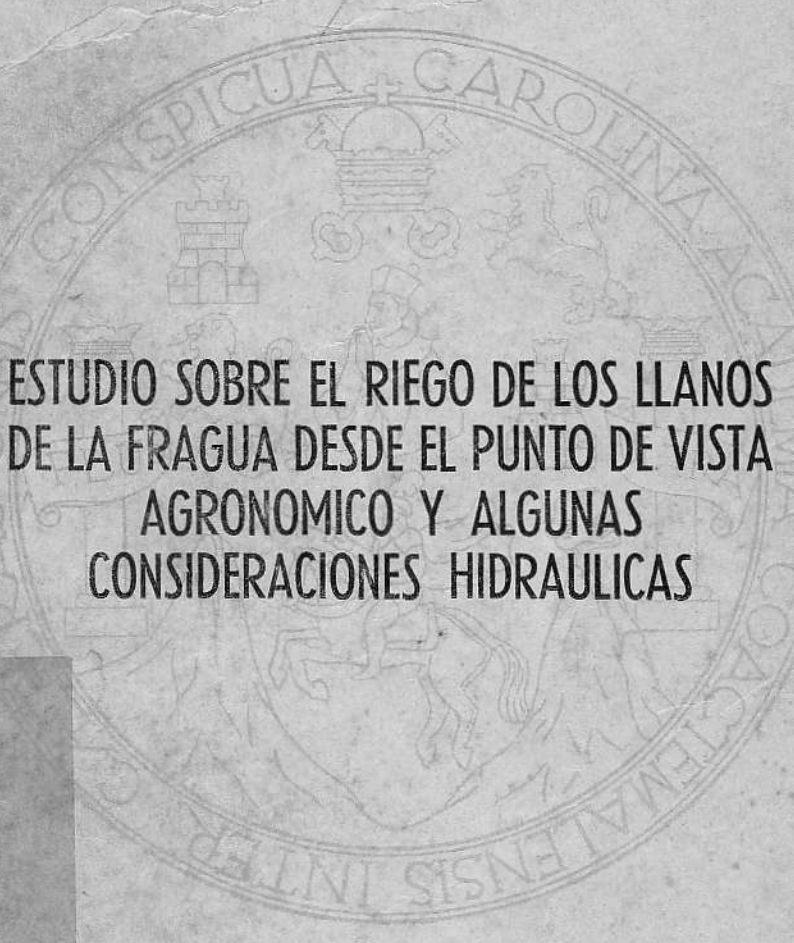


**RODOLFO RENE MOLINA SIERRA**



**ESTUDIO SOBRE EL RIEGO DE LOS LLANOS  
DE LA FRAGUA DESDE EL PUNTO DE VISTA  
AGRONOMICO Y ALGUNAS  
CONSIDERACIONES HIDRAULICAS**

**Guatemala, agosto de 1957.**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO SOBRE EL RIEGO DE LOS LLANOS  
DE LA FRAGUA DESDE EL PUNTO DE VISTA  
AGRONOMICO Y ALGUNAS  
CONSIDERACIONES HIDRAULICAS

T E S I S

presentada a la Junta Directiva de la Facultad de  
Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

RODOLFO RENE MOLINA SIERRA

En el acto de su investidura de:

INGENIERO AGRONOMO

Guatemala, agosto de 1957.



**JUNTA DIRECTIVA**  
**DE LA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**DE LA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano .....	Ing. Bernardo Fuentes Alvarado
Vocal 1o. ....	Ing. Humberto Olivero h.
Vocal 2o. ....	Ing. Frans G. Pieters
Vocal 3o. ....	Ing. Rodolfo Perdomo M.
Vocal 4o. ....	Br. Tito Ovidio Amaya G.
Vocal 5o. ....	Br. Oswaldo Porres G.
Secretario .....	Ing. Guillermo Guzmán Ch.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN**  
**GENERAL PRIVADO**

Decano .....	Ing. Bernardo Fuentes Alvarado
Examinador .....	Ing. Eduardo D. Goyzueta V.
Examinador .....	Ing. Mario Molina Llardén
Examinador Vocal 3o. .	Ing. Rodolfo Perdomo M.
Secretario .....	Ing. Eric Prado Vélez

## **D E D I C A T O R I A**

A la memoria de mi padre:

**J. Víctor Molina L.**

A mi madre:

**Celina Sierra v. de Molina**

A mi esposa:

**Lydia Moreno de Molina**

A mis

**hijos y hermanas**

A mis

**Catedráticos y compañeros.**

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA,  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

En cumplimiento a lo establecido por la Ley Universitaria para optar al Título de INGENIERO AGRONOMO, me es grato presentar a la consideración de Ustedes, mi trabajo de tesis, que he titulado: ESTUDIO SOBRE EL RIEGO DE LOS LLANOS DE LA FRAGUA DESDE EL PUNTO DE VISTA AGRONOMICO Y ALGUNAS CONSIDERACIONES HIDRAULICAS.

Determinar las operaciones previas, en cualquier proyecto de riego, es el objetivo de mi estudio, y en el caso particular de los Llanos de la Fragua, me guía el anhelo de ver pronto incorporada a la economía nacional, esa parcela de la Patria que es toda una esperanza.

El Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura y en especial su ex-director Ingeniero Frans G. Pieters, y el Ingeniero Jeff E. Flanagan, me proporcionaron la oportunidad de esta investigación; para ellos, dejo constancia de mi agradecimiento.

He dicho.

## SUMARIO

- I Introducción.
  - II Condiciones que determinan las necesidades de agua.
  - III Cantidad de agua necesaria.
  - IV Abastecimiento.
  - V Sugerencias.
- Bibliografía.

## I.—INTRODUCCION

La aplicación artificial del agua al suelo con el propósito de aportar la humedad necesaria para el crecimiento de las plantas, se denomina riego. Su desarrollo se ha incrementado a la par del progreso de la civilización.

Antiguo Egipto, Babilonia, Turquía, China, India, Africa y Europa, son ejemplos vivos del papel que ha jugado en el desarrollo de los pueblos y en su avance cultural y económico. Y en nuestra América, los Incas, los Aztecas y los Mayas enriquecieron sus tierras conduciendo y distribuyendo agua para explotar los lugares cuya aridez los hacía improductivos.

En Guatemala se han encontrado vestigios que hacen presumir la aplicación artificial de agua para la agricultura: el valle de Rabinal y Cubulco en la época Precolombina; los valles de San Jerónimo, Palencia, Jutiapilla y los Amates fueron objeto de trabajos de esta índole durante la Colonia; posteriormente, después de la Independencia, se incrementó la agricultura bajo este sistema en Tulumaje, San Agustín Acasaguastlán, Güijó, Usumatán, Teculután, Chiquimula, Jutiapa y en las últimas décadas en Bananera y Tiquisate.

