende el riego porque puede ser afectado por los factores siguientes: Burgess (2).

- A. Mala preparación del terreno para riego, habiendo una superficie regular y el agua no se distribuye uniformemente.
- B. El método de riego es obsoleto, mal diseñado no satisface las necesidades de la granja.
- C. Cuando se deja un caudal de escorrentía que resulta por pérdida de control o por descuido.
- D. Cuando existe la tendencia de regar excesivamente mientras se tenga un suministro suficiente de agua.

3.1.4. EFICIENCIA DEL PROYECTO DE RIEGO

Es la relación entre la cantidad de agua almacenada en la zona radical y la cantidad de agua derivada de la fuente de abastecimiento y entregado en la otra de cabecera o canal principal. Doorenbos (5). Esta eficiencia llamada también eficiencia total del sistema se expresa como el valor que resulta de el producto de la eficiencia de conducción por la de aplicación. Palacios (17). Este dato es aquel que la mayoría de autores usa en el diseño de proyectos para calcular la lámina bruta y las necesidades de derivación del sistema, porque si bien es cierto que existen técnicas y métodos que nos vienen del campo agronómico para estimar las demandas de agua de los cultivos en la práctica no se ha encontrado que esto contribuya a la formulación de un plan de riego sino se tiene conocimiento de las reales pérdidas y desperdicios. Palacios (17).

3.1.4.1. EFICIENCIA DE CONDUCCION

Se define por conducción al movimiento de agua en toda la red de canales hasta la tomagranja.- Palacios (17). La eficiencia sería entonces la relación que existe entre el volumen de agua que se entrega o que se sirve al final de determinado canal y el volumen de agua que se derivó o que entra en la cabecera del canal.- Doorenbos (5). Se puede decir de otro modo que es la capacidad de las obras hidráulicas del sistema para captar y conducir el agua hasta las parcelas. Grassi (9). Esta eficiencia puede ser del 100% cuando se efectúa en tuberías y hasta el 10 y 20% cuando se efectúa en canales en mal estado y terrenos

ligeros, llegando hasta el 10% cuando el agua no llega al terreno, debido a fugas. Palacios (17). En canales revestidos con cemento la eficiencia varía de 80 a 90%. Grassi (10). Para conocer la eficiencia de un canal correctamente, es preciso realizar una gran cantidad de aforos, razón por la cual puede decirse que la operación eficiente de los canales de riego se basan en la hidrometría correctamente organizada. Palacios (17). En la programación de riego se requiere conocer la eficiencia del canal o de todo el sistema de conducción, siendo un auxiliar valioso hacer gráficas, que muestren los cambios de la eficiencia con el tiempo, ayudando en esta forma a pronosticar la eficiencia en el futuro. Palacios (17).

3.1.4.2 EFICIENCIA DE APLICACION DEL AGUA DE RIEGO AL CAMPO

Se define por aplicación al movimiento del agua de riego desde la compuerta o toma de campo hasta el final de la parcela Palacios (17). Thorne (20), define a la eficiencia de aplicación como la relación entre la cantidad de agua que se almacena en la zona radicular del suelo y la cantidad aplicada en la granja. Grassi (9), nos dice que es la relación entre el volumen o lámina neta incorporada o almacenada en la capa edáfica que exploran las raíces y luego es consumida en el proceso evapotranspiratorio, con el volumen o lámina de agua derivado a la parcela o suministrado a la entrada al campo. Doorenbos (5), La define como la relación entre la cantidad de agua almacenada en la rizósfera disponible para el cultivo y la cantidad de agua aplicada. En otro orden de ideas se puede decir que es la capacidad del agricultor usuario de satisfacer las demandas de

agua de su cultivo sin ocasionar problemas. Palacios (17). Esta eficiencia se expresa en porcentaje siendo un dato muy puntual sujeto a muchas variables; en riego superficial su determinación no es fácil establecer valores generales ya que en las mismas condiciones edáficas puede obtenerse eficiencias completamente diferentes, como consecuencia de la distinta preparación del terreno y manejo de riego. Grassi (9), dice que pueden observarse valores extremos entre 20 y 75%, considerándose un porcentaje razonable en 65 por ciento. Israelsen (12), estableció 17 diferentes parcelas con distintas condiciones climáticas y edáficas obteniendo valores extremos entre 3 y 93%, con un promedio de 43%. Goldbergs (7) explica que empleando la condición a cielo abierto y el método de riego de superficie, menos de la mitad de agua que se suministra llega a la planta, en proyectos operados apropiadamente la eficiencia oscila entre 34 y 70 % con un promedio aproximado de 47 % registrándose eficiencias bajas entre 20 y 30% en países subdesarrollados. Thorne (20) expresa que la eficiencia de aplicación en una granja determinada a menudo es muy baja, registrándose porcentajes de 20 a 40%, sin embargo, en una extensión relativamente grande ésta puede variar entre 30 y 50%. Para poder convertir la demanda neta en demanda bruta de riego se acostumbra afectarla por la eficiencia de riego, no obstante si no se cuenta con esta, se puede asumir empíricamente, cabe destacar que las pérdidas en una red de riego oscilan entre 15 y 45%. Grassi (9). Con frecuencia la baja eficiencia proviene de las superficies irregulares de agua aplicada que se infiltra más allá de los límites de la superficie

que se riega, así como una falta de cuidado en el manejo del agua. Palacios (17).

3.1.5 METODOS DE DISTRIBUCION DE AGUA

Formulado el plan de riego de un sistema, lo siguiente es llevarlo a la práctica para cumplir con el objetivo de satisfacer la demanda de agua en cantidad y en concordancia con las disponibilidades. Grassi (10). Esta actividad involucra directamente el funcionamiento de la red de canales y estructuras del sistema, así como la organización de todas las actividades inherentes a ello y al manejo de personal responsable de la conducción y distribución del agua. Grassi (10). Cuando se habla de distribución de agua es común hacer referencia a métodos de entrega de agua, los cuales en muchos casos no se orientan con la frecuencia de riego sino por la práctica, lo cual significa que ocurra la posibilidad de cometer errores tanto por parte del usuario como por los sistemas. Los primeros tratan de utilizar con gran frecuencia el riego, en la creencia de obtener así mejores resultados y las oficinas de operación de los sistemas luchan por economizar los riegos, basados en estudios y experiencias sobre los daños causados por exceso de agua. Palacios (17). Los métodos de entrega de agua más conocidos son los siguientes: Palacios (17).

3.1.5.1 DISTRIBUCION POR CAUDAL CONTINUO

Consiste en entregar a cada propiedad irrigada un caudal constante para un determinado lapso de duración del servicio de riego, pero sufre modificaciones a lo largo de toda la estación de riego, de acuerdo a la disponibilidad del recurso hídrico,

modificación del área regable y los requerimientos.

En el sistema de riego no pueden modificarse los parámetros de distribución y sólo en distritos con características especiales suele usarse ya que requiere mantener los canales llenos casi a toda su capacidad y desde luego no puede programarse la entrega al usuario. Grassi (10). Este sistema tiene la ventaja que representa la continua disponibilidad de agua en la propiedad y la de reducir al mismo tiempo la sección de los acueductos y la gran desventaja que significa el estar atendiendo un caudal en ocasiones exiguo. Palacios (17). También tiene otra desventaja, que es la de conducir a la baja eficiencia, por eso sólo se emplea cuando el área irrigable está fraccionada en propiedades grandes y donde el caudal resulta el de un terciario, así mismo, se emplea por lo general cuando se imposibilita el empleo de los otros métodos siguientes. Grassi (10).-

3.1.5.2 DISTRIBUCION POR ROTACION

Se llama también por tandeo o entrega por turnos según las expresiones usadas en América Latina, este es el más comúnmente empleado en los proyectos de riego en los cuales se efectúa un parcelamiento de tierras. Grassi (10). Se emplea en condiciones de limitación del recurso agua porque permite una distribución más eficiente, sin embargo, en muchos distritos es difícil establecer un orden de riego debido a la diversificación de cultivos. Palacios (17). El caudal de entrega de agua en este método será aquel que ocupa íntegramente la mano de un operador

durante una jornada normal de trabajo, esto varía de acuerdo al suelo, topografía, y el método de riego entre 20 y 200 litros por segundo. Grassi (10). Tiene la desventaja de que el período de tandeo no coincide con el requerimiento de riego del cultivo, existiendo riegos innecesarios donde muchos usuarios tienden a regar excesivamente mientras haya agua disponible, ocasionando altas tensiones en el suelo que pueden reducir considerablemente su rendimiento; es un método rígido que no permite ajuste ni el aprovechamiento de lluvia.-

3.1.5.3 DISTRIBUCION DE ACUERDO A LA DEMANDA

Este método es efectivo para determinar condiciones en donde no se requiere rigidez y la mayor capacidad de diseño; cabe distinguir en este, dos formas distintas: el de demanda libre y el de demanda controlada. Grassi (9).-

Demanda Libre: En este se riega cuando se desee y el tiempo que se quiera.-

Demanda Controlada: El sistema recibe los pedidos y la unidad está en condición de satisfacerlos en un plazo de 24 a 48 horas. Este método presenta la ventaja de permitir el riego de acuerdo a las necesidades de los cultivos y al empleo del caudal que se considera más eficiente siempre y cuando lo permita la capacidad del canal, además tiene la flexibilidad de que de acuerdo al pedido formulado por el agricultor-usuario determina cuanto y cuando se va a regar, tratando de transferir responsabilidad a los regantes y a la percepción por volumen de agua recibido. Grassi (9). Tiene las desventajas siguientes: Si le hace falta

experiencia en el uso y manejo del agua el agricultor-usuario lo hace incorrectamente. Grassi (10), también ocurre casi siempre simultaneidad de los pedidos lo cual se resuelve con la capacidad de diseño. Grassi (9), y por último se requiere de una adecuada infraestructura hidráulica, especialmente las estructuras de control y medida de los caudales entregados. Palacios (17).-

3.1.6 PLANIFICACION, DISEÑO, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PROYECTOS DE RIEGO

3.1.6.1 PLANIFICACION DE PROYECTOS DE RIEGO

Para la planificación de un sistema de riego deben conocerse los factores que afectan el diseño de la superficie que va a regarse. Deben estudiarse esos factores, tales como los suelos, la topografía, los cultivos específicos, el agua disponible, las instalaciones con que se cuenta y los equipos de construcción y labranza que están disponibles. Una vez conocidos los factores anteriores se podrá crear un diseño adecuado en toda la extensión de riego en el área de debidas proporciones, sin causar daños a los suelos y evitar el desperdicio excesivo de agua. Departamento de Agricultura (6).-

Con el riego superficial se observan eficiencias muy bajas, influyendo también factores de tipo social tales como, que se planifica, diseña y se pone en operación un proyecto de riego sin un análisis profundo de las necesidades de los futuros usuarios, así como también se deja de lado su nivel de conocimiento de riego, de ahí que, al no existir un proceso educacional antes y

después de puesto en operación el sistema, el agricultor continúa con sus prácticas tradicionales que incide en bajas eficiencias de riego, bajas producciones, pérdida de suelo por erosión y sub-utilización general de la infraestructura de la red hidráulica y de la potencialidad del riego. Martínez (15), expone que la División de Recursos Hidráulicos ha llevado a cabo la investigación de proyectos en una forma un tanto desordenada y apresurada, sin la colaboración o consulta de otras instituciones afines, ni coordinación interna que asegure la participación de los varios departamentos que conforman la misma; además que esta forma de operar se debe a la falta de planes de trabajo en las etapas de planificación, construcción, operación, mantenimiento y desarrollo del Área del riego. Debido a éstas circunstancias ha resultado que las unidades de riego tengan que ser operadas con muchos problemas, heredados de estudios insuficientes en los cuales no se tuvieron en cuenta las alternativas de operación del proyecto; aquí se reconoce el efecto multiplicador de un factor no tomado en cuenta al inicio de la investigación del proyecto, que puede causar más tarde un daño en la operación y mantenimiento del mismo proyecto.-

3.1.6.2 DISEÑO Y OPERACION DE PROYECTOS DE RIEGO

Grassi (8), estima que los factores fundamentales del diseño y operación de las obras de riego y que a la vez determinan la cantidad de agua necesaria se pueden agrupar en: 1.- Climáticos, 2.- Edáficos, 3.- De diseño, construcción y reparación de obras, 4.- Agroeconómicos, 5.- Legales, Institucionales y Humanos.-

La operación de un proyecto de riego no debe conceptuarse como un manejo del agua, como una técnica unilateral sino como un conjunto de las técnicas de cultivo, y que por lo tanto se requiere una concordancia entre la estructura física para el mejoramiento agrícola, la aplicación de técnicas de cultivo y conjuntamente con estas la aplicación del manejo del agua. Martínez (15).-

Masaya (16), analiza las deficiencias operacionales de los sistemas de riego en Guatemala y expone, que estos son atribuidos a una inadecuada planificación de los proyectos, puesto que no se consideran en su debida forma, aspectos importantes tales como: Institucionales, legales, de diseño, técnicas de riego, técnicas agrícolas de mercado y experiencia del usuario, factores que en el futuro del proyecto conllevarán a consecuencias que pudieran causar conflictos de grandes proporciones. Para hacer un buen aprovechamiento del agua de riego es necesario diseñar bajo los criterios siguientes: Ramírez (18).

