

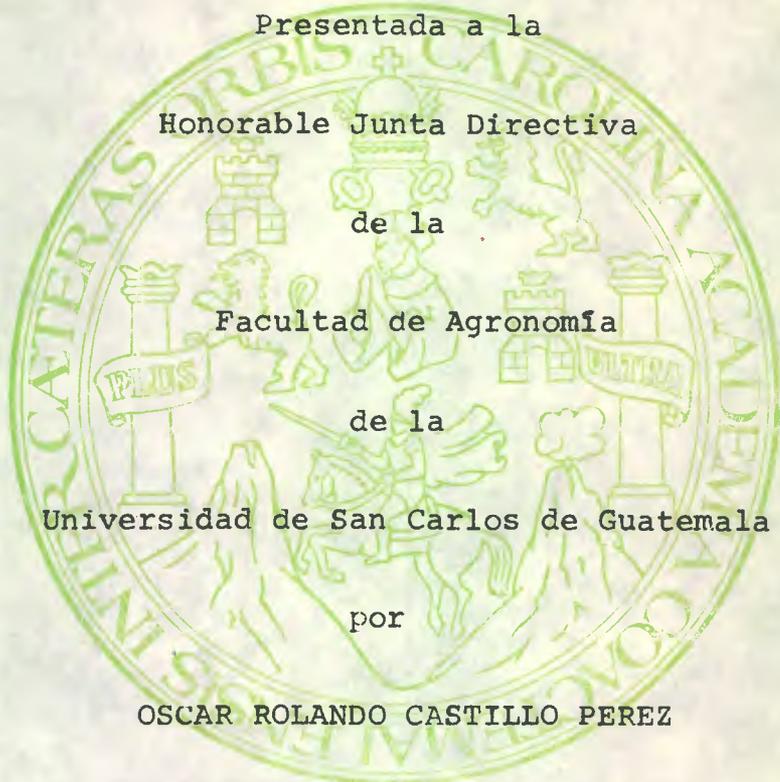
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"ALTERNATIVAS DE OPERACION EN LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO"

TESIS

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or historical figure, surrounded by various symbols including a cross, a shield, and a banner. The text "UNIVERSITAS SAN CAROLINI" is visible at the top and "ACADEMIA AGRICOLA" at the bottom of the seal.

OSCAR ROLANDO CASTILLO PEREZ

al conferirsele el Título de

INGENIERO AGRONOMO

En el grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Enero de 1980.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

01
T(339)
c.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. Saúl Osorio Paz,

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Doctor Antonio Sandoval S.
VOCAL I	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
VOCAL III	Ing. Agr. Rudy Villatoro
VOCAL IV	P.A. Efraín Medina
VOCAL V	Prof. Edgar Franco
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Salcedo Z.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Agr. Rodolfo Estrada
EXAMINADOR	Ing. Agr. Gustavo Méndez
EXAMINADOR	Ing. Agr. Rolando Aguilera
EXAMINADOR	Ing. Agr. Angel Méndez
SECRETARIO a.i.	Ing. Agr. Oscar González

Guatemala,
14 de enero de 1980.

Doctor:
Antonio Sandoval,
Decano de la
Facultad de Agronomía.

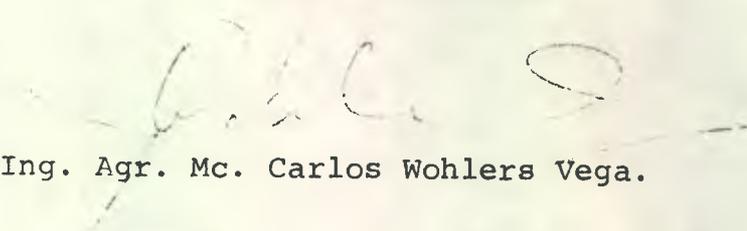
Señor Decano:

Por este medio me permito informar a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado "ALTERNATIVAS DE OPERACION EN LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO", desarrollado por el P.A. Oscar Rolando Castillo, de acuerdo al nombramiento hecho para el efecto.

Dicho trabajo llena todos los requisitos necesarios para ser presentado como tesis de graduación y además constituye una contribución y proyección de la Facultad de Agronomía, hacia la comunidad rural en el planteamiento técnico de alternativas de uso de sus Recursos Naturales.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Mc. Carlos Wohlers Vega.

Guatemala,
14 de enero de 1980.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

En base a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"ALTERNATIVAS DE OPERACION EN LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO"

Como requisito previo a optar el título Profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado de licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,

Oscar Rolando Castillo P.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

AL INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS

A LOS TRABAJADORES DE LA UNIDAD DE RIEGO EL RANCHO -
JICARO

DEDICO ESTE ACTO

AL SUPREMO CREADOR

A MIS PADRES: Rodolfo Castillo (Q.E.P.D.)
 Mercedes P. V. de Castillo

A MI ESPOSA: Nidia Siceli

A MI HIJA: Alejandra Siceli

A MIS HERMANOS: Marcos Manuel
 Jorge Humberto
 Leticia Moridalia
 Dolores Concepción

A MIS SOBRINOS Y FAMILIARES

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

RECONOCIMIENTO

Dejo Constancia de mi agradecimiento

- Al Ingeniero MSc. Carlos Wohlers, por su valiosa ayuda en el asesoramiento de este trabajo.

- A la Región "V" de DIGESA en especial a los Ingenieros Agrónomos Ricardo Santa Cruz Rubí y Jorge Arturo Méndez por su colaboración.

- A todas las instituciones y personas que colaboraron en este trabajo de tesis.

INDICE GENERAL

- I Introducción
 - 1.1 Localización Proyecto
 - 1.2 Objetivos

- II Materiales y Métodos
 - 2.1 Materiales
 - 2.2 Revisión de Literatura
 - 2.3 Antecedentes
 - 2.4 Estudios Realizados

- III Resultados

- IV Discución de Resultados

- V Conclusiones

- VI Recomendaciones

- VII Bibliografía

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Propiedades Físicas del Suelo.
Cuadro No. 2	Demanda Neta de Riego para Maíz.
Cuadro No. 3	Demanda Neta de Riego para Tabaco.
Cuadro No. 4	Demanda Neta de Riego para Pastos.
Cuadro No. 5	Lámina Neta de Riego para Maíz.
Cuadro No. 6	Lámina Neta de Riego para Tabaco.
Cuadro No. 7	Lámina Neta de Riego para Pastos.
Cuadro No. 8	Frecuencia y Número de Riegos para Maíz.
Cuadro No. 9	Frecuencia y Número de Riegos para Tabaco.
Cuadro No. 10	Frecuencia y Número de Riegos para Pastos.
Cuadro No. 11	Número de Ha-Riego para Maíz.
Cuadro No. 12	Número de Ha-Riego para Tabaco.
Cuadro No. 13	Número de Ha-Riego para Pasto.
Cuadro No. 14	Láminas Brutas y Volúmenes Necesarios para Maíz.
Cuadro No. 15	Láminas Brutas y Volúmenes Necesarios para Tabaco.
Cuadro No. 16	Láminas Brutas y Volúmenes Necesarios para Pastos.
Cuadro No. 17	Resumen de los Volúmenes y caudales totales a derivar.
Cuadro No. 18	Balance para satisfacer la demanda en el sistema.
Cuadro No. 19	Infiltración
Cuadro No. 20	Tiempo de Riego
Cuadro No. 21	Tiempo total de riego (tiempo riego + tiempo mojado).

INDICE DE GRAFICAS

- Gráfica No. 1 Frecuencia de Riego para Maíz.
- Gráfica No. 2 Frecuencia de Riego para Tabaco.
- Gráfica No. 3 Frecuencia de Riego para Pastos.
- Gráfica No. 4 Curva de Variación Estacional.
- Gráfica No. 5 Curva de Duración de Caudales.
- Gráfica No. 6 Calibración de Tomagranja de 4" de diámetro.
- Gráfica No. 7 Calibración de Tomagranja de 6" de diámetro.
- Gráfica No. 8 Calibración de Tomagranja de 8" de diámetro.
- Gráfica No. 9 Calibración de la doble compuerta para la Caja Principal.
- Gráfica No. 10 Curva de Caudales, Canal Principal.

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCION:

Es evidente que es un problema real: La Distribución de agua de riego, en forma equitativa, ordenada y progresiva en las distintas áreas de un distrito de riego.

La operación de riego a nivel de parcela también es un aspecto de singular importancia para el logro de la mejor eficiencia en el Manejo y Uso del Agua,

Una vez que el líquido supera la compuerta o toma-guanja de la parcela y comienza la aplicación en diferentes cultivos a regar, una cantidad de normas relativas fundamentalmente a la relación Agua - Suelo - Planta, cobran vigencia y definen en gran medida el uso apropiado del agua de riego. (J. Luque 1977. "Manual de Operación de Riego"). /11/.

La operación de un Sistema de Riego involucra una serie de actividades Técnicas y Administrativas, mediante las cuales se pone a disposición de los usuarios por cualquiera de los métodos de distribución (Rotación continua y Demanda) el agua necesaria para la producción de las tierras bajo cultivo, a los fines del cumplimiento de las metas del proyecto.

Se trata de una indudable función debido a que permite un aprovechamiento racional de los Recursos existentes Naturales, Humanos, Técnicos y organizacionales, así como de las enormes extensiones hechas en el Proyecto o sea su diseño.

Se pretende que del presente trabajo se obtengan alternativas en la operación de riego a nivel de distrito con la finalidad de reducir el despilfarro del Recurso Agua, y hacer un aprovechamiento más racional del mismo, debido a que es bien conocido que el Recurso Agua se encuentra a una disposición reducida, manifestándose esta falta a nivel de fuente de abastecimiento, como lo son los ríos, lagos, etc., deficiencia que se proyecta en una forma progresiva.

Para este fin se seleccionó como área Piloto la Unidad de Riego del Rancho, por ser representativa en sus - características en forma general del resto de unidades - del Oriente y Nor-Oriente del país.

1.1. LOCALIZACION

La Unidad de Riego del Rancho se ubica en Jurisdicción de los municipios de San Agustín Acasaguastlán y El Jícaro, en el departamento del Progreso, sobre las Vegas de la margen derecha del río Motagua en la aldea El Rancho y el río Tambor, a una distancia de 84 Kms. de la - ciudad capital sobre la carretera al Atlántico a una altura sobre el nivel del mar de 276 Mts. Geográficamente se encuentra entre los 14°56' latitud norte y 89°51' longitud oeste, aproximadamente.

El área del proyecto se caracteriza por el predominio de un clima cálido seco, la precipitación pluvial es escasa y mal distribuida, como resultado de la influencia que ejercen las condiciones orográficas, ya que los vientos provenientes del mar Caribe conducen las nubes a las partes montañosas, donde se concentra la precipitación.

La operación del sistema se planteó en marzo de 1966, el cual únicamente incluye 895.0 hectáreas distribuidas en la forma siguiente:

Clase Agrológica I	=	623.1	Ha
Clase Agrológica II	=	<u>271.9</u>	Ha
TOTAL		895.0	Ha

La operación del sistema se inició en enero de 1971, proyectándose una área total de riego de 895 Ha. por gravedad derivándose el río Motagua, regándose en total 760 Ha.

Los principales cultivos en el sistema son: Tabaco, Pasto, Maiz.

Fuente: División de Recursos Hidráulicos 1975. *

1.2. OBJETIVOS

- Plantear soluciones prácticas tendientes a mejorar la operación en la Unidad de Riego del Rancho.
- Hacer entrega de agua a los usuarios en forma equitativa y oportuna en cantidades suficientes para satisfacer los requerimientos de los cultivos.
- Obtener los beneficios mas favorables de todos los fondos adjudicados a la operación.

CAPITULO SEGUNDO

MATERIALES Y METODOS

2.1. MATERIALES

Los materiales y equipo utilizado se obtuvieron gracias a la colaboración del departamento de Operación de Sistemas de Riego de la Unidad de Riego de El Rancho, Laboratorios de Suelos de DIRENARE y Facultad de Agronomía.

Los Materiales y Equipo empleados:

Información necesaria de Estudios realizados.

Muestreador de Uhland, Ollas de Fresión y Membranas.

Infiltrómetros, Cronómetros.

Aforadores Tipo Baltofett* (construcción de madera)

Molinete pequeño.

Retenciones de madera para elevar el tirante de canales.

Fotografía Aérea.

Estereoscopio.

Pantógrafo.

Descripción del Aforador Baltoffet^{*}

Estructura que reúne condiciones de gran importancia, como lo son paredes paralelas y fondo plano, las cuales le hacen extremadamente simple, es una estructura relativamente económica, en caso de un canal rectangular ya construido resulta barata su elaboración, este aforador se basa en principios hidráulicos.

La ecuación de este aforador puede ser deducida desde el punto de vista teórico a partir de la ecuación de energía, o sea, aplicación del principio de Bernoulli para flujo permanente de líquidos ideales.

A partir del análisis de la ecuación de energía se concluye que se pueden elaborar dos tipos de aforadores en cuanto a la relación de sus dimensiones.

Aforadores contruidos a $1/3$ y $2/3$ indican la relación de contracción entre el ancho de la sección contraída y ancho de la sección de acceso.

Para nuestra finalidad se utilizaron aforadores - transportables de madera con relación de contracción de $2/3$, cuya ecuación de caudal es:

$$Q = 1.23 B h^{3/2}$$

en la cual:

B= Ancho de la sección de acceso en Mts.

h= Altura que alcanza el tirante del agua en Mts.

Q= Caudal en $Mt^3/Seg.$

Las dimensiones del Aforador utilizado corresponden a:

B = 0.24 Mts.

b = 0.16 Mts.

r = $2/3$

L = Longitud Total = 0.72 Mts.

2.2 REVISION DE LITERATURA

Grassi (5) fórmula del Plan de Riego en base a datos de la operación de un distrito, aún cuando se presente una variación en la disponibilidad de agua y en el patrón de cultivos, si la Hidrometría de operación - proporciona los datos de coeficientes de riego.

El coeficiente de riego es la cantidad bruta de agua para una Ha. de un determinado cultivo, para todo el ciclo, para un mes o para un riego. Puede expresarse - según convenga en M^3 , en la mina de agua, o en Cms. o - Mms. o en Hs/Seg.

Así un coeficiente mensual (30 días) de 2400 Mt^3 e quivale a una lámina de 24 Cms. y un caudal continuo de 0.93Lts./Seg./ha.

Una unidad que resulta práctica al elaborar planes de riego, es la Ha-Riego, que involucra precisamente el número de Hectáreas regadas y el número de riegos aplicados. Así, si a una superficie de 2850 Ha. a determinado cultivo se aplican 5 riegos, significa un total de 14250 Ha-Riego, contrariamente en el caso en que se den las Ha-Riego, y el área regada resulta fácil obtener el número de riegos aplicados.

Para calcular el número de Ha-Riego de cada cultivo, se requiere conocer el patrón o célula de cultivo, con el detalle de área y ciclo relativo de cada cultivo.

Para formular un Plan de Riego, es obvio que se recurra a datos obtenidos en el mismo sistema de riego en años anteriores. En algunos casos sin embargo, se cuenta además con la información agroclimática y de operación del riego que permite un cálculo sistemático de las demandas.

En otros casos se cuenta con datos estadísticos y la Hidrometría de operación de años anteriores.

Luque y Paoloni /11/, consideran que por varios caminos puede concretarse la obtención de una célula o porcentual de cultivos para una determinada área o zona de riego con fines de planificación.

En el caso en que se parte de un Proyecto nuevo donde no existen antecedentes de explotación del área, y por lo tanto no se ha llevado a cabo la respectiva encuesta agrícola, el porcentual es el Producto combinado

del aspecto técnico ecológico, por otra parte, del rédito o beneficio agro-económico por la otra. Se debe establecer un orden prioritario de las explotaciones posibles en la región, fundamentando su rédito con relación a la unidad económica-agraria que se adopte.

Para el caso mas general en cambio de zonas de riego en explotación, el reordenamiento o aún la posible - optimización de la técnica y operación de dicha área, - debe tenerse en cuenta la encuesta agrícola previa, que pone de manifiesto la presencia de: Cultivos o Explotaciones permanentes orientados a rubros de exportación, cultivos permanentes de consumo directo, cultivos anuales orientados a rubros de xportación, cultivos anuales de consumo inmediato.

Este planteo previo nos capacita para definir la - célula o el porcentual del cultivo y proceder a calcular así mismo los requerimientos hídricos del mismo,

Grassi (5) Referente a la eficiencia de aplicación de agua, establece que es la relación entre el volumen o lámina neta de agua incorporada o almacenada en la capa edáfica que exploran las raíces y luego empleada en el proceso de evapotranspiración y el volumen o lámina de agua derivada en la toma de la propiedad.