El riego de los Llanos de la Fragua fue idea de Don Juan Constanza, cuando en el año 1895 inició algunos tra-

bajos, tendientes a la realización de su ideal, en las cercanías del Rancho, aprovechando para ello, las aguas del río Motagua. A principios del presente siglo, la Compañía Johnson proyectó la utilización de las aguas del río Grande o Zacapa para el mismo objeto; más tarde, en el año 1926, la Compañía J. G. White, de la Corporación de Ingenieros de Nueva York, E.E.U.U., efectuó un estudio combinado de riego y electrificación de esa zona, sin haberse llevado a cabo ningún trabajo. En esos mismos años, la Compañía de los Ferrocarriles Internacionales de Centro América, creó una, pequeña estación experimental, a orillas de la línea férrea, con el objeto de conocer la potencialidad agrícola de los llanos de la Fragua.

Aunque varios Gobiernos han contemplado el problema, muy poco se ha adelantado debido a la falta de orientación técnica al respecto, por la incertidumbre acerca de los resultados y el costo de las obras. En los últimos años se han dado algunos pasos en firme, con respecto a los problemas que presenta un programa de esta naturaleza.

Podemos afirmar que se cuenta hoy con un estudio agrológico de los Llanos de la Fragua, efectuado en el año 1950 por el Instituto Agropecuario Nacional y financiado por el Instituto de Fomento de la Producción, el cual me ha servido de base en el presente trabajo, que no busca una solución definitiva, sino únicamente pretende contribuir a la historia inconclusa del Riego de los Llanos de la Fragua, tan ampliamente comentado en los círculos oficiales, en los particulares y por la prensa local, pero sin mayores fundamentos técnicos.

Antes de entrar en materia, quiero hacer notar un hecho revelador que nos muestra la potencialidad agrícola de los Llanos de la Fragua: en la actualidad, por iniciativa privada, se explota en ellos una pequeña área con caña de azúcar bajo el sistema de riego, y al mismo tiempo, auspiciada por el Estado, labora en la Fragua una Estación Experimental bajo la tutela del Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura.

## II.—CONDICIONES QUE DETERMINAN LAS NECESIDADES DE AGUA

El éxito del riego agrícola depende del control de la humedad en el suelo, un especialista en este campo debe tener una clara comprensión de la interrelación entre el agua, el suelo, el clima y las plantas. Este conocimiento debe estar basado en los principios que controlan la incorporación del agua al suelo, de su movimiento a través de él y su retención, así como de las condiciones que determinan las necesidades del agua que son:

Posición Geográfica y Topografía

Clima,

Suelos, y

Cultivos.

## 10.—Posición Geográfica y Topografía.

Llanos de la Fragua, es llamada la planicie formada por la unión de dos valles: el del río Motagua y el de la quebrada de San Juan. Dichos ríos limitan la planicie por los lados Norte y Este respectivamente; está orientada de Este a Oeste, teniendo forma más o menos triangular con base paralela al río Motagua, y bordeada en el lado Sur por las montañas de Jocotán, cuya cima sirve de límite entre los Departamentos de Zacapa y Chiquimula.

Sin haberse hecho un estudio geodésico y topográfico detallado, se puede considerar que aproximadamente el área es de 134 kilómetros cuadrados (33,112 acres), de los cuales 13 km<sup>2</sup> (3,212 acres) forman parte de ladera baja de montañas; 5 km<sup>2</sup> (1,236 acres) son lechos gravosos y superficies de agua y el resto que son 116 km<sup>2</sup> (28,664 acres) forman lo que es propiamente el valle, de contornos irregulares, variando su ancho de Norte a Sur entre 3 y 5 km. y con una longitud de 15 km. de Este a Noroeste.

Se encuentran inclinados hacia el Noreste, con una pendiente media de 3%, aunque están seccionados por varios zanjones naturales que los drenan sobre el río Motagua, cuyo lecho se encuentra a 60 metros más o menos bajo la altura media de los Llanos, la cual es de 168 metros sobre el nivel del mar.

Según dato proporcionado por el Servicio Geodésico de Guatemala, los Llanos de la Fragua están situados en los 14°57' latitud Norte y 89°34' longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

La posición geográfica y de manera especial la latitud, ejerce influencia en las necesidades de agua para el riego, ya que el crecimiento de las plantas varía con la duración del día o sea las horas de luz solar diarias; y las exigencias de agua para los cultivos depende de la rapidez del crecimiento de las plantas, la cual está en función directa con la fotosíntesis.

La longitud media del día y el porcentaje mensual de horas de luz solar en el año varían ligeramente de mes a mes como puede apreciarse en las tablas I y II.

T A B L A I

Porcentaje Mensual de Horas de Luz Solar

(Tables of Sunrise, Sunset and Twilight-United States Naval Observatory)

M E S E S D E L A Ñ O

Lat. Norte	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
0	8.34	8.34	8.32	8.32	8.34	8.34	8.34	8.34	8.32	8.32	8.34	8.34
1	8.31	8.31	8.32	8.34	8.37	8.37	8.37	8.35	8.33	8.32	8.31	8.30
2	8.26	8.28	8.32	8.37	8.40	8.42	8.41	8.37	8.33	8.30	8.27	8.25
3	8.24	8.26	8.32	8.37	8.42	8.44	8.41	8.40	8.34	8.29	8.24	8.22
4	8.19	8.25	8.32	8.39	8.45	8.49	8.48	8.42	8.34	8.27	8.21	8.18
5	8.16	8.23	8.30	8.41	8.49	8.54	8.51	8.44	8.35	8.25	8.18	8.13
6	8.13	8.20	8.30	8.42	8.51	8.57	8.55	8.47	8.35	8.25	8.15	8.10
7	8.07	8.20	8.30	8.43	8.55	8.60	8.59	8.49	8.36	8.22	8.12	8.06
8	8.05	8.16	8.30	8.45	8.58	8.65	8.63	8.51	8.36	8.21	8.08	8.02
9	8.00	8.14	8.29	8.47	8.61	8.69	8.66	8.54	8.36	8.20	8.05	7.97
10	7.98	8.12	8.29	8.48	8.64	8.74	8.70	8.55	8.37	8.18	8.01	7.93
11	7.94	8.10	8.29	8.50	8.67	8.77	8.73	8.58	8.37	8.18	7.98	7.89
12	7.90	8.07	8.28	8.52	8.71	8.81	8.77	8.60	8.38	8.15	7.95	7.85
13	7.87	8.05	8.28	8.53	8.74	8.85	8.81	8.62	8.38	8.14	7.92	7.81
14	7.82	8.02	8.27	8.55	8.78	8.90	8.84	8.64	8.39	8.13	7.89	7.76
15	7.79	8.00	8.26	8.56	8.80	8.94	8.88	8.67	8.39	8.10	7.86	7.73
16	7.75	7.98	8.26	8.58	8.84	8.98	8.93	8.70	8.40	8.09	7.81	7.68
17	7.70	7.96	8.26	8.59	8.87	9.03	8.96	8.72	8.40	8.08	7.79	7.64
18	7.67	7.94	8.26	8.61	8.91	9.07	8.99	8.75	8.40	8.06	7.74	7.60
19	7.63	7.91	8.25	8.63	8.94	9.11	9.04	8.77	8.41	8.04	7.72	7.75
20	7.58	7.89	8.25	8.65	8.98	9.15	9.08	8.80	8.42	8.03	7.67	7.50
21	7.55	7.87	8.23	8.66	9.01	9.21	9.12	8.82	8.42	8.01	7.65	7.46
22	7.51	7.84	8.23	8.68	9.04	9.25	9.16	8.85	8.42	8.00	7.60	7.41
23	7.46	7.81	8.23	8.70	9.09	9.29	9.21	8.87	8.44	7.97	7.58	7.36

## T A B L A I I

**Longitud del día y porcentaje mensual de horas de luz  
Solar en el año, para 14° 57' Latitud Norte.**

Mes	Longitud media del día		Porcentaje mensual de Hrs. de luz Solar en el año.
	Horas	Minutos	
Enero	11	18	7.79
Febrero	11	42	8.00
Marzo	12	00	8.26
Abril	12	30	8.56
Mayo	12	48	8.80
Junio	13	00	8.94
Julio	13	00	8.88
Agosto	12	42	8.67
Septiembre	12	12	8.39
Octubre	11	48	8.10
Noviembre	11	24	7.86
Diciembre	11	12	7.73

### 2o.—Clima.

Siendo el clima el resultado de la combinación de la posición geográfica, topografía, elevación, movimiento de masas de aire y otros fenómenos naturales, es una condición natural que tiene mucha influencia en el éxito de una agricultura basada en riego.