- A. Almacenar el agua en la zona radicular.
- B. Lograr una aplicación relativamente uniforme de agua, logrando que esta permanezca un tiempo establecido en todos los puntos.
- C. Minimizar la erosión, haciendo variar los caudales.
- D. Minimizar la escorrentía, o usar reciclaje del agua.
- E. Minimizar la percolación profunda.
- F. Disminuir la superficie del terreno, no utilizable para riego.

- G. Utilizar la menor cantidad de mano de obra posible.
- H. Adaptar la geometría y dimensiones del terreno lo mejor posible.
- I. Acomodar el sistema de riego de acuerdo a suelos, topografía y cultivos.
- J. Facilitar el uso de maquinaria agrícola.

3.1.6.3 MANTENIMIENTO DE PROYECTOS DE RIEGO

La actividad operacional de un proyecto de riego, controla la obtención del agua y su entrega al usuario. Gundersen (11), para que esta actividad se realice en forma satisfactoria es imprescindible darle un adecuado mantenimiento a la infraestructura de riego a fin de minimizar las pérdidas de agua tanto en la conducción como en la distribución de la misma.-

La conservación o mantenimiento de un sistema de riego se define como el conjunto de operaciones tendientes a mantener en condiciones óptimas de servicio y conforme a sus características de diseño, las obras, equipos e instalaciones que constituyen el distrito de riego.-

La conservación de un distrito de riego tiene por objeto mantener las obras de un estado tal que funcionan eficazmente siempre que se requiere, para lograr esa situación es necesario seguir el proceso siguiente:

- A.- Localizar deterioros
- B.- Determinar sus causas

- C.- Evaluar la reparación
- D.- Efectuar la reparación

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

3.2.1.1 UBICACION

La unidad de riego La Fragua pertenece al Distrito de Riego No. 3, que se encuentra ubicada en la Región Nororiental del país, en el municipio de Estanzuela del depto. de Zacapa; a 140 Kms. de la ciudad capital y su elevación es de 184.69 msnm. Las coordenadas geográficas son $14^{\circ}58'45''$ latitud Norte y $89^{\circ}31'20''$ longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Ver figura 1.

3.2.1.2 ECOLOGIA

A) Clima: El valle La Fragua tiene un clima cálido seco y se encuentra a una altitud promedio de 230 msnm, está casi rodeado en su totalidad por montañas, lo que ocasiona que los vientos del Caribe y del Océano Pacífico, lleven nubes saturadas de vapor de agua que precipitan en las partes montañosas sin alcanzar el Valle.-

B) Precipitación: En el valle se dan de los menores valores de precipitación de toda la República, llegando a un promedio anual de 700 mm y la época lluviosa se caracteriza por escasas lluvias.-

C) Temperatura: Se puede considerar como cálida siendo su promedio de 27.5 grados centígrados.

D) Zona de Vida: J. de la Cruz (4); basado en el sistema de Holdrige, clasifica la zona de vida como Montano Espinoso Sub-Tropical. La vegetación está constituida por arbustos y plantas espinosas.-

E) Suelos: Los suelos desde el punto de vista edafológico son relativamente jóvenes y las diferencias existentes se basan en el material original y el drenaje principalmente. La serie de suelos predominantes es la serie Chicaj que compone los suelos aluviales no diferenciados. Simmons, et.al. (19).

3.2.2 ASPECTOS GENERALES DE LA UNIDAD

La unidad de riego La Fragua inició su operación en enero de 1970 con un área de diseño de 2,500 ha; su fuente de abastecimiento de agua es el río grande de Zacapa, formado por los ríos Jocotán y San José. La distribución de canales principia a la altura de la aldea Agua Blanca, terminando su canal principal en lugares aledaños a la aldea el Guayabal, después de recorrer 22 Kms de canal revestido de concreto; su red de canales secundarios, terciarios y cuaternarios, es extensa y alcanza una longitud de 62 Kms revestidos de concreto y más o menos 20 de tomas de tierra. La figura 2 presenta un croquis de la unidad.-



FIGURA 1. MAPA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA Y LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA Y MUNICIPIO DE ESTANZUELA QUE MUESTRA EL LUGAR EN DONDE ESTA UBICADA LA UNIDAD DE RIEGO

BOMBEO EL GUAYABAL



REFERENCIA :

- CANALES DE RIEGO
- CANAL DE CONDUCCION
- LINEA FERREA
- RIO

FIGURA: 2 CROQUIS DEL SISTEMA DE RIEGO DE LA UNIDAD LA FRAGUA, ZACAPA

PRESA DERIVADORA

4. - OBJETIVOS

- 1.- Establecer la eficiencia de conducción y la eficiencia de aplicación del agua en la parcela por medio de riego por gravedad.-
- 2.- Establecer el grado de tecnología por parte de los usuarios.-
- 3.- Formular soluciones adecuadas por medio de las cuales se pueda aumentar la eficiencia global de la unidad.

5. HIPOTESIS

- 1.- La unidad de riego La Fragua está operando en condiciones deficientes de manejo en función de la conducción y aplicación del agua a nivel de la parcela.
- 2.- El agricultor de la unidad de riego La Fragua desconoce de técnicas adecuadas y de criterios científicos respecto al uso y manejo del agua de riego.
- 3.- El agricultor de la unidad de riego La Fragua presenta un bajo nivel tecnológico en cuanto al uso y manejo del agua de riego.

6. METODOLOGIA

6.1 METODO DE TRABAJO

Para determinar la eficiencia de riego en La Fragua se empleó la definición que consiste en el producto de la eficiencia de conducción por la de aplicación; esto suele denominarse eficiencia del sistema:

$$Es = Ec \times Eap \dots \dots \dots ec 1.$$

Donde:

Es = eficiencia del sistema (%)
 Ec = eficiencia de conducción (%)
 Eap = eficiencia de aplicación (%)

Este cálculo se realiza midiendo la eficiencia desde el punto donde se deriva el agua hasta aquel donde los usuarios la aplican a los cultivos, dividiéndose el trabajo en varias etapas.-

6.2 CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION

El cálculo de esta eficiencia permite conocer el porcentaje de volumen de agua entregado en la tomagranja respecto a el derivado en la fuente. Se consideraron tramos en una longitud conocida con aforos al inicio y al final de los mismos. Ver figura 3. Para esta medición se seleccionaron puntos de control (compuertas en las obras de toma del canal principal, tramos y compuertas de los canales secundarios y terciarios) donde el tirante fuera constante y el flujo sin turbulencia, debido a que las profundidades del agua de los canales varia de 0.5 a 2.00 m, se utilizaron los métodos de aforo de 0.2h - 0.8h y 0.6h de

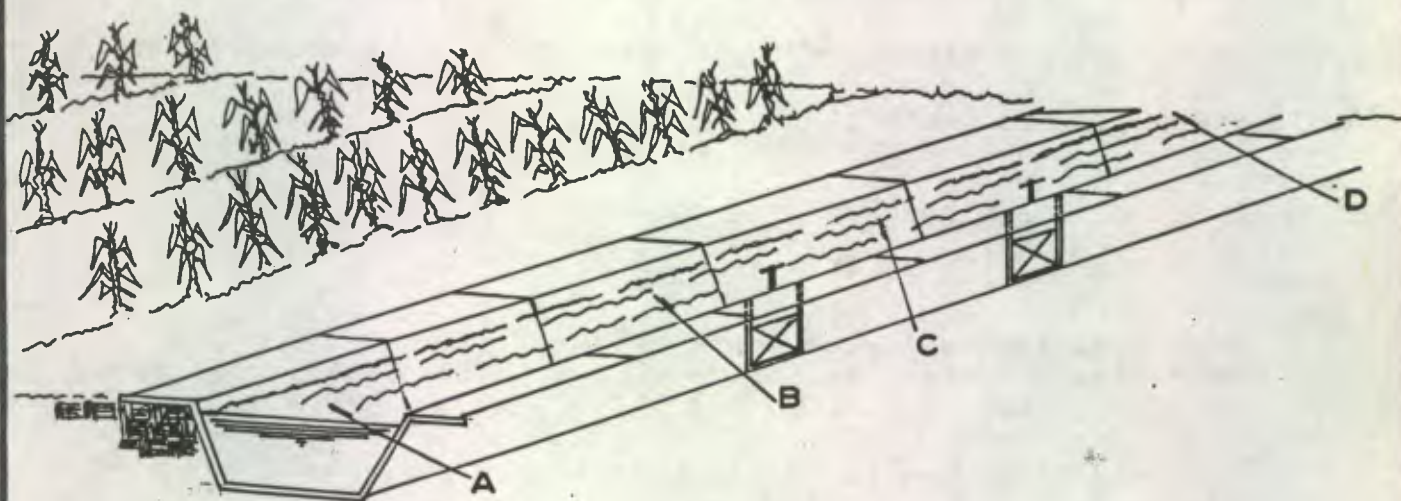


FIGURA No 3.

ESQUEMA QUE MUESTRA LOS PUNTOS DE AFORO EN LOS CANALES

- A - INICIO DEL CANAL**
- B - COMPUERTAS EN LOS CANALES**
- C - TRAMOS DE LOS CANALES**
- D - FINAL DE LOS CANALES**

profundidad, Ver figuras 4 y 5. El trabajo se efectuó mediante un molinete hidráulico que proporciona la velocidad del agua mediante la aplicación de su respectiva fórmula.-

6.3 ANALISIS DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION

Para conocer la velocidad del agua en los canales se empleó el aforador tipo molinete de copas marca FUESS. La ecuación del molinete es la siguiente:

$$V = 0.697 \times N + 0.013 \dots\dots\dots \text{ec 2.}$$

Donde:

- V = Velocidad del agua sobre el canal (m/seg)
- N = Número de revoluciones/seg. que indican las copas del molinete.

Para el cálculo de la sección hidráulica del canal, se tomó en cuenta que los canales de la unidad de riego La Fragua tienen un talud (m) con una relación de 1:1.

El área de la sección trapezoidal se obtuvo de la fórmula siguiente:

$$A = by + my^2 \dots\dots\dots \text{ec 3.}$$

Donde:

- A = Área de la sección transversal cubierta por agua en el canal (m²).
- b = Base del canal (m).
- y = Tirante de la sección cubierta por agua en el canal (m).
- m = Talud de las paredes de los canales 1:1.

Con los datos de velocidad del agua dentro del canal y la sección del canal cubierta por el agua, se obtuvo el caudal, basado en la ecuación de gasto:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots \text{ec 4}$$

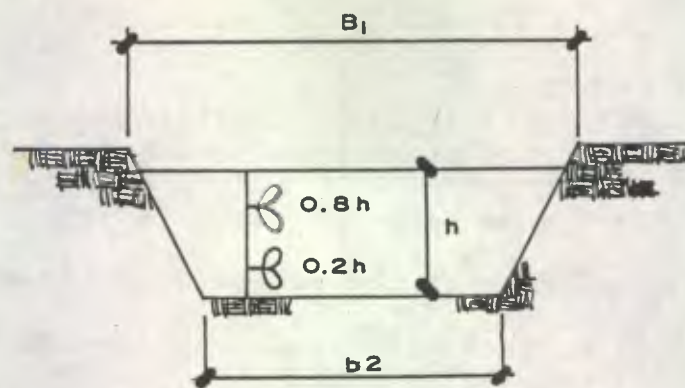


FIGURA No. 4

PROFUNDIDADES PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD MEDIA DEL AGUA CON MOLINETE A 0.2h y 0.8h

B_1 = ANCHO DEL ESPEJO DEL AGUA

b_2 = BASE DEL CANAL

h = ALTURA DEL TIRANTE DE AGUA

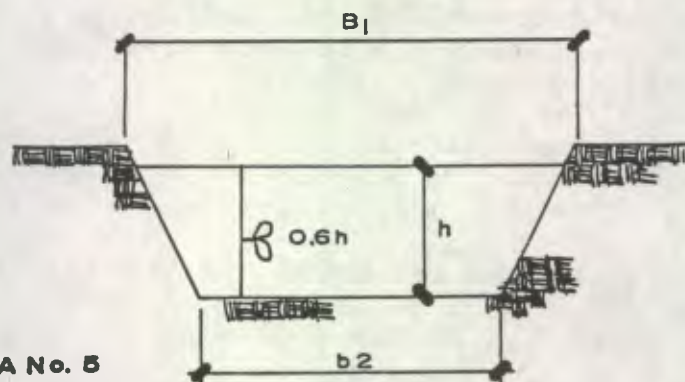


FIGURA No. 5

PROFUNDIDAD A 0.6h CON EL MOLINETE HIDRAULICO

B_1 = ANCHO DEL ESPEJO DEL AGUA

b_2 = BASE DEL CANAL

h = ALTURA DEL TIRANTE DE AGUA

Donde:

- Q = caudal que circula sobre el canal (m³/seg).
 A = Area de la sección transversal cubierta con agua sobre el canal (m²).
 V = Velocidad del agua sobre el canal (m/seg).