Luque y Paoloni /11/ establecen la eficiencia de - riego, la relación entre el agua útil o lámina aprovechada por el cultivo y el agua total derivada o aplicada en la parcela o fracción regada.

Keller (1965) *ha graficado al respecto, relaciones entre la eficiencia de riego con diferentes métodos y - la lámina de agua almacenada en el suelo al alcance de raíces del cultivo, resultando en todos los casos una -

relación lineal positiva, donde las mayores eficiencias se logran al aplicar 127 Mm.

Keller y Mc Culluch (1962)*han tabulado así mismo valores de eficiencias de riego con método de riego por superficie y por asperción. En función de la textura del suelo y la topografía, en el primer caso y en función de la lámina de agua a aplicar la velocidad del viento y la evapotranspiración máxima en el segundo caso. Reportan valores extremos en el riego por superficie desde 20% al 75%, y desde el 58% en riego por asperción.

Houk (1951)*después de analizar un gran número de proyectos, concluye que la eficiencia de riego para cultivo común osciló entre 20% y 50%.

Jensen (1967)*considera que, con adecuada selección diseño y operación de los métodos de riego, los agricultores logran eficiencias del 70 al 75%. Sin embargo, en promedio, solo el 47% del agua a disposición de una propiedad se incorpora al horizonte de raíces de los cultivos.

* Autores mencionados por Grassi /7/

2.3 ANTECEDENTES

La Unidad de Riego El Rancho, actualmente se ponen de manifiesto algunos problemas tales como la distribución del agua, principalmente en los períodos críticos (época de siembra y filtración*); en esta etapa del riego, el agua resulta insuficiente para el bajo volumen conducido por los canales, como consecuencia a la capa de azolve que se deposita a lo largo de los canales, tanto de conducción como de distribución, además en estas etapas críticas, la mayoría de agricultores toman el agua, teniendo como resultado final que las partes bajas o final de canales, el agua es insuficiente a tal extremo que los cultivos se ven afectados.

La Unidad de Riego El Rancho, conscientes del problema que afecta a una mayoría de agricultores, ha adoptado el sistema de Sectorización del área a regar, esta sectorización se hace a partir de la Aldea El Júcaro.

La metodología actualmente empleada en el Proyecto o se a la Sectorización para la distribución del riego, toma una conformación de una distribución por rotación, aplicada únicamente en época crítica. Además la unidad en la actualidad no cuenta con un calendario de distribución del riego ajustado a las necesidades de los usuarios.

La unidad de Estudios y Proyectos a travez de consolidación y la Unidad de Planificación USPA, tienen en proyecto la contratación de un Técnico para el diseño de una estructura para reducir el azolve (desarenador).

El financiamiento de dicha estructura como el personal en colaboración será a travez del BID, como parte de los dos préstamos utilizados para el riego en Guatemala.

2.4 Estudios Realizados:

1) Infraestructura General del Riego.

Con el objetivo de tener una información completa del sistema de riego y un mejor manejo del mismo se realizó un inventario de las obras hidráulicas en el diseño, ya que es imprescindible para su ejecución - tanto administrativa como de operación, las obras de captación (toberas); de conducción y distribución - (canales muertos, principal y secundarios), agoradores de tipo Baltofett, tomagranjas circulares, etc., se ubicaron en un mapa específico y elaborado median

te la utilización de fotografías aéreas para obtener una mayor precisión, además a cada estructura se le tomó su respectivo caminamiento a lo largo del sistema de riego.

El mapa inicialmente fue elaborado a escala 1:20000 (de las fotografías), el cual se redujo para una mejor manipulación, dicho mapa se adjunta en el presente trabajo resolutivo. (mapa No. 1)

Demandas de Agua en el Sistema.

1) Demandas Agrícolas:

De los boletines estadísticos elaborados por DIRENARE*se obtuvo la información siguiente:

1a) Patrón de cultivo: Tabaco, Maiz, Pastos.

1b) Epoca de siembra.

Tabaco: la elaboración de semilleros en el mes de agosto-septiembre siembra definitiva en octubre y noviembre.

Maíz: la siembra ocurre todo el año, sembrándose con mas insidencia e épocas en las que no coincide con la siembra del tabaco.

1c) Ciclo del cultivo

Tabaco: 90 - 120 días

Maíz: 80 - 120 "

Pastos: Perenne

*Dirección de Recursos Naturales Renovables.

AREAS CULTIVADAS PARA PATRONES DE CULTIVO EN LOS DIFERENTES MESES DEL AÑO

(Corresponde a un promedio de 5 años 74 - 78)

MES	MAIZ		TABACO		PASTOS	
	PROMEDIO	DESVIACION STANDAR	PROMEDIO	DESVIACION STANDAR	PROMEDIO	DESVIACION STANDAR
ENERO	123.51	47.32	106.28	75.83	54.64	0.80
FEBRERO	282.86	84.20	11.49	11.27	54.64	0.80
MARZO	354.6	60.10	2.66	5.94	54.64	0.80
ABRIL	352.99	122.2			54.64	0.80
MAYO	266.24	53.37			56.64	4.73
JUNIO	190.15	91.95			56.24	3.85
JULIO	166.53	52.37	1.1	1.51	56.64	4.73
AGOSTO	55.59	24.89	23.12	32.89	52.18	5.35
SEPTIEMBRE	18.54	13.17	252.42	171.92	54.24	1.043
OCTUBRE	22.93	13.33	411.83	117.38	24.24	1.043
NOVIEMBRE	27.59	20.07	435.77	105.22	54.28	0.98
DICIEMBRE	34.24	21.38	360.52	103.46	54.28	0.98

Comentarios sobre Areas Cultivadas

Se puede leer en el cuadro anterior los diferentes promedios para cada mes y para cada cultivo, tomando sobre las estadísticas de 5 años, sobre estos datos se - puede hacer una interpretación: algunos meses tales como abril y junio, para maíz presentan desviaciones standar de magnitudes grandes con respecto al promedio, consecuentemente nos formula la idea de que la probabilidad de ocurrencia para el dato promedio es poco frecuente, caso contrario sucede con la producción de pasto, cuyas áreas se mantienen casi constante, esto lo pone de manifiesto la desviación standar de magnitud pequeña con - respecto al promedio, nos indica esto, que la probabilidad de ocurrencia para sembrar esta área promedio es bastante grande.

Se pretendía realizar un pronóstico en base a un modelo matemático que adoptarán los diferentes datos planteados en un sistema de ejes coordenados, pero debido a la escasez de datos (5 años) no se puede realizar un pronóstico de áreas a sembrar.

2) Demandas Edáficas

Las propiedades físicas del suelo en función con el riego, se tomaron en las dos clases agrológicas delimitadas (Ing. Agr. Teófilo Alvarez 1965) /1/.

Las propiedades físicas del suelo que se tomaron: - densidad aparente, Capacidad de retención de humedad, - Velocidad de infiltración.

Haciendo uso del mapa en el que se delimitan las - clases agrológicas, se tomaron Puntos representativos - de cada clase, para la clase agrológica I se tomaron 5 Puntos, para la clase agrológica II se tomaron 2 puntos, esta determinación se basó a la superficie que cubre ca da clase agrológica e importancia que tienen las mismas para la producción, a los diferentes puntos elegidos en las 2 clases agrológicas, mediante muestreos en el campo se le tomó las propiedades físicas relacionadas con el riego.

La densidad aparente y capacidad de retención de humedad fueron tomadas muestras en 3 diferentes profundidades del perfil del punto estudiado con fines de riego y con un fin práctico de uso de las 3 profundidades, tan to de la densidad como la capacidad de retención de humedad. Resultados se presentan en el cuadro No. 1.

La velocidad de infiltración característica física del suelo fue tomada en cada uno de los puntos representativos de cada clase agrológica, para lo cual fueron utilizados infiltrómetros, anotándose en cada punto tres dife rentes velocidades, lográndose con ello un promedio de - velocidad por cada punto y el valor representativo de ca da clase fue el promedio de velocidades de los diferentes puntos representativos, los datos de infiltración y acumulada y tiempo acumulado, se plantearon en papel logaritmico de tres ciclos, obteniéndose la pendiente e in tersepto en la ordenada mediante la ayuda de regresión - lineal.

Se llegó a establecer que es el único estudio de suelos de esa región.

3) Determinación de la Lámina Total de Riego

La lámina total de riego se calculó para cada clase agrológica para lo cual se realizaron varios muestreos en cada perfil del punto estudiado; las propiedades físicas, capacidad de campo (W_c), punto de marchitez permanente (W_p), se obtuvieron en laboratorio mediante el empleo de ollas de presión y membranas, los diferentes resultados obtenidos fueron sometidos a un promedio ponderado en función de la profundidad del perfil del punto estudiado.

La densidad aparente, también fue tomado en tres diferentes estratos a lo largo de cada perfil, El método utilizado fue el de "Densidades por Martillo", este método utiliza un peso (martillo) desplazable a travez de una guía y un cilindro calibrado por su volumen, el área o punto elegido es limpiada en su superficie, luego se coloca el cilindro para ser introducido en el suelo por el golpe del martillo, las muestras se toman a raz del cilindro y colocadas en recipientes cerrados para evitar pérdidas del suelo al cual se le determinará la densidad aparente en el laboratorio.

En el laboratorio se pesaron las muestras de suelo secado al horno y mediante la relación de su peso y volumen se encontró la densidad aparente, un resultado más representativo de cada perfil se obtuvo mediante la ponderación de datos en función de la profundidad.

Otro parámetro para determinar la lámina de agua retenida por el suelo, y la cual está en función de la planta es la profundidad enraizable R_x , se obtuvo de la siguiente tabla en la cual manifiesta causas pedogénicas que limitan las raíces.

ZONA RADICULAR TIPICA, QUE CONTRIBUYE LA MAYOR PARTE DEL AGUA APROVECHABLE (adaptado con modificaciones, de Grassi, 1976).

TIPO SUELO	ZONA RADICULAR Rx, Cms.		
	a) Hortalizas papas	b) Maíz, Algodón, tabaco	c) Alfalfa pastos
Arenoso	40	65	80
Franco Arenoso	40	80	80
Franco	50	80	100
Franco Arcilloso	35	70	80
Arcilloso	20	40	60

La profundidad adoptada en el presente estudio para los cultivos de Tabaco y Maiz es de 80 Cms. para pastos de 100 Cms. debido a que según los estudios realizados (Teófilo 1965); /1/ la mayor parte de suelos de esta región se encuentran en el tipo o rango de los suelos francos.

La lámina aprovechable total de riego se obtiene de informes edafotécnicos porcentaje de capacidad de campo (Wc), punto de marchitez permanente (Wp), densidad aparente (D), y profundidad Radicular (Rx).

La lámina aprovechable total se obtiene entonces por el producto.

$$\frac{Wc - Wp}{100} \times D \times Rx$$

Las diferentes láminas retenidas por el suelo, luego de realizarse una ponderación de datos en función de la profundidad de los resultados para cada clase agrológica son:

Clase Agrológica I = 10.15 Cms.

Clase Agrológica II = 11.49 Cms.

4) Demanda de Agua en el Sistema

Evapotranspiración:

Por ser sencillo y por la disponibilidad de datos de clima con que se cuenta a la fecha se adoptó el método estimativo de Blanney y Criddle modificado y adoptado para Guatemala por el Ing. Agr. O. González /4/ para calcular el consumo de agua por las plantas.

El uso de este método implica la introducción de un coeficiente empírico (k), que representa las características fisiológicas y culturales de los cultivos. Además establece que el consumo es función de la temperatura media mensual y el porcentaje de horas de sol en el año.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y PRECIPITACION
EFECTIVA MENSUAL
(Estación Rancho Progreso)

EVAPOTRANSPIRACION/PRECIPITACION EFECTI
POTENCIAL MENSUAL mm/VA MENSUAL EN mm.

ENERO	103.5	0.0
FEBRERO	108.8	0.0
MARZO	115.9	0.0
ABRIL	118.1	3.0
MAYO	71.4	49.0
JUNIO	68.7	81.7
JULIO	67.2	66.5
AGOSTO	68.4	37.0
SEPTIEMBRE	68.1	83.8
OCTUBRE	66.5	86.0
NOVIEMBRE	103.7	0.0
DICIEMBRE	100.1	0.0

De acuerdo a la metodología a utilizarse los datos de Evapotranspiración y precipitación efectiva, para la zona del Proyecto de Riego en el Rancho, son los que se muestran en el cuadro anterior.

Para estimar en forma más ajustada los requerimientos de riego se elaboró un patrón de cultivos, tomando en cuenta la producción de cultivos en áreas circunvecinas al área de riego en estudio. Este patrón contempla los siguientes cultivos: Tabaco, Maíz y Pastos.

Partiendo de los datos de evapotranspiración potencial mensual y precipitación efectiva, se procedió a calcular el uso consuntivo según el procedimiento siguiente:

donde: $UC_g = Etp \times K_h \quad / \quad /$
 $UC_g =$ Uso Consuntivo global
 $K_g =$ Coeficiente Global del desarrollo del cultivo.
 $Etp =$ Evapotranspiración potencial durante el ciclo vegetativo del cultivo.

Uso Consuntivo Mensual:

$UC_m' = UC' = (Etp_m \times K_c) \quad / \quad /$
 $UC_m' =$ Uso Consuntivo Mensual no corregido
 $UC' =$ Uso Consuntivo total no corregido
 $Etp_m =$ Evapotranspiración mensual potencial
 $K_c =$ Coeficiente de desarrollo del cultivo

Lo que interesa es estimar el consumo de agua mensual, se determina el factor de corrección mediante la relación siguiente:

$K' = UC_g / UC' \quad / \quad /$

Uso Consuntivo Mensual Corregido:

$UC_{mc} =$ Uso Consuntivo Mensual Corregido
 $Etp_m =$ Evapotranspiración Mensual Potencial
 $K_c =$ Coeficiente de Desarrollo Mensual del Cultivo.
 $KK =$ Coeficiente de Corrección

5.- DEMANDA NETA DE RIEGO

La Demanda Neta de Riego, constituye el déficit de agua que presentan los cultivos en un determinado período de tiempo (una semana, un mes, el ciclo vegetativo), al realizar un balance del suelo en equilibrio con el clima, por lo tanto:

$$\text{DNR} = \text{dd} - \text{ET} + \text{Pe}$$

donde:

DNR = Demanda Neta de Riego

dd = lámina disponible en el suelo

ET = Evapotranspiración Real o verdadera

Pe = Precipitación Efectiva.

Para calcular la Demanda Neta de Riego para cada mes del ciclo y para cada cultivo, como también para cada clase de suelo, conviene iniciar el cálculo, tal como se hace en los cuadros No. 2, 3, 4, *en los dos meses seguidos en los cuales las lluvias suplen las necesidades del cultivo, partiendo de este parámetro se procede al cálculo respectivo de cada columna: Diferencia, evapotranspiración real, cambio de almacenaje, demanda neta de riego, lámina retenida en el suelo y excesos.

5.1 La Evapotranspiración Real:

Tal como su nombre lo indica, lo que verdaderamente ocurre en el complejo suelo planta, en las condiciones climáticas existentes para cada cultivo y a nivel de humedad para cada suelo; así tenemos que si el suelo se encuentra con la máxima capacidad de retención de humedad y es capaz de suministrar la necesidad de la planta, para este caso la evapotranspiración real será igual que el uso consuntivo.

5.2 Cambio de Almacenaje;

Este concepto se interpreta cuando el suelo gana o pierde una determinada lámina, ese será su cambio de almacenaje.

*Consultar Resultados.

5.3. Lámina Retenida:

Nos englova la lámina de agua que tenemos retenida en el suelo de un tiempo atrás y la lámina ganada o perdida en el momento de realizar el balance, Cálculo adaptado para las dos clases.

5.4 Exceso:

Se interpreta esta columna como la cantidad de agua perdida, la lámina de agua que el suelo no es capaz de - retener según sus condiciones físicas, y que pierde por escorrentía o por percolación profunda que las plantas no aprovechan.

Resultados Finales:

Maíz Cuadro No. 2

Tabaco Cuadro No. 3

Pasto Cuadro No. 4

6.- LAMINA NETA DE RIEGO O DE REPOSICION

La lámina neta de agua a aplicar corresponde a una fracción de la lámina total de agua disponible, dependiendo del umbral de reposición elegido, esta lámina nos conduce al volumen de agua para una determinada superficie y el turno o intervalo de entre una y otra aplicación del riego.

$$dn = U \cdot dt$$

dn = lámina neta de agua

U = Umbral de riego

dt = Lámina de agua disponible en el suelo

6.1. Determinación del Umbral de Riego:

Este es la fracción de la humedad volumétrica aprovechable que ya ha sido utilizada a la tasa máxima ET_x - (uso consuntivo) cuando se produce el marchitamiento incipiente. la fracción aún disponible pero a una tasa inferior a la evapotranspiración máxima es por lo tanto igual a $1 - U$ (nored 1976) /13/

$$U = \sqrt[3]{r \cdot s \cdot (1 - ET_x)}$$

r = Coeficiente de enraizamiento

s = Coeficiente hidrodinámico del suelo

ET_x = Evapotranspiración mm/día

Los valores correspondientes a r y s, se presentan tablas en las cuales se puede consultar, el coeficiente hidrodinámico del suelo se obtiene en función de la textura del suelo.