El clima de la región es cálido y seco, su vegetación natural se encuentra bajo una fase de Xerosere y para los fines de riego, está determinado por los cuatro factores que intervienen en su clasificación que son: temperatura, precipitación, vientos y humedad relativa.

Las temperaturas son altas y la lluvia escasa y mal distribuída, según lo muestran los cuadros meteorológicos proporcionados por el Observatorio Nacional, los cuales fueron elaborados con base en los reportes de la Estación del Ferrocarril de Zacapa, situada a corta distancia al Noreste de los Llanos de la Fragua, que pueden ser representativos de la región y han sido completados con los registros de la Estación Experimental de la Fragua durante los dos últimos años.

### T A B L A I I I

#### Temperaturas C°

Mes	Promedio de Mínimas	Promedio de Máximas	Promedio de Medias
Enero	15.0	33.9	24.9
Febrero	15.0	37.7	28.9
Marzo	18.0	38.0	29.0
Abril	22.0	40.0	31.1
Mayo	22.4	38.0	28.0
Junio	20.9	36.4	27.7
Julio	21.4	34.5	25.5
Agosto	20.9	37.0	25.9
Septiembre	21.2	34.0	25.8
Octubre	20.2	34.0	28.1
Noviembre	16.0	32.1	24.3
Diciembre	15.5	33.1	25.4

La configuración topográfica de la región y de las zonas circunvecinas, colocan el área tratada, en el límite de los dos regímenes de lluvia que prevalecen en el país, con grave desventaja para la región, pues los vientos nórdicos conducen las nubes sobre la Sierra de las Minas, donde,

por un efecto de convección, producen la condensación sobre la parte Norte del país (Petén, Alta Verapaz e Izabal) y otra parte de ellas son elevadas a grandes alturas sobre los Llanos de la Fragua, no efectuándose la precipitación regular sobre ellos, como puede apreciarse en la tabla IV.

**T A B L A I V**

**Promedios de precipitación mensual de 1934 a 1956, en mm.**

<b>Mes</b>	<b>Máximas</b>	<b>Mínimas</b>	<b>Promedios</b>
Enero	5.1 (1947)	0.0 (17 años)	0.3
Febrero	3.0 (1937)	0.0 (17 años)	0.3
Marzo	2.5 (1934)	0.0 (16 años)	0.3
Abril	19.8 (1941)	0.0 (13 años)	2.7
Mayo	181.6 (1956)	0.0 (1949)	46.7
Junio	370.0 (1935)	6.4 (1949)	130.6
Julio	245.5 (1955)	9.7 (1949)	82.5
Agosto	189.3 (1955)	0.0 (1935-1951)	66.9
Septiembre	326.9 (1939)	0.0 (1935)	119.0
Octubre	166.0 (1937)	0.0 (1944)	59.4
Noviembre	29.0 (1936)	0.0 (6 años)	4.5
Diciembre	12.7 (1947)	0.0 (16 años)	1.0

Los vientos del Sur son raros en los Llanos de la Fragua, ya que el sistema montañoso los desvía sobre el altiplano y occidente de la República, predominando por consiguiente los vientos que se encausan desde el Atlántico, llevando una dirección Este-Oeste, y que poseen la característica de ser cálidos y bajos. Siguen el cauce del río Motagua, aguas arriba, ocurriendo por lo general después del paso del sol por el cenit, y pudiendo prevalecer hasta las horas de la madrugada.

### 30. Suelos.

El suelo es el elemento principal que debe tratarse en cualquier sistema de agricultura, excepto en el de hidropo-  
nia y otros similares, ya que es la combinación natural de  
materia orgánica y mineral que forman, bajo el punto de  
vista agrícola, la superficie terrestre; sirve de medio fa-  
vorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas, es  
fuente de abastecimiento alimenticio y soporte de los ve-  
getales, a la vez que un medio donde viven las bacterias  
transformadoras de elementos orgánicos y minerales; y de-  
pósito del agua necesaria para la vida de la flora.

Las características que hacen al suelo más o menos  
apropiado para llenar su función agrícola, son las mismas  
que determinan el tipo de suelo y están en función de sus  
cualidades físicas y químicas, tales como: relieve, textura,  
estructura, humedad equivalente o capacidad de campo,  
permeabilidad, alcalinidad, salinidad, etc.

El relieve se refiere a la configuración superficial del  
suelo y para los fines de riego se clasifican y denominan  
como: suelos casi planos aquellos que tienen pendientes  
menores de 2%; levemente inclinados, los que tienen pen-  
dientes de 2 a 5%; e inclinados, los que se presentan con  
pendientes mayores de 5%.

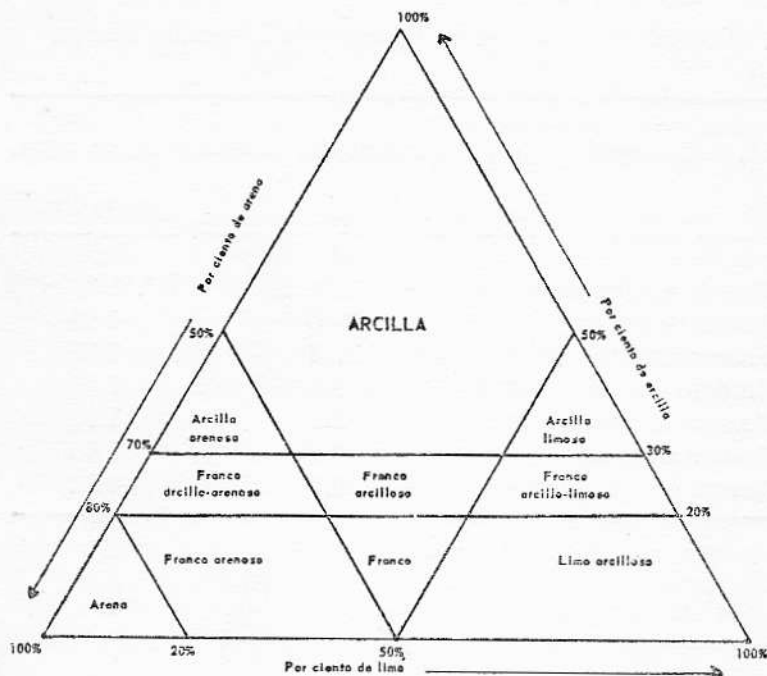
La textura del suelo es dada por el tamaño de los se-  
parados y la proporción en que cada separado (arcilla, li-  
mo y arena) se encuentra en la composición del suelo, de-  
terminándose esa proporción por prácticas de palpación en  
el campo o bien, por análisis de laboratorio que proporci-  
onan los porcentajes en peso de las partículas de diferen-  
tes tamaños, los separados se definen de acuerdo con la  
tabla V.