Para medir la eficiencia con que se distribuye el agua a través de los canales del sistema, se empleó la fórmula siguiente: (se tomó el cuidado que no debían de existir extracciones de agua para evitar errores en la medición en el tramo considerado).

$$Ec = \frac{Q-2}{Q-1} \times 100 \dots\dots\dots ec 5$$

Donde:

- Ec = Eficiencia de conducción del agua (%).
 Q-1 = Caudal que ingresa al canal (m³/seg).
 Q-2 = Caudales registrados a lo largo del canal o al final del mismo (m³/seg).

Para obtener el promedio de la eficiencia de conducción de los canales de la unidad se obtuvo a través de una media ponderada, debido a que las pérdidas de agua que ocurren en cada uno se ven influenciadas por la longitud de cada canal, utilizándose para el caso la fórmula que a continuación se describe:

$$Xp = \frac{\sum_{i=1}^n Xi Wi}{\sum_{i=1}^n Wi} \dots\dots\dots ec 6.$$

Donde:

X_p = Promedio ponderado

X_i = Valor de la variable expresada en % (% de conducción)

W_i = Peso asignado a cada variable (Longitud de cada canal)

6.4 CALCULO DE LA EFICIENCIA DE APLICACION

Para la determinación de la aplicación se seleccionaron cinco parcelas de agricultores voluntarios que fueran representativas de la unidad. Se tomaron en cuenta: el área, tipo de suelo, tipo de cultivo y método de riego. Se estudiaron 5 parcelas ya que hubo limitaciones de tiempo, equipo, personal y recursos económicos, además no todos los agricultores estuvieron anuentes a colaborar. Se programó el estudio de las parcelas en base a la frecuencia de riego utilizada por la unidad (cada 8 días); por lo que las mediciones y toma de datos se realizaron 5 veces a la semana (un día para cada parcela), de esta manera no hubo problema de traslape con turnos de riego con otra parcela.-

El dato de eficiencia de aplicación proporciona el porcentaje de agua que se logra almacenar en la zona radicular del cultivo respecto al total aplicado en la parcela durante el riego. Esta eficiencia se determinó en las parcelas de los agricultores voluntarios en las cuales se hicieron las siguientes determinaciones:

6.4.1 AFORO DE CAUDALES DE ENTRADA Y SALIDA EN LAS PARCELAS

Los caudales de entrada (láminas brutas aplicadas) se midieron por medio de un aforador ballofet, previamente calibrado, este se colocó en la entrada de la parcela en el canal regadera. La medición de los caudales que se pierden por

escorrentía también se efectuaron mediante la utilización de un aforador ballofet, haciendo converger las aguas en un solo desagüe, ver figura 6.

La ecuación que define a el aforador Ballofet, se expresa de la siguiente manera:

$$Q = 1.230 BH^3/4 \dots\dots\dots ec 7.$$

Donde:

Q = caudal (m³/seg.)

B = ancho del aforador (m).

H = altura del agua en la escala de la pared del aforador (m).

El Ballofet es una estructura fuerte que se adapta muy bien a las condiciones de campo, fácil de construir y utilizar su forma y dimensión se muestra en la figura 7.

6.4.2 CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración se calculó por el método de Penman. Penman la define como la cantidad de agua transpirada en una unidad de tiempo por un cultivo verde y de corta altura, el cual cubre completamente la superficie del suelo, de altura uniforme y sin limitaciones de agua. Este mismo científico comprobó que la evapotranspiración potencial depende del poder evaporante del aire, el cual a su vez es determinado por la radiación solar, la temperatura, el viento y la humedad del aire. La fórmula obtenida por Penman es:

$$ETP = \frac{R_n + 4 E_a}{\Delta + 4} \dots\dots\dots ec 8.$$

Donde:

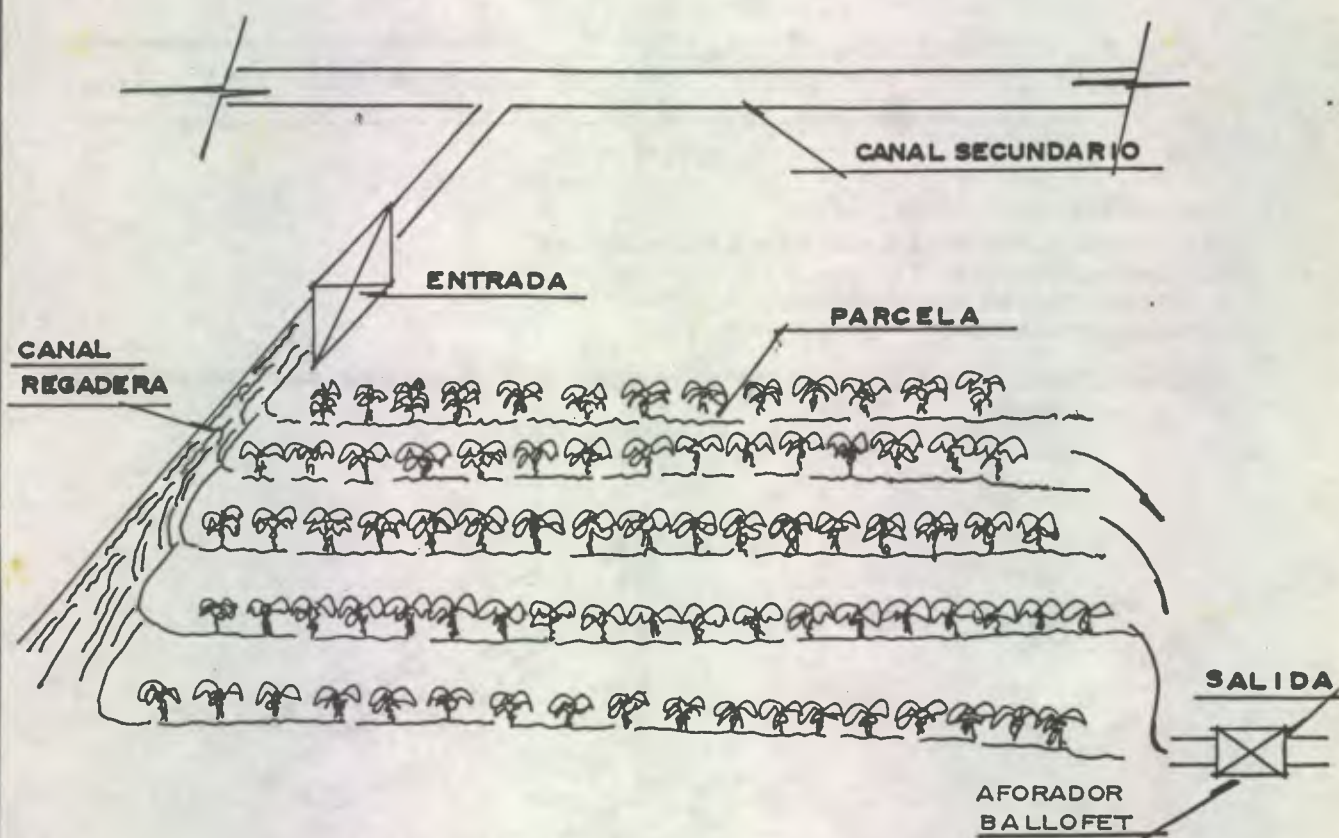
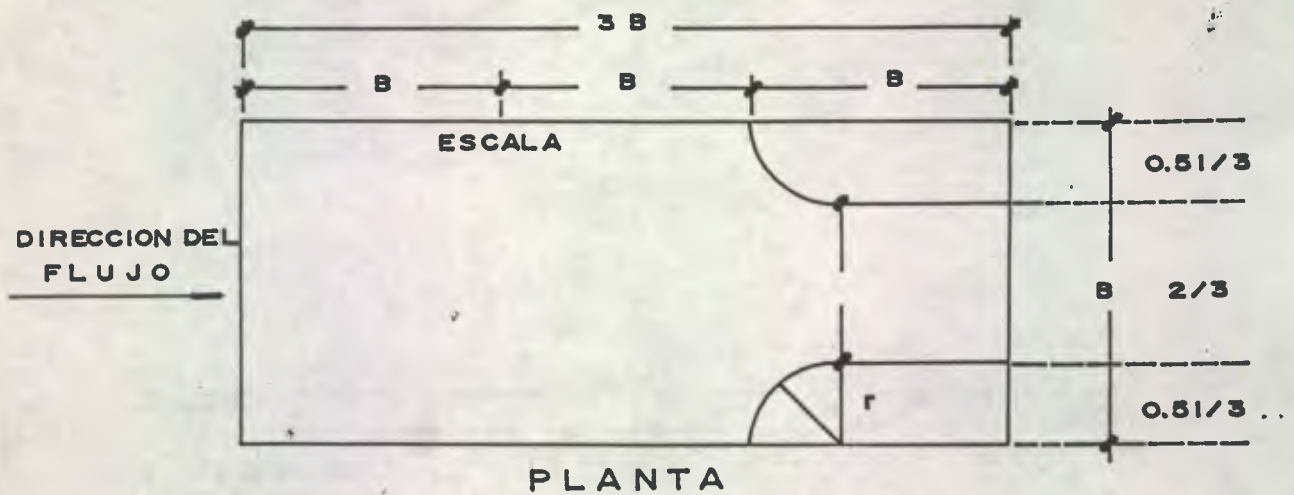


FIGURA . 6

ESQUEMA QUE MUESTRA LA LOCALIZACION DE LOS
AFORADORES A LA ENTRADA Y SALIDA DE LA PARCELA



$3B =$ LONGITUD EN Cm, 90 Cm
 $B =$ ANCHO SECCION DE ACCESO EN Cm, 30 Cm
 $b =$ GARGANTA (rB) 20 Cm
 $r =$ RELACION DE CONTRACCION $\frac{b}{B}$, 0.666
 $2B =$ ALTURA MAXIMA 40 Cm

$\frac{1-r}{2} B =$ ANCHO DE ABULTAMIENTO Y RADIO DE CURVATURA, 5cm QUE EQUIVALE A 0.1667

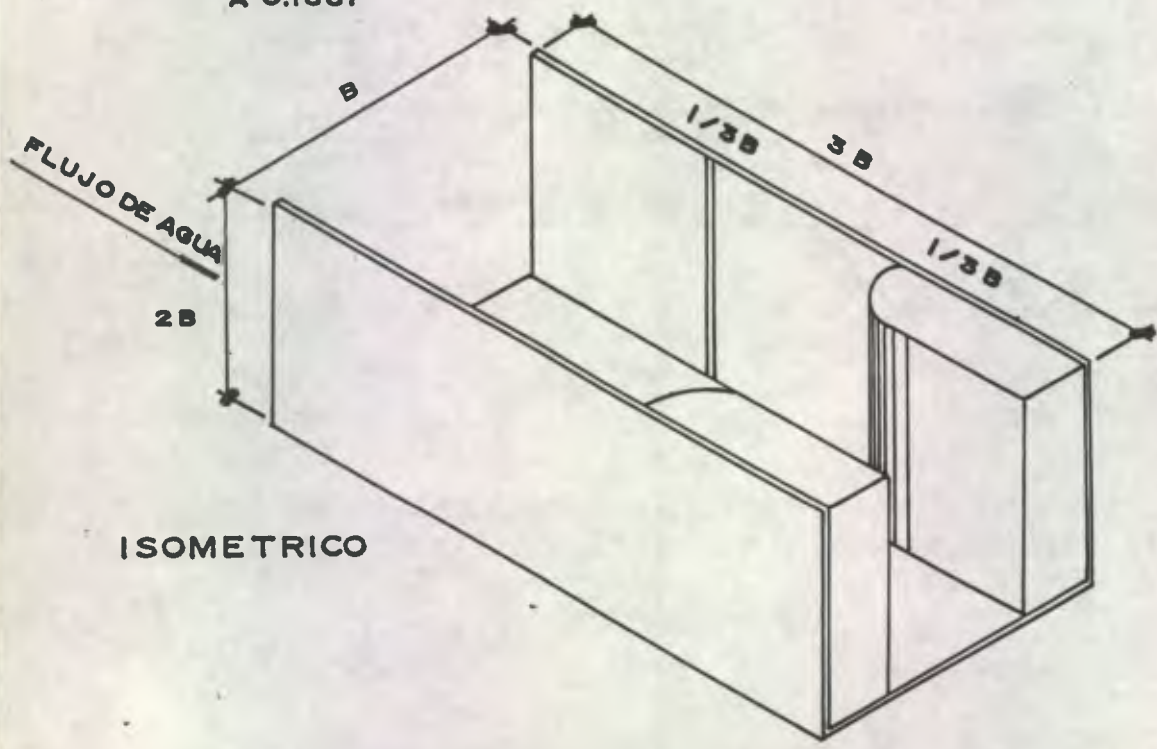


FIGURA 7. FORMA Y DIMENSION DEL AFORADOR BALLO FET

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/día).
 RN = Radiación neta.
 Δ = Pendiente de la curva de la presión de vapor saturante.
 calculada a la temperatura media del aire (T).
 γ = Constante psicrométrica (0.66 mb/ G).
 Ea = Poder evaporativo de la atmósfera (mm/día).

La evapotranspiración máxima será el producto de la evapotranspiración potencial y un coeficiente de cultivo:

$$ET_m = ETP \times K_c \dots\dots\dots \text{ec 9.}$$

Donde:

ETP_m = Evapotranspiración máxima (mm).
 ETP = Evapotranspiración potencial (mm).
 K_c = Coeficiente del periodo de crecimiento del cultivo.