COEFICIENTE DE DENSIDAD DE ENRAISAMIENTO, r PARA EL CALCULO DEL UMBRAL OPTIMO DE RIEGO (Noredo, 1976)

CARACTERIZTICA RADICULAR	EJEMPLO	r
muy profusas	gramíneas	0.7 - 1.0
Profusas	maíz, sorgo, arroz, girasol.	0.5 - 0.7
moderadamente <u>den</u> <u>sa</u>	caña azucar, soya, algodón, maní.	0.3 - 0.5
poco densas	papa, tabaco, hortalizas	0.2 - 0.4

6.2. Agua Aprovechable del Suelo:

Esta lámina es obtenida por informes edafotécnicos, que expresan el contenido de humedad en porcentaje, de la capacidad de campo (W_c), punto de marchitez permanente (W_p) y la densidad aparente del suelo.

Se calcula así:

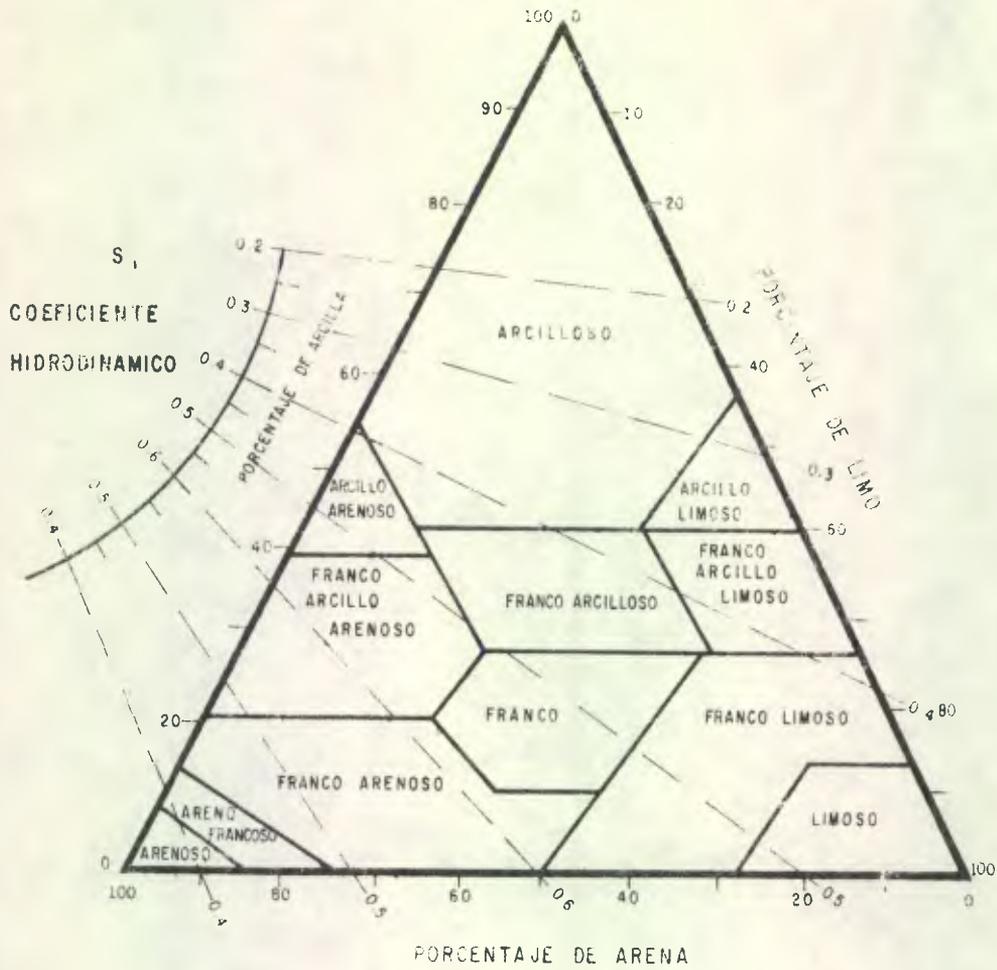
$$d = \frac{W_c - W_m}{100} \cdot D$$

d = Agua aprovechable del suelo

W_c = Capacidad de campo en %

W_m = Punto de marchitez permanente en %

D = Densidad aparente.



Relación entre el coeficiente hidrodinámico del suelo y su textura.

AGUA APROVECHABLE EN Cms. PARA CADA CLASE AGROLOGICA

CLASE AGROLOGICA	Wc	Wp	Densidad ap.	Lámina total Disp. Cm/lam.
I	23.52	12.62	1.2265	0.133
II	27.628	16.35	1.274	0.112

6.3 Profundidad Enraizable:

Esta característica anatómica de las Plantas es un dato para determinar la lámina total aprovechable, esta profundidad (Rx) va a variar de acuerdo al desarrollo - fisiológico y anatómico de la planta a lo largo del ciclo de vida, es decir alcanza diferentes profundidades en su ciclo; por lo que es necesario calcular esta profundidad para cada mes, esto se logra mediante la relación:

$$R = 1.8 \left(\frac{t}{tc} \right) \left(1.5 - \frac{t}{tc} \right) Rx \quad (\text{Noredo, 1976}) \quad /13/$$

de donde:

R = Profundidad enraizada promedio de cada mes.

t = Tiempo o intervalo considerado del total.

tc = Duración del ciclo del cultivo.

Rx = Profundidad enraizada.

Para fines de cálculo los cultivos patrones: maíz y tabaco, el ciclo se tomó de 90 días (estadísticas agrícolas Ministerio de Agricultura) y Rx de 80 Cms. - (Noredo 1976), para pasto ciclo: perenne Profud. 100 Cms.

PROFUNDIDAD ENRAISADA PROMEDIO DE CADA MES Cms.

CULTIVO	PRIMER MES	SEGUNDO MES	TERCER MES
MAIZ	32	72	80
TABACO	32	72	80
PASTO	100	100	100

6.4 Lámina de Agua disponible en el Suelo:

El "Agua Disponible" en el suelo se refiere a la parte de la lámina total de agua disponible en la capa del suelo que exploran las raíces de los cultivos, ésta lámina de agua varía dependiendo del cultivo de que se trate, de la profundidad radicular, relacionada ésta con el avance del ciclo del cultivo; es decir al inicio del ciclo la lámina es relativamente pequeña.

La lámina de agua disponible resulta del producto de el agua aprovechable del suelo y la profundidad de exploración radicular.

Partiendo de los parámetros antes mencionados resulta factible calcular el umbral de riego y la lámina de agua disponible, cuyo producto da como resultado final la lámina neta de riego.

Los resultados de las diferentes láminas netas mensuales para cada cultivo y cada clase agrológica de suelo se presentan en los cuadros:

Maíz Cuadro No. 5

Tabaco Cuadro No. 6

Pastos Cuadro No, 7

7.- FRECUENCIA Y NUMERO DE RIEGOS

La frecuencia varía a lo largo del ciclo vegetativo con la profundidad de raíces, y con la evapotranspiración diaria. Una vez que el cultivo ha alcanzado su máximo crecimiento la profundidad radical permanece estacionaria, y por lo tanto la frecuencia y número de riegos disminuye. Al final del ciclo vegetativo, cuando el cultivo está en el período de maduración puede suspenderse el último riego para que las exigencias evapotranspiratorias se cubran con la reserva de humedad disponible en el suelo.

7.1 Número de riegos:

La necesidad neta mensual de agua es igual al uso - consuntivo corregido menos la precipitación efectiva. El aporte de cada riego es L_n , en consecuencia para satisfacer esa necesidad el número teórico de riegos es n .

$$n = \frac{UCm - P}{L_n}$$

UCm = Uso Consuntivo Mensual Corregido

P = Precipitación Efectiva.

L_n = Lámina neta de riego.

Para calcular frecuencia, número de riegos e intervalo entre riegos es necesario calcular el número de riegos para cada mes, cuyos resultados en su mayoría nos dá números decimales, para encontrar el número total de riego, es necesario hacer una gráfica en la cual en el eje de las ordenadas colocamos el número de riegos acumulados (n cum.) y en abscisas el tiempo en meses.

La oportunidad o distribución de los riegos y los intervalos entre ellos se obtiene por interpolación en la gráfica.

Resultados:

Maiz cuadro No. 8 y gráfica No. 1

Tabaco cuadro No. 9 y gráfica No. 2

Pastos cuadro No. 10 y gráfica No. 3

8.- Medida de la Eficiencia Parcelaria

Las determinaciones y mediciones a realizar deben ser las necesarias para resolver la siguiente ecuación de balance:

$$d_b - d_n - d_e - d_p - \overset{0}{d_{in}} = 0$$

d_b = Lámina bruta en la obra de cabecera de la parcela.

d_n = lámina neta incorporada a la profundidad explorada por raíces del cultivo.

d_e = lámina equivalente al volumen escurrido al pie de la parcela.

d_p = lámina percolada bajo de la profundidad radicular - explorada.

d_{in} = lámina equivalente al volumen infiltrado en la red de conducción interna.

8.1 Lámina Bruta:

La lámina bruta en la cabecera de la parcela, es la relación entre el volumen bruto derivado y el área efectiva regada, tal que:

$$d = \frac{QT}{A}$$

Para su determinación se toman puntos representativos en el área de riego, el caudal afluente se midió con un aforador transportable de madera tipo Baltoffet, el cual se ubicó próximo a la entrada del área de prueba, - debido a la variación de altura del tirante del agua en el aforador se tomaron varios datos para obtener un promedio representativo. También se tomó el área a regar, y el tiempo necesario para regarla; de tal forma que la lámina bruta se obtuvo utilizando la relación anterior. Un dato representativo fue el promedio de varias láminas para cada clase agrológica.

8.2 Lámina Neta Incorporada a la Profundidad Radicular:

La lámina que en este caso se obtiene por la ganancia de la humedad en la zona de exploración radicular se obtiene por diferencia entre los contenidos hídricos, capacidad de campo, y punto de marchitez permanente. De este procedimiento después de muestreo en varios puntos se tiene:

Lámina Retenida Ponderada con Respecto a la Profundidad del Perfil, a lo largo de lo cual se desarrolla el sistema radicular.

Para la Clase Agrológica I = 10.15 mm.

Para la Clase Agrológica II = 11.95 mm.

8.3 Lámina Escurrida:

Para el presente estudio se pudo comprobar que los usuarios del riego del Rancho, posiblemente a la expe-

riencia con que cuentan para regar calculan el agua en los surcos, de tal forma que Colas que ellos les llaman mojen perfectamente el final del surco, entrando con ello el escurrimiento al pie de la parcela y encharcamientos perjudiciales para las siembras.

8.4 Lámina Infiltrada:

La mayor parte de parcelas a regar se encuentran muy próximas a las derivaciones por lo que se optó por $d_{in} = 0$.

8.5 Lámina Percolada:

La lámina percolada estimada no utilizable o sea por debajo de la profundidad de exploración radic-1, se obtiene por la relación siguiente:

$$d_p = d - d_n$$

de las condiciones antes expuestas. De tal manera que:

La lámina percolada para las dos clases agrológicas es insignificante debido al caudal de entrada en la cabeza o tomagranja.

9.- Eficiencia de Aplicación de Agua o Eficiencia de riego (Efa)

Es la relación entre el Volumen o lámina neta de agua incorporada o almacenada, d_n , en la capa edáfica que exploran las raíces y luego empleada en el proceso evapotranspiratorio, y el volumen o lámina de agua derivado, d , a saber:

$$Efa = \frac{d_n}{d} \cdot 100$$

El Volumen o lámina de agua almacenada en la capa edáfica se calcula para cada clase agrológica, al igual que el volumen o lámina derivada según procedimiento anterior; para una mayor representatividad se tomaron varias eficiencias para cada clase agrológica, para obtener un promedio.

Los resultados finales obtenidos para la zona de riego son:

Eficiencia de Riego: Clase Agrológica I	=	47.5%
Clase Agrológica II	=	50.5%

10.- Eficiencia de Conducción en Canales

Dentro de este concepto se consideran las pérdidas por filtración y evaporación, éstas últimas no se toman prácticamente en cuenta, además hay que agregar las pérdidas en algunos tramos por fugas en bordos y terraplenes, no obstante, como no se cuenta con procedimientos racionales o empíricos, que permitan cuantificar dichos parámetros, se ha recurrido a englobar varios factores en expresiones simplificadas referidas a determinadas partes integrantes de un sistema, al respecto, la bibliografía incluye datos por pérdidas que en términos generales oscilan entre 15% y 45%, en el caso se recorrió todo el sistema de riego llegándose a concluir que no existen fugas en canales y además de encuentran revestidos en un 100% por concreto; por lo que se optó tomar el límite inferior mencionado o sea de un 15% de pérdidas.

11.- Demandas en Base a Datos Estadísticos

En base a datos de la operación del distrito de riego el Rancho, es posible formular el plan de riego, los datos registrados de las áreas cultivadas para cada cultivo patrón como para cada clase agrológica se tomaron en base a un promedio correspondiente a 5 años de registro.

El número de riegos fue calculado en capítulo anterior (curvas); para cada mes como también para cada cultivo; con los Parámetros hectáreas y número de riegos para cada mes resulta fácil calcular una unidad que resulta práctica al elaborar planes de Riego, es la Hectárea-Riego,

que involucra precisamente el número de hectáreas regadas y los riegos aplicados.

Así, si a una superficie de 100 Ha. de determinado cultivo se le aplican 5 riegos, significa un total de:

$$100 \text{ Ha} \times 5 \text{ riegos} = 500 \text{ Ha-Riego}$$

Los cálculos para los cultivos patronos (maíz, tabaco, y pasto) en cada una de sus clases agrológicas se presentan en los cuadros:

Maíz cuadro No. 11

Tabaco cuadro No. 12

Pasto cuadro No. 13

12.- Lámina Bruta de Riego y Volúmenes A Derivar en la Captación

Si se acepta como expresión de capacidad de las obras hidráulicas del sistema para captar y conducir el agua hasta las parcelas, la denominada eficiencia de conducción - Efc, y como expresión de la capacidad de parcelero para satisfacer las demandas de agua de los cultivos, denominada eficiencia de aplicación Efa. puede entonces estimarse la lámina bruta de riego de un determinado período.

$$db = \frac{dn}{Efc.Efa}$$

db = lámina bruta

dn = lámina neta

Efc = Eficiencia de conducción

Efa = Eficiencia de aplicación o de riego

La lámina neta fue calculada al igual que las eficiencias de conducción como la eficiencia de aplicación para cada clase agrológica.

12.1 En base a las láminas brutas db, para cada mes y - las áreas a regar se calculan los volúmenes necesarios para cada cultivo.

Resultados se muestran en los cuadros:

Maíz = Cuadro No. 14

Tabaco = Cuadro No. 15

Pasto = Cuadro No. 16

13.- Caudal a Derivar.

El caudal a derivar puede expresarse según convenga en $Mt^3/Seg.$ $Lts./Seg.$, en parte anterior partiendo de la lámina bruta mensual requerida por los cultivos y el área de riego se calculó el volumen necesario mensual para cada cultivo, el valor total mensual en Mt^3 a derivar sería en consecuencia la suma de los volúmenes mensuales de los cultivos patrones: maíz, tabaco y pastos.

Como lo que interesa calcular es el caudal, éste resulta de la relación volumen en Mt^3 y el tiempo requerido para transportar lo expresado en segundos.

Para fines de cálculo se tomó el tiempo correspondiente a 8 horas de trabajo utilizadas para fines de riego en el día, de esta razón se tendrá que el tiempo total al mes expresado en segundos es de 86400.

El resumen de los volúmenes totales mensuales y los respectivos caudales se presentan en el cuadro No. 17.

14.- Predicción de la Disponibilidad de Agua

Los datos que contienen los registros hidrológicos de la estación Puente Orellana en la Aldea El Rancho, se representan en las curvas denominadas: Curva de Variación Estacional, y Curva de Duración.

14:1 La Curva de variación estacional (gráfica No. 4) - es una representación de la disponibilidad de un determinado recurso hídrico (caudales); en función del tiempo expresado en meses.

Se calcula por el procedimiento convencional (Amisial, - 1975).

Mediante aplicación de la teoría del cálculo de pro babilidades, a una muestra pequeña; y también la aplica- ción de la teoría de la curva normal a distribuciones no normales, se puede obtener el intervalo de confianza que corresponde a un determinado caudal.