## TABLA V

Clasificación de las partículas de suelo por su tamaño.

Separados	Tamaño de las partículas en mm.	
Arcilla	menor	de 0.002
Limo	de 0.002	a 0.05
Arena muy fina	de 0.05	a 0.1
Arena fina	de 0.1	a 0.2
Arena media	de 0.2	a 0.5
Arena gruesa	de 0.5	a 1.0
Grava	Mayor	de 1.0

Una vez obtenidos los porcentajes de los separados, se procede a determinar la clase textural del suelo por medio



**Diagrama para la fijación del nombre textural de un suelo en base de su análisis granulométrico.**

del cuadro de clasificación 111f- de la División de Suelos de la Universidad de Minesota o bien por el diagrama triangular.

Con los datos obtenidos, puede conocerse la capacidad de retención de agua de los diferentes suelos, por medio de la tabla VI, que es el producto de un sin número de análisis de laboratorio.

**T A B L A   V I**

**Capacidad de retención de agua de diferentes suelos.**

Clase Textural	Capacidad de retención de agua.	
	%	mm/cm.
Arcilla	12.4	1.50
Franco arcilloso	11.4	1.33
Arcillo - limoso	10.8	1.25
Franco limoso	10.3	1.17
Franco	9.2	1.08
Franco arcillo-arenoso	8.2	1.00
Franco arenoso	7.1	1.00
Arena	6.0	0.92

La estructura está determinada por la forma en que se ordenan los agregados del suelo, ya sea granular o mi-

gajosa, laminar, cúbica, columnar y amorfa o masiva; ésto debe tomarse en cuenta, pues afecta la permeabilidad del terreno, determinándose únicamente por la inspección de campo.

La capacidad de campo es objeto de experimentación muy larga, tanto en el laboratorio como en el terreno, por lo que autoridades en esta materia, consideran, que el error que se comete al usar como tal la humedad equivalente es inapreciable, pudiendo ser usada ésta en lugar de aquella.

Aunque en este trabajo no he tomado en cuenta análisis de esta naturaleza, es muy conveniente su conocimiento y aplicación en la solución de problemas particulares, así como también las características químicas de los suelos que son motivo de un trabajo especial.

Como dejé dicho anteriormente, el reconocimiento de suelos y estudio agrológico de los suelos de la Fragua fue efectuado por el Instituto Agropecuario Nacional, bajo la dirección técnica del Dr. Charles S. Simmons, quien clasificó esos suelos en 65 unidades, incluyendo 62 tipos y fases de suelos, 16 series y 3 clases de tierras misceláneas; separándolos para el propósito de riego en cinco grupos:

I. Franco arenoso y Franco arcillo-arenoso con subsuelo permeable, en una extensión de 2,579 Ha. encontrándose en tres fases así:

- |   |           |
|---|-----------|
| a) Casi plana, con pendiente menor de 2%        | 1,587 Ha. |
| b) Levemente inclinada, con pendiente de 2 a 5% | 559 Ha.   |
| c) Inclinada, con pendientes mayores de 5%      | 433 Ha.   |

Dentro de la fase casi plana hay 1,517 Ha. de suelo de primera clase para riego y 70 Ha. de suelo de segunda clase.

II. Franco arenoso y Franco arcillo-arenoso, con subsuelo levemente permeable, en una extensión de 3,158 Ha.

- a) Casi plana, con pendiente menor de 2% 2,021. Ha.
- b) Levemente inclinada, con pendiente de 2 a 5% 959 Ha.
- c) Inclinada, con pendientes mayores de 5% 178 Ha.

III. Franco arcilloso y Arcilla, con subsuelo de arcilla, de levemente impermeable a impermeable, con una extensión de 3,564 Ha.

- a) Casi plana, con pendiente menor de 2% 2,508 Ha.
- b) Levemente inclinada, con pendiente de 2 a 5% 1,056 Ha.

IV. Suelos aluviales, con una extensión de 403 Ha.

V. Terrenos escabrosos y otras clases de tierras que no son convenientes para la agricultura.

La clasificación y la nomenclatura usada, son las mismas que dejó sentadas el Dr. Simmons en el reconocimiento de los suelos de la Fragua, por lo que es indispensable tal trabajo para la interpretación y localización de los diferentes suelos, y debe tomarse en cuenta también que no existe una taxonomía oficialmente reconocida.

Para facilidad, me he permitido calcular, para todos los suelos y para todos los cultivos, una profundidad de 60 cm., que es la altura media en que la mayoría de los cultivos tienen la zona radicular de mayor absorción.

El cálculo de la lámina de agua se hace de acuerdo con la capacidad de retención de agua del suelo y la profundidad a que se desea obtener la saturación, por medio de la fórmula:

$$d = DCr / 10 \quad 1$$

d Lámina de agua en cm.

D Profundidad de saturación en cm.

Cr Capacidad de retención en mm./cm.

**T A B L A   V I I**

**Lámina de agua en cm., para elevar la humedad de los suelos de la Fragua a la capacidad de campo, en una profundidad de 60 cm.**

Suelos	Capacidad de retención Cr.	Lámina de agua en cm.
Cachil, Franco arcilloso	1.33	8.11
Cachil, Franco arenoso	1.00	6.10
Cortí, Franco arcillo-arenoso	1.17	7.14
Cortí, Franco arenoso	1.00	6.10
Chatúm, Franco Limoso	1.17	7.14
Chatúm, Arcilla	1.50	9.15
Chicaj, Arcilla	1.50	9.15
Chicaj, Franco arcilloso	1.46	8.91
Chiquimula, Franco arcillo-arenoso	1.00	6.10
Chirrum, Franco arcilloso	1.33	8.11
Chirrum, Franco arcillo,arenoso	1.00	6.10
Chirrum, Franco arcillo-limoso	1.25	7.63
Chispan, Franco arenoso	1.00	6.10
Gualán, Franco arcillo-limoso	1.37	8.36
Huité, Arcillo-arenoso	1.08	6.59
Ixcayán, Franco arcillo-limoso	1.30	7.93
Ixcayán, Arcilla	1.39	8.48
Motagua, Franco arenoso	1.00	6.10
Motagua, Franco limoso	1.17	7.14
Motagua, Arena	0.92	5.61
Orotapa, Franco limoso	1.23	7.50
Orotapa, Franco arenoso	1.19	7.26
Salamá, Arena	0.92	5.61
Sinaneque, Franco arenoso	1.22	7.44
Teculután, Franco arenoso	1.25	7.63
Tempisque, Franco arcillo-arenoso	1.29	7.87
Tempisque, Franco arenoso	1.33	8.11

#### 4o. Cultivos.

Siendo el fin principal de la agricultura por medio de riego, la obtención de cosechas bajo control, libre de los cambios de estaciones, es indispensable conocer los ciclos vitales de los cultivos factibles de explotación en una zona determinada, ya que muchos de ellos son específicos para determinados climas, elevaciones, latitudes, suelos y laboreo, sin olvidar la necesidad de dichos productos, tomando en cuenta su demanda, costos de producción y mercados, con el fin de obtenerlos bajo una forma económica.