Con estos datos se obtuvo el requerimiento del cultivo por ciclo y requerimiento promedio por día; y multiplicando la frecuencia de riego del cultivo por el requerimiento de riego promedio por día se calculó la lámina neta de reposición. Los cuadros Nos. 1 "A" al 5 "A", muestran el cálculo de evapotranspiración para los cultivos estudiados en la unidad de riego, mientras que en el cuadro 6 "A", de acuerdo a Doorenbos (5); se presentan los coeficientes de cultivo (K_c) para diferentes especies.

6.5 ANALISIS DE LA EFICIENCIA DE APLICACION

Para determinar la eficiencia de aplicación se aplicó la siguiente ecuación:

$$Ea = \frac{L_n}{L_b} \times 100 \dots\dots\dots \text{ec 10.}$$

Donde:

Ea = Eficiencia de aplicación (%).
 L_n = Lámina neta requerida por el cultivo (cm).
 L_b = Lámina bruta aplicada a la parcela (cm).

La anterior expresión indica que la lámina neta requerida es

el producto del requerimiento de evapotranspiración por día por la frecuencia de riego de cada cultivo, esta lámina neta al dividirse entre la lámina bruta aplicada a la parcela (caudal de entrada) nos da la eficiencia de aplicación.

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

6.6 EVALUACION DE LA APLICACION DE AGUA EN LAS PARCELAS

De la cantidad total de agua aplicada a las parcelas (Lb), solamente una parte es aprovechada por las plantas y eso aún cuando no a todas les llega la misma cantidad de agua si el riego no fue lo suficientemente eficiente como para mojar bien hasta el final del surco, otra parte se pierde por acción de la gravedad percolándose hacia la capa freática y una tercera parte se pierde al final de los surcos escurriéndose del terreno. Con los estudios siguientes se cuantificó el comportamiento del agua aplicada a las parcelas.

6.6.1 MEDICION DEL AVANCE Y RECESION DEL AGUA APLICADA

La relación del avance indica la buena o deficiente uniformidad de infiltración de agua en el suelo; dicha relación viene dada por el tiempo de avance, T_{av} . necesario para que el agua alcance el final del surco y el tiempo de duración del riego, T_r . necesario para que la lámina de agua deseada se infiltre en cualquier punto. Si esta relación es aproximadamente de 1:3 se puede obtener una excelente uniformidad.

La fórmula es la siguiente:

$$Ra = \frac{Tav}{Tr} \dots\dots\dots ec 11.$$

Donde:

- Ra = Relación de avance.
 Tav = Tiempo de riego de avance.
 Tr = Tiempo de riego (min).

Recesión será el tiempo que tarda el agua en desaparecer a lo largo del surco luego que se ha cortado el suministro en la entrada del mismo.

Con estos datos se obtuvieron las curvas de avance y recesión que indican la forma en que se comportó el agua durante su recorrido en el surco y el tiempo de oportunidad de infiltración, así como la relación de avance que indica el valor de uniformidad de distribución.

6.6.2 MUESTREO DE SUELOS

Se realizó con un barreno tipo helicoidal o de tornillo de 1.20 metros de longitud, con el fin de determinar las características físicas y constantes de humedad del suelo; se realizó por estratos de 0.20 m, lo cual permitió conocer la lámina capaz de almacenar el suelo que puede ser disponible para las plantas (humedad aprovechable) y a la vez la lámina de reposición con un umbral de riego del 50%. La lámina capaz de almacenamiento del suelo se determinó mediante la ecuación:

$$La = \frac{(CC - PMP)}{100} Da Pr \dots\dots\dots ec 12$$

Donde:

- La = Lámina capaz de almacenar el suelo (cm).
 CC = Capacidad de campo (%).
 PMP = Punto de marchitez permanente (%).
 Da = Densidad aparente (gr/cm³).
 Pr = Profundidad radicular (cm).

En el primer riego cuando el suelo se encuentra seco se aplica la lámina total que el suelo puede almacenar, pero una vez establecida la plantación a partir del segundo riego para evitar que la planta tenga que realizar esfuerzos grandes para obtener suministro de agua, se aplicará una lámina de reposición cuando se halla consumido un 50% de la humedad almacenada en el suelo disponible para las plantas siendo este porcentaje conocido como umbral de riego, quedando la ecuación 12 de la forma siguiente:

$$Lnr = UR \frac{(CC - PMP)}{100} Da Pr \dots\dots\dots ec 13$$

Donde:

- Lnr = Lámina neta de reposición (cm).
 Ur = Umbral de riego (%).

La determinación de las constantes de humedad y constantes físicas del suelo se realizaron en el laboratorio de suelos de la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento (DIRYA), en la ciudad capital.

6.6.3 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION

Permite hacer las siguientes evaluaciones:

- A. Conocer la velocidad de infiltración de una lámina de agua relacionada con el tiempo, siendo la velocidad de infiltración decreciente respecto al tiempo.
- B. Infiltración acumulada.

C. Tiempo de infiltración de determinada lámina y viceversa.

La velocidad de infiltración en cada parcela se determinó mediante el método de entradas y salidas, se tomaron para las pruebas tres surcos, a los que se les aplicó caudales constantes, en el surco central a la entrada se colocó un aforador tipo Parshall (WSC) y luego según la longitud del surco se colocó un segundo aforador WSC al final del mismo. Se tomaron datos en el primer aforador para saber el caudal de entrada y en el segundo para saber el caudal de salida, así como el tiempo de recorrido. Se suspendió la prueba cuando el caudal de entrada y el de salida poseían muy poca diferencia entre sí, ya que el comportamiento de la infiltración es decreciente respecto al tiempo y la lámina infiltrada tiende a ser constante.

Los parámetros de la ecuación de infiltración se calcularon por el modelo de Kostyakov y Lewis, que se define así:

$$I = K t^n \dots\dots\dots \text{ec 14}$$

Donde:

- I = Velocidad de infiltración expresada en cm/hora.
- K = Parámetro que representa la cantidad de infiltración durante el intervalo inicial.
- n = Parámetro que indica el comportamiento de la infiltración con respecto al tiempo.
- t = Tiempo (minutos).

Para el cálculo de los parámetros K y n, se cambia la ecuación anterior mediante procedimientos matemáticos de forma exponencial a lineal, por medio de una función logarítmica, quedando la ecuación de la manera siguiente:

$$\text{Log } I = \text{Log } K + n \text{ Log } T \dots\dots\dots \text{ec 15}$$

Mediante el empleo de ecuaciones simultáneas, se calcularon los parámetros mencionados.

6.6.4 DETERMINACION DE LAS PERDIDAS POR PERCOLACION PROFUNDA

El agua perdida por percolación profunda es aquella que por acción de la gravedad se infiltra por debajo del agua retenida, por la zona radicular del cultivo, y pasa a formar parte de los acuíferos subterráneos; éstas ocurren cuando se aplica una cantidad mayor que la lámina neta requerida por el cultivo según el período de crecimiento radicular. Se determina de la siguiente manera:

$$P_p = L_b - (L_n + L_e) \dots\dots\dots \text{ec 16}$$

Donde:

- P_p = Lámina perdida por percolación profunda (cm).
- L_b = Lámina bruta aplicada a la parcela (cm).
- L_n = Lámina de reposición, según el requerimiento de riego del cultivo.
- L_e = Lámina escurrida del terreno (cm).

6.7 DETERMINACION DE LA EFICIENCIA TOTAL DEL FUNCIONAMIENTO

Una vez establecidas las eficiencias totales de aplicación y de conducción, se pudo establecer la eficiencia global de funcionamiento de la unidad mediante la ecuación 1 de este trabajo.

6.8 ENCUESTA A LOS USUARIOS DE LA UNIDAD

Una encuesta técnica dirigida a los usuarios, por ser un enfoque más fino de los problemas; nos permitió descomponer

estos factores y entender la estrategia del agricultor. Conociendo así el origen de los problemas, se les puede buscar una solución adecuada y los medios para su ejecución práctica.

Esta encuesta tuvo como propósito: definir cómo riegan los usuarios, con qué técnicas y en base a que criterios, así como también determinar los factores o condiciones que influyen en el comportamiento del usuario respecto al uso y manejo del agua de riego. La boleta de encuesta se presenta en el apéndice.

6.8.1 MUESTREO DE LA POBLACION

Fué necesario realizar un muestreo de la población ya que el número de usuarios es de aproximadamente 344, por lo que se seleccionó una muestra a la cual se le efectuó la encuesta. Para la determinación del tamaño de la muestra se empleó la ecuación:

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1} \dots\dots\dots \text{ec 17}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra.
- N = Tamaño total de la población.
- d = Grado de precisión deseado (0.10).

6.8.2 ANALISIS

La ecuación anterior nos permitió establecer el tamaño de la muestra en 80 usuarios. Se estableció un grado de precisión del diez por ciento, ya que el grado de precisión varía en un rango de 0.05 a 0.15, los cuales son estadísticamente aceptables; y para valores mayores que 0.15 proporciona una muestra de poca

significancia.

Se utilizó el muestreo simple aleatorio ya que la población se considera homogénea porque utilizan el mismo método de riego, sus extensiones de tierra no varían mucho en cuanto al área y la condición económica más o menos aceptable es característica entre ellos. Se determinó el porcentaje de respuestas positivas y negativas para poder detectar los factores principales que determinan el nivel técnico del usuario, respecto al uso y manejo del agua de riego.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante el presente trabajo de investigación se llegó a determinar la eficiencia global del sistema de riego de la unidad La Fragua, la cual es de 29%.

La eficiencia total se divide así:

Eficiencia de conducción 74%

Eficiencia de aplicación 39%

7.1 CALCULO DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCION

De los valores obtenidos de la eficiencia de cada ramal estudiado se obtuvo de ellos un promedio global; estos resultados se compararon con el rango de 80 a 90 % de eficiencia de conducción fijado para canales revestidos con cemento establecido por Grassi (8). La eficiencia de conducción de la unidad de riego La Fragua tiene un valor de 69 % para canales secundarios; este se considera bajo por no encontrarse dentro de un rango razonable para canales revestidos (80-90%). Los valores de la eficiencia de conducción por tipo de canal aparecen en el cuadro 7.

CUADRO 7. EFICIENCIA PROMEDIO DE CONDUCCION POR TIPO DE CANAL EN PORCENTAJE.

| TIPO DE CANAL | PROMEDIO PONDERADO | EFICIENCIA MINIMA | EFICIENCIA MAXIMA |
|---------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Principal | 78 | 78 | 97 |
| Secundarios | 69 | 62 | 77 |
| Terciarios | 86 | 73 | 94 |

En el canal principal se obtuvieron cuatro eficiencias en cuatro diferentes secciones dentro de la unidad de riego, obteniéndose un valor promedio de 78%. Como se aprecia en el cuadro 7, en los canales terciarios se observa una eficiencia promedio baja pero aceptable; lo anterior se explica porque los terciarios tienen longitudes cortas, transportan caudales pequeños y también su perímetro mojado es pequeño siendo su grado de deterioro bajo, por tal motivo las pérdidas que ocurren por evaporación y filtración son menores. En los canales secundarios se presentó la menor eficiencia promedio; pues estos son los más largos y deteriorados, principalmente los ramales D-1, D-5, D-3 Y D-8. En el cuadro 8 se muestran los valores de eficiencias de conducción y longitud de los canales de la unidad. Los canales secundarios son los que mayor daño físico han sufrido, acumulando a la vez una cantidad considerable de azolve, por lo que la mayoría de estos funcionan deficientemente. También el mal diseño de la infraestructura al no construir estructuras de embalse, tomagranjas mal ubicadas y falta de dispositivos de regulación de caudales, son causantes de una incorrecta conducción y distribución del agua de riego influyendo a la vez, en la disminución de áreas regables. Algunos de los factores que influyen en la eficiencia de los canales son: Carencia de compuertas en algunas tomagranjas, grietas y perforaciones en las paredes de los canales, algunos tramos de los canales se ven cubiertos por abundante maleza pegada a grandes capas de lodo dentro y fuera del canal, revestimiento de concreto de algunos canales en mal estado y demasiado azolve en la base de los

CUADRO 8 EFICIENCIA DE CONDUCCION Y LONGITUD DE LOS CANALES DE LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA

| CANAL | EFICIENCIA DE CONDUCCION (%) | LONG. DE CADA CANAL (m) |
|---|------------------------------|-------------------------|
| PRINCIPAL | 78 | 3,000.00 |
| SECUNDARIOS | | |
| S-R-3 | 64 | 1,048.00 |
| U-1 | 62 | 1,369.50 |
| U-2 | 72 | 796.00 |
| Q-2 | 70 | 961.00 |
| F-1 | 77 | 1,702.00 |
| D-1 | 65 | 3,378.00 |
| D-2 | 74 | 4,245.77 |
| D-3 | 73 | 5,922.50 |
| D-5 | 66 | 660.00 |
| D-8 | 65 | 4,406.70 |
| D-10 | 62 | 900.30 |
| D-12 | 70 | 850.30 |
| D-18-A | 71 | 1,049.00 |
| TERCIARIOS | | |
| F-1-1 | 82 | 477.00 |
| Q-2-1 | 73 | 205.00 |
| U-1-1 | 79 | 466.00 |
| U-2-1 | 83 | 469.00 |
| D-1-2 | 84 | 126.00 |
| D-2-2 | 81 | 1,211.40 |
| D-3-1 | 88 | 1,733.50 |
| D-5-1 | 94 | 290.00 |
| D-8-5 | 93 | 1,993.00 |
| D-12-1 | 89 | 141.50 |
| Media ponderada de la eficiencia de conducción global = 74% | | |

canales.-

7.2 CALCULO DE LA EFICIENCIA DE APLICACION

El valor de eficiencia promedio de aplicación se calculó con los datos de lámina de reposición según el requerimiento de riego y lámina bruta.-