Para fines de cálculo se tomó el promedio represen- tativo de seis años, correspondientes a registros hechos en la Estación Puente Orellana.

Para las muestras compuestas por los datos de regis- tros hidrológicos con que se cuenta en la estación, se - calculó el intervalo de confianza así:

$$IC = \bar{Q} \pm T S \bar{Sx}$$

donde:

IC = Intervalo de confianza

\bar{Q} = Caudal promedio de la muestra

T = Valor de t para la probabilidad $(1 - \alpha)$ y $(n - 1)$ grados de libertad, siendo n el número de términos de la muestra.

\bar{Sx} = El error standar del promedio \bar{Q} , de la muestra.

El error Standard \bar{Sx} se obtiene por:

$$\bar{Sx} = \frac{s}{n}$$

Donde S es la desviación Standard de la muestra; o sea

$$s = \sqrt{\frac{(Q - \bar{Q})^2}{n - 1}}$$

Asimismo t, se obtiene de tablas: Percentiles de la dis- tribución t de Student.

14.2 Curva de Duración de Caudales:

Son curvas de frecuencias acumuladas descendentes, que expresan en porcentaje del tiempo durante el cual un valor dado de caudal es igualado o excedido, se obtiene al hacer la curva que mejor se ajuste, en un plano cuyas

ordenadas son los límites inferiores de los intervalos - de caudal adoptados; y las abcisas el porcentaje acumulado del tiempo total durante el cual ocurren esos caudales. (Figura No. 5).

Utilización: Los datos hidrológicos, resumidos en una curva de duración pueden utilizarse para varios propósitos:

- a) Interpretar las características del régimen de un río y su comportamiento en cuanto a crecidas y caudal bajos.
- b) Obtener valores típicos de una corriente, tales como Caudal Medio.
- c) Para cálculo del volumen que se puede derivar de una corriente.
- d) Obtener los valores de caudal que puede esperarse - que sucedan por lo menos durante un porcentaje dado del tiempo.

Para el trazo de la curva de duración se tomarán datos del caudal en la estación Puente Orellana, de 6 años anotados, el procedimiento para el cálculo y trazo de la curva fue el método abreviado (Pellecer Meza 1968) /14/.

14.3 Capacidad de Derivación de la Obra de Captación

Las obras de captación están localizadas en la margen derecha, aguas abajo del río Motagua, en las inmediaciones de la Aldea El Rancho y a 780 Mts. agua arriba del Puente Orellana, sobre una curva natural del río en terreno firme.

Dichas obras son de captación lateral, el caudal que se capta es de $1m^3/Seg.$ por medio de 5 toberas espaciadas, este caudal en época de lluvia aumenta debido a la altura hidráulica con la que cuenta el Río en esa época del año. El canal de conducción primera parte tiene capacidad de $3 Mt^3/seg.$; esta dimensión obedece al propósito de poder

absorber el excedente de agua ($2 \text{ mt}^3/\text{seg.}$), en la época de máxima creciente, al final del tramo hay un vertedor de excesos que será capaz de desfogar nuevamente al río Motagua un gasto de $2 \text{ Mt}^3/\text{seg.}$ de tal manera que el resto del sistema funcione en toda época del año, a capacidad normal ($1 \text{ Mt}^3/\text{seg.}$).

15.- BASES RACIONALES PARA LA DISTRIBUCION
DE AGUA

La distribución de agua a los usuarios involucra directamente el buen funcionamiento de la red de canales y las estructuras del sistema: Manejo de Compuertas de tomagranjas, Estructuras Aforadoras, Cajas de Distribución, para con ello emprender una operación volumétrica, la cual permite entregar el agua de riego en la unidad de producción bajo un perfecto control, que permita además su medición de acuerdo al consumo.

La entrega de agua en cualquier Met. por medio de la operación volumétrica presenta ventajas, los beneficios directos que pueden derivarse de este sistema radican en la mayor eficiencia de aprovechamiento de los Recursos Agua y Suelo, al utilizar láminas más ajustadas a los requerimientos reales de los cultivos, puede obtenerse mayores rendimientos conduciéndonos a una mayor productividad, también mediante una adecuada aplicación del agua y su cuantificación evita el peligro de la salinización acelerada por incremento de los niveles freáticos y la pérdida de los nutrientes existentes en el suelo por el exceso de agua de escorrentía y percolación, provocando el lavado de los nutrientes hacia capas profundas, ríos, etc.

Se trata en consecuencia de distribuir el agua por cualquier método pero auxiliada por una operación volumétrica para obtener una mejor explotación de los Re-

cursos agua, suelo y planta.

Los principios de una operación volumétrica deben - de aplicarse a todo sistema, para lograr con el tiempo - un aprovechamiento mas racional de agua y suelo. Se trata de cambiar la mentalidad del usuario actual, consciente de ello en el presente trabajo se presentan curvas en las cuales se relacionan los caudales para ser aplicados, su respectiva abertura de compuerta y la carga con que se trabaja.

En cuanto a la carga efectiva, si se trata de un orificio libre, o sea el nivel de aguas abajo está por debajo del umbral del orificio, h (altura de carga) se mide desde el nivel aguas arriba hasta el centro de gravedad del orificio. Si el nivel aguas abajo es en cambio superior al dintel del orificio, se trata de un orificio sumergido, y por lo tanto h es la diferencia de nivel aguas arriba y aguas abajo.

15.1 Estructuras de Regulación:

a) Compuertas de tomagranjas:

los tomagranjas existentes en el distrito de riego El Rancho son de tipo circular, cuyos diámetros son de 4", 6" y 8", dichas tomagranjas fueron alibradas la calibración se basó en la abertura de la compuerta y la regulación de la altura de carga h , con lo cual se manejó el caudal, para mayor facilidad las compuertas se manejaron a $1/4$, $1/2$, $3/4$, y 1 de abertura, lográndose diferentes caudales para cada una de las alturas de carga hidráulica.

Los resultados se presentan en las gráficas 6, 7, 8.

b) Retenciones:

Las retenciones permiten ir formando las represas - necesarias sobre un lateral que se pone en funcionamiento a fin de alcanzar y estabilizar los tirantes

de agua a las tomas respectivas. Las retenciones utilizadas en el presente trabajo fueron de madera (aleros).

c) Caja principal de distribución:

La caja principal de distribución se encuentra en la estación 0+000 la forma es exagonal, ésta caja tiene tres compuertas, 2 de ellas permiten la entrada del agua, regulando la altura de carga con la cual se de see trabajar; la tercer compuerta regula el caudal - en el canal de conducción primera parte, por lo que se podrían calibrar por el método de la doble compuer ta para una operación volumétrica. Dadas las circunsta ncias en que se encontraban las compuertas (mal estado); únicamente la calibración de la doble compuer ta fue para una altura de carga, al igual que las tomagranjas la compuerta se maneja a 1/4, 1/2, 3/4, 1 de abertura, lográndose con ello cuatro diferentes - caudales para una altura de carga.

Los resultados se presentan en la gráfica No. 9

d) Escalas:

Este parámetro de medición de caudales resulta fácil su elaboración, la cual relaciona en una forma objetiva la altura o tirante y el caudal que por el canal pasa; para elaborar dichas escalas se aforaron - los canales a diferentes alturas o tirantes (vertical); dicha altura vertical se transformó a una escala modificada, tomando en cuenta el talud del canal; para el caso del canal principal primera parte del talud es 1:1; para realizar la transformación de la escala vertical a escala modificada basta con dividir la altura vertical por la tangente de 45°. Las curvas que relacionan caudal y altura modificada se adjuntan en el dibujo No. 10.

Es común la entrega de acuerdo a un programa rígido,

basadas en calendarios de entrega fijos. Uno de los elementos básicos de principios y práctica de riego para confeccionar un Plan de Distribución de agua es la duración del riego.

15.2 Duración o Tiempo de Riego:

La penetración del agua en el suelo es función principal de las características físicas del suelo, como lo es la velocidad de infiltración del agua, esta velocidad está en función de la humedad del suelo, cobertura, altura de carga, composición del suelo, temperatura.

Para calcular el tiempo de riego fue necesario calcular la velocidad de infiltración; para lo cual el trabajo de campo consistió: a los puntos elegidos en cada clase agrológica se les tomó la infiltración mediante la utilización de infiltrómetros de anillo, a cada punto elegido se anotaron tres diferentes infiltraciones, los tres datos fueron promediados lográndose con ello un valor con mayor validez.

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

La lámina de agua infiltrada en función del tiempo puede ser expresada por la ecuación:

$$I \text{ cum} = AT^B$$

I cum = Infiltración acumulada en Cms.

T = Tiempo en minutos.

B = Pendiente de la recta

Los resultados obtenidos en las 2 clases agrológicas se muestran en el cuadro No.19.

El tiempo para aplicar una determinada lámina neta, dn ($dn = I_{cum}$) se obtiene la duración o tiempo de riego Tr :

$$Tr = \left(\frac{dn}{A} \right)^{1/B}$$

Tr = Tiempo de riego en minutos

dn = Lámina neta en Cms.

A y B = Constantes

Los valores del intersepto U ordenada en el origen al igual que la pendiente se obtuvieron de un promedio de los diferentes puntos muestreados de donde:

$$\text{Clase Agrológica I} = I_{cum} = 0.7T^{0.54}$$

$$\text{Clase Agrológica II} = I_{cum} = 0.65T^{0.52}$$

Los resultados de los diferentes tiempos de riego se presentan en el cuadro No. 20.

En el riego por superficie, se requiere de un determinado lapso para mojar el suelo, durante el cual el agua escurre por sobre el terreno hasta el final de la parcela. La relación entre el tiempo de riego, Tr y el tiempo de mojado Tm será en consecuencia:

$$R = Tr/Tm$$

El tiempo de mojado, Tm , depende de un número elevado de variables, entre las cuales cabe mencionar el caudal a aplicar, la aspereza de la superficie sobre la cual el agua escurre, la velocidad de infiltración del suelo, la pendiente, etc.

Para fines prácticos se toma el valor de $R = 4$ Grassi 1976 /6/, de esta razón resulta que el tiempo de mojado será la cuarta parte del tiempo de riego Tr , en consecuencia el tiempo total requerido para el riego de una parcela será la suma de tiempo de riego y tiempo de mojado. Cuadro No. 21.

CAPITULO TERCERO

R E S U L T A D O S

CUADRO No. 1

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO

PUNTO	CLASE AGROLOGICA	DENSIDAD* APARENTE	CAPACIDAD DE CAMPO % Wc*	PUNTO DE Wp* MARCHITEZ %	LAMINA RETENIDA
1	I	0.964	37.61	19.03	14.33
2	I	1.267	24.02	13.59	10.56
3	I	1.459	13.05	7.73	6.20
4	I	1.281	22.77	13.14	9.86
5	II	1.313	30.14	18.75	11.95
6	I	1.162	20.18	9.60	9.83
7	II	1.255	25.12	13.956	11.030
PROMEDIO PONDERADO A LO LARGO DEL PERFIL ESTUDIADO					

CUADRO No. 2

DEMANDA NETA DE RIEGO PARA EL CULTIVO DEL MAIZ

MES	USO CON- SUNTIVO	PRECIPITA- CION EFEC- TIVA	DIFERENCIA	EVAPOTRANS- PIRACION REAL	CAMBIO DE ALMACENAJE	DEMANDA NE- TA DE RIE- GO	LAMINA RETENIDA	EXCESOS
ENERO	88.59	0	-88.59	0	0	88.59	0	0
FEBRERO	85.64	0	-85.64	0	0	85.64	0	0
MARZO*	52.34	0	-52.34	0	0	52.34	0	0
ABRIL	103.81	3	-100.81	0	0	100.81	0	0
MAYO	57.43	49	-8.43	0	0	8.43	0	0
JUNIO*	30.57	81.7	+51.13	30.57	51.13	0	51.13	0
JULIO	58.21	66.5	+ 8.29	58.21	8.29	0	59.42	0
AGOSTO	54.22	37	-17.22	54.22	17.22	0	42.20	0
SEPTIEM- BRE *	29.69	83.8	+54.11	29.69	54.11	0	96.31	0
OCTUBRE	55.42	86	+29.58	56.42	29.58	0	101.50	24.39
NOVIEMBRE	80.53	0	-80.53	80.53	80.53	0	80.97	0
DICIEMBRE	53.95	0	-53.95	20.97	20.97	32.98	0	0

* Inicio Ciclo

Fuente: Estadísticas Agrícolas Ministerio de Agricultura

CUADRO No. 3

DEMANDA NETA DE RIEGO PARA TABACO

MES	USO CON- SUNTIVO	PRECIPITA- CION EFEC- TIVA	DIFERENCIA	EVAPOTRANS- PIRACION REAL	CAMBIO DE ALMACENAJE	DEMANDA NETA DE RIEGO	LAMINA RETENIDA	EXCESOS
ENERO	103.75	0	-103.75	0	0	103.75	0	0
FEBRERO		0						
MARZO	No Hay	0						
ABRIL	Cultivo	3						
MAYO		49						
JUNIO		81.7						
JULIO		66.5						
AGOSTO*	53.95	37	-16.95					
SEPTIEMBRE	82.51	83.8	+1.29	82.51	1.29	0	1.29	0
OCTUBRE	66.50	86	+19.50	66.50	19.50	0	20.79	0
NOVIEMBRE*	81.98	0	-81.98	0	20.79	61.19	0	0
DICIEMBRE	121.54	0	-121.54	0	0	121.54	0	0

* Inicio del ciclo

Fuente: Estadísticas Agrícolas, Ministerio de Agricultura

Cuadro No. 4

DEMANDA NETA DE RIEGO PARA PASTOS

MES	USO CON- SUNTIVO	PRECIPITA- CION EFEC- TIVA	DIFERENCIA	EVAPOTRANS- PIRACION REAL	CAMBIO DE ALMACENAJE	DEMANDA NE- TA DE RIE- go	LAMINA RETENIDA	EXCESOS
ENERO	67.06	0	-67.06	0	0	67.06	0	0
FEBRERO	88.12	0	-88.12	0	0	38.12	0	0
MARZO	117.34	0	-117.34	0	0	117.34	0	0
ABRIL	135.51	3	-132.51	0	0	132.51	0	0
MAYO	83.85	49	-34.85	0	0	34.85	0	0
JUNIO	83.47	81.7	-1.77	0	0	1.77	0	0
JULIO	81.64	66.5	-15.14	0	0	15.14	0	0
AGOSTO	80.32	37	-43.32	0	0	43.32	0	0
SEPTIEMBRE	78.14	83.8	+5.66	78.14	5.66	0	5.66	0
OCTUBRE	71.82	86	+14.18	71.82	14.18	0	19.84	0
NOVIEMBRE	90.99	0	-90.99	19.84	19.84	71.15	0	0
DICIEMBRE	81.08	0	-81.08	0	0	81.08	0	0

CUADRO No. 5

LAMINAS NETAS PARA MAIZ

Lámina Neta = Lámina disponible X Umbral de Riego

MES	CLASE AGROLOGICA I			CLASE AGROLOGICA II		
	LAMINA DISPO NIBLE EN SUE LO	UMBRAL RIEGO	LAMINA NETA	LAMINA DISP. SUELO Cms.	UMBRAL RIEGO	LAMINA NETA
ENERO	9.576	0.59	5.65	8.064	0.59	4.76
FEBRERO	10.64	0.59	6.27	8.96	0.59	5.27
MARZO *	4.256	0.62	2.64	3.584	0.62	2.22
ABRIL	9.576	0.58	5.55	8.064	0.58	4.68
MAYO	10.64	0.62	6.60	8.96	0.62	5.56
JUNIO*	4.256	0.64	2.72	3.584	0.64	2.29
JULIO	9.576	0.62	5.94	8.064	0.62	5.00
AGOSTO	10.64	0.62	6.60	8.96	0.62	5.56
SEPTIEMBRE	4.256	0.64	2.72	3.584	0.64	2.29
OCTUBRE	9.576	0.62	5.94	8.064	0.62	5.00
NOVIEMBRE	10.64	0.60	6.38	8.96	0.60	5.38
DICIEMBRE*	4.256	0.63	2.68	3.584	0.63	2.26

* Siembra Inicio del ciclo.

CUADRO No. 6

LAMINAS NETAS PARA TABACO

(Lámina Neta = Lámina Disponible X Umbral de Riego)

MES	CLASE AGROLOGICA I			CLASE AGROLOGICA II		
	LAMINA DISPO NIBLE EN SUE lo	UMBRAL DE RIEGO	LAMINA NETA	LAMINA DISP. SUELO Cms.	UMBRAL RIEGO	LAMINA Neta Cms.
ENERO	10.64	0.46	4.89	8.96	0.46	4.12
AGOSTO*	4.256	0.50	2.13	3.584	0.50	1.79
SEPTIEMBRE	9.576	0.48	4.60	8.064	0.48	3.87
OCTUBRE	10.64	0.49	5.21	8.96	0.49	4.39
NOVIEMBRE*	4.256	0.48	2.09	3.584	0.48	1.72
DICIEMBRE	9.576	0.45	4.31	8.064	0.45	3.63

* Siembra definitiva en el campo.