Antes de entrar a conocer el posible desarrollo agrícola de una región, es de importancia tener en cuenta la situación actual de la agricultura en dicha zona, la cual en los Llanos de la Fragua es bastante primitiva, efectuándose labores que no contribuyen a un desarrollo agrícola, sujetas aún a las enseñanzas de las generaciones anteriores, por lo que obtienen cosechas de muy escaso valor económico. Por ejemplo, la discutida práctica de las quemas al preparar los terrenos para las siembras, en lugares tan carentes de materia orgánica; el uso de los cactus para cercar los terrenos, planta que compite con ventaja sobre las plantas que se cultivan, dejando una faja hasta de ocho metros en la cual no es posible el normal desarrollo de los cultivos.

No se tienen datos estadísticos de la producción agrícola del área que comprenden los Llanos de la Fragua, debido a la división político-administrativa, pues más de la mitad del área corresponde al Municipio de Estanzuela y la otra parte al Municipio de Teculután; el censo agropecuario de 1950 registra datos por municipios, los cuales incluyen en éstos, áreas de mayor productividad que la propia de la Fragua que es la que debiera ser contemplada en el presente trabajo, por lo que no da una idea de la realidad agrícola de los Llanos.

De ahí que puede decirse que las producciones han sido relativamente bajas, manteniéndose sin explotación las dos

terceras partes del área total de los Llanos de la Fragua y la parte explotada, sujeta a los rigores naturales, fracasando las más de las veces.

El cultivo principal de la zona es el maíz, al cual le ponen los campesinos de la región su mayor interés, sembrándolo a la ventura, dos veces al año; el cultivo de los pastos ha sido hasta cierto punto totalmente desconocido en los Llanos de la Fragua y la capacidad de pastoreo de los naturales de la región, apenas llega a dos cabezas por hectárea.

Algunos agricultores se han lanzado a la explotación de otros cultivos, según lo ha reportado el mencionado censo del año 50, pero debe tenerse en cuenta que no corresponde al área en estudio, sino que a los terrenos circunvecinos, especialmente en las márgenes del río Motagua; entre estos productos se puede citar el ajonjolí, algodón, tomate, tabaco, frutales propios de la zona, arroz, caña de azúcar, con la cual se explota en la actualidad una caballería de terreno en el centro de los Llanos, bajo el sistema de riego, abastecido por pozos profundos; y aunque sin técnica, en el manejo del agua, los resultados han sido bastante satisfactorios.

El mosaico de la explotación agrícola podría abarcar entre otros cultivos el del maíz, ya establecido, maicillo, ajonjolí, arroz, frijol, algodón, tomate, tabaco, caña de azúcar, pastos, leguminosas como abono verde, maní, hortalizas, papa, cítricos y uva.

Las exigencias de agua varían de acuerdo con la clase de cultivo y el consumo por cada clase es determinado experimentalmente a fin de conocer el coeficiente de consumo de cada una de ellas, a continuación se muestran en la tabla VIII los coeficientes de consumo establecidos para algunos cultivos en diferentes estaciones experimentales de los Estados Unidos y el Salvador; aunque no se incluyen todos los apropiados para la zona, son suficientes para los cálculos necesarios; desafortunadamente en Guatemala no se han principiado los trabajos tendientes a obtener tales

coeficientes, es de esperarse que pronto se inicien, ya que son de suma importancia y requieren larga investigación.

### TABLA VIII

**Coefficiente de Consumo y Duración de Crecimiento de algunos cultivos.**

Cultivos	Coeficiente de consumo	Período de crecimiento en días	
		Oscilación	Promedio
Alfalfa	0.85	Permanente	
Algodón	0.85	120	150
Almendro	0.65	Permanente	
Arroz	1.00	120	150
Caña de Azúcar	0.90	300	360
Cítricos	0.65	Permanente	
Fibras	0.80	200	210
Frijol	0.65	80	90
Gramíneas	0.85	80	90
Hortalizas	0.80	Variables	
Maicillo	0.80	80	90
Maíz	0.80	80	90
Nogal	0.70	Permanente	
Papa	0.70	120	120
Pastos	0.75	Permanente	
Remolacha de Azúcar	0.75	150	180
Tomate	0.70	90	120
Trebol	0.85	Permanente	

### III.—CANTIDAD DE AGUA NECESARIA.

La cantidad de agua necesaria para cada uno de los cultivos depende de la interrelación de las cuatro condiciones analizadas en el capítulo anterior.

La relación entre la temperatura media mensual y el porcentaje de horas de luz solar, nos da el factor de consumo mensual, el cual se calcula por medio de la fórmula:

$$f = \frac{(1.8t - 32)P}{100} \quad 2$$

siendo:

f Factor de consumo mensual

t Promedio mensual de temperatura, en grados C°  
(tabla III)

p Porcentaje mensual de horas de luz solar  
(tabla II)

Los valores de f para cada uno de los meses del año se encuentran en la tabla IX.

**T A B L A I X**  
Factor de consumo mensual

Mes	f
Enero	5.99
Febrero	6.72
Marzo	6.95
Abril	7.53
Mayo	7.25
Junio	7.32
Julio	6.92
Agosto	6.81
Septiembre	6.58
Octubre	6.69
Noviembre	5.95
Diciembre	6.00



El factor de consumo mensual sirve para poder calcular la cantidad mensual de agua en altura de lámina en cm., para cada uno de los cultivos, relacionándolos con el coeficiente de dichos cultivos, valores dados en la tabla VIII.

La fórmula a aplicarse es:

$$u = (k \times f) 2.54 \quad 3$$

Siendo:

u Consumo mensual, lámina de agua en centímetros

k Coeficiente de consumo por cultivo

f Factor de consumo mensual.

Los valores correspondientes, se encuentran tabulados en la tabla X, para cada uno de los valores de k, obtenidos de la tabla VIII.

### T A B L A X

Consumo mensual por coeficiente de cultivos.

MES	Valores de u						
	K 1.00	k 0.90	k 0.85	k 0.80	k 0.75	k 0.70	k 0.65
Enero	15.21	13.69	12.93	12.17	11.43	10.64	9.88
Febrero	17.07	15.37	14.50	13.67	12.78	11.94	11.10
Marzo	17.65	15.90	14.76	14.12	13.23	12.37	11.48
Abril	19.13	17.22	13.97	15.29	14.35	13.39	12.42
Mayo	18.42	16.59	15.65	14.73	13.82	12.90	11.96
Junio	18.59	16.71	15.80	14.88	13.94	13.00	12.09
Julio	17.58	15.82	14.94	14.07	13.18	12.29	11.43
Agosto	17.30	15.57	14.71	13.84	12.98	12.12	11.23
Sept.	16.71	15.04	14.20	13.36	12.55	11.71	10.87
Octubre	16.99	15.29	14.48	13.59	12.75	11.89	11.05
Nov.	15.11	13.61	12.85	12.09	11.33	10.59	9.80
Dic.	15.24	13.72	12.95	12.19	11.43	10.67	9.91

Tomando en cuenta que se ha obtenido la altura de la lámina de agua que requieren los cultivos, según su coeficiente de consumo por cada mes, es necesario conocer la cantidad total de agua, en altura total de lámina de agua que necesitan, de acuerdo con su período de crecimiento y para encontrar el aporte necesario debe restársele el promedio de la precipitación mensual, cuando ésta llega a 2.54 cm. (1 pulgada) de altura, por medio de la fórmula siguiente:

$$U = \sum (u - r) \quad 4$$

- U Lámina total de agua, en centímetros  
 r Promedio de precipitación mensual.

Cualquiera de los cultivos de temporada puede cambiársele la época de siembra, pero debe tenerse cuidado de hacerlo de manera que su maduración ocurra en la época más conveniente; cuando no llueve, es decir de noviembre a mayo.

Analizando las características de los diferentes suelos y los hábitos de los diferentes cultivos, es conveniente determinar los suelos apropiados y sus áreas correspondientes para cada uno de ellos llegándose a determinar en la Fragua las siguientes áreas que son las más apropiadas para los cultivos que a continuación se expresan:

Algodón y otras fibras	3612 Ha.
Arroz	2864 Ha.
Caña de Azúcar	6120 Ha.
Cítricos	1459 Ha.
Frijol, Maíz, Maicillo, Papa y pastos	6248 Ha.

Para poder determinar las cantidades de agua necesarias, debe relacionarse el cultivo, el suelo y la época de crecimiento, determinándose por medio de la lámina de

**TABLA XI**

Lámina total de agua, en cm., para cada cultivo

	ALGODON	ARROZ	CANA DE AZUCAR	CITRICOS	FIBRAS	FRIJOL	GRAMINEAS	HORTALIZAS	MAIZ Y MAICILLO	PAPA	PASTOS	TOMATE
Enero			13.69	9.88				12.17			11.43	
Febr.			15.34	11.10				13.67			12.78	
Marzo			15.90	11.48				14.12			13.23	
Abril			17.22	12.42				15.29			14.35	
Mayo	10.97	13.74	11.91	7.29	10.06	7.29	10.97	10.06	10.06	8.23	9.14	
Junio	2.74	5.54	3.66	—	1.83	—	2.74	1.83	1.83	—	0.89	
Julio	6.68	9.32	7.57	3.18	5.82	3.18	6.68	5.82	5.82	4.04	4.93	4.04
Agosto	8.03	10.62	8.89	4.55	7.16	(1)	(1)	7.16	(1)	5.44	6.30	5.44
Sept.	2.29	4.80	3.12	—	1.45		2.29	1.45	1.45		0.64	—
Oct.			9.37	5.13	7.67	5.13	8.56	7.67	7.67		6.83	5.90
Nov.			13.61	9.80	12.09	9.80	18.85	12.09	12.09		11.33	
Dic.			13.72	9.91		(2)	(2)	12.19	(2)		13.97	
Totales	3071	44.02	134.00	84.74	46.08			113.52		17.71	105.82	15.44
(1)						10.47	20.39		17.21			
(2)						14.93	20.70		21.21			

agua que luego se transforma en cualquier unidad de volumen por segundo, obteniéndose el gasto; en el sistema métrico será, el metro cúbico o litros por segundo; los americanos emplean por lo general el pie cúbico por segundo, tomando en cuenta que con el gasto de un pie cúbico por segundo, durante una hora, proporciona la cantidad de agua necesaria para cubrir un acre de terreno con una lámina de una pulgada.

Con los datos obtenidos, nos resta conocer el intervalo que debe haber entre cada riego, ya que con tales datos puede hacerse un gran número de combinaciones, de acuerdo con las necesidades y las diferentes exigencias, de manera que deberá resolverse por separado cada uno de los problemas que se presente, pero para formar una idea se tomarán los cultivos más exigentes, suponiendo que con esos se logre cubrir el área de los Llanos de la Fragua, estimándose que obligadamente habrá un exceso debido a que no se toman en cuenta las áreas destinadas a los caminos, vivienda, conducción de agua y áreas perdidas por cualquier otro motivo.

Para encontrar la cantidad de riego y la frecuencia de aplicación, se divide el consumo total "U" entre la lámina "d" a aplicarse en cada riego sobre las diferentes clases de suelos.

$$n = U / d \quad 5$$

Esta fórmula se aplica aproximadamente, tomando en cuenta únicamente las cifras enteras.

- n Número de aplicaciones en el período de crecimiento
- U Consumo total de cada cultivo en lámina de agua en cm.
- d Lámina de agua a aplicarse en cada riego, en cm.

Aplicando esta fórmula para algodón y otras fibras, se requieren de 4 a 8 aplicaciones; para arroz, de 7 a 8; para caña de azúcar, de 14 a 22; para cítricos, de 12 a 15; para maíz, maicillo, frijol y papa, de 3 a 4 riegos en cada co-

secha y para pastos de 13 a 17 aplicaciones.

Suponiendo que un año determinado se explotaran los Llanos de la Fragua con arroz, caña de azúcar y maíz, por ser tales cultivos los más exigentes en cantidades de agua, se podrían destinar para: arroz, 2864 Ha., caña de azúcar, 3258 Ha. y maíz, 5477 Ha., requiriéndose un caudal de 2.9 M3/seg. para efectuar los riegos en arroz; 4.2 M3/seg. para caña de azúcar y 4.4 M3/seg. para maíz, haciendo un total de 11.5 M3/seg. para el riego total de los Llanos de la Fragua.

Encontrado el total de agua necesaria, sólo resta conocer el tiempo que se requiere para efectuar un riego general a toda el área que se ha contemplado, el cual se obtiene por aplicación de la fórmula:

$$27.8 Ad = QT \quad 6$$

- A Area del terreno en hectáreas
- d Lámina de agua en cm.
- Q Gasto en litros por segundo
- T Tiempo en horas

Por lo tanto tendremos:

$$\frac{27.8 \times 11600 \times 10}{11500} = 280 \text{ hrs.}$$

Las 280 hrs. son equivalentes a 12 días, que serían los períodos de utilización del canal, pudiendo efectuarse hasta 2 riegos mensuales, disponiéndose de 6 días al mes para las reparaciones y mantenimiento del sistema.

#### **IV. ABASTECIMIENTO**

El abastecimiento del agua necesaria para regar los Llanos de la Fragua, ha sido ampliamente estudiado y discutido cuantas veces se ha abordado el tema y en diversos trabajos efectuados, pero todo ha quedado sin solución.

Después de haberse estudiado con amplitud los ríos Motagua, Yages, Tambor; Zacapa y la quebrada San Juan, todos tributarios del primero, se ha llegado a la conclusión de que el río Motagua, es el llamado a proporcionar el abastecimiento del agua necesaria, ya que está favorecido por su posición y su caudal, pues este, fluctúa arriba de los 18 M<sup>3</sup>/seg., según aforos verificados por varias entidades, entre los cuales tenemos los efectuados en los meses de máxima sequía, por la Dirección General de Obras Públicas.

El obstáculo principal que se presenta en el uso de estas aguas, es la distancia que hay desde el punto apropiado para su captación al lugar donde deben ser distribuidas; la Compañía J. G. White, muy acertadamente propuso en

su informe que la captación de dichas aguas deberá hacerse en un lugar cercano a la población del Rancho, en el Departamento de El Progreso, ésto implica la construcción de más de 50 km. de canal, debiéndose tomar en cuenta el costo de la obra, pues se impone la necesidad por una parte de serias construcciones para salvar los obstáculos que se encuentran a través de su recorrido y por otra que tendría que hacerse una adquisición de una faja de terreno, destinada al canal principal, de más o menos 65 Km. de largo por 40 m. de ancho, lo que equivaldría a hacer una expropiación o compra a diferentes dueños de poco más o menos 260 Ha.

Al construirse este canal, debe considerarse que aumenta el área en que será utilizado, pues se impone prestar un servicio en igual forma a todos los agricultores que se encuentran en posibilidades de hacer uso de él, siendo los ubicados en el área comprendida entre el canal y el río Motagua, desde la población de El Rancho hasta la aldea de la Reforma en el Departamento de Zacapa.

Para calcular la capacidad del canal, es necesario también tomar en cuenta las pérdidas por conducción, que consisten esencialmente las pérdidas por filtración y por evaporación, pero éstas últimas son tan pequeñas que no merecen considerarse.

Las pérdidas por filtración se calculan por medio de la fórmula de Moritz.

$$P = 0.375 C \frac{Q^{1/2}}{V^{1/2}} \quad 7$$

P Pérdidas por filtración en m<sup>3</sup>/seg./km.

Q Gasto en el canal en m<sup>3</sup>/seg.

C Coeficiente, según el material, véase tabla XII.

## TABLA XII

### Valores de C para diferentes materiales

Materiales	C	
Arcilla impermeable	0.08	0.11
Arcilla semipermeable	0.11	0.15
Limo	0.15	0.23
Arcilla con arena o grava	0.23	0.30
Franco arenoso	0.30	0.40
Arena	0.40	0.55
Arena con grava	0.55	0.75
Roca desintegrada con grava	0.75	0.90
Suelo con mucha grava	0.90	1.80

Por el capítulo anterior sabemos que se requiere un gasto Q de 11.5 M3/seg., y para poder calcular el Canal que sirva como punto de partida, se usará un C igual a 0.030 y una velocidad V igual a 0.62 m/seg.; suponiéndose una longitud de canal de 50 Km., las pérdidas por conducción serían:

$$P = 0.037 \times 0.030 \frac{11.5^{1/2}}{0.62^{1/2}} = 0.05 \text{ m}^3/\text{seg.}/\text{km.}$$

$$P \text{ total } 50 \times 0.05 \quad 2.5 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q \text{ real } 13 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

De donde, el gasto real será:

La forma más conveniente para la construcción del canal es la trapezoidal, en la cual intervienen los elementos siguientes:

- b Ancho de la base
- d tirante de agua
- n Coeficiente de rugosidad (0.030 para canal de tierra)
- s Pendiente.

Y los taludes, que se designan como la relación entre distancia horizontal y la altura, para los cuales se recomiendan los siguientes valores:

Para material poco estable	2/1
para Tierra arcillosa, talpetate, etc.	1.5/1
para Talpetate duro	1/1
para Roca ligeramente alterada	0.5/1
para roca dura	0.25/1

La velocidad media se determina por la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad 8$$

y para que no haya depósitos de materiales sólidos en suspensión deberá estar comprendida entre 50 y 80 cm/seg. ya que por economía, el canal deberá ser de tierra.

Una vez terminados el coeficiente de rugosidad y la pendiente, se puede hacer variar la velocidad, variando el radio hidráulico, que es la relación entre el área y el perímetro mojado, los cuales dependen del ancho de la base, el tirante de agua y la inclinación de los taludes.

Para tener un margen de seguridad, es conveniente dejar cierta distancia vertical entre la superficie libre del agua y la corona de los bordes.

Las características hidráulicas del canal supuesto son:

Q 13 m<sup>3</sup>/seg.; S 0.00030; d 2.42 m; L 12.26 m;

A 20.885 m<sup>2</sup>; wp 13.762 m; R 1.522;  $\frac{R^{2/3}}{n} = 44.10$

b 5 m; h 3m; C 3 a 7 m.

Para estas características es necesario un ancho de vía de 40 metros. más o menos.

Localizado el canal principal, correría por la parte más alta de los Llanos hasta desembocar en la quebrada San Juan, donde el excedente de agua, podría ser utilizado por las aldeas de Piedras Negras y la Fragua para explotación pecuaria y pequeños cultivos en el lado Este de dicha quebrada, retornando luego las aguas a su cause original o sea al río Motagua.

Es indispensable, después de un estudio minucioso, sacar los canales secundarios o laterales, que serán aproximadamente 15, podrán ser paralelos entre sí y correrán de Sur a Norte; de ellos se sacará el agua necesaria para los diferentes riegos que se proyecten, que por lo general tendrán que ser riegos superficiales, y deberán estar sujetos a un plan general. Dichos canales laterales tendrán una longitud variable, pero por término medio serán de 10 Km. de largo y deberán abastecer aproximadamente 1,000 Ha.

Para el cálculo de uno de los canales laterales, supondremos que en los terrenos que serán abastecidos por él, se requerirá para su cultivo, la cantidad máxima de agua, la cual será de 1 m<sup>3</sup>/seg., por lo tanto el canal tendrá las siguientes características hidráulicas:

Q 1 m<sup>3</sup>/seg.; V 0.36 m/seg. C 0.030; S 0.0025  
d 1.06 m.; L 4.18 m.; A 2.745 m<sup>2</sup>; wp 4.822 m.  
R 0.569;  $\frac{R^{2/3}}{n} = 22.87$ ; b 1 m.; e 0.47 m.  
h 1.50; corona 1 m. a 3 m.; Ancho de vía de 8 a 10 m.

Todas las tomas para los canales laterales estarán sobre el lado izquierdo del canal principal y es recomendable que todas sean construidas con estructuras iguales y con el mismo sistema de compuertas, con el objeto de estandarizar su funcionamiento, pudiéndose así, controlar mejor las dotaciones de agua a los regantes.

Las tomas de los canales secundarios podrán ser estructuras variables, de acuerdo con las posibilidades de los propietarios, pero siempre deben llenar los requisitos de seguridad necesarios y estarán siempre controlados por una organización central, haciendo uso del agua de acuerdo a calendarios previamente autorizados.

El control del agua se puede hacer por medio de compuertas comerciales, tanto en el canal principal como en los secundarios, aforándose las corrientes por medio de vertederos o canales Parshall que podrán ser calculados y construídos de acuerdo con las necesidades.

Otro sistema de abastecimiento que también ha sido contemplado, es el de perforación de pozos profundos; sistema cuya construcción y mantenimiento resultan honerosos para los agricultores que pueblan los Llanos de la Fragua, si tomamos en cuenta la falta de fuerza motriz y el alto costo de las perforaciones; además deben tomarse muchas precauciones en este sistema ya que se puede complicar el problema, si el nivel estático de la capa freática baja con la extracción de grandes cantidades de agua.

Sin embargo, es el sistema que para una obra estatal, presenta las mejores ventajas, pues una vez entregados, cada uno de los pozos a los diferentes regantes, ellos serán los responsables de su buen uso y mantenimiento, pero el control técnico queda reducido a un escaso número y no se pueden hacer efectivas las estipulaciones de agua para los diferentes cultivos, cayéndose muy pronto al empirismo en los riegos de una zona que requiere la mayor atención técnica.

Para poder determinar hasta dónde es conveniente el riego de los Llanos de la Fragua por medio de pozos profundos, es necesario hacer un minucioso estudio hidrológico de la zona, con el fin de determinar la cantidad de agua que anualmente fluye para el reabastecimiento de los vasos, cuencas y mantos freáticos.

Lo primero es determinar el movimiento de las aguas subterráneas, el cual se puede presentar en tres formas diferentes:

- 10.—Corrientes subterráneas que tienen una dirección bien definida y con velocidades relativamente grandes.
- 20.—Aguas subterráneas que poseen movimiento lento y una amplia dirección de flujo hacia elevaciones menores; la velocidad de estas aguas es producida por pequeñas presiones hidrostáticas.
- 30.—Masas de agua subterráneas estáticas; éstas no poseen ningún movimiento, salvo aquél que ocurre en las regiones de recarga y de las salidas para la cuenca subterránea, es muy posible que esta última clase de aguas subterráneas sea la dominante en el subsuelo de los Llanos de la Fragua, debido a que por lo general, suelen hallarse en valles cerrados totalmente o en parte, presumiéndose que en un tiempo fueron lagos o mares terrestres.

El desarrollo de los pozos en formaciones como ésta, es relativamente costoso, necesitándose taladros especiales y teniéndose como en la Fragua, materiales de sobre carga, se hace necesario forrar el pozo hasta la formación roquiza, con un sello y una base para la columna del forro.

Para determinar las decisiones que norman el criterio en la apertura de los pozos en los Estados Unidos, es necesario contestar el siguiente cuestionario:

- 1) ¿Es abundante el suministro del agua disponible?
- 2) ¿La calidad del agua es de tal manera conveniente que permita la producción de las cosechas que se proyectan?
- 3) ¿Se haya el acuífero a una profundidad que permita su bombeo económico?
- 4) ¿El manto freático es estable?
- 5) ¿Se está elevando el manto freático?
- 6) ¿Se está disminuyendo el manto freático?
- 7) Hay posibilidades de que con varios pozos en la región,

se produzcan extracciones de agua que excedan a la recarga natural?

- 8) ¿Existen leyes vigentes o reglamentos oficiales que protejan contra el agotamiento o disminución de los recursos hidráulicos?
- 9) ¿Está la región protegida contra la sobre expansión y disminución de las aguas subterráneas por medio de controles?
- 10) ¿Producirán las cosechas que se pretenden, suficiente ganancia para cubrir el aumento de costos debido a su riego?
- 11) ¿Es la tierra físicamente conveniente, desde los puntos de vista de su topografía, productividad y capacidad retentiva del agua?
- 12) ¿Es la tierra conveniente para los tipos de cosechas a producirse?

Se debe tomar en cuenta también que los pozos para riegos son diferentes de los pozos que suministran agua para servicios domésticos, ya que los primeros necesitan volúmenes muy grandes de agua, aún en áreas pequeñas, requiriendo para el establecimiento o construcción, equipo automotriz especial.

El forro de un pozo tiene que ser diseñado de manera que sirva para el material que constituye la formación acuífera, de modo que la arena fina sea detenida fuera del forro sin causar grandes pérdidas de presión, las que aumentan la altura de aspiración en el bombeo; además el forro deberá ser fuerte, durable y suficientemente grande para permitir la instalación de la bomba de la capacidad necesaria.

El pozo deberá estar ubicado en un sitio donde penetre una buena formación acuífera, pero en la Fragua es preferible establecerlo donde permita regar la mayor área con el mínimo de gasto posible en la distribución.

Según noticias recibidas recientemente, se perforó un pozo en la Estación Experimental de la Fragua, con una profundidad de 400 pies, lugar donde se encontró una for-

mación rocosa, habiéndose profundizado en ella 15 pies más, el caudal hasta hoy obtenido es de 900 galones por minuto o sea 0.056 m<sup>3</sup>/seg., lo que alcanzaría para regar más o menos unas 6 Ha. diariamente, de manera que en los Llanos de la Fragua serían necesarios de 150 a 200 pozos, si el caudal de ellos fuera similar y se tuviera la seguridad de que el acuífero no va a ser disminuído.

Analizando los dos sistemas descritos, podría hacerse una combinación de ambos, lográndose con ello, una disminución del canal de conducción del agua y menor número de pozos; reforzándose ambos, también, con la extracción de agua del río Motagua, por medio de bombas, tomándose ésta de los lugares más convenientes.

## V. SUGERENCIAS

1.—Es necesaria y conveniente la creación de un organismo estatal que estudie y ejecute las obras de riego de carácter social; y que proporcione ayuda técnica para las obras de riego de carácter privado.

2.—Este organismo deberá constar, para iniciarse, con las siguientes secciones:

a) Departamento de Laboratorios:

Laboratorio químico para análisis de suelos y aguas.

Laboratorio mecánico de suelos.

Laboratorio biológico.

Laboratorio especial de modelos hidráulicos.

b) Departamento de Ingeniería:

Sección de Aforos.

Sección de topografía y estudios agrológicos.

Sección de Proyectos.

c) Departamento de meteorología.

d) Departamento Ejecutivo de Obras de riego.

e) Departamento Jurídico y Legislación de Recursos Hidráulicos.

f) Departamento de Extensión y Divulgación.

**Rodolfo René Molina Sierra.**

Vo. Bo.

**Ing. Eduardo D. Goyzueta.**

Imprímase

**Ing. Bernardo Fuentes Alvarado**

Decano.

# BIBLIOGRAFIA

- Agrotécnia, órgano oficial del Colegio Nacional de Ingenieros Agrónomos y Azucareros de Cuba. Nos. Sep. y Oct. de 1955.
- Circular Agrícola, No. 48 del Centro Nacional de Agronomía, El Salvador, 1952.
- Flanagan Jeff E. Ing. y Cabezas Rivas. 1951. Principios que determinan las necesidades de riego en los trópicos.
- Flanagan Jeff E. Ing. y Molina V. José, 1952. Requisitos de riego para el Salvador.
- Israelsen Orson W. Ph. D 1950. Irrigation Principles and Practices.
- Instrucciones Generales para la localización de los canales de riego y sus estructuras. Secretaría de Recursos Hidráulicos de México.
- Lyon y Bukman, 1952. Edafología, Naturaleza y Propiedades del Suelo.
- Métodos de Características del suelo. Instituto Agropecuario Nacional. 1954.
- Simmos Charles S. y Tárano J. Manuel. Reconocimiento de suelos de los Llanos de la Fragua. Copia a máquina, inédita.
- Thorne D. W. and Peterson H. B. 1954. Irrigated Soils.