Para el cultivo del melón se observó una eficiencia de aplicación de 46%, en el cultivo de tomate se obtuvo una eficiencia de aplicación de 38% y para el cultivo de maíz la eficiencia de aplicación fue de 31%; siendo la eficiencia de aplicación promedio de 39%. Se pudo observar que las bajas eficiencias se deben a sobreaplicación de agua, se está aplicando una lámina mayor que la requerida. Los valores de eficiencia de aplicación se pueden ver en el cuadro 9.-

7.3 EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE APLICACION

Avance-Recesión: Mediante la medición del frente de avance y recesión se obtuvieron sus respectivas curvas, las cuales se muestran en la figura 8. Se muestra el tiempo de oportunidad de infiltración de la humedad durante su permanencia en la superficie del surco. Midiendo el tiempo de avance y aplicando la ecuación 10 se obtuvo la relación de avance; siendo esta de 1:5.12. Esto indica un valor alto y por lo tanto se está perdiendo agua que podría ser por escorrentia o percolación profunda. Un valor aceptable sería obtener una relación de 1:3 ó 1:4, con esto se lograría una buena distribución de la humedad a lo largo del surco. El tiempo de avance fue de 69.28 minutos y

CUADRO 9 EFICIENCIA DE APLICACION DE AGUA POR PARCELA Y POR CULTIVO

| PARCELA | CULTIVO | LAMINA REPOSICION (ln) SEGUN REQUERI- MIENTO RIEGO (etpm) (cm) | LAMINA BRUTA APLICADA (lb)(cm) | EFICIENCIA APLICACION (%) |
|-----------------------|---------|---|---|---------------------------------|
| 1 | Melón | 3.04 | 6.78 | 44 |
| 2 | Tomate | 3.16 | 8.75 | 38 |
| 3 | Maíz | 3.60 | 11.45 | 31 |
| 4 | Melón | 3.00 | 6.23 | 48 |
| 5 | Tomate | 3.75 | 9.63 | 38 |
| Promedio =====>>>>>>> | | | | 39% |

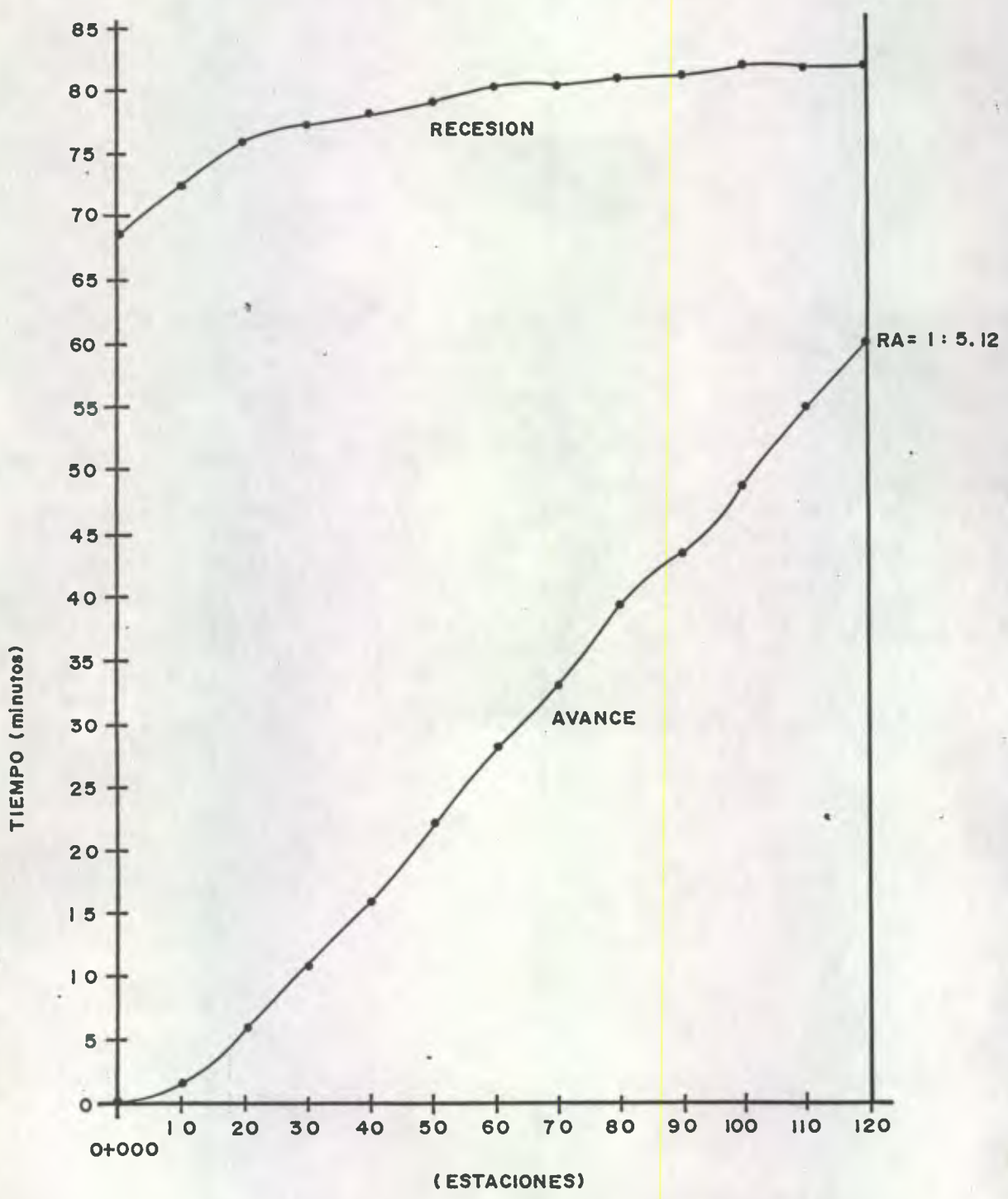


FIGURA 8 CURVAS DE AVANCE-RECESION

el tiempo de riego fue de 355 minutos.-

Muestreo de Suelos: Para conocer las constantes de humedad del suelo y sus características se realizó en muestreo por estratos, a profundidades de 0 hasta 1.20 metros; estos datos fueron de utilidad para el cálculo de láminas aprovechables en el suelo. El cuadro 10 "A" muestra las constantes de humedad y el cuadro 11 muestra las láminas calculadas. El mismo cuadro presenta el intervalo de riego real que debe utilizarse y hace una comparación con la frecuencia de riego usada en la unidad, observándose que en todos los casos se está aplicando el agua antes de que el cultivo lo requiera. Esto provoca pérdida de agua y demasiada humedad en el suelo que puede contribuir a un ambiente favorable para microorganismos patógenos de los cultivos y causar daños fisiológicos por exceso de humedad.-

Velocidad de Infiltración: Se realizó mediante el cálculo de los parámetros de velocidad de infiltración de las láminas netas de reposición a un 50% de capacidad de almacenamiento del suelo; este tiempo se comparó con el tiempo que utilizó el usuario que fue de 4 a 5 horas promedio por manzana, observándose que en todos los casos se está aplicando el agua por mayor tiempo que el requerido para que se infiltre la lámina de reposición. Se obtuvo un coeficiente de correlación del 81% entre los datos de velocidad de infiltración medidos en el campo y los calculados con la ecuación Kostyakov-Lewis, siendo los valores promedios de $K = 26.84$, $n = -0.433$, lámina = 6.124, $t = 37.15$, quedando la función promedio así: $I = 26.84 t - 0.433$. Ver cuadro 12 "A".-

CUADRO 11 DATOS DE LA LAMINA APROVECHABLE, LAMINA NETA DE REPOSICION, LAMINA DE REQUERIMIENTO DE RIEGO, INTERVALO PROMEDIO REAL Y FRECUENCIA UTILIZADA

| PARCELA | LAMINA APROVECHADA | LAMINA NETA REPOS. (cm) UR = 50 % | LAMINA REQUER. RIEGO PROM/D/CT/(cm) | INVERT. RIEGO REAL. (DIAS) | FREC. UTILIZ. (DIAS) |
|---------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------|
| 1 | 10.72 | 5.36 | 0.380 | 14 | 8 |
| 2 | 10.52 | 5.26 | 0.394 | 13 | 8 |
| 3 | 14.00 | 7.00 | 0.460 | 15 | 8 |
| 4 | 13.06 | 6.53 | 0.374 | 17 | 8 |
| 5 | 12.95 | 6.47 | 0.469 | 13 | 8 |

SEGUN ETM

FRECUENCIA DE RIEGO USADA

| | | | |
|--------|----------|-----------|----------|
| rr/día | 1 Melón | = 3.80 mm | = 8 días |
| rr/día | 2 Tomate | = 3.94 mm | = 8 días |
| rr/día | 3 Maíz | = 4.60 mm | = 8 días |
| rr/día | 4 Melón | = 3.74 mm | = 8 días |
| rr/día | 5 Tomate | = 4.69 mm | = 8 días |

Pérdidas por Percolación Profunda: Se determinaron las pérdidas por percolación profunda mediante la ecuación 16 y las pérdidas por escorrentía por aforo en las salidas de las parcelas. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 13. Se puede observar que en todos los casos ocurren pérdidas por percolación profunda variando sus valores entre 16.62 metros cúbicos y 53.27 metros cúbicos, debido a que se riega sin ningún control de los caudales grandes que se observan. No existe ningún control de los caudales aplicados y además se riega muy frecuentemente, así el suelo no tendrá la capacidad suficiente de retención de humedad, perdiéndose el agua en lo profundo del mismo. -

Pérdidas por escorrentía: Se observó que en las parcelas evaluadas existieron pérdidas por escorrentía, debido también a que se riega con abundante agua sin ningún control a la entrada y salida de las mismas; lo que provoca que se formen colas de surco sin poderse aprovechar el agua a través de reciclamiento o para otros terrenos vecinos; además en algunos casos el terreno no tiene la nivelación requerida ni la orientación adecuada de los mismos.

Se hicieron comparaciones entre el volumen requerido por el cultivo, volumen aplicado y volúmenes perdidos por escorrentía y percolación profunda; estos datos se presentan en los cuadros 13 y 14. Se observa que se pierde un volumen de hasta 78.54 metros cúbicos por parcela; por cada riego, lo que resulta excesivo si se toma en consideración que la unidad de riego La Fragua

CUADRO 13 DATOS SOBRE LAS PERDIDAS POR ESCORRENTIA Y PERCOLACION PROFUNDA POR PARCELA

| PARCELA | PERDIDAS POR ESCORRENTIA m3/ RIEGO | PERDIDAS POR PERCOL. PROFUNDA m3 / RIEGO | VOL. TOTAL PERDIDO m3 / RIEGO |
|---------|---------------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | 27.27 | 53.27 | 78.54 |
| 2 | 28.29 | 16.62 | 44.91 |
| 3 | 22.61 | 40.19 | 62.80 |
| 4 | 36.82 | 27.78 | 64.60 |
| 5 | 10.93 | 24.35 | 35.28 |

CUADRO 14 DATOS DE SOBRE APLICACION DE VOLUMENES DE AGUA POR PARCELA

| PARCELA | VOLUMEN BRUTO APLICADO | VOLUMEN NETO REQUERIDO SEGUN ET_{max} DE C/CULT. POR FREC. USADA (m3) | SOBRE APLICACION | |
|---------|------------------------|---|------------------|--------|
| | | | m3 | % |
| 1 | 142.38 | 63.84 | 78.96 | 123.60 |
| 2 | 73.35 | 28.44 | 44.91 | 157.90 |
| 3 | 91.60 | 28.80 | 62.80 | 218.00 |
| 4 | 24.60 | 60.00 | 64.60 | 107.00 |
| 5 | 57.78 | 22.50 | 35.28 | 156.00 |

pertenece a una de las zonas más cálidas y secas del país, donde se presentan valores de precipitación muy bajos (700 mm/año). El cuadro 14 representa los datos del cuadro 13 pero en forma porcentual para dar una mejor idea de como ocurren las pérdidas parcelarias variando este porcentaje entre 107% hasta 218%.

Eficiencia global de riego: Se determinó mediante la aplicación de la ecuación 1, obteniéndose un valor de 29%.-

7.4 ENCUESTA A USUARIOS DE LA UNIDAD

En base a la muestra estadística se realizaron las encuestas a 80 usuarios de la unidad, los resultados fueron los siguientes:

Area regada: En la unidad La Fragua el área efectivamente regada durante los últimos años fue inferior al área regable calculada a partir del padrón de usuarios propietarios inscritos, ver cuadro 15 y figura 9. Se puede apreciar en la figura 9 que 1400 mz. representan un 57% del área regable en la unidad, esto debido a la no elaboración de calendarios de riego, falta de mantenimiento preventivo en la infraestructura del sistema y al desconocimiento de una adecuada programación anual de cultivos. Estos son factores decisivos que no permiten incrementar el área bajo riego y también provoca una operación desuniforme del sistema, pues durante algunos días el área bajo riego es alta mientras que en otros, dicha área disminuye.