Cuadro No. 7
LAMINAS NETAS PARA PASTOS
(Lámina Neta = Lámina disponible X Umbral de Riego)

MES	CLASE AGROLOGICA I			CLASE AGROLOGICA II		
	LAMINA DISPO NIBLE EN EL SUELO	UMBRAL DE RIEGO	LAMINA NETA Cms.	LAMINA DISPO NIBLE EN EL SUELO	UMBRAL DE RIEGO	LAMINA NETA Cms.
ENERO	13.30	0.69	9.18	12.20	0.69	8.42
FEBRERO	13.30	0.66	8.79	12.20	0.66	8.05
MARZO	13.30	0.63	8.38	12.20	0.63	7.69
ABRIL	13.30	0.62	8.25	12.20	0.62	7.56
MAYO	13.30	0.67	8.91	12.20	0.67	8.17
JUNIO	13.30	0.67	8.91	12.20	0.67	8.17
JULIO	13.30	0.67	8.91	12.20	0.67	8.17
AGOSTO	13.30	0.68	9.04	12.20	0.68	8.30
SEPTIEMBRE	13.30	0.68	9.04	12.20	0.68	8.30
OCTUBRE	13.30	0.69	9.18	12.20	0.69	8.42
NOVIEMBRE	13.30	0.67	8.91	12.20	0.67	8.17
DICIEMBRE	13.30	0.68	9.04	12.20	0.68	8.30

Cuadro No. 8

FRECUENCIA Y NUMERO DE RIEGOS PARA MAIZ

CLASE AGROLOGICA I		CLASE AGROLOGICA II	
ORDEN DEL RIEGO	INTERVALO EN TRE RIEGOS	ORDEN DEL RIEGO	INTERVALO EN-TRE RIEGOS
1	15	1	12
2	18	2	15
3	19	3	15
4	20	4	18
5	21	5	18
6	13	6	18
7	17	7	12
8	16	8	15
9	20	9	12
10		10	12
		11	

Cuadro No. 9

FRECUENCIA Y NUMERO DE RIEGOS PARA TABACO

CLASE AGROLOGICA I		CLASE AGROLOGICA II	
ORDEN DEL RIEGO	INTERVALO EN TRE RIEGOS	ORDEN DEL RIEGO	INTERVALO EN TRE RIEGOS
1	4	1	3
2	4	2	3
3	4	3	4
4	4	4	4
5	10	5	9
6	11	6	9
7	12	7	9
8	13	8	12
9	10	9	12
		10	

Cuadro No. 10

FRECUENCIA Y NUMERO DE RIEGOS PARA PASTOS

CLASE AGROLOGICA I

ORDEN DEL RIEGO

INTERVALO ENTRE RIEGOS

1	
2	37
3	38
4	25
5	21
6	20
7	38

Cuadro No. 11

HA - RIEGO PARA MAIZ EN CLASE AGROLOGICA I

MES	AREA POR REGAR	RIEGOS No.	HA - RIEGO
NOVIEMBRE	19.24	1.3	25.01
DICIEMBRE	23.88	1.7	40.59
ENERO	86.13	1.6	137.80
FEBRERO	197.24	1.4	276.14
MARZO	247.27	2.0	494.54
ABRIL	245.79	1.8	442.42
MAYO	185.65	0.13	24.13

HA - RIEGO PARA MAIZ EN CLASE AGROLOGICA II

MES	AREA POR REGAR	RIEGOS No.	HA - RIEGO
NOVIEMBRE	8.35	1.5	12.53
DICIEMBRE	10.36	2.0	20.72
ENERO	37.38	1.9	71.02
FEBRERO	85.62	1.6	136.99
MARZO	107.33	2.4	257.59
ABRIL	106.69	2.2	234.22
MAYO	80.59	0.15	12.08

CUADRO No. 12

HA - RIEGO PARA TABACO EN CLASE AGROLOGICA I

MES	AREA POR REGAR	RIEGOS No.	HA - RIEGO
NOVIEMBRE	303.38	4.01	1216.55
DICIEMBRE	250.99	2.81	705.28
ENERO	73.99	2.12	156.86

HA - RIEGO PARA TABACO EN CLASE AGROLOGICA II

MES	AREA POR REGAR	RIEGOS No.	HA - RIEGO
NOVIEMBRE	132.39	4.76	630.17
DICIEMBRE	109.53	3.34	365.83
ENERO	132.29	2.51	81.04

Cuadro No. 13
HA - RIEGO PARA PASTO EN CLASE AGROLOGICA I

MES	AREA POR REGAP	RIEGOS No.	HA - RIEGO
NOVIEMBRE	54.28	1.02	55.36
DICIEMBRE	54.28	0.88	47.76
ENERO	54.64	0.70	38.24
FEBRERO	54.64	1.00	54.64
MARZO	54.64	1.44	78.68
ABRIL	54.64	1.60	87.42
MAYO	56.64	0.39	22.08
JUNIO	56.24	0.02	1.12
JULIO	56.64	0.22	12.46
AGOSTO	52.18	0.47	24.52

Cuadro No. 14

LAMINAS BRUTAS DE RIEGO Y VOLUMENES NECESARIOS PARA MAIZ
A DERIVAR EN LA CAPTACION

MES	CLASE AGROLOGICA I			CLASE AGROLOGICA II		
	LAMINA* BRUTA mm	AREA A REGAR ha	VOLUMEN	LAMINA ** BRUTA	AREA A REGAR ha	VOLUMEN Mt. 3
NOVIEMBRE	158.01	19.24	30401.12	125.33	8.35	10456.71
DICIEMBRE	66.37	23.88	15849.16	52.65	10.36	5454.54
ENERO	139.94	86.13	120530.32	110.89	37.38	41450.68
FEBRERO	155.29	197.24	306293.99	122.77	85.62	10511.57
MARZO	65.38	242.22	161992.02	51.92	107.33	55511.08
ABRIL	137.46	245.79	237862.93	109.02	106.69	116313.43
MAYO	163.47	185.65	303482.05	129.52	80.59	104380.16

*Eficiencia de Aplicación de Agua (EFA) = 47.5 ** Eficiencia de Aplicación de Agua (EFA) = 50.5%
Eficiencia de Conducción (EFC) = 85% Eficiencia de Conducción (EFC) = 85%

Lámina Bruta = Lámina Neta/EFA. EFC

Cuadro No. 15

LAMINAS BRUTAS DE RIEGO Y VOLUMENES NECESARIOS PARA TABACO
A DERIVAR EN LA CAPTACION

MES	CLASE AGROLOGICA I			CLASE AGROLOGICA II		
	LAMINA * BRUTA mm.	AREA A REGAR ha	VOLUMEN	LAMINA BRUTA**	AREA A REGAR ha	VOLUMEN Mt ³
NOVIEMBRE	50.52	303.38	153267.57	40.06	132.39	53035.43
DICIEMBRE	106.74	250.99	267906.72	84.56	109.53	92618.57
ENERO	121.11	73.99	89609.29	95.98	32.29	30991.94

*Eficiencia de Aplicación de Agua (EFA) = 47.5%

Eficiencia de Conducción (EFC) = 85%

**Eficiencia de Aplicación de Agua (EFA) = 50.5

Eficiencia de Conducción (EFC) = 85%

$$\text{Lámina Bruta} = \frac{\text{Lámina Neta}}{\text{EFA} \times \text{EFC}}$$

Cuadro No. 16

LAMINAS BRUTAS DE RIEGO Y VOLUMENES NECESARIOS PARA PASTOS
A DERIVAR EN LA CAPTACION

CLASE AGROLOGICA I

MES	LAMINA BRUTA* mm.	AREA A REGAR ha	VOLUMEN Mt ³
NOVIEMBRE	220.68	54.28	119785.10
DICIEMBRE	223.90	54.28	121532.92
ENERO	227.37	54.64	124234.96
FEBRERO	217.70	54.64	118951.28
MARZO	207.55	54.64	113405.32
ABRIL	204.33	54.64	111645.91
MAYO	220.68	56.64	124993.15
JUNIO	220.68	56.24	124110.43
JULIO	220.68	56.64	124993.15
AGOSTO	223.90	52.18	116831.02

*Eficiencia de Aplicación de Agua (EFA) 47.5%

*Eficiencia de Conducción (EFC) 85%

$$*L\acute{a}mina\ Bruta = \frac{L\acute{a}mina\ Neta}{EFA \times EFC}$$

CUADRO No. 17

RESUMEN DE LOS VOLUMENES Y CAUDALES TOTALES A DERIVAR.

MES	VOLUMEN Mt ³	CAUDAL Mt ³ /Seg.
NOVIEMBRE	366945.93	0.425
DICIEMBRE	503361.91	0.583
ENERO	406816.87	0.471
FEBRERO	435756.84	0.504
MARZO	330908.42	0.383
ABRIL	565822.27	0.655
MAYO	532855.36	0.617
JUNIO	124110.43	0.144
JULIO	124993.15	0.145
AGOSTO	116831.02	0.135

Caudal = Volumen/tiempo

Volumen = Mt.³

Tiempo = Segundos

CUADRO No. 18

BALANCE POSITIVO O NEGATIVO PARA SATISFACER LAS DEMANDAS
AGUA EN EL SISTEMA

MES	CAUDAL DE CON- DUCCION * Mt ³ /Seg.	CAUDAL A DE- RIVAR SEGUN NECESIDADES DE LOS CUL- TIVOS. Mt ³ /Seg.	BALANCE Mt ³ /Seg.
NOVIEMBRE	I	0.425	+ 0.575
DICIEMBRE	I	0.583	+ 0.417
ENERO	I	0.471	+ 0.529
FEBRERO	I	0.504	+ 0.496
MARZO	I	0.383	+ 0.617
ABRIL	I	0.655	+ 0.345
MAYO	I	0.617	+ 0.383
JUNIO	I	0.144	+ 0.856
JULIO	I	0.145	+ 0.855
AGOSTO	I	0.135	+ 0.865

* Capacidad de Conducción del canal principal.

CUADRO No. 19

ECUACION DE INFILTRACION ACUMULADA

PUNTO	CLASE AGROLOGICA	
1	I	$I \text{ cum} = 0.63 T^{0.62}$
2	I	$I \text{ cum} = 0.76 T^{0.32}$
3	I	$I \text{ cum} = 0.75 T^{0.61}$
4	I	$I \text{ cum} = 0.25 T^{0.56}$
5	II	$I \text{ cum} = 0.8 T^{0.45}$
6	I	$I \text{ cum} = 1.12 T^{0.57}$
7	II	$I \text{ cum} = 0.51 T^{0.60}$

CUADRO No. 20
TIEMPO DE RIEGO EN HORAS

MES	MAIZ		PASTO		TABACO	
	CLASE AGROLO- GICA I	CLASE AGROLO- GICA II	CLASE AGROLO- GICA I	CLASE AGROLO- GICA II	CLASE AGROLO- GICA I	CLASE AGROLO- GICA II.
ENERO	0.80	0.76	1.95	2.29	0.61	0.58
FEBRERO	0.97	0.95	1.80	2.10		
MARZO	0.19*	0.18*	1.65	1.93		
ABRIL	0.77	0.74	1.61	1.87		
MAYO	1.06	1.07	1.85	2.17		
JUNIO	0.21*	0.19*	1.85	2.17		
JULIO	0.87	0.84	1.85	2.17		
AGOSTO	1.06	1.03	1.90	2.23	0.13*	0.12*
SEPTIEMBRE	0.21*	0.19*	1.90	2.23	0.54	0.52
OCTUBRE	0.87	0.84	1.95	2.30	0.68	0.66
NOVIEMBRE	1.00	0.97	1.85	2.17	0.12*	0.11*
DICIEMBRE	0.20	0.18	1.90	2.23	0.55	0.46

* Inicio del ciclo

CUADRO No. 21

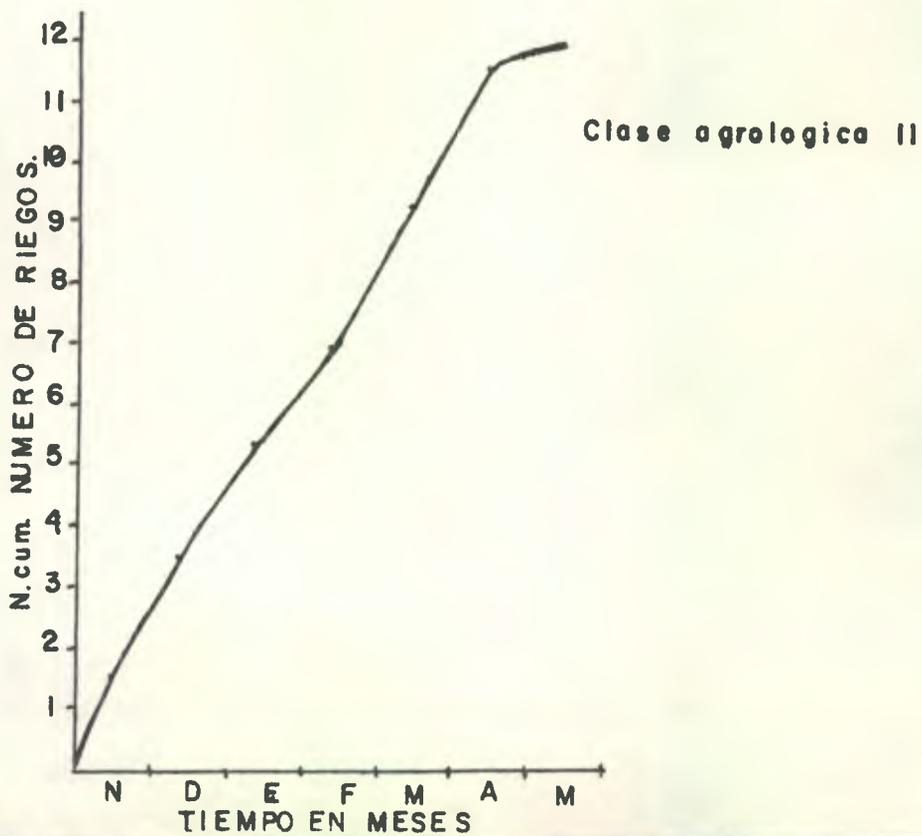
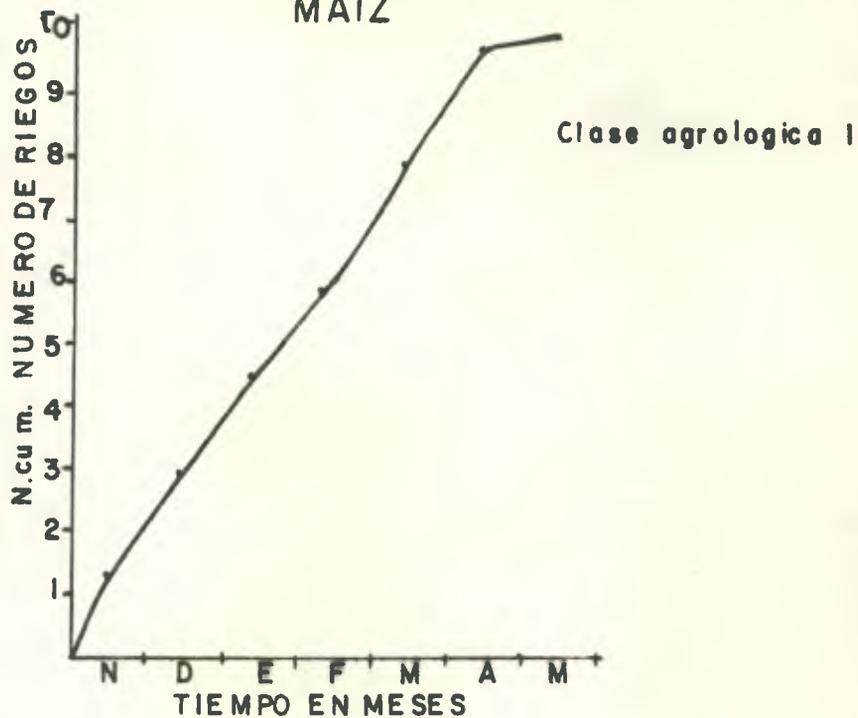
TIEMPO TOTAL DE RIEGO

(Tiempo total = tiempo riego + tiempo mojado)

MES	MAIZ		PASTO		TABACO	
	CLASE AGROLO- GICA I	CLASE AGROLO- GICA II	CLASE AGROLO- GICA I	CLASE AGROLO- GICA II	CLASE AGROLO- GICA I	CLASE AGROLO- GICA II
ENERO	1.0	0.95	2.44	2.86	0.76	0.73
FEBRERO	1.21	1.16	2.25	2.62		
MARZO	0.23	0.23	2.06	2.41		
ABRIL	0.96	0.93	2.01	2.33		
MAYO	1.33	1.34	2.31	2.71		
JUNIO	0.26	0.24	2.31	2.71		
JULIO	1.08	1.05	2.31	2.71		
AGOSTO	1.33	1.29	2.38	2.79	0.16	0.15
SEPTIEMBRE	0.26	0.24	2.38	2.79	0.68	0.65
OCTUBRE	1.08	1.05	2.43	2.88	0.85	0.83
NOVIEMBRE	1.25	1.21	2.31	2.71	0.15	0.14
DICIEMBRE	0.25	0.23	2.38	2.79	0.69	0.58

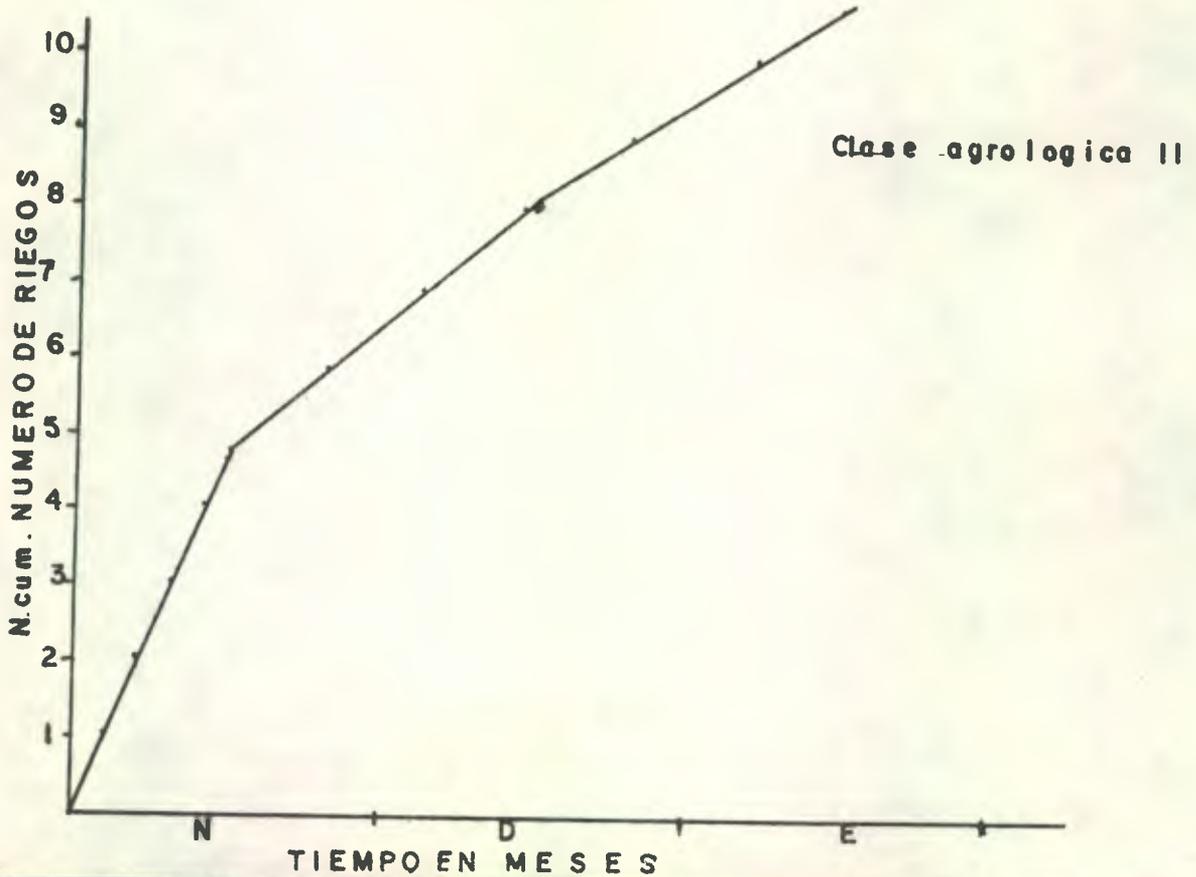
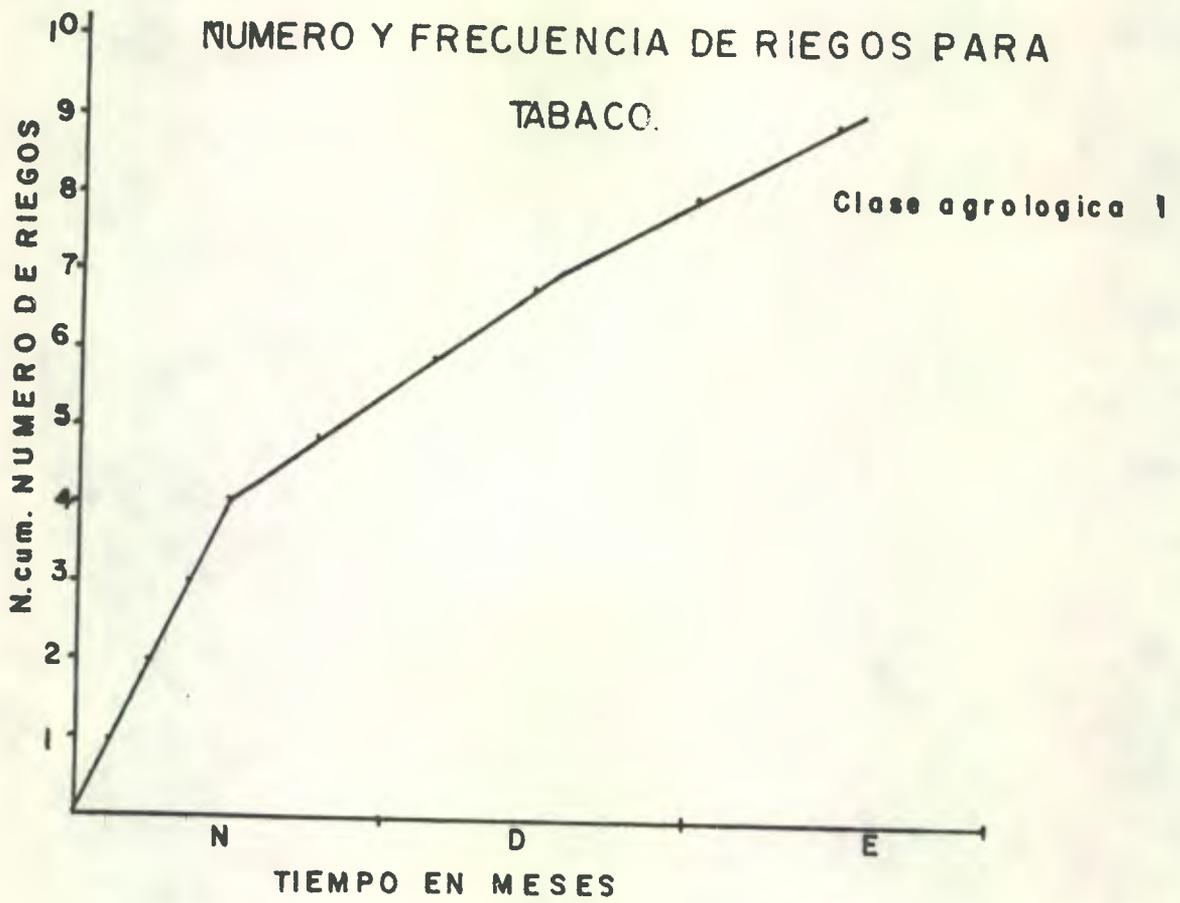
GRAFICA no. 1

NUMERO Y FRECUENCIA DE RIEGOS PARA MAIZ



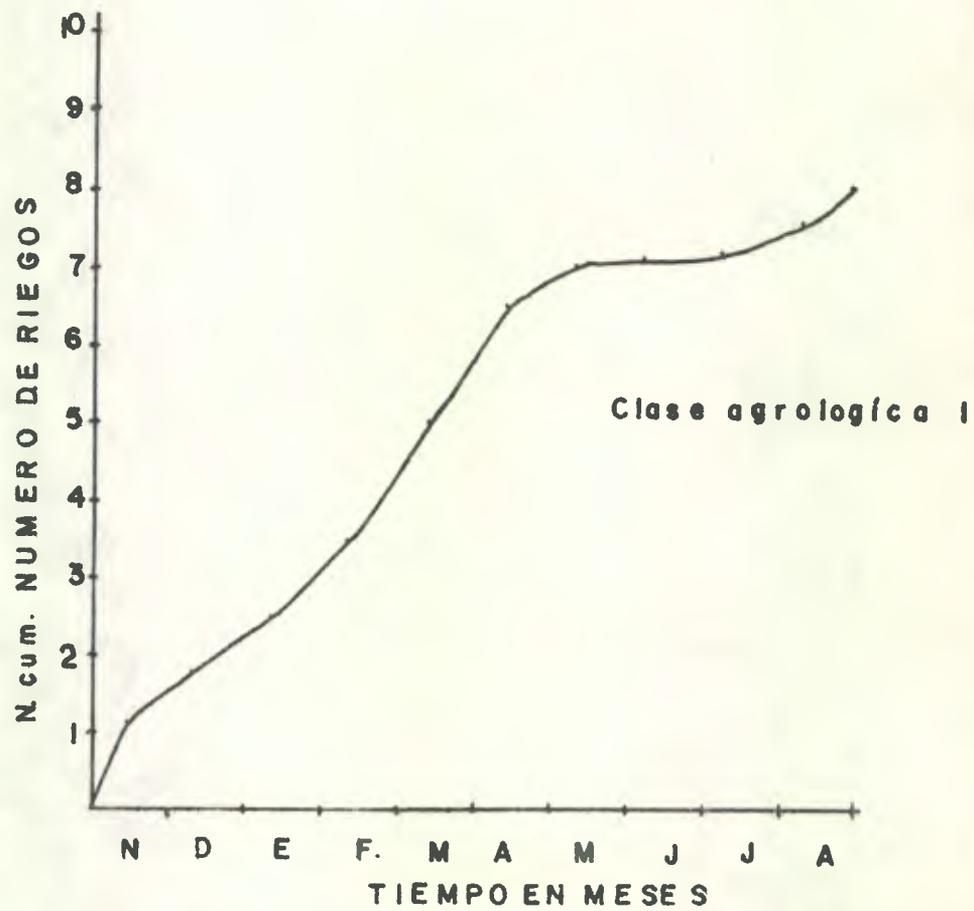
GRAFICA no.2

NUMERO Y FRECUENCIA DE RIEGOS PARA
TABACO.



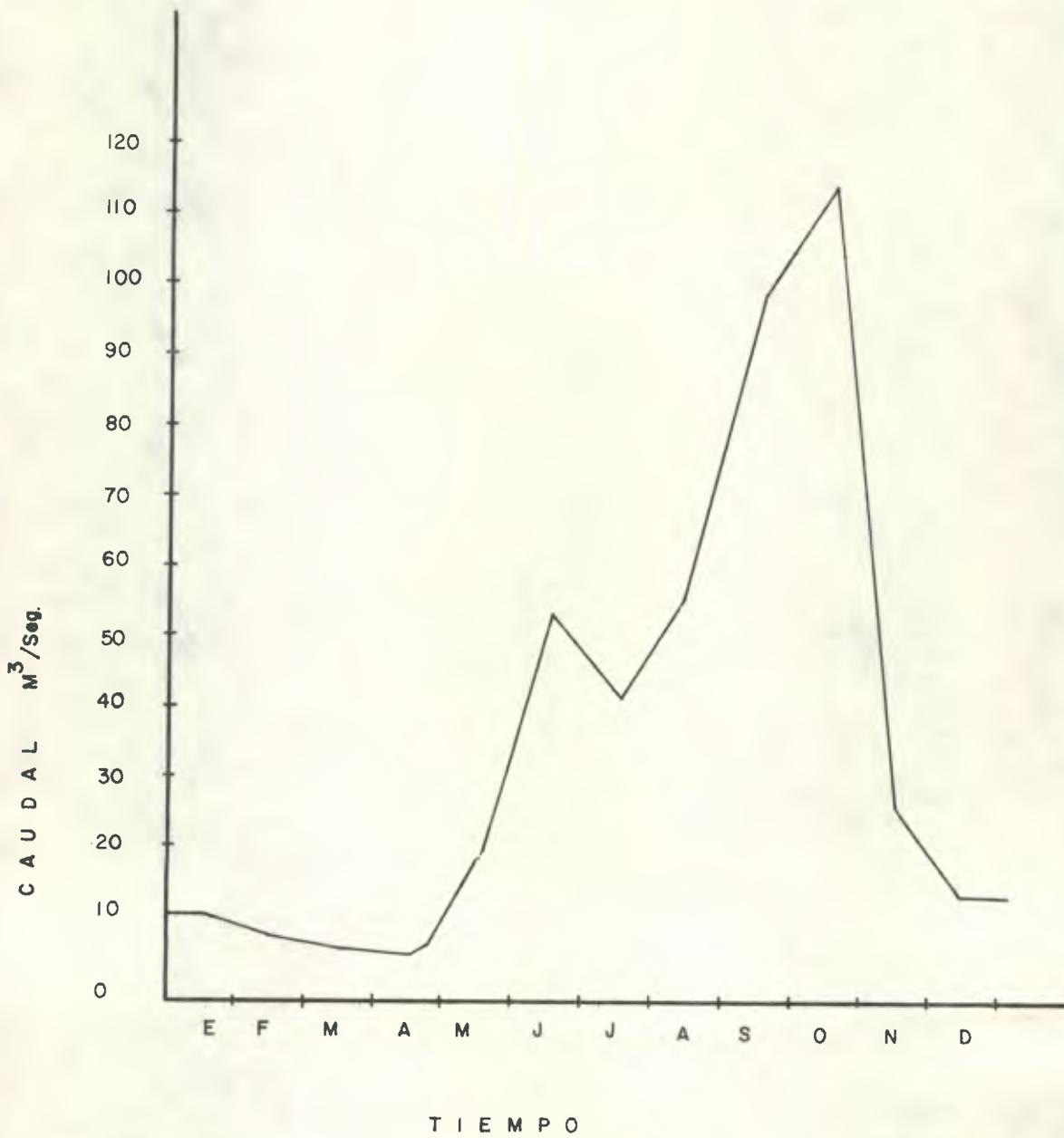
GRAFICA no. 3

NUMERO Y FRECUENCIA DE RIEGOS
PARA PASTOS.



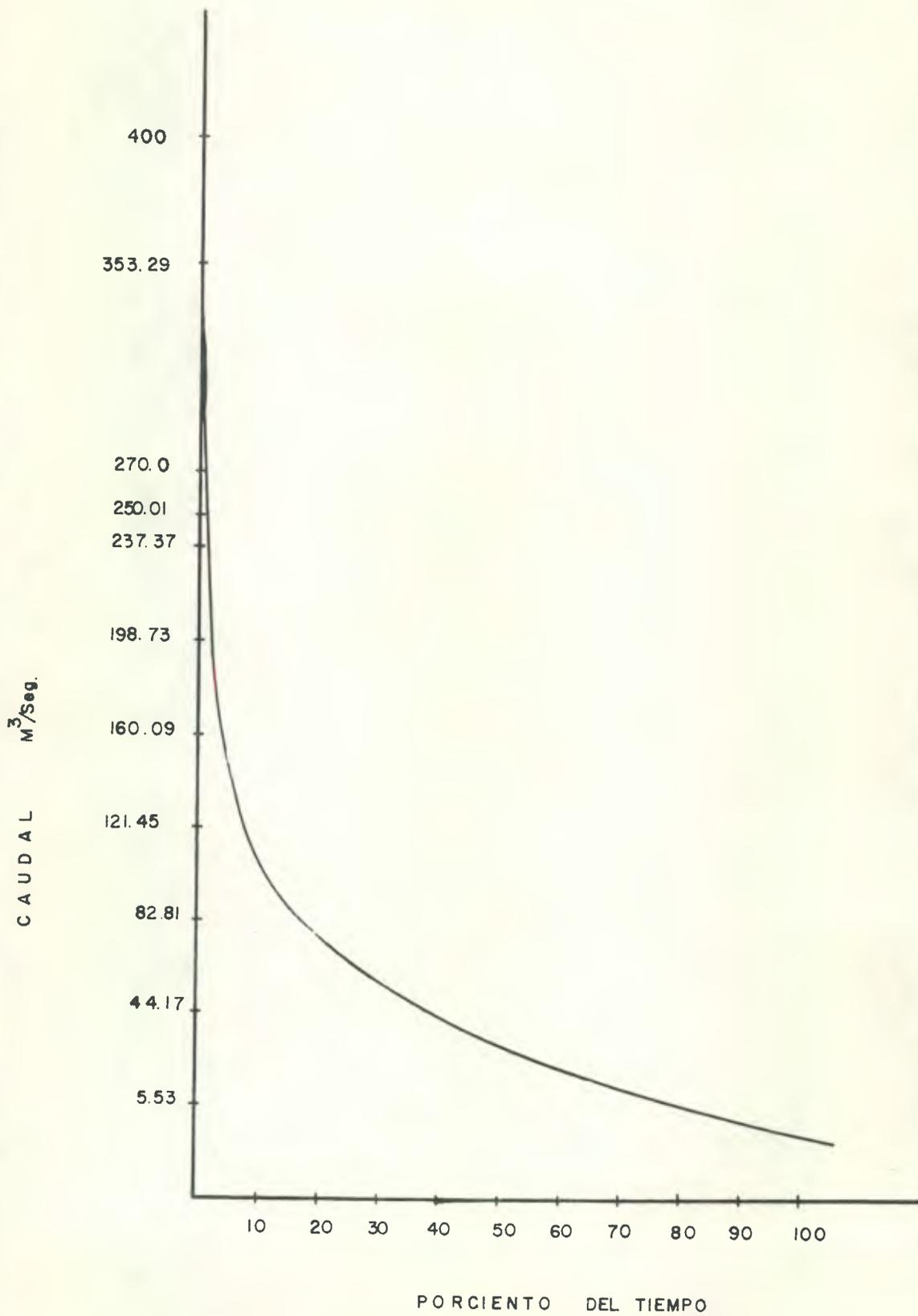
GRAFICA No.4

CURVA DE VARIACION ESTACIONAL ESTACION PUENTE ORELLANA

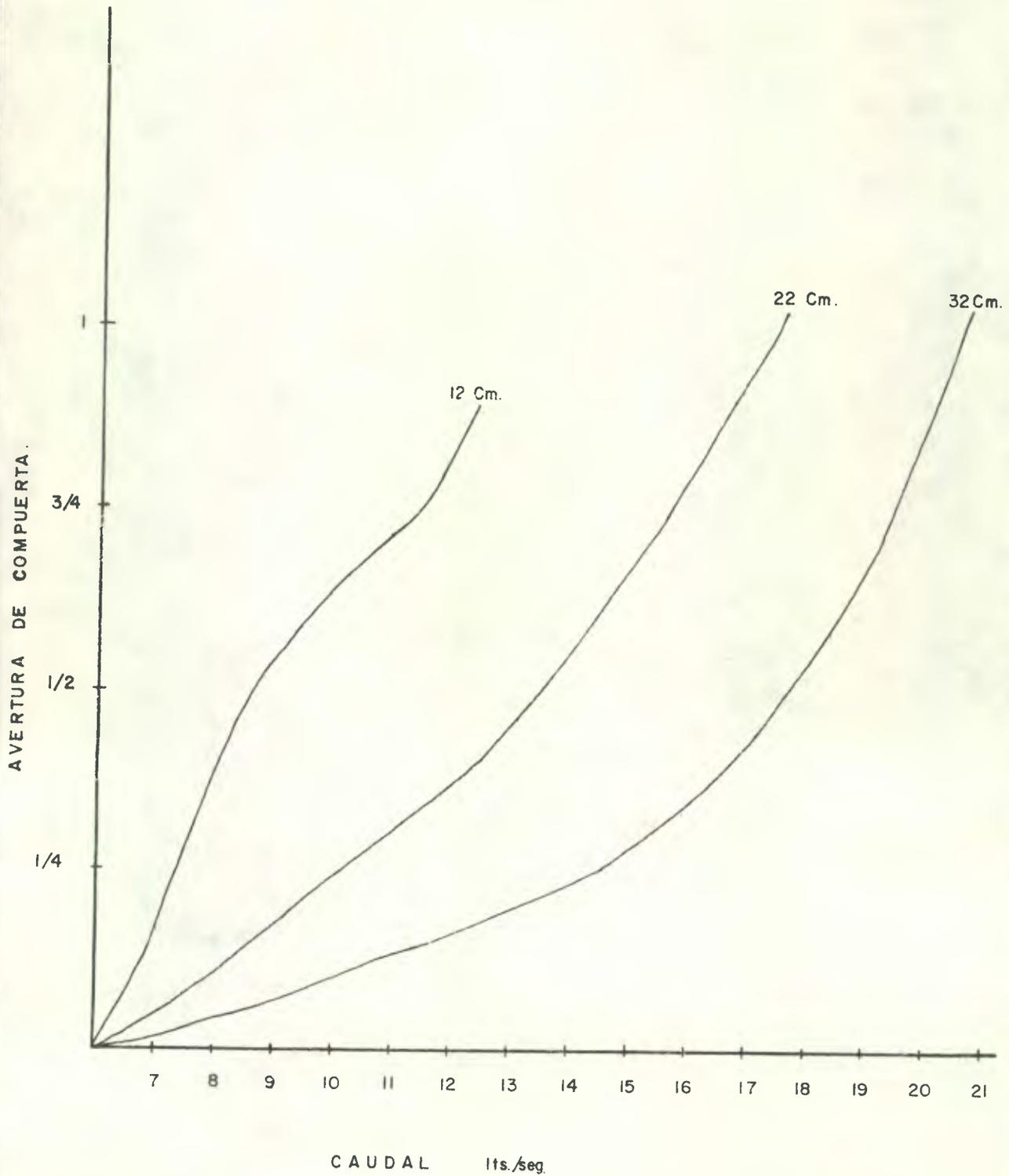


GRAFICA No 5

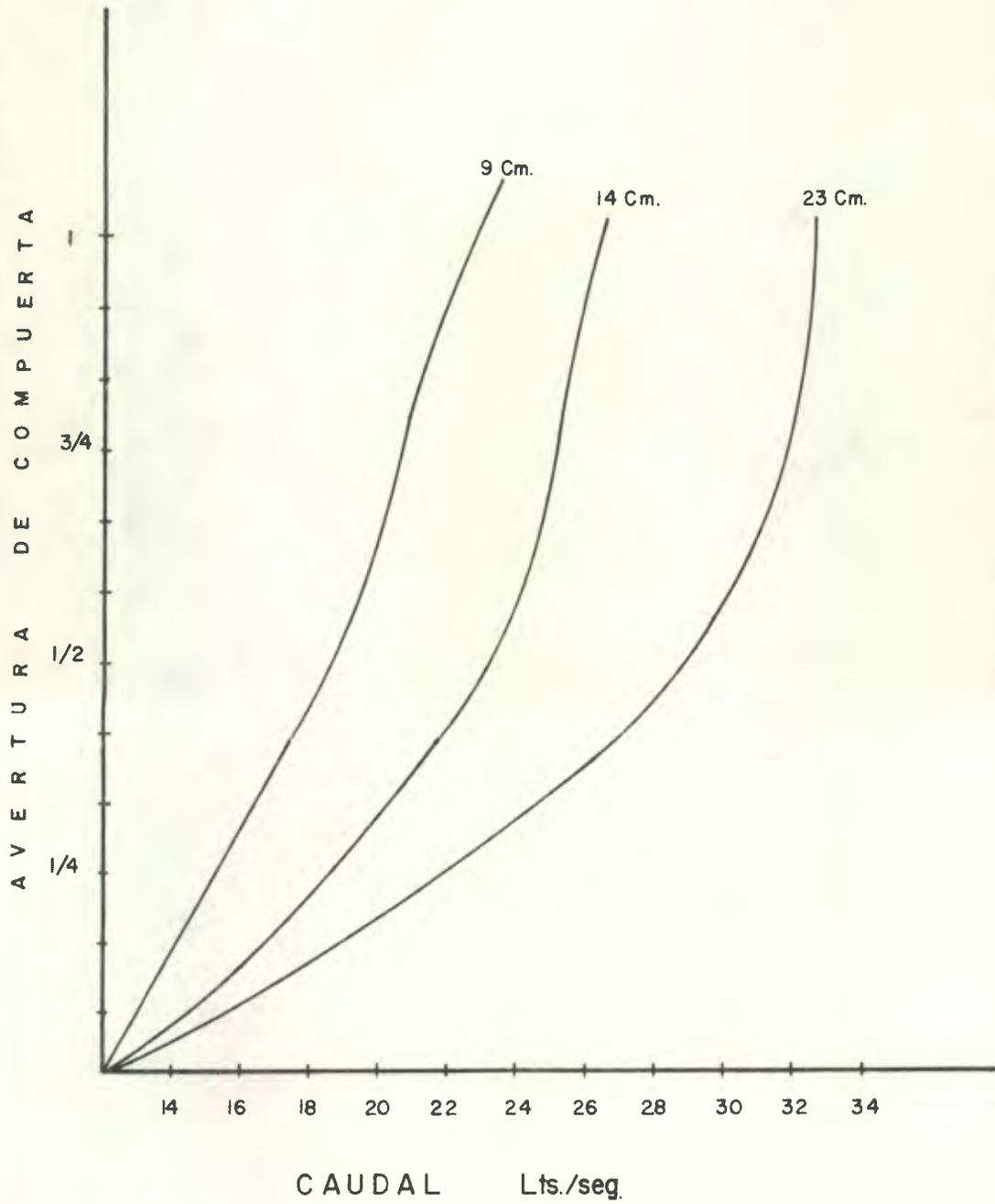
CURVA DE DURACION DE CAUDALES ESTACION PUENTE ORELLANA
RIO MOTAGUA



GRAFICA No. 6
CALIBRACION TOMAGRANJA ϕ 4" CON 3 CARGAS DIFERENTES

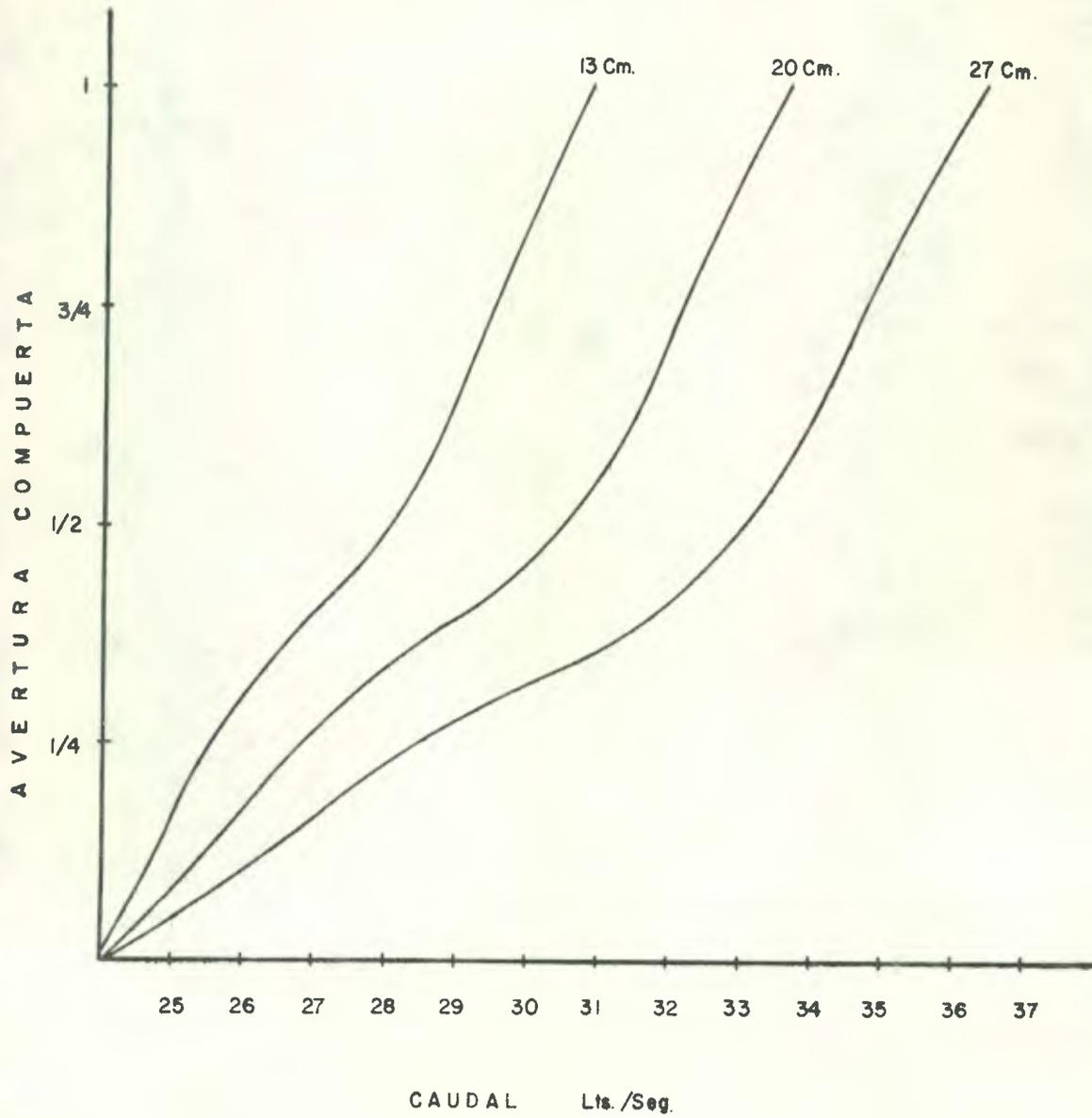


GRAFICA No. 7
CALIBRACION DE TOMAGRANJA Ø 6" CON 3 CARGAS DIF.



GRAFICA No. 8

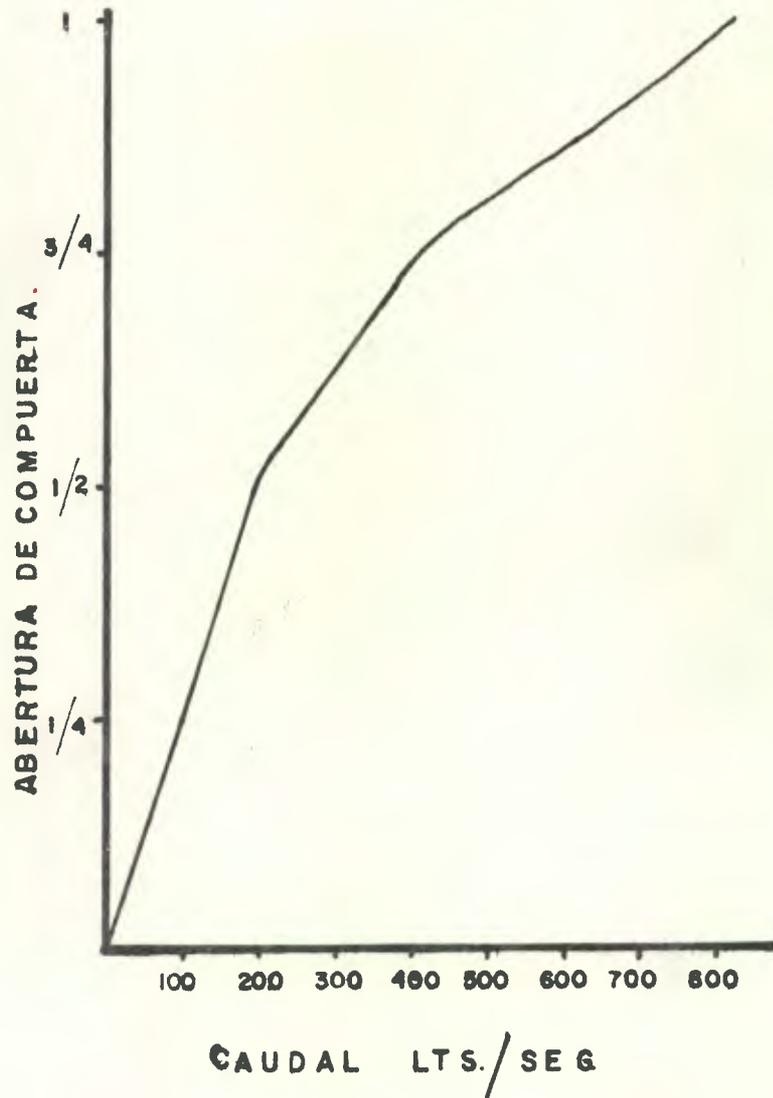
CALIBRACION DE TOMAGRANJA $\phi 8''$ CON 3 CARGAS DIFERENTES.



GRAFICA no. 9

CALIBRACION DE LA DOBLE
COMPUERTA

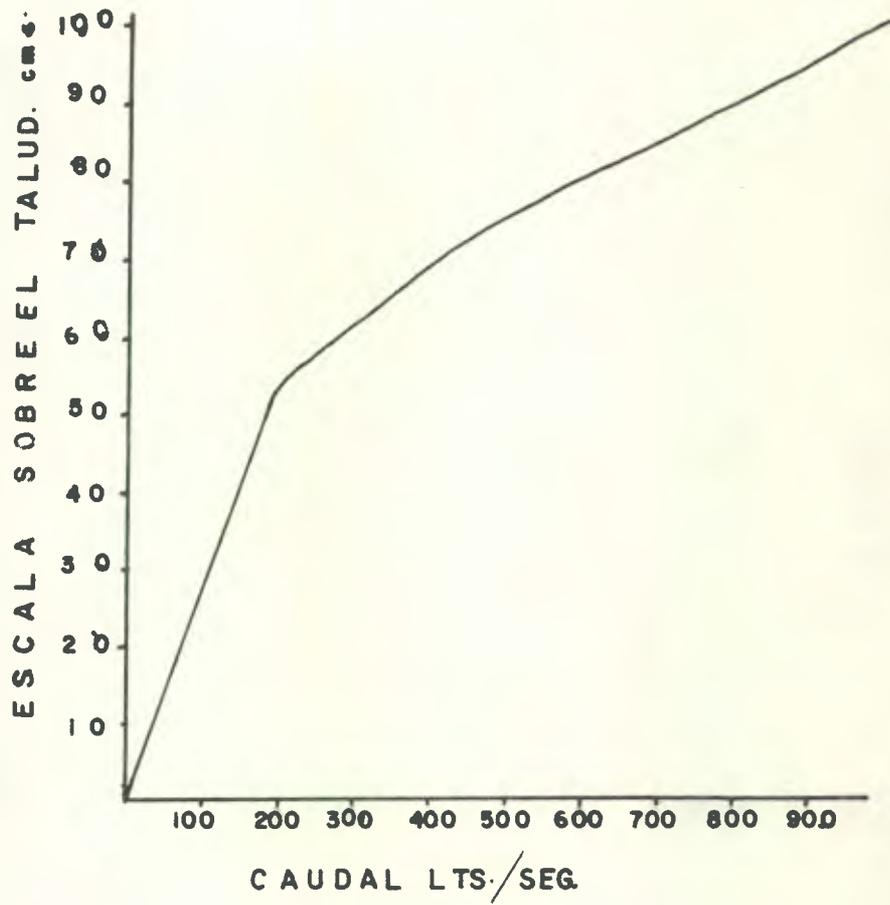
(CARGA HIDRAULICA DE 61cms)



GRAFICA no 10

CAUDAL DE CONDUCCION

(Canal principal)



CAPITULO CUARTO

DISCUSION DE RESULTADOS

Lo expuesto en el cuadro No, 1, en el cual se plantean las características de las dos clases agrológicas, se interpretan los resultados en los que al realizar un promedio general para cada clase agrológica se tiene la lámina retenida para cada una de ellas.

La lámina retenida para la clase agrológica II es mayor que la lámina de la clase agrológica I, de esta razón se tendrá que la capacidad para almacenar agua es mayor para la clase agrológica II, dado a sus propiedades físicas como lo son capacidad de campo (W_c), punto de marchitez permanente (W_p), la densidad aparente del suelo.

La lámina resultante para almacenar agua en el cuadro en discusión proviene de tomar una profundidad radicular de 80 Cms. alcanzada por los cultivos patrones tomados para el trabajo en cuestión. Consecuentemente debido a la capacidad de almacenaje mayor para la clase agrológica II, resulta mayor eficiencia de aplicación del agua de riego que para la clase agrológica I, esta eficiencia según se indica en el capítulo anterior está en función de la lámina retenida y la lámina que se aplica en la cabecera de la parcela.

De los resultados obtenidos con respecto a la eficiencia de aplicación varían de una clase agrológica a otra clase agrológica, variación influenciada por las características físicas de los suelos, las eficiencias del 47.5% y 50.5% para las clases agrológicas I y II respectivamente pueden considerarse como eficiencias medias; según el criterio de Keller y Mc Culluch (1962) ellos reportaron valores extremos del 20 al 75% de eficiencia de aplicación por superficie.

Basados en los Resultados (Capítulo Tercero) en la cual se establece la calibración de estructuras existentes en la Unidad de Riego El Rancho, se puede emprender una operación volumétrica.

Una operación Volumétrica involucra las estructuras Hidráulicas: Compuertas de tomagranjas, Aforadores que permiten por cualquier mecanismo dosificar los volúmenes requeridos, todo esto debe ser auxiliado por los resultados antes expuestos como lo son: Láminas Netas, Tiempo de Riego (T_r) Tiempo de Mojado (T_m), lográndose distribuir los requerimientos en el momento oportuno en cantidades adecuadas.

En el presente trabajo el mecanismo por el cual se dosifican los volúmenes requeridos es por la calibración de compuertas de las tomagranjas, un caso concreto de operación volumétrica se puede ejemplificar con el cultivo del Tabaco, el cual se le quiere suministrar los requerimientos para el mes de diciembre. Dicho cálculo se basa en la Lámina Neta requerida por el cultivo (cuadro No. 5) y la extensión de riego que utilizará el cultivo en mención, con estos datos se entra al cálculo del volumen neto de agua que se aplicará al tabaco en esa extensión de esta razón.

Volumen Neto = Extensión a regar x lámina neta

Los valores de volumen calculados conducen a un nuevo cálculo que es el caudal a derivar para satisfacer la lámina neta, los parámetros utilizados para dicho cálculo son tiempo de riego (cuadro No. 20) y volumen neto. - de donde

Caudal = Volumen Neto/Tiempo de Riego

Nótese que el Cálculo del caudal se hace en función de la lámina neta de riego, debido a que el tiempo de riego está basado en ella, y como se trata de una operación volumétrica el agua de riego debe aplicarse lo más eficientemente que se pueda, de tal razón que el volumen adicionado por la eficiencia estará substituido por el volumen de agua calculado en función del tiempo adicional de mojado, éste resulta de la relación: $R = Tr/Tm$ - Grassi /7/, demuestra que al aumentar R se muestra una disminución de las pérdidas por percolación de donde se adopta un valor de $R = 4$ (ver capítulo II).

Para el ejemplo del tabaco, el tiempo que permanecerá abierta la compuerta de la tomagranja para suministrar el caudal*corresponderá al tiempo total de riego - (tiempo riego Tr + tiempo mojado Tm), Cuadro No. 21, - con el cual se suplen las necesidades del cultivo y las pérdidas por percolación y escurrimiento.

El paso siguiente será como dosificar ese caudal, a ello involucra las estructuras localizadas en el sistema, como lo son las tomagranjas y su calibración gráficas No. 6, 7 y 8, permiten obtener una variabilidad de caudales con los parámetros, abertura de compuerta y carga hidráulica, en dichas gráficas mediante la interpolación se obtiene la abertura de compuerta, la altura de carga que proveeron al caudal antes calculado. Siguiendo este procedimiento se puede llevar a la práctica la operación de distribuir el agua de riego en una forma cuantificada y eficientemente.

De los resultados presentados en el cuadro No. 8 - intervalo y número de riegos de maíz, se puede interpretar que el intervalo de riego en las dos clases agrológicas oscila entre 15 días, éste es un factor de importancia en la productividad, el cual lo hace resaltar Avila Pérez /2/ en su trabajo de investigación en el cual *Caudal máximo no Erosivo.

concluye que para los distintos tratamientos evaluados - experimentalmente, el III (lámina de riego 3.6) cada 15 días, produjo estadísticamente los mejores rendimientos de maíz en grano.

De la interacción de los intervalos de riego y las láminas de agua riego, son los responsables de obtener rendimientos óptimos, de todo esto se establece la necesidad de una programación.

De lo expuesto anteriormente se pone de manifiesto la relación que tiene el trabajo práctico realizado por Avila y el cálculo realizado en el presente trabajo, de aquí que lo calculado es factible llevarlo a la práctica en espera de una mayor productividad.

En el caso del maíz cuadro No. 8 y gráfica No. 1, el número total de riegos es de 10 para la clase agrológica I, mientras para la clase agrológica II el número es de 11 riegos, diferencia que resulta como consecuencia única a la lámina neta de riego; la cual como se vió en el capítulo anterior depende de las características físicas del suelo. El mismo caso sucede en el tabaco - cuadro No. 9 y gráfica No. 2, la diferencia de riegos - entre una y otra clase agrológica está en función a las características de los suelos, para el tabaco el intervalo entre riegos es más corto que en el caso del maíz, esto es debido a las exigencias del uso consuntivo mayores en el tabaco.

En el caso de pastos Cuadro No. 10, gráfica No. 3 el número de riegos es menor, y el intervalo entre ellos es mucho mayor que en el caso del maíz y tabaco, esto es debido también a las características de la lámina neta que es relativamente grande permitiendo un mayor aprovechamiento del agua del suelo.

Predicción de la Disponibilidad del Recurso Agua.

La curva de variación estacional presentada en la gráfica No. 4 resulta de datos correspondientes a 6 años de registro, el procedimiento de su elaboración se indica en el capítulo que antecede.

Se interpreta de la gráfica que los caudales varían durante el transcurso del año, y que la probabilidad de ocurrencia de los mismos es del 95%. (Distribución T de Student); el caudal mínimo con una probabilidad de ocurrencia del 95% se da en el mes de abril, y cuya magnitud es de $6.74 \text{ Mt}^3/\text{Seg}$. caudal llamado de estiaje, el caudal máximo ocurre en el mes de octubre con una probabilidad del 95% y una magnitud de $117.55 \text{ Mt}^3/\text{seg}$.

De los resultados interpretados en la gráfica, se concluye que la fuente es capaz de abastecer los requerimientos de la Unidad de Riego El Rancho.

Interpretación de la Curva de Duración:

De la figura No.5 se interpretan las características del régimen del río Motagua, con lo que respecto a crecidas obtenemos caudales de $353.29 \text{ Mt}^3/\text{seg}$ con una probabilidad de frecuencia en el tiempo de un 27%, también para fines de derivación interpretamos en la curva que la mayor parte del tiempo el caudal se encuentra a $5.53 \text{ Mt}^3/\text{seg}$. parámetro importante para el diseño de cualquier obra de captación, como también estructuras para elevar el tirante del río en época de escasez o sea la llamada de estiaje.

Los resultados antes expuestos dan una imagen clara de la posibilidad de suministración de los requerimientos en caudal para la unidad de Riego.

BALANCE POSITIVO O NEGATIVO PARA SATISFACER LAS DEMANDAS
DE AGUA EN EL SISTEMA

La realización de un balance de los caudales con que se cuenta en el distrito de riego, en la derivación, canal de conducción y las necesidades de los cultivos, permite cuantificar en $Mt^3/Seg.$, si existe o no un déficit en el sistema de riego.

Del cuadro No. 18 se puede interpretar que los resultados del balance en los diferentes meses de consumo o requerimiento resulta positivo, lo cual indica que tanto la fuente como el canal de conducción pueden suplir perfectamente la necesidad de los cultivos mediante una distribución continua.

METODO DE DISTRIBUCION DE AGUA A LOS USUARIOS

Los resultados analíticos, basados en un balance en el cual se relacionan los caudales derivados como los demandados por los cultivos pone de manifiesto que:

- a) El caudal de la fuente (Río Motagua) es lo suficiente para abastecer los requerimientos en cualquier época (véase curva de variación estacional y de duración).
- b) El caudal de conducción del canal principal ($1Mt^3/Seg$) excede al caudal máximo requerido por los cultivos (ver cuadro No. 18).

Por lo que se concluye que la distribución del agua de riego para los usuarios es por el método continuo.

Dicho método consiste en entregar a cada propiedad irrigada, un caudal constante para un determinado lapso, éste método puede sufrir modificaciones a lo largo de la

estación de riego, de acuerdo a la disponibilidad de recurso hídrico, modificación del área irrigada, variación de los requerimientos de riego.

Este sistema tiene la ventaja que representa la continua disponibilidad de agua en la propiedad y la de reducir al mínimo la sección de los acueductos y la gran desventaja que significa al estar atendiendo un caudal, en ocasiones exiguo, que conduce a bajas eficiencias de aplicación de agua.

Se trata de la actividad fundamental para cumplir con los objetivos de un sistema de riego, mediante la atención del primero y principal propósito de lo que se entiende por "Operación del Mismo", o sea la correcta distribución de agua a los usuarios.

Formulado el plan de Riego de un sistema, lo siguiente es llevarlo a la práctica a fin de satisfacer las demandas de agua en cantidad y oportunidad en concordancia con las disponibilidades.

CAPITULO QUINTO

C O N C L U S I O N E S

En Base a la Discusión de Resultados de concluye:

- 1.- La mejor alternativa de operación en la Unidad de Riego el Rancho es por demanda continua.
- 2.- Es posible con las estructuras que existen llevar a cabo una operación volumétrica, condición básica para ser más eficiente cualquier alternativa de operación que se lleve a cabo.
- 3.- Es necesario mantener un sistema de limpieza o de desasolve en los canales para poder garantizar las disponibilidades de agua en las parcelas por la alternativa de operación seleccionada.
- 4.- La fuente de abastecimiento, la capacidad de diseño del canal de conducción pueden proveer los caudales requeridos aún en épocas críticas (caudal de estiaje).
- 5.- El presente trabajo es un modelo que podría llevarse a cabo en cualquier unidad de riego con esta información; lográndose por lo tanto la formulación del Plan de Riego, la operación volumétrica y la alternativa de operación incrementándose la tecnificación en el manejo de las Unidades de Riego.

CAPITULO SEXTO

R E C O M E N D A C I O N E S

- 1.- Establecimiento de Estructuras Aforadoras y/o escalas en los canales, manejo de compuertas, para adaptar a los usuarios al manejo de ellas en espera de una demanda continua y auxiliada por una operación volumétrica.
- 2.- Empezar una labor de concientización al usuario - para demostrarle mediante la percepción objetiva la utilización de estructuras involucradas en la operación volumétrica y el beneficio logrado con ello.
- 3.- Encontrar un mecanismo variable para mantener la limpieza y aumentar la capacidad de conducción de los canales, este mecanismo podría ser una estructura de sarenadora o una pala mecánica adaptada a las condiciones de los canales.
- 4.- Conviene incrementar el área bruta en espera de un aumento de la eficiencia de riego, métodos de riego, aprovechando mejor los Recursos Hídricos que se desperdician, contribuyendo a solventar al mismo tiempo potenciales problemas de drenaje.
- 5.- La metodología utilizada en el presente trabajo debe proyectarse hacia otros sistemas de riego emprendiendo una tecnificación en la operación del sistema de riego.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Alvarez, T. "Estudio de suelos del proyecto de riego el Rancho - Jícaro - Tambor" Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección General de Recursos Renovables 1965. pp 2-52
- 2.- Avila Pérez, J. "Aprovechamiento de la capacidad de retención de humedad del suelo sobre el rendimiento del cultivo del maíz en la Unidad de Riego 3.3 San Cristobal Acasaguastlan. Tesis (Ing. Agr.) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1975. pp 50-51
- 3.- Espinoza, E. "Los distritos de riego" México, compañía Editora Continental. 1962. pp 10-12
- 4.- González Hernández, O. "Estimación de requerimientos de riego en Guatemala" Tesis (Maestría). México Chapingo, Colegio Nacional de Post-Graduados, Escuela nacional de Agricultura 1974. 101 p.
- 5.- Grassi, C. "Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos" Venezuela, Mérida. CIDIAT. 1975. pp 50-80
- 6.- _____ "Metodos de riego" Venezuela, Mérida. CIDIAT 1976. pp 100-120
- 7.- _____ "Operación y Conservación de sistemas de riego" Venezuela, Mérida. CIDIAT 1976. 217 p.
- 8.- Guatemala, División de Recursos Hidráulicos" proyecto de riego el Rancho". Guatemala. 1967. 66 p.
- 9.- _____, _____ "Boletines estadísticos de las Unidades de riego" Guatemala. s.f. pp. 10-15

- 10.- _____, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología "Boletines Hidrológicos" Guatemala, 1978. 30 p.
- 11.- Luque y Paolin "Manual de operación de Riego" Argentina, compañía editora Punta Alta. 1974. pp 10-30
- 12.- Masaya Andrade, R. "Deficiencias en la operación de unidades de riego en Guatemala" tesis (Ing. Agr.) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1976. pp 2-20
- 13.- Noredo, A. "Evaporación y Transpiración" Venezuela, Mérida. CIDIAT. 1976 pp 33-55
- 14.- Pellecer Mesa, A. "Obtención de curvas de duración de caudales mediante el índice de variabilidad" tesis (Ingeniero Civil) Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1975 pp 25-37.

Marta de Jerez

Marta de Jerez
Lect. en Bibliotecología

Ed. No. 470.



Referencia

Asunto

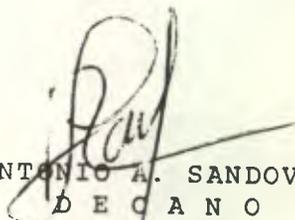
FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1143

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"


DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
D E C A N O