Principales cultivos: El tabaco, melón, tomate y la okra representan el 64% del área sembrada en un año en La Fragua, Ver figura 10. Son cultivos de exportación que se desarrollaron a

CUADRO 15 AREA REGADA EN UN AÑO POR CULTIVO POR MANZANA, UNIDAD LA FRAGUA (AREA REGABLE 2420 mz)

| AÑO | MAIZ | TABACO | OKRA | MELON | TOMATE | OTROS | PASTOS | TOTAL |
|----------|------|--------|------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 85/86 | 695 | 519 | 60 | 907 | 188 | 206 | 300 | 2.574 |
| 86/87 | 536 | 420 | 87 | 430 | 281 | 163 | 300 | 1.918 |
| 87/88 | 491 | 538 | 141 | 400 | 278 | 262 | 300 | 2.110 |
| 88/89 | 425 | 500 | 113 | 489 | 147 | 150 | 300 | 1.825 |
| 89/90 | 673 | 640 | 240 | 259 | 172 | 152 | 300 | 2.133 |
| PROMEDIO | 564 | 573 | 128 | 496 | 213 | 185 | 300 | 2.112 |

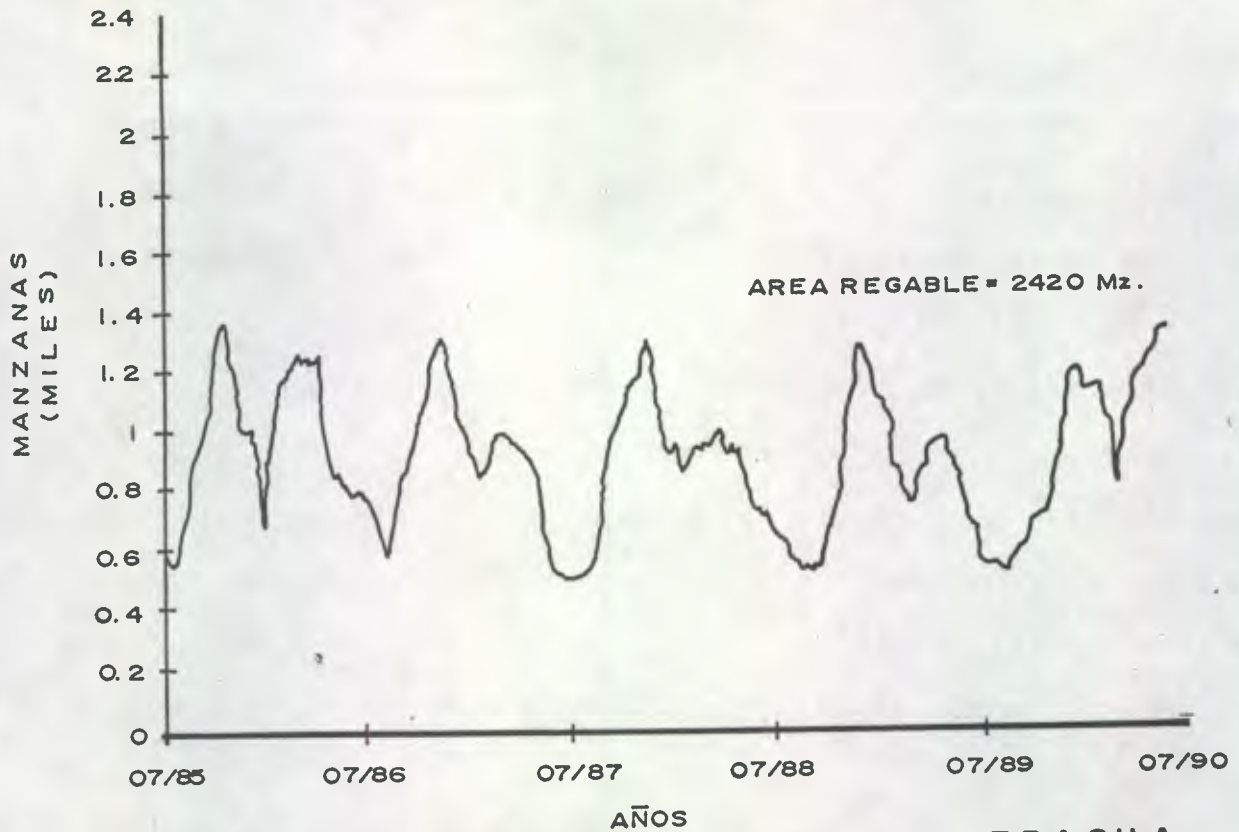


FIGURA 9. AREA REGADA POR AÑO, UNIDAD LA FRAGUA

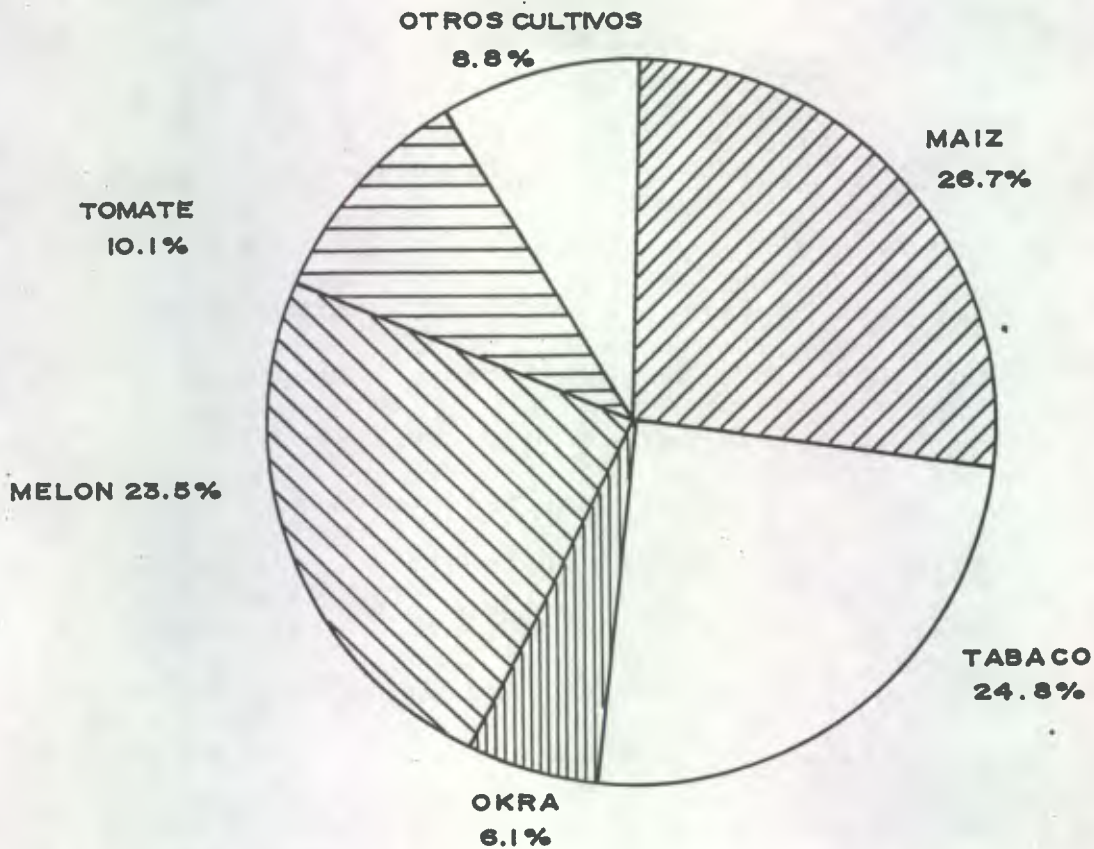


FIGURA: 10 PORCENTAJE DEL AREA SEMBRADA POR CULTIVO UNIDAD LA FRAGUA

través de compañías agroexportadoras. Esas compañías compran las cosechas de los agricultores y les proporcionan asesoría en cuanto a variedades, fertilización, ataque fitosanitario, preparación de la tierra, etc. En cuanto al riego, ese aspecto del manejo del cultivo está totalmente a cargo del agricultor. Las compañías no se han interesado en mejorar la eficiencia de aplicación del agua en las parcelas de los agricultores con los cuales trabajan, a pesar de que los problemas de agua les pueden perjudicar directamente a mas largo plazo a través de una disminución de las áreas autorizadas por el distrito de riego. También podemos notar la presencia de áreas regadas con pastos perennes y extensivos, utilizados únicamente como potreros (300 mz.); cultivo de baja productividad económica que resalta la sub-utilización del sistema de riego.

Caracterización de los usuarios: Los agricultores del valle de La Fragua riegan sus cultivos desde hace más de 10 años en término medio, pero no hay en esa zona una tradición de riego, o sea que los agricultores empezaron a utilizar el riego cuando se implementó la unidad en 1970. Desde entonces han aprendido a regar solos con su propia experiencia y sus propios medios. Nunca han sido capacitados en riego y sus relaciones con el Distrito se limitan a las visitas del canalero, solicitud del agua y reuniones con el jefe de la unidad, en las cuales sólo se tratan problemas de funcionamiento de la misma (aumento de las cuotas, limpieza, reparaciones de canales, etc.). La tecnificación de los agricultores en cuanto al riego si está prevista dentro de las actividades del distrito, pero no se lleva

a cabo en la realidad, ya que no hay recursos para realizarla.

Las organizaciones de los usuarios o comités de usuarios son poco eficientes por lo que solo los propietarios participan y no son ellos quien por lo general cultivan y riegan su tierra. No existe una organización que reúna a los usuarios arrendatarios y a los medianos que representan a la mayoría, con la cual puedan expresar sus problemas.

Uso actual del agua:

Frecuencias de riego: Las frecuencias de riego utilizadas varían entre 3 y 12 días, siendo la más representativa la de 8 días (en la realidad 7, una vez a la semana). Ver cuadro 16.

Cuando el agricultor aplica frecuencias diferentes:

1. Según el tipo de cultivo sembrado: Aparte del cultivo de maíz que se riega en 90% de los casos ocho días, el promedio de frecuencias utilizadas por los otros cultivos (melón, tomate, okra, otro) es inferior a 8 días, como se puede apreciar en el cuadro 17.

2. Según el tipo de suelo: Las frecuencias aumentan conforme el suelo es más arcilloso. En los suelos arcillosos (tipo Chicaj) se encuentran agricultores que riegan sus cultivos con frecuencias superiores a 8 días, sin embargo el promedio de las utilizadas en estos suelos no pasa de 8 días como se aprecia en el cuadro 17.

Alrededor del 20% de los usuarios encuestados estarían

CUADRO 16 FRECUENCIA DE RIEGO UTILIZADA
(% USUARIOS)

| FRECUENCIA | PORCENTAJE |
|------------|------------|
| = 8 DIAS | 46.3 |
| < 8 DIAS | 44.4 |
| > 8 DIAS | 9.3 |

CUADRO 17 FRECUENCIA DE RIEGO PROMEDIO UTILIZADA
SEGUN EL CULTIVO Y EL TIPO DE SUELO (DIAS)

| CULTIVO | PROMEDIO |
|------------------|----------|
| Maíz | 7.8 |
| Hortalizas | 5.2 |
| Melón y sandía | 4.8 |
| Okra | 5.9 |
| Tabaco | 8 |
| TIPO DE SUELO | PROMEDIO |
| Arenoso | 4.3 |
| Franco Arenoso | 5.7 |
| Franco Arcilloso | 7.0 |
| Arcilloso Pesado | 7.3 |

dispuestos a alargar su frecuencia de riego siempre y cuando tengan suficiente agua para cada riego. Todos se encuentran en suelos franco arcillosos y arcillosos. No existe en la unidad una frecuencia de riego propuesta, aconsejada o impuesta por el Distrito, por el cultivo o por el tipo de suelo.

La frecuencia está más bien determinada por el agricultor mismo en base a la disponibilidad de agua que tenga.

Método de riego: El 100% de los encuestados riegan por surcos y la técnica para aplicar agua más empleada es, según los propios términos de los agricultores; atender con el agua disponible el número máximo de surcos en los cuales se deja un hilo de agua que va humedeciendo el suelo poco a poco.

Los criterios utilizados para quitar el agua del surco son propios de cada agricultor y variables. Ver cuadro 18. Podemos notar que no utilizan criterios científicos para regar, o sea que el usuario no mide ni conoce la cantidad de agua que entra en su parcela para relacionarla con las necesidades del cultivo.

Manejo del agua en las parcelas: El riego aparece como una técnica muy empírica que no está optimizada por el agricultor. En esta unidad donde hay pocas limitaciones de agua, la práctica del riego es poco controlada y arbitraria, favoreciendo pérdidas de todo tipo. Las colas de surco son muy numerosas e inevitables según los agricultores, entre el 40% y el 60% de los agricultores dejan colas de surco que se pierden cuando riegan. Ver cuadro 19:

Tiempo de riego: Existen tiempos de riego por manzana muy variables; según los agricultores se necesita entre 1 y 16 horas

CUADRO 18 CRITERIOS UTILIZADOS POR EL AGRICULTOR
PARA QUITAR EL AGUA DURANTE UN RIEGO
(% USUARIOS)

| Criterios | % |
|---|----|
| Cuando el suelo está mojado | 20 |
| Deja salir el agua al pie del surco | 54 |
| Antes que salga el' agua al pie del surco | 11 |
| después de un tiempo dado | 6 |
| Otro | 9 |

CUADRO 19 COLAS DE SURCO AL MOMENTO DEL RIEGO
(% USUARIOS)

| | |
|----------------------------|----|
| No deja colas | 15 |
| Deja colas que se reciclan | 22 |
| Dejan colas que se pierden | 63 |

para regar una manzana.

El tiempo aumenta conforme el tamaño de la parcela disminuye, como se puede apreciar en el cuadro 20. El tiempo varía porque el caudal a la disposición de cada agricultor es variable, también los criterios empleados por parte de los agricultores para quitar el agua son erróneos lo que provoca un descuido grande por parte de los mismos.

Distribución del agua: El Distrito se compromete a entregar una vez a la semana la cantidad de agua necesaria a cada agricultor para el área que tiene autorizada. Los agricultores que declaran regar con turno fijo cada 8 días, se ubican en los ramales grandes donde la distribución del agua es sectorizada en época de verano. En estos ramales, como en toda la unidad el riego de noche o domingo es muy común por lo que no hay que encender bombas si no, se deja la compuerta abierta. Esto permite el uso de frecuencias variables y cortas. Ver cuadro 21. La mayoría de los agricultores no tienen turno fijo para regar, si no que piden el agua al canalero cuando la necesitan; es el sistema de demanda libre.

Interés de los usuarios en regar más área: 40% de los usuarios encuestados quisieran regar más terreno y 20% no lo pueden hacer porque no les autorizan agua para más terreno. Sólo el 9% estarían dispuestos a pagar más para poder regar más terreno. En la unidad la demanda de agua no es muy fuerte, pero la ausencia de tierras arrendables es muy limitante para el 10% de los encuestados para cultivar más. Ver cuadro 22 y 23.

CUADRO 20 TIEMPO DE RIEGO POR MANZANA (HORAS)

| | |
|------------------------------------|---------|
| Promedio | 5.4 |
| Desviación estándar | +/- 3.7 |
| Mínimo | 1.3 |
| Máximo | 9.0 |
| Parcelas = 1 Manzana | 9 |
| 1 Manzana < Parcelas < 2 Manzanas | 5.2 |
| 2 Manzanas < Parcelas < 5 Manzanas | 4.3 |
| Parcelas > 5 Manzanas | 4.0 |

CUADRO 21 DISTRIBUCION DEL AGUA (% USUARIOS)

| | |
|----------------------------|----|
| Turno fijo cada 8 días | 31 |
| En arreglo con el canalero | 69 |

CUADRO 22 PORCENTAJE DE USUARIOS QUE QUIEREN REGAR MAS AREA

| | |
|---|----|
| No quiere regar más | 61 |
| Si quiere regar más pero no hay terreno | 10 |
| Si quiere regar más pero no autorizan agua | 20 |
| Si quiere regar más pero no tiene el dinero | 7 |

CUADRO 23 PORCENTAJE DE USUARIOS DISPUESTOS A PAGAR MAS.

| | |
|--|----|
| No dispuestos | 61 |
| Si dispuestos, Si autorizan más dinero | 9 |
| Si dispuestos | 30 |

8. CONCLUSIONES

1. La eficiencia de riego de la unidad La Fragua fue de 29%, sus componentes son: Eficiencia de conducción 74% y eficiencia de aplicación 39%. -
2. La unidad de riego La Fragua está trabajando con deficiencia en la conducción del sistema, principalmente en los canales secundarios que son los que presentan mayor daño físico, carencia de compuertas en los tomagranjas, perforaciones y grietas en las paredes, demasiado azolve y maleza dentro y fuera de los canales. -
3. La eficiencia de conducción para los canales secundarios fue de 69%; se considera baja y se explica por ser los de mayor longitud, los que mayor área de tierra atienden y los que prestan servicio a la mayoría de usuarios de la unidad. -
4. La eficiencia de conducción para los canales terciarios fue de 86% considerándose aceptable pues estos tienen longitudes cortas, transportan caudales pequeños, su perímetro mojado es pequeño y su grado de deterioro es bajo. -
5. Las principales causas de la baja eficiencia de aplicación son: El agricultor riega con cantidades de agua superiores a los requerimientos hídricos de los cultivos, desconocimiento del usuario de las prácticas correctas de la aplicación de

agua ocasionando así una mala distribución de la misma en las parcelas, desconocimiento de la frecuencia relativa de riego, lo que provoca riegos innecesarios en los cuales el agricultor lo hace en base a su experiencia y no en el momento adecuado cuando el cultivo lo necesita.-

- E. A través de la encuesta se pudo observar que la distribución del agua, tal como se practica en la unidad (demanda libre) ha hecho que el usuario se acostumbre a regar con demasiada agua y cuando él la pide, utilizando además frecuencias cortas. El individualismo de los agricultores y el hecho que la mayoría de los usuarios no sean los propietarios de la tierra que cultivan y riegan, no ha conducido a que los agricultores busquen soluciones de manera conjunta frente a los problemas de escasez de agua.-

9. RECOMENDACIONES

1. Reparar el revestimiento de los canales, arreglando las perforaciones y grietas, reducir las sizas de las pizarras, así como realizar un correcto mantenimiento de los canales por lo menos dos veces al año (chaporreo de malezas, desazolve).-
2. Establecer normas para que todos los agricultores usuarios del riego coloquen en sus tomagranjas, compuertas bien ajustadas y calibren las ya existentes.-
3. La encuesta nos demuestra que la tecnificación de los usuarios en las áreas bajo riego no ha sido hasta la fecha una prioridad para las instituciones del Ministerio de Agricultura; sin embargo, en un contexto de escasez de agua, aumentar el nivel técnico de los usuarios nos parece como una manera de ahorrar agua mejorando su uso y manejo y, el ahorro consecuente se transformaría en áreas regadas suplementarias. Se necesita en la unidad un adiestramiento en los aspectos siguientes:
 - Control de la penetración del agua y de la uniformidad del riego durante o después del mismo.
 - Uso de sifones adecuados, de estructuras aforadoras en las compuertas para un mejor control de la cantidad de agua que

entra a la parcela. -

- Las características de los surcos (longitud, pendiente, curvas) deben ser compatibles con una aplicación óptima del agua.

4. Es necesario que el Distrito proporcione a sus usuarios referencias en cuanto a frecuencias, dosis, tiempos de avance del agua en los surcos, tiempos de riego, etc. Una política adecuada para la transferencia de destrezas en el área de manejo del agua es adoptar un esquema de capacitación por demostraciones, lo que permitiría además de capacitar al usuario, estar a la escucha de sus problemas.-

10. BIBLIOGRAFIA

1. BISHOP, A.A. 1974. Manejo del agua a nivel de finca. Logan, EE.UU., Universidad del Estado de Utah, Departamento de Agricultura y Riego. 17 p.
2. BURGESS, H. 1950. Moisture requirements in agricultura. New York, McGraw-Hill. 413 p.
3. CISNEROS, C. 1986. Principios de riego; cuanto regar. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. V. 1, 32 p.
4. CRUZ, J.R. DE LA. 1976. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala, basado en el sistema Holdrige. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
5. DOORENBOS, J.; PRUITT, W. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Roma, FAO. 193 p.
6. ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. 1972. Medición del agua de riego. Trad. por Emilio Avila de La Torre. México, Diana. 126 p.
7. GOLDBERG, S.P. 1975. Técnicas y métodos para el uso eficiente del agua en la agricultura; principios y sistemas de irrigación a presión, México, Centro Regional de Ayuda Técnica. 14 p.
8. GRASSI, S. 1968. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Agua y Tierras. 70 p.
9. -----. 1977. Operación de sistemas de riego. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Agua y Tierras. 230 p.
10. -----. 1978. Métodos de riego. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Agua y Tierras. 265 p.
11. GUNDERSEN, W. 1983. Riego y manejo del agua. 2 ed. Guatemala, Impresos Guatemala. 353 p.
12. ISRAELSEN, O.W.; Hansen, V.E. 1979. Principios y aplicaciones de riego. Trad. por Alberto García Palacios. 2 ed. Barcelona, España, Reverte. 396 p.
13. JUAREZ, M.A. 1985. Diagnóstico sobre la eficiencia de la Unidad de Riego La Blanca. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 60 p.
14. MARAUX, F.; GARCIA, A.; PEREZ, A. 1988. Estudio del comportamiento del drenaje interno en suelos Chicaj en el Valle de La Fragua, Zacapa, Guatemala. Guatemala, Dirección Técnica de Riego y Avenamiento, CATIE. 80 p.
15. MARTINEZ, E.R. 1984. Diagnóstico sobre el funcionamiento de las Unidades de Riego: La Fragua, Llano de Piedra, El Guayabal, Cabañas, Oaxaca y La Palma del Distrito No. 7, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 128 p.

16. MASAYA, A.R. 1976. Deficiencias de la operación de las unidades de riego de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 108 p.
17. PALACIOS, E. 1966. Cuanto, cuando y cómo regar. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos. 66 p.
18. RAMIREZ, G.G. 1986. Diagnóstico de la eficiencia de funcionamiento de la unidad de riego Nicá, Malacatán, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 84 p.
19. SIMMONS, CH.S.; TARANO, J.; PINTO, J. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado - Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
20. THORNE, D.; PETERSON, H. 1964. Técnicas del riego. Trad. de la 2 ed. en inglés por José Luis Lepe. México, D.F., CECSA. 481 p.

vs. Bo.

Petualke



11. A P E N D I C E

CUADRO 1 "A" EVAPOTRANSPIRACION Y REQUERIMIENTO DE RIEGO
PARA EL CULTIVO DE MELON

| CULTIVO MELON 1 (16 DE ENERO - 18 DE ABRIL, 1990) | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| MES | DURACION CICLO (DECADA) | ETP (mm) | KC | ET max (mm) (DECADARIO) | ET max. Acum |
| Enero | 2da. | 17.87 | 0.077 | 1.376 | 1.376 |
| | 3ra. | 44.26 | 0.265 | 11.73 | 13.106 |
| Febrero | 1ra. | 41.92 | 0.479 | 20.08 | 33.18 |
| | 2da. | 47.96 | 0.650 | 31.17 | 64.35 |
| | 3ra. | 38.71 | 0.778 | 30.12 | 94.47 |
| Marzo | 1ra. | 53.14 | 0.864 | 45.91 | 140.38 |
| | 2da. | 54.78 | 0.908 | 49.74 | 190.126 |
| | 3ra. | 56.75 | 0.909 | 51.58 | 241.7 |
| Abril | 1ra. | 64.72 | 0.861 | 56.11 | 297.816 |
| | 2da. | 57.37 | 0.783 | 44.92 | 342.736 |
| | | | | 342.736 | |

Requerimiento de riego X/ día = 3.8 mm

Frecuencia usada 8 días = $8 * 3.8 = 3.04$ cm. de reposición

CUADRO 2 "A" EVAPOTRANSPIRACION Y REQUERIMIENTO DE RIEGO
PARA EL CULTIVO DE TOMATE

| CULTIVO TOMATE (29 DE ENERO - 5 MAYO, 1990) | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| MES | DURACION CICLO (DECADA) | ETP (mm) | KC | ET max (mm) (DECADARIO) | ET max. Acum |
| Febrero | 1ra. | 41.92 | 0.450 | 18.86 | 18.86 |
| | 2da. | 42.96 | 0.450 | 21.58 | 40.44 |
| | 3ra. | 38.71 | 0.450 | 17.41 | 57.85 |
| Marzo | 1ra. | 53.14 | 0.550 | 29.22 | 87.07 |
| | 2da. | 54.78 | 0.550 | 30.12 | 117.19 |
| | 3ra. | 56.75 | 1.150 | 65.26 | 182.45 |
| Abril | 1ra. | 64.72 | 1.150 | 74.42 | 256.87 |
| | 2da. | 57.37 | 0.875 | 50.19 | 316.06 |
| | 3ra. | 59.83 | 0.875 | 52.35 | 359.41 |
| | | | | 359.41 | |

Requerimiento de riego X/ día = 3.94mm.

Frecuencia usada 8 días = $8 * 3.94 = 3.16$ cm de reposicion

CUADRO 3 "A" EVAPOTRANSPIRACION Y REQUERIMIENTO DE RIEGO
PARA EL CULTIVO DE MAIZ

| CULTIVO MAIZ (5 FEBRERO - 13 MAYO 1990) | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|------|-------------------------------|-----------------|
| MES | DURACION CICLO (DECADA) | ETP (mm) | KC | ET max (mm) (DECADARIO) | ET max. Acum |
| Febrero | 1ra. | 41.92 | 0.40 | 16.768 | 16.768 |
| | 2da. | 47.96 | 0.40 | 19.184 | 35.952 |
| | 3ra. | 38.71 | 0.40 | 15.48 | 51.432 |
| Marzo | 1ra. | 53.14 | 0.77 | 40.92 | 92.352 |
| | 2da. | 54.78 | 0.77 | 42.18 | 134.532 |
| | 3ra. | 56.75 | 1.12 | 63.56 | 198.092 |
| Abril | 1ra. | 64.22 | 1.12 | 72.48 | 270.572 |
| | 2da. | 57.37 | 0.87 | 49.91 | 320.482 |
| | 3ra. | 59.83 | 0.87 | 52.05 | 372.532 |
| Mayo | 1ra. | 64.79 | 0.72 | 36.93 | 409.410 |
| | | | | 409.41 | |

Requerimiento de riego X/ día = 4.6 mm

Frecuencia usada 8 días = $8 * 4.60 = 3.6$ cm de reposición

CUADRO 4 "A" EVAPOTRANSPIRACION Y REQUERIMIENTO DE RIEGO
PARA EL CULTIVO DE MELON-2

| CULTIVO MELON-2 (7 FEBRERO - 8 MAYO 1990) | | | | | |
|---|-------------------------------|-------------|--------|-------------------------------|-----------------|
| MES | DURACION CICLO (DECADA) | ETP (mm) | KC | ET max (mm) (DECADARIO) | ET max. Acum |
| Febrero | 1ra. ^a | 41.92 | 0.0640 | 1.0731 | 1.0731 |
| | 2da. | 47.96 | 0.2418 | 11.5960 | 12.6691 |
| | 3ra. | 38.71 | 0.4590 | 17.1700 | 30.4391 |
| Marzo | 1ra. | 53.14 | 0.6350 | 33.7400 | 64.1791 |
| | 2da. | 54.78 | 0.7679 | 42.0660 | 106.2450 |
| | 3ra. | 56.75 | 0.8580 | 48.6900 | 154.9350 |
| Abril | 1ra. | 64.22 | 0.9060 | 58.6400 | 213.5750 |
| | 2da. | 57.37 | 0.9113 | 52.2800 | 265.8550 |
| | 3ra. | 59.83 | 0.8748 | 52.3300 | 318.1850 |
| Mayo | 1ra. | 64.79 | 0.8500 | 22.0320 | 340.2170 |
| | | | | 340.2270 | |

Requerimiento de riego X/ día = 3.74 mm

Frecuencia usada 8 días = 8 * 3.74 = 3.00 cm de reposición

CUADRO 5 "A" EVAPOTRANSPIRACION Y REQUERIMIENTO DE RIEGO
PARA EL CULTIVO DE TOMATE-2

| CULTIVO TOMATE-2 (22 FEBRERO - 24 MAYO 1990) | | | | | |
|--|-------------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| MES | DURACION CICLO (DECADA) | ETP (mm) | KC | ET max (mm) (DECADARIO) | ET max. Acum |
| FEBRERO | 3ra. | 37.710 | 0.450 | 16.97 | 16.970 |
| Marzo | 1ra. | 50.958 | 0.450 | 22.93 | 39.901 |
| | 2da. | 54.780 | 0.550 | 30.13 | 70.031 |
| | 3ra. | 56.750 | 0.550 | 31.21 | 101.240 |
| Abril | 1ra. | 64.720 | 0.550 | 35.60 | 136.840 |
| | 2da. | 57.370 | 1.150 | 65.98 | 202.821 |
| | 3ra. | 57.670 | 1.150 | 66.32 | 264.141 |
| Mayo | 1ra. | 63.010 | 0.875 | 55.13 | 324.271 |
| | 2da. | 61.060 | 0.875 | 53.42 | 377.691 |
| | 3ra. | 57.020 | 0.875 | 49.89 | 427.589 |
| | | | | 427.59 | |

Requerimiento riego X/día = 4.69 mm

Frecuencia usada en 8 días = $8 * 4.69 = 3.75$ cm de reposición

CUADRO 6 "A" COEFICIENTES DE CULTIVO (Kc) PARA DIFERENTES ESPECIES

| CULTIVO | fases del desarrollo del cultivo | | | | | PERIODO VEGETATIVO TOTAL |
|----------|----------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|-------------|--------------------------|
| | Inicial | Desarrollo Cultivo | Mediados Periodo | Finales de Periodo | RECOLECCION | |
| Banano | 0.40-0.50 | 0.70-0.85 | 1.00-1.10 | 0.90-1.00 | 0.75-0.85 | 0.70-0.80 |
| Frijol | 0.30-0.40 | 0.70-0.80 | 1.05-1.20 | 0.65-0.75 | 0.75-0.30 | 0.70-0.80 |
| Algodón | 0.40-0.50 | 0.70-0.80 | 1.05-1.25 | 0.80-0.90 | 0.65-0.70 | 0.80-0.90 |
| Maní | 0.40-0.50 | 0.70-0.80 | 0.95-1.10 | 0.75-0.85 | 0.55-0.60 | 0.75-0.80 |
| Maíz | 0.30-0.50 | 0.70-0.85 | 1.05-1.20 | 0.80-0.95 | 0.55-0.60 | 0.75-0.90 |
| Cebolla | 0.40-0.60 | 0.70-0.80 | 0.95-1.10 | 0.85-0.90 | 0.75-0.85 | 0.80-0.90 |
| Arverja | 0.40-0.50 | 0.70-0.85 | 1.05-1.20 | 0.00-1.15 | 0.95-1.10 | 0.80-0.95 |
| Chile | 0.30-0.40 | 0.60-0.75 | 0.95-1.10 | 0.85-1.00 | 0.80-0.90 | 0.70-0.80 |
| Papa | 0.40-0.50 | 0.70-0.80 | 1.05-1.20 | 0.85-0.95 | 0.70-0.75 | 0.75-0.90 |
| Arroz | 1.10-1.15 | 1.10-1.30 | 1.10-1.30 | 0.95-1.05 | 0.95-1.05 | 1.05-1.20 |
| Sorgo | 0.30-0.40 | 0.70-0.75 | 1.00-1.15 | 0.75-0.80 | 0.50-0.55 | 0.75-0.85 |
| Soya | 0.30-0.40 | 0.70-0.80 | 1.00-1.15 | 0.70-0.80 | 0.40-0.50 | 0.75-0.90 |
| Cañ/azuc | 0.40-0.50 | 0.70-1.00 | 1.00-1.30 | 0.75-0.80 | 0.50-0.60 | 0.85-1.05 |
| Girasol | 0.30-0.40 | 0.70-0.80 | 1.05-1.20 | 0.70-0.80 | 0.35-0.45 | 0.75-0.85 |
| Tabaco | 0.30-0.40 | 0.70-0.80 | 1.00-1.20 | 0.90-1.00 | 0.75-0.85 | 0.85-0.95 |
| Tomate | 0.40-0.50 | 0.70-0.80 | 1.05-1.25 | 0.80-0.95 | 0.60-0.65 | 0.75-0.90 |
| Sandía | 0.40-0.50 | 0.70-0.80 | 0.95-1.05 | 0.80-0.90 | 0.65-0.75 | 0.75-0.85 |
| Trigo | 0.30-0.40 | 0.70-0.80 | 1.05-1.20 | 0.65-0.75 | 0.20-0.25 | 0.80-0.90 |

* El primer término del ámbito se usa para sitios de humedad del aire alta (humedad mínima mayor de 70%) y velocidad del viento baja (menor de 5 m/s) y el segundo para sitios de humedad reducida (humedad mínima menor de 20%) y viento fuerte (mayor de 5 m/s).

CUADRO 10 "A" DATOS SOBRE CONSTANTES DE HUMEDAD Y CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS DE LAS PARCELAS DE LA FRAGUA 1,990

| PARCELA | PROFUNDIDAD (cm) | TEXTURA | C C (%) | P M P (%) | D. ap (gr./cc.) |
|---------|----------------------|---------|------------|--------------|--------------------|
| 1 | 00 ³ - 40 | F ar | 28.31 | 16.92 | 1.3493 |
| | 40 - 80 | F ar | 28.30 | 17.95 | 1.1054 |
| | 80 - 120 | F a | 36.45 | 23.19 | 1.2946 |
| 2 | 00 - 40 | F a | 42.54 | 26.25 | 1.1652 |
| | 40 - 80 | F a | 36.19 | 29.69 | 1.1302 |
| | 80 - 120 | F a | 31.66 | 19.13 | 1.1874 |
| 3 | 00 - 40 | F | 38.89 | 22.41 | 1.1156 |
| | 40 - 80 | F a | 35.07 | 21.06 | 1.1893 |
| | 80 - 120 | F aar | 32.72 | 20.96 | 1.1714 |
| 4 | 00 - 40 | F a | 45.49 | 28.34 | 1.0594 |
| | 40 - 80 | F a | 40.57 | 28.19 | 1.1721 |
| | 80 - 120 | F a | 38.52 | 21.99 | 1.1772 |
| 5 | 00 - 40 | F ar | 25.30 | 13.84 | 1.2508 |
| | 40 - 80 | F a | 35.15 | 18.13 | 1.0609 |
| | 80 - 120 | F aar | 28.65 | 15.03 | 1.2642 |

NOTA: A: Arcillosos
 F: Franco
 FA: Franco Arcilloso
 FAR: Franco Arenoso
 FAAR: Franco Arcilloso Arenoso

CUADRO 12 "A" DATOS DE LOS PARAMETROS DE VELOCIDAD DE INFILTRACION Y TIEMPO DE INFILTRACION DE LAMINA NETA A UN 50 % DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO PROFUNDIDAD 00-80 CM.

| PARCELA | K | n | LAMINA NETA A UN 50% DE CAP. ALMACENAJE (00-80-CM) | TIEMPO DE RIEGO USADO (MIN) | TIEMPO INFILT (MINUTOS) |
|---------|--------|---------|--|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | 34.710 | -0.406 | 5.360 | 275 | 17.55 |
| 2 | 20.722 | -0.399 | 5.226 | 200 | 47.026 |
| 3 | 28.921 | -0.475 | 7.000 | 200 | 47.026 |
| 4 | 17.581 | -0.393 | 6.530 | 210 | 72.23 |
| 5 | 32.312 | -0.5136 | 6.470 | 292 | 37.60 |

X = 26.84 -0.433 6.124 37.15

FUNCION PROMEDIO $I = Kt$

$$I = 26.84 t^{-0.433}$$

BOLETA DE ENCUESTA DIRIGIDA A LOS USUARIOS

UNIDAD: _____

1. Extensi3n que posee bajo riego _____
2. Tiene parcelas en el distrito que no puede regar SI _____ NO _____
PORQUE _____
3. Trabaja s3lo SI _____ NO _____ con familia _____ con peones _____
4. Cultivo actual _____ Area ragada _____
Fecha de siembra _____ Fue nivelado el terreno SI _____ NO _____
Con topografia _____ Con bueyes _____
Posee curvas de nivel en su terreno SI _____ NO _____
5. Qu3 m3todo de riego utiliza:
Inundaci3n _____ Surcos _____ Melgas _____
6. En cuantos d3as riega su parcela _____
Cuantas horas por dia _____ H.inicio _____ H.fin _____
7. Cuando quita el agua y porqu3 _____

8. Existen colas de surco en su parcela cuando riega SI _____ NO _____
PORQUE _____
9. Tiene problemas para regar SI _____ NO _____
PORQUE _____
10. Tiene problemas de erosi3n en su parcela SI _____ NO _____
COMO _____
11. Puede regar el area de todo su terreno SI _____ NO _____
PORQUE _____
12. Quiere regar m3s y no puede SI _____ NO _____
PORQUE _____
13. Cual es la frecuencia de riego (cada cuanto) _____
y el n3mero de riegos por temporada _____

14. Cree que la frecuencia que utiliza es la correcta SI _____ NO _____
15. Desearia Que fuera más larga SI _____ NO _____
 más corta SI _____ NO _____
 PORQUE _____
16. Estaría dispuesto a cambiar su frecuencia actual SI _____ NO _____
 PORQUE _____
17. Cree que el método de riego que utiliza es el adecuado: SI _____ NO _____
 PORQUE _____
18. Qué otro método conoce _____
19. Cree que el mantenimiento y el servicio de los canales es adecuado
 SI _____ NO _____ PORQUE _____
20. Recibe visitas del técnico SI _____ NO _____
21. Ha recibido capacitación en riego SI _____ NO _____
22. Estaría interesado en una capacitación SI _____ NO _____
 En qué _____
23. Tiene reuniones con el jefe de unidad SI _____ NO _____
 Cada cuanto _____ motivo _____
24. Desde cuando ha practicado el riego a sus cultivos _____
25. Quien le enseñó a regar. Cómo aprendió _____



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE RIEGO Y DEL NIVEL TECNOLÓGICO DEL MANEJO DEL AGUA POR EL AGRICULTOR EN LA UNIDAD DE RIEGO LA FRAGUA, ZACAPA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MARCO VINICIO AGUIRRE ESCOBAR

CARNET NO: 8310144

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ingenieros Agrónomos Jorge Sandoval y Marco Tulio Aceituno.

El Asesor y las Autoridades de la Facultad, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Víctor Cabrera
ASESOR

Dr. Luis Mejía de León
DIRECTOR DEL IIA

IMPRIMASE:

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
DECANO

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA