

01
T(193)

C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

Evaluación de los Trabajos Titulados

*Ensayo de Riego por medio de pozos profundos
en la Fragua-Zacapa*

T E S I S

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

POR

OSWALDO PORRES GRAJEDA

En el acto de su investidura de:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
INGENIERO AGRÓNOMO
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

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

Decano: Ing. Agr. Marco Tulio Urizar
Vocal 1o. Ing. Humberto Olivero H.
Vocal 2o. Ing. Mario Molina Llarden
Vocal 3o. Lic. Alfredo Chacón Pasos
Vocal 4o. Br. Salvador Castillo Orellana
Vocal 5o. Br. Jorge Luis Juárez
Secretario: Ing. Ovidio Maya Gálvez

TRIBUNAL QUE PRACTICO EXAMEN GENERAL PRIVADO

Ex-Decano Ing. Bernardo Fuentes Alvarado
Examinador Ing. Eduardo Ayzueta V.
Examinador Ing. Frans Pieters
Examinador Dr. Francisco Rodas
Secretario: Guillermo Guzmán Ch.

DEDICATORIA

A mis padres:

Aparicio Porres R.
Corona Grajeda de Porres

A mi esposa:

Vilma Hrstka de Porres

A mis hijos:

Oswaldo y Lorena

A mis compañeros:

Ovidio Amaya
Marco Tulio Urizar
Guillermo Pacheco

A mis Catedráticos y compañeros

A mis hermanos y demás familia.

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Tengo el honor de someter a vuestra consideración, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo el presente trabajo de tesis "Evaluación de los Trabajos Titulados Ensayo de Riego por medio de Pozos en la Fragua". Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Agronomía.

SUMARIO

1—INTRODUCCION

- a—Generalidades
- b—Organización y Financiamiento.

2—ESTUDIO GEOLOGICO DEL VALLE DE LA FRAGUA

- a—Consideraciones generales
- b—Perfil Geológico de los Llanos de La Fragua
- c—Profundidades del Nivel Estático
- d—Comportamiento del Manto durante el bombeo.

3—LOCALIZACION Y CONSTRUCCION DE LOS POZOS

- a—Diseño de la Localización
- b—Técnica de perforación.

4—PREPARACION DE TIERRAS PARA RIEGO

- a—Recomendaciones Generales.

5—DESARROLLO AGRICOLA DE LAS ZONAS DE RIEGO

- a—Suelos
- b—Cultivos Realizados.

6—COSTOS DE PRODUCCION DE AGUA POR ESTE SISTEMA

INTRODUCCION

A—Generalidades

Desde hace muchos años se piensa en la utilización de los "Llanos de La Fragua" para la producción agrícola, y convertir dicha región en un centro de abastecimiento de los productos alimenticios básicos de la población del Oriente de la República.

En diferentes épocas, diferentes gobiernos, en el deseo de cristalizar tal idea pensaron en la utilización de las aguas de los ríos que bordean los mencionados llanos, para lo cual mediante la contratación de servicios de compañías extranjeras o de dependencias públicas, patrocinaron estudios tendientes al aprovechamiento de las aguas de dichos ríos, los que conjuntamente con el área útil de los llanos de La Fragua, constituyen recursos naturales susceptibles de uso, con aquella finalidad, en provecho definitivo de la economía nacional, por cuanto en tal forma se incorporaría a la producción una área aprovechable de 10,000 Ha. que en tanto no se utilice, permanecerá relegada al abandono.

Dadas las condiciones climáticas de la región, en donde prevalecen características especiales de precipitación pluvial y ecológicas en general, es imprescindible el uso del riego, de suerte que el aprovechamiento de los recursos hidrológicos de la zona es estrictamente necesaria, y de ahí que todo intento de utilización de los "Llanos de La Fragua", necesariamente tiene que comenzar por una planificación adecuada para el aprovechamiento de tales recursos.

Sin embargo, el financiamiento de las obras que se recomiendan en tales estudios, ha sido hasta hoy el problema principal. Los recursos económicos de la Nación han sido insuficientes en toda época y de ahí que hasta el presente, la utilización de los "Llanos de La Fragua" ha sido un sueño de todos los gobiernos.

No fue sino hasta el año de 1956 que, mediante el programa de cooperación técnica suscrito entre el gobierno de los Estados Unidos de Norteamérica y el de Guatemala, que

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTADÍSTICA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

se pensó en iniciar estudios explorativos para el aprovechamiento de las aguas del sub-suelo, para lo cual se desarrollaron los planeamientos y se efectuaron los trabajos referidos en la presente tesis que me he permitido elaborar con base en mi participación y experiencia personal, en el desarrollo de los mismos, a efecto de exponer en forma ordenada y concreta los resultados logrados desde que se principiaron, hasta la presente fecha, con objeto de que sirva de base para la orientación de nuevos programas a quienes en el futuro deseen proseguir los trabajos tendientes a la utilización de los "Llanos de La Fragua" para la producción agrícola de aquella región.

ORGANIZACION Y FINANCIAMIENTO

A petición del Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura, en el año de 1956 se llevaron a cabo arreglos para realizar el programa titulado "Ensayo de Riegos por medio de pozos profundos en los Llanos de La Fragua".

Posteriormente se firmaron contratos entre el Gobierno de la República de Guatemala y el de los Estados Unidos a través de la I. C. A.

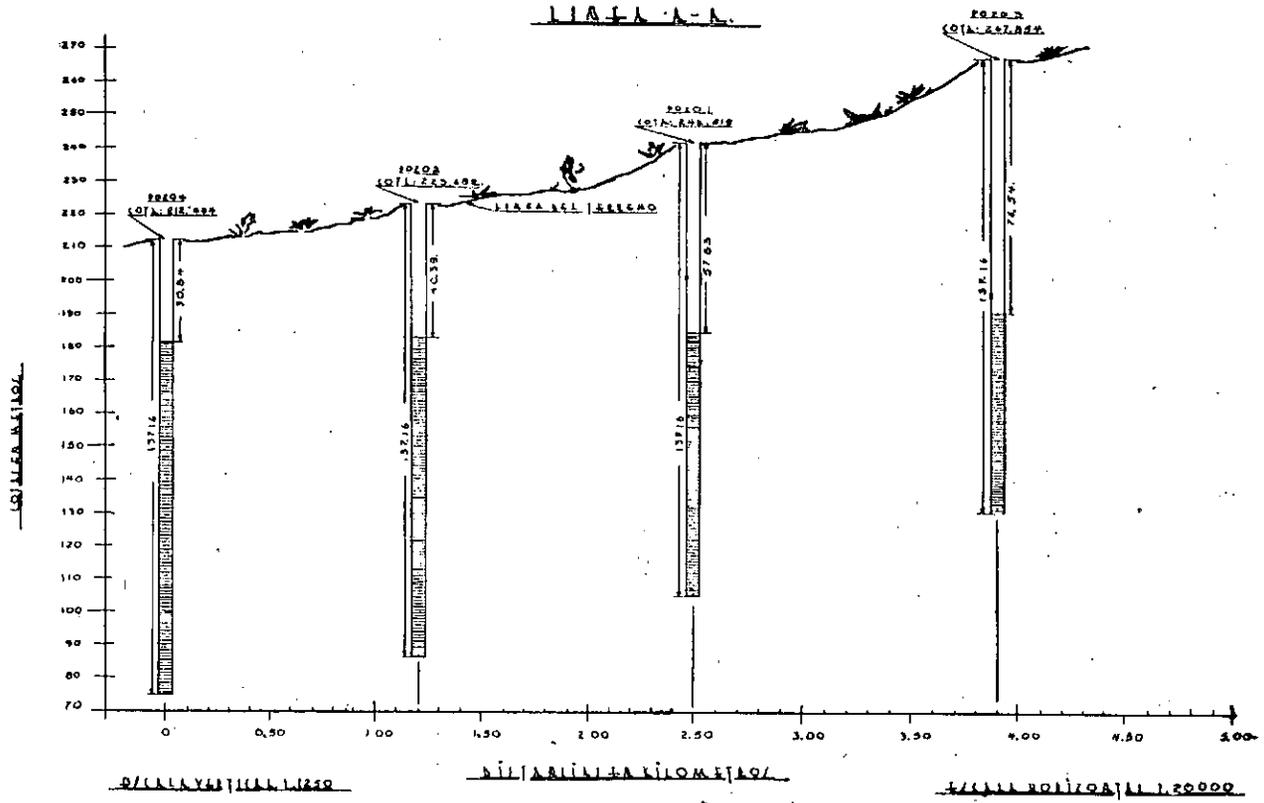
La I. C. A. aportó un capital efectivo de \$600,000.00 así como su asesoría técnica al programa y por su parte el Gobierno de la República a través del Ministerio de Agricultura aportó \$60,000.00 en efectivo y \$1.200,000.00 en especies.

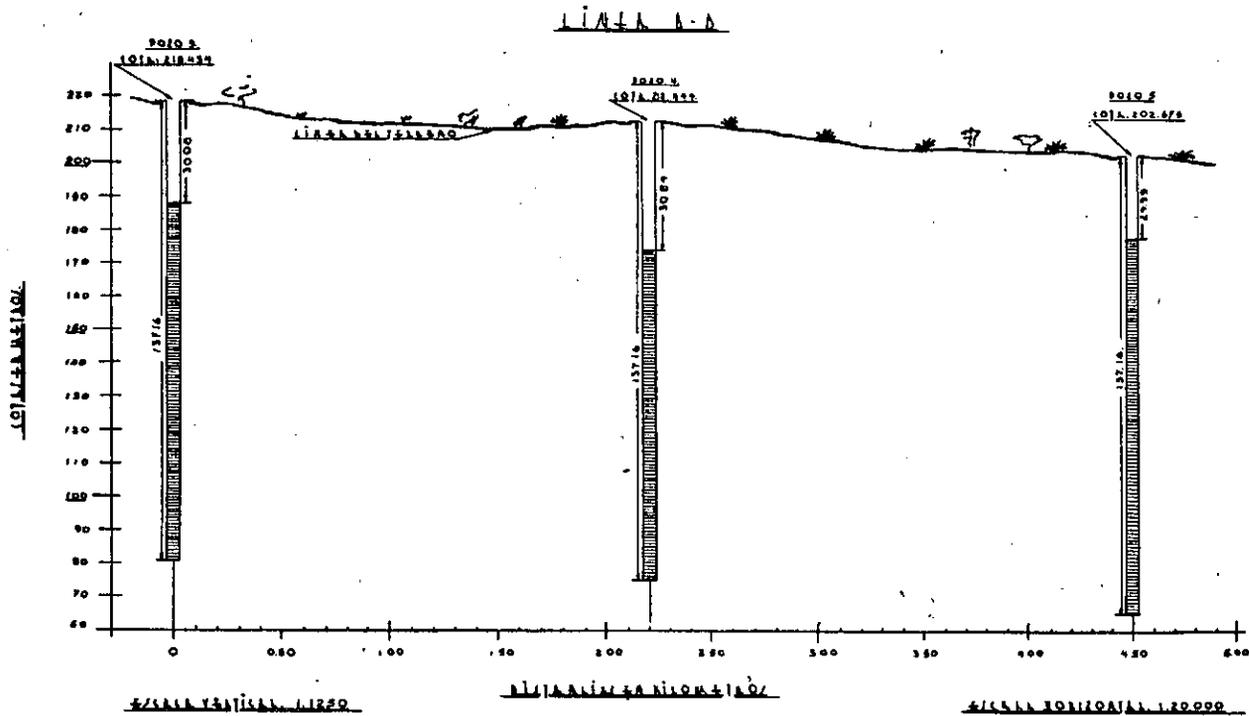
En Diciembre del año de 1957, fueron formalmente iniciados los trabajos y en la ejecución de los mismos intervinieron: el Servicio de Desarrollo Internacional (IDS), entidad norteamericana contratada por la I. C. A. para llevar a cabo la asesoría del programa, y el Departamento de Recursos Hidráulicos del Ministerio de Agricultura como ejecutivo en el proyecto. Posteriormente y a medida que las circunstancias lo demandaron, intervino el SCIDA en los renglones de maquinaria agrícola y extensión.

ESTUDIO GEOLOGICO DEL VALLE DE LA FRAGUA

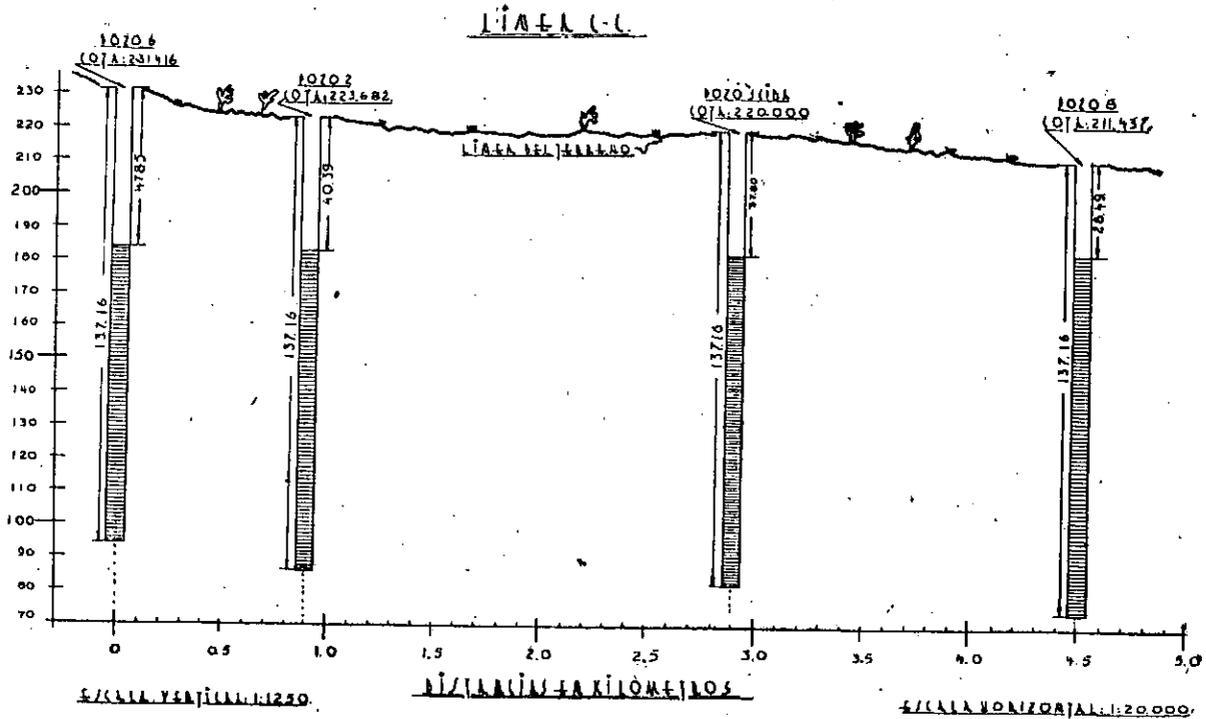
Aún cuando a la fecha de iniciarse este programa ya existían algunos trabajos elaborados por Sapper, Power Achuchert y otros, la geología de Guatemala aún no ha sido descrita en forma suficientemente completa para fines de utilidad práctica tal es el caso de los llanos de La Fragua; no se conocían las formaciones geológicas de dichos llanos así como las propiedades acuíferas de los estratos del sub-suelo.

Antes de entrar a describir las características del sub-suelo de esta área, me permitiré exponer algunos conceptos generales:





COJAS TANEJOS



ESTRATOS QUE CONSTITUYEN CAPAS ACUIFERAS

El agua del sub-suelo se encuentra contenida en los espacios que forman los diferentes agregados de un estrato; esta agua proviene siempre de la filtración de una parte de las aguas de lluvia.

De acuerdo con lo anterior, la capacidad de reabastecimiento de una cuenca será directamente proporcional a la cantidad de lluvia ocurrida en la zona, a la población forestal de esa cuenca puesto que facilita la infiltración e inversamente proporcional a la inclinación general de los terrenos que forman esa cuenca, además de otros factores que no viene al caso enumerar.

El agua dentro de las formaciones del sub-suelo, se desplaza en direcciones horizontales y verticales dentro de los espacios que forman los diferentes agregados y entre las porosidades de los materiales, llegando en esta forma a constituir estratos sobresaturados de agua debido a la impermeabilidad de la formación inmediata inferior.

La presencia de agua en los estratos de cualquier región, está determinada pues, por las características de distribución y estructura de los agregados que contiene o sea las formaciones geológicas del lugar.

Los materiales que se encuentran al perforar un pozo son: por un lado partículas incoherentes como arcillas, arena, grava, por otro lado rocas consolidadas como granito, calizas, etc.

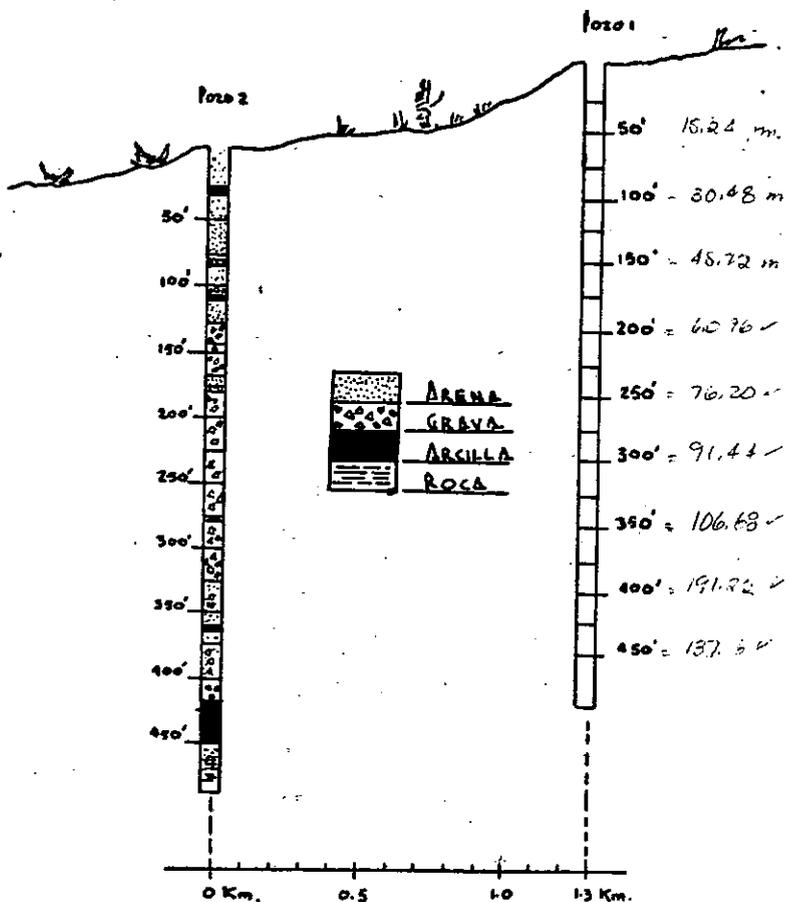
Cerca de la superficie de la tierra las rocas se quiebran y se descomponen debido a proceso químico y físicos llamados de edafización e intemperización, en algunos lugares la acción de estos fenómenos es relativamente severa como es el caso de aquellos cuyo clima es cálido húmedo.

En los llanos de La Fragua lo más importante en la formación de estratos interiores ha sido la acción del agua que arrastrando buena parte de los materiales sueltos de las laderas, que los circundan los han depositado en la planicie, formando así grandes capas sedimentarias que en algunos casos llegan a ser de varias decenas de metros de espesor.

Existe una gran cantidad de materiales extraños, como capas de arcilla, de arena o bien capas de grava con arena (todos intercalados) antes de llegar al lecho rocoso cuya profundidad no se encontró a menos de 120 metros.

Con el objeto de ilustrar un poco más la estratigrafía de la zona, se adjuntan algunos perfiles tomados durante la perforación.

PERFIL GEOLOGICO DE LOS LLANOS DE LA FRAGUA



ESCALA VERTICAL 1:1250

ESCALA HORIZONTAL 1:20 000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

Profundidad del nivel estático del agua

En muchos lugares existen grandes cantidades de agua almacenada en los estratos subyacentes de la superficie de la tierra, el tipo de estrato más conveniente es el arenoso o gravoso porque permite la movilización del agua.

La profundidad del nivel estático del agua en los llanos de La Fragua varía de acuerdo con la topografía del terreno así: en el lado Sur del valle, cuya elevación es de 268 a 275 metros sobre el nivel del mar, la profundidad del manto de agua es de 106 a 110 metros, mientras que en el lado Norte del mismo, donde la altura sobre el nivel del mar es de 200 metros aproximadamente, el nivel estático se encuentra a una profundidad de 24 a 26 metros.

Se adjunta un cuadro que consigna datos de elevación y profundidad del manto de agua de los pozos perforados y otros existentes en el valle (ver cuadro No. 1).

Comportamiento del manto durante el bombeo

De acuerdo con los datos en el cuadro No. 1 y las distancias entre los pozos, se observa una pendiente manifiesta del gradiente hidráulico de las aguas del sub-suelo hacia el río Motagua y hacia la quebrada de San Juan (ver figuras 1, 2 y 3).

Durante el bombeo de un pozo se observa una depresión del nivel estático, lo que comunmente se denomina como de depresión.

Este incremento de profundidad más la profundidad normal del nivel estático es lo que determina la profundidad del bombeo.

Como podrá observarse, este es un dato básico para el diseño de las especificaciones de la bomba o turbina y el motor que accionará a esta turbina.

Analicemos la curva que nos dió la prueba de un pozo en la Fragua. (Ver cuadro No. 2).

De esta manera pueden obtenerse curvas del comportamiento de un pozo.

Como es sabido existen otros métodos analíticos, pero este es uno muy práctico.

El problema para la obtención de los datos de profundidad mientras un pozo está siendo bombeado, se resuelve usando métodos indirectos de los cuales expondremos dos.

1—Método eléctrico: Este consiste en un alambre cuyo final está convenientemente dispuesto para que el contacto

se haga solo en un punto usando para el caso un aislador en la punta como se muestra en la figura 4.

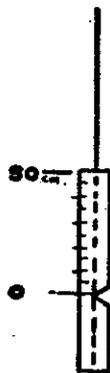


FIG. 4

Este alambre está conectado a un indicador de corriente y al polo de una batería; otro alambre unirá al tubo metálico de revestimiento del pozo y el otro polo.

Al introducir el alambre dentro del pozo y este tocar el agua, se establece el circuito y el indicador marcará; luego con una cinta, puede medirse el alambre introducido en el pozo. (Ver diagrama). Figura 5.

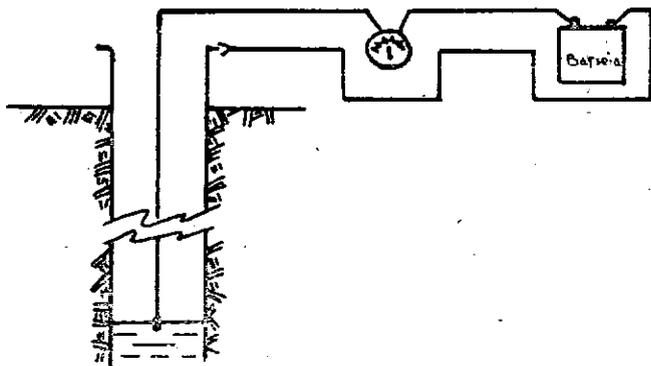


FIG. 5

Método de la columna de aire

Longitud total = $a+b+c$

Lectura en el manómetro $\times 2.31 + b$ c = puede medirse directamente o a veces no existe.

Factor 2.31 para convertir carga de presión en unidades lineales.

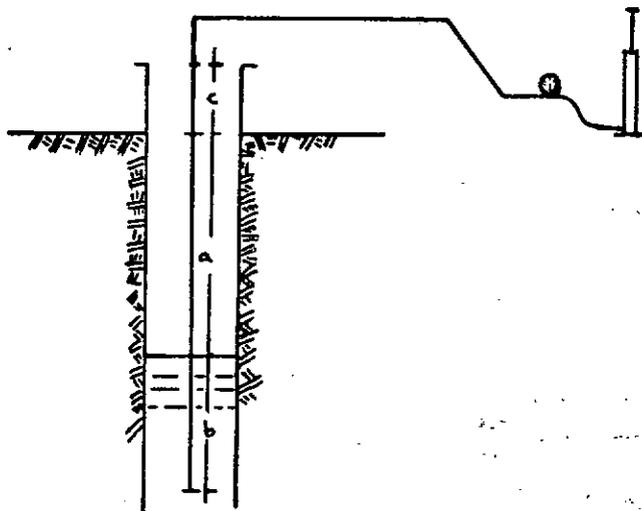
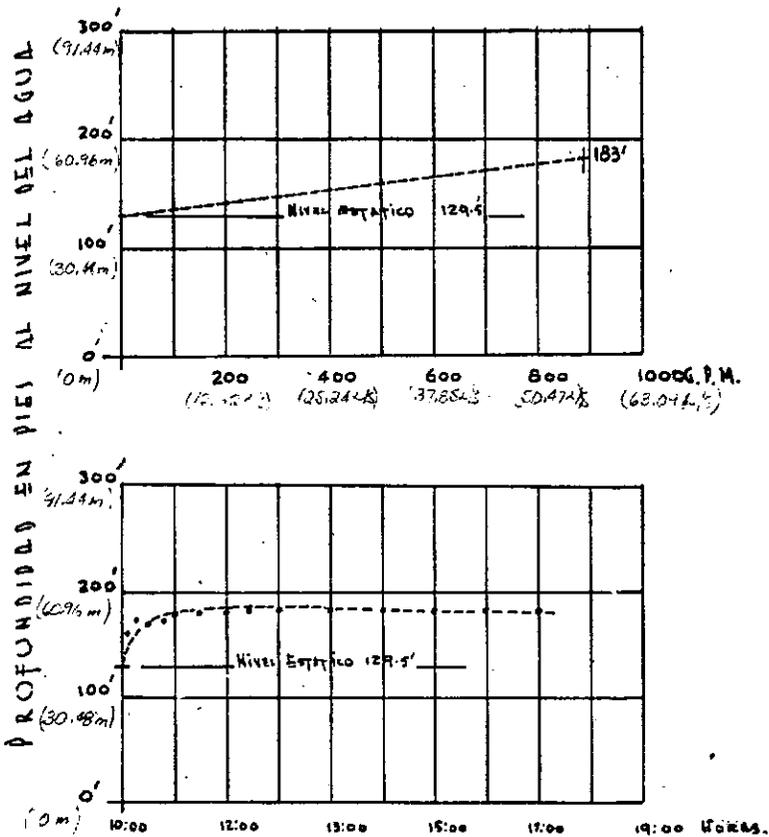


FIG. 6

GRAFICO DEL COMPORTAMIENTO DEL POZO No. 2



El descenso total fué de 53.5 pies con un gasto de 992 G.P.M.

A la cuarta hora de bombeo el nivel estático deja de descender y se estabiliza a 183'

CUADRO No. 1

Pozo	Altura sobre el nivel del mar	Profundidad del nivel estático	Profundidad de perforación
No.			
1	242.519 Metros	57.88 Metros	137.16 Metros
2	223.682 "	40.39 "	137.16 "
3	267.854 "	76.50 "	" "
4	212.444 "	30.84 "	137.16 "
5	202.676 "	24.99 "	137.16 "
6	231.417 "	47.85 "	137.16 "
7	239.684 "	No se llegó a perforar	" "
8	211.437 "	28.44 Metros	137.16 "
9	218.434 "	35.08 "	121.92 "

GIRON

A	218.247 "	35.00 "	No hay datos
B	220.075 "	35.30 "	" " "
C	218.338 "	34.70 "	" " "

CUADRO No. 2 PRUEBA DEL POZO No. 2

Fecha	Hora	Descarga	Profundidad
11-2-58	9:04	0	129.5 Pies 39.47m
	10:00	81.29 4/8 1336	G. P. M. —o—
	10:03	62.59 ✓ 992	" 154 " 46.92 ✓
	10:04	✓ 992	" 157 " 47.35 ✓
	10:05	✓ 992	" 160 " 48.77 ✓
	10:06	✓ 992	" 159 " 48.46 ✓
	10:07	✓ 992	" 160 " 48.77 ✓
	10:08	✓ 992	" 161 " 49.07 ✓
	10:09	✓ 992	" 164 " 49.99 ✓
	10:10	✓ 992	" 165 " 50.32 ✓
	10:15	61.07 ✓ 968	" 170 " 51.32 ✓
	10:20	62.59 ✓ 992	" 176 " 53.61 ✓
	10:25	✓ 992	" 168 " 51.21 ✓
	10:30	60.76 ✓ 963	" 169 " 51.51 ✓

10:40	58.99 2/5	935	"	170	"	51.82 m
10:50	✓	✓ 935	"	172	"	52.43 ✓
11:00	✓	✓ 935	"	176	"	53.66 ✓
11:15	✓	✓ 935	"	177	"	53.95 ✓
11:30	✓	✓ 935	"	178	"	54.25 ✓
11:45	✓	✓ 935	"	178	"	54.25 ✓
12:00	✓	✓ 935	"	178	"	54.25 ✓
12:30	✓	✓ 935	"	180	"	54.86

Fecha	Hora	Descarga	Profundidad
11-2-58	13:00	58.99 2/5 935	G. P. M. 181 Pies 55.17 m
	13:30	60.76 ✓ 963	" 182 " 55.47 m
	14:00	✓ ✓ 963	" 182 " ✓
	15:00	✓ ✓ 963	" 182 " ✓
	16:00	✓ ✓ 963	" 182 " ✓
	17:00	62.59 ✓ 992	" 182 " ✓
	18:00	✓ ✓ 992	" 183 " 56.78 ✓

Se han observado descensos en el nivel estático de los pozos con excepción de los números 8 y 9.

CUADRO MOSTRANDO EL DESCENSO DEL MANTO FREÁTICO

Pozo No.	Nivel estático inicial	Nivel estático actual	Diferencia
1	57.88 Metros	60.10 Metros	2.22 Metros
2	40.39 Metros	43.70 Metros	3.31 Metros
4	30.84 Metros	32.60 Metros	1.76 Metros
5	24.99 Metros	25.60 Metros	0.61 Metros
6	47.85 Metros	47.90 Metros	0.05 Metros
9	35.08 Metros	34.19 Metros	+
8	28.44 Metros	27.90 Metros	++

+ Recargado directamente por el río Motagua.

++ Recargado por la quebrada de San Juan.

Los descensos registrados en los pozos no son permanentes, pues si se dejan en reposo una semana se recargan hasta obtener su nivel original.

La totalidad del área útil de los llanos de La Fragua cuando ésta, esté, completamente cultivada, probablemente tendrá un consumo de 217.728,000 metros cúbicos anuales, lo que nos hace plantear la incógnita de si será suficiente el depósito subterráneo de La Fragua.

63.09 2/3.

Nótese que actualmente con seis pozos de 1,000 'G. P.M. de descarga, se cubre una superficie de 300 Ha. el área útil de los llanos de La Fragua es de unas 8,000 Ha. de donde se deduce que para irrigar la totalidad de los llanos de La Fragua serían necesarios 160 pozos con un valor de Q.2.560,000.00 con la incertidumbre de que el depósito subterráneo sea suficiente, los costos de operación altos y los problemas consiguientes que ocasionaría la maquinaria en cuanto a su operación y renovación.

LOCALIZACION Y CONSTRUCCION DE LOS POZOS

El área de exploración se extiende de Sur a Norte desde la aldea de San Jorge hasta el municipio de Estanzuela y de Este a Oeste desde la quebrada de San Juan hasta el puente Mármol. Es plana, pero presenta una pendiente más manifiesta de Sur a Norte que varía de 0 a 5% y es interceptada por algunos drenajes orientados de Sur a Norte y de Oeste a Este buscando el río Motagua en su desembocadura con dicho río.

Para la exploración del manto freático de dicha área, se consideró conveniente hacer un censo de pozos ya perforados en el Valle, pudiendo establecerse que el nivel estático del manto freático se encuentra a unos 76 metros en el extremo Sur del valle en San Jorge y a unos 24 metros en las proximidades de Estanzuela, lo cual dió la pauta a seguir para el planeamiento de los trabajos de localización de pozos a perforarse, los que se hicieron con base en el siguiente procedimiento:

- 1—Se trazaron dos ejes paralelos espaciados tres kilómetros uno del otro, conforme al diagrama en la figura No. 4, el primero de los cuales se orientó de Sur a Norte de San Jorge a Estanzuela. Interceptando al par anterior se trazaron otros dos ejes paralelos espaciados así mismo, tres kilómetros perpendiculares a los anteriores.

La localización ideal hubiera sido en los puntos de intercepción de los ejes paralelos trazados, pero circunstancias tales como la no anuencia de los campesinos propietarios de los terrenos y condiciones topográficas de los mismos, dieron lugar a que las perforaciones de los pozos se hicieran en puntos ligeramente desviados de los ejes.

PERFORACION DE LOS POZOS

La perforación de los pozos se llevó a cabo por medio de contrato, siguiendo la técnica de perforación llamada de "Rotación", de acuerdo con las especificaciones siguientes:

Profundidad total de perforación	137.16 Metros
Diámetro de la perforación	55 Cms.
Diámetro del tubo de revestimiento	40 Cms.
Longitud del tubo ranurado	68.58 Metros
Longitud del tubo liso	68.58 Metros
Area de la ranura	15 Cms ²
Area total de paso de agua	2.025 M ²

Agua mezclada con arcilla hasta que tenga una consistencia cremosa, es bombeada de la laguneta de sedimentación a la parte superior del Kelly o eje de rotación del barrenado, luego descendiendo a través del mismo hasta el fondo de la perforación arrastrando en su ascenso o hacia la superficie de la tierra todos los materiales de corte, pasando luego a la laguneta donde se sedimentan.

Para que un sistema de perforación de este tipo, trabaje eficientemente el lodo, debe mantenerse siempre a una misma densidad, de lo contrario no es capaz de transportar a todos los materiales cortados.

Es costumbre establecida hacer un agujero de prueba de 7 a 10 pulgadas. La construcción de este agujero dá una idea de los estratos del pozo; además, a cada 10 pies de perforación se sacan muestras del estrato en que está perforando.

En esta etapa de la construcción del pozo se saca un perfil estratigráfico usando para el caso un estratígrafo eléctrico; este es un aparato cuyo principio básico es el del puente de Winston o sea el de la resistencia eléctrica. De manera que, en una formación arcillosa y de roca dura donde no existe agua la oscilación de la aguja del gráfico será mayor que en los estratos arenosos saturados de H₂O donde no hay resistencia eléctrica y el gráfico es una línea vertical.

El gráfico que aporta este aparato consiste en dos curvas similares e invertidas; una es la de la resistencia eléctrica expresada en ohms/m y la otra del potencial expresado en mv/

El muestreo a cada 3 metros facilita la interpretación de los gráficos eléctricos cuando no se cuenta con la práctica adecuada.

Los perforadores experimentados pueden determinar con bastante precisión los cambios de los distintos estratos, guiados por el sonido del barreno y en algunos casos hasta el tipo de material. Como se desprende, esta fase del trabajo es muy importante, puesto que dá la pauta para continuar la construcción del pozo o abandonarla.

El agujero de pruebas tiene además, la ventaja de facilitar el paso de los barrenos de mayor diámetro y de servir como guía para la verticalidad deseada. Seguidamente se pasarán barrenos de 14" y 22" e inmediatamente se inicia el entubado del pozo el cual se hizo con tubería de 16" y 1/4 de espesor.

35.56 y 55.88 m.

10.5 m 1.6 m.

Existen muchos tipos de recubrimiento interior para los pozos, ya sea madera, tubos de concreto, pero el indicado para pozos profundos y perforados con máquina es el de hierro, la tubería que forma el forro del pozo debe ser ranurada en sus primeros 225 pies a partir del fondo con el objeto de permitir el paso de las aguas al interior del entubado, las ranuras de preferencia deben ser estrechas y alargadas con una área de 15.0 cms². para que no permitan el ingreso de agregados mayores al interior del pozo (30 cms. x 0.5 cms.).

68.58 m.

Aún cuando por medio de los "Electric Logs" se conoce con bastante aproximación la localización de las zonas productoras de agua, es mejor dejar amplio margen de tubo ranurado, para asegurar el perfecto funcionamiento del revestimiento metálico. En algunas ocasiones, algunas ranuras se obstruyen debido a partículas que se estacionan en ellas o a la presencia de sales disueltas en el agua y en el último caso uno de los métodos de control es usando productos químicos tales como: anhídrido carbónico solidificado a altas presiones y bajas temperaturas.

DESARROLLO: Un pozo no debe considerarse como terminado cuando no se ha efectuado su desarrollo. Se define por desarrollo de un pozo a la serie de trabajos que son necesarios hacer para limpiarlo.

Estos trabajos consisten en:

- 1—Montar un motor y una bomba llamados de "prueba".
- 2—Bombear el agua sucia del interior del pozo hasta que salga perfectamente clara.

En los pozos perforados por este sistema, la arcilla se adhiere a las paredes, obstruyendo el libre paso del agua que fluye a través de los estratos.

Para la limpieza de un pozo se recomienda bombear hasta que el agua sale limpia, luego suspender bruscamente el bombeo unos segundos, tiempo que variará de acuerdo con la profundidad del pozo, siguiendo la ley física de la caída de los cuerpos y luego se inicia el bombeo. Con este procedimiento, se logra que el agua que se encuentra en toda la columna de la bomba, descienda bruscamente al cesar la fuerza impulsora, ocasionando fuerte turbulencia en el interior del pozo; en este momento, se reinicia el bombeo arrastrando el agua consigo los materiales que se encuentran dentro del pozo. Este procedimiento se continúa hasta que el agua sale totalmente limpia aún después de las interrupciones. Es indispensable hacer una buena limpieza del pozo, pues de no ser así, las partículas que no hayan salido en el desarrollo causarán daños en la nueva unidad de bombeo.

Existen dos razones para realizar un buen desarrollo:

- 1—La gran demanda de agua que la bomba ejerce sobre los estratos productores, probablemente cause un incremento del flujo y como consecuencia de la velocidad del agua, arrastrando en esa forma mayor cantidad de sólidos.
- 2—Este movimiento de partículas, abrirá un poco más la estructura de los estratos disminuyendo la fricción, ocasionará mayor abastecimiento de agua y como consecuencia menor descenso durante el bombeo.

Al final del desarrollo debe terminar bombeándose por lo menos 1-½ veces el volumen deseado.

Prueba: Antes de iniciar la prueba de un pozo, se mide con exactitud la profundidad del nivel estático.

La prueba requiere veinte o más horas de bombeo ininterrumpidas en las cuales se anotan los datos del caudal de agua que está fluyendo del pozo y el descenso del manto de agua durante el bombeo.

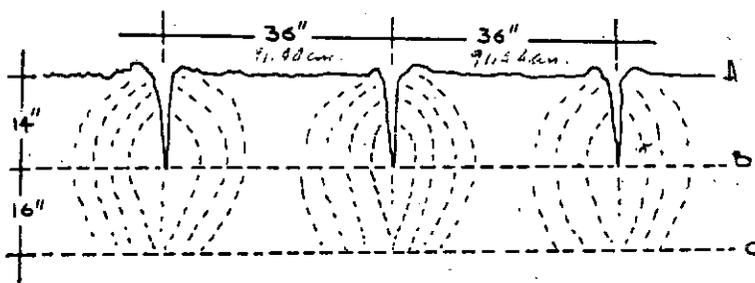
Es necesario que la unidad de bombeo esté provista de aceleración para poder hacer pruebas con mayor descarga y observar el descenso, sacando en esta forma varias curvas de descenso.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA PREPARACION DE TIERRAS PARA RIEGO

Después de haber destronconado, es indispensable efectuar una labor profunda de sub-suelado, pues a través de los años con el pastoreo y la acción de los agentes naturales, se ha formado una costra dura en la superficie.

La dirección del sub-suelado debe orientarse siempre siguiendo una curva con un desnivel de 0.3 - 0.5%. Luego se aplica agua en cantidad suficiente para humedecer todo el terreno, una lámina teórica de 8 a 10 cms.; con este procedimiento se logrará que el agua alcance profundidades mayores (Ver figura).

DIAGRAMA MOSTRANDO LA DISTRIBUCION DE LA HUMEDAD UTILIZANDO SUB-SUELADO



Distribución Teórica:

AB: ZONA HUMEDECIDA NORMALMENTE.

BC: ZONA DE HUMEDAD LOGRADA CON EL SUB-SUELADO.

Luego de haber efectuado estos trabajos, arar y rastrear cuando las condiciones de humedad del suelo lo permitan.

DESARROLLO AGRICOLA DE LAS ZONAS DE RIEGO

Los seis pozos, como se dejó indicado anteriormente, cubren una superficie total de 300 Ha. abasteciendo a 50 parcelas de una hasta veinte manzanas de superficie cada una.

SUELOS DE LAS AREAS DE RIEGO DE LOS POZOS

Las áreas de riego de los pozos, están compuestas por una gran diversidad de suelos, razón por la cual solo nos limitaremos a hacer un ligero resumen relacionado con reconocimiento de suelos del "Valle de La Fragua" realizado por el SCIDA, de las series de suelos presentes absteniéndonos de hacer las descripciones respectivas.

POZO No. 1

a—Serie de suelos corti:	Franco arenoso fino	(cof)
	Franco areno-gravoso	(co)
	Franco-Arcillo-arenoso	(coc)
b—Suelos Sinaneque:	Franco-arenoso	(cm)
c—Suelos Teculután:	Franco-arenoso fino	(cf)
d—Suelos Chiquimula:		
e—Suelos Chirrum:	Franco Arcilloso	

POZO No. 2

	Franco arcillo-arenoso	
a—Suelos corti:	Franco-arenoso fino	
b—Suelos Chirrum:	Franco arcilloso	(cl)
c—Suelos Teculután:	Franco-arenoso fino	(cf)
d—Suelos Sinaneque:	Franco arenoso	(cm)
e—Suelos Chiquimula:		
f—Suelos Chicaj:	Chicaj arcilla	
	Franco Arcilloso	

POZO No. 4

a—Serie suelos Chiquimula:	Franco arcillo-arenoso	
	Fase levemente inclinada	(car)
b—Suelos Chicaj:	Chicaj-arcilla	(cjc)
c—Suelos Chirrum:	Franco arcilloso	(cl)
	Franco arcillo-arenoso	(cmc)
	Franco-arcillo-arenoso fino	
	Fase levemente inclinada	(tmu)

POZO No. 5

a—Serie de Suelos Cachil:	Franco-arcilloso	
b—Serie de Suelos Sinaneque:	Franco-areno-gravoso	(cg)
	Franco arcilloso	(Cj)
c—Serie de Suelos Chicaj:	Chicaj arcilla	
	Franco arcilloso fase suavemente inclinada:	(Cju)

d—Serie Tempisque:	Franco arenoso fino (Tes)
	Franco arenoso fino fase levemente inclinada (Teu)
	Franco arcillo-arenoso (Tm)

POZO No. 6

a—Serie de suelos Chiquimula:	Franco arcillo-arenoso (ca)
b—Serie de suelos Chicaj:	Chicaj arcilla (Cjc)
c—Serie de suelos Chirrum:	Franco Arcilloso
d—Serie de suelos Sinaneque:	Franco Arenoso

POZO No. 9

a—Serie Tempisque:	Franco arcillo arenoso fino (Tm)
	Franco arcillo arenoso fino fase severamente erosionada

Sin embargo, cabe hacer la indicación, que es necesario completar la información de suelos del valle de La Fragua para su utilización en planes generales de riego.

CULTIVOS BAJO RIEGO REALIZADOS EN LA FRAGUA

En estos estudios de tipo exploratorio como ya dejo indicado, pudo obtenerse información agronómica valiosa que indudablemente servirá en el futuro para una planificación adecuada con fines de desarrollo integral de los Llanos de La Fragua.

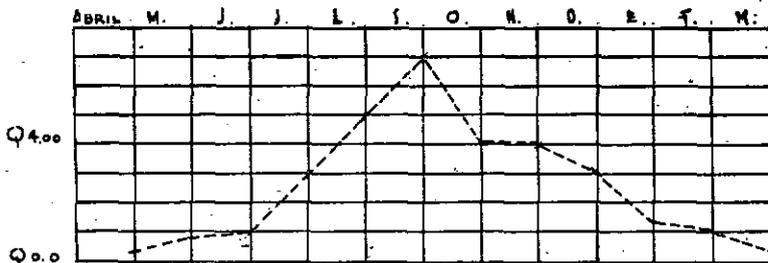
Así como ejemplo, pudo establecerse que no todos los productos agrícolas que usualmente se explotan en el área, resultan remunerativos cuando dicha explotación se hace bajo riego. Tal es el caso del maíz, y de los pastos, cuyo cultivo para la obtención de rendimientos económicos demandan un cambio en las prácticas culturales y uso de material mejorado.

En tanto que tal caso ocurre con aquellos productos, los cultivos de hortalizas, como por ejemplo el tomate, el chile, las cucurbitáceas, etc., se pueden producir dentro de niveles bastante económicos y remunerativos si se garantizan mercados y precios razonables; porque si bien es cierto que los rendimientos logrados fueron experimentalmente satisfactorios, no es menos cierto que su producción aún dentro de

aquellos niveles de rendimiento fueron poco remunerativos para el agricultor por razón de que las fluctuaciones de los precios de dichos productos en la época de cosecha dieron lugar a un descenso hasta el mínimo, que trajo como consecuencia escasos beneficios y en ocasiones hasta pérdidas para los agricultores que los produjeron.

Si se toma en consideración que la producción nacional del tomate en las áreas restantes del país, están acondicionadas por factores climáticos y más que todo por el régimen de precipitación pluvial, es evidente la importancia de promover el cultivo de tomate y de hortalizas en general en los llanos de La Fragua, en donde pueden producirse durante todo el año a costos más o menos económicos y mantener un abastecimiento continuo de aquellos productos para todos los centros de consumo, evitándose con ésto la escasez en los mercados o centros de consumo que origina esta fluctuación innecesaria de tales productos y consecuentemente la elevación de los costos de vida que se acentúan cada vez más en el país.

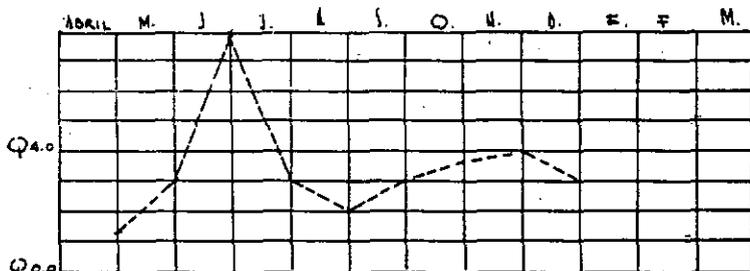
De Enero a Mayo, los precios del tomate, por ejemplo, descienden progresivamente hasta alcanzar un mínimo de Q.0.15 la caja de 50 libras, precio crítico en el cual ya no es económico ni el corte del producto. Luego principia un ascenso desde la iniciación de la estación lluviosa hasta los meses de Noviembre y Diciembre; vale decir que el alza de precios ocurre con la estación de lluvia pero se acentúa notablemente durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, llegando en algunas oportunidades hasta el precio de Q.7.00 la caja. Véase la curva de precios adjunta, que representa en forma muy general la tendencia durante los años de 1957, 58 y 59.



Por supuesto que se registraron variaciones de un día a otro, cambios que en la mayoría de los casos no obedecen sino al capricho y voluntad de los que efectúan el paso entre el producto y el consumidor.

En el presente año, las condiciones de mercado para el tomate no siguen la tendencia antes apuntada (Véase curva de precios adjunta).

AÑO 1960

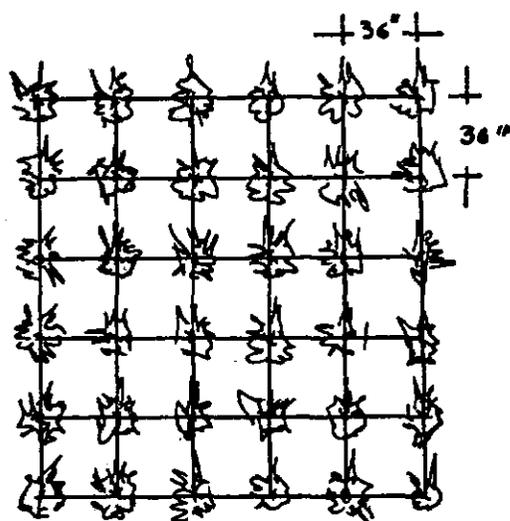


CONSIDERACIONES AGRONOMICAS SOBRE EL CULTIVO DEL TOMATE

La producción del tipo y calidad de cualquier producto agrícola está supeditada a la demanda; pero en el caso específico del tomate, esta regla no tiene validez puesto que es el comerciante del producto el que impone la clase de tomate a producir o sea que un producto con buen estuche celuloso y que no está supeditado a pérdidas durante el transporte y en la venta es preferido, siendo así que solo las variedades de tomate ciruela y maravilla han tenido gran aceptación; no sólo por el comerciante sino también por el productor. Las variedades de tomate de ensalada o para la fabricación de jugo, todavía no han conquistado la predominancia en la producción por lo apuntado anteriormente y por ser más susceptibles a enfermedades.

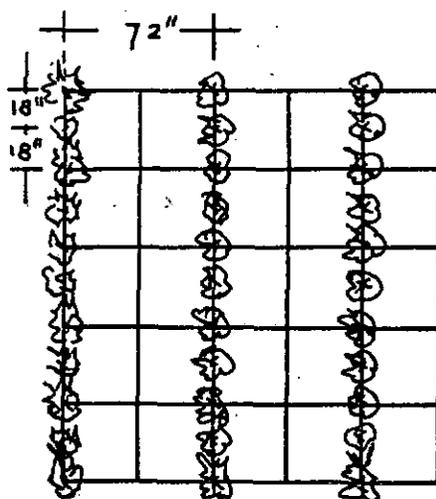
Cuando la siembra de tomate se lleva a cabo en terrenos de pequeñas dimensiones, una o dos manzanas, es aconsejable el uso de un distanciamiento de 36" al cuadro, puesto que en esta forma se puede usar el rayón que hace el arado de madera de tracción animal, que es muy común en esa zona.

Cuando la plantación es una superficie considerable, es aconsejable el uso de palas de irrigación, tiradas por un tractor pequeño para el surqueado el cual debe ser a 72" entre líneas y plantando a 18" entre mata y mata, dando esta última mayor densidad a la plantación (ver figura adjunta), las limpias pueden efectuarse con cultivadora.



$$\text{Area} = 25 \text{ M}^2$$

No. de plantas en A1 = 25
 No. de plantas en A2 = 27



$$\text{AREA} = 20 \text{ M}^2$$

CONTROL DE ENFERMEDADES Y PLAGAS DEL TOMATE

En el semillero para prevenir el ataque fungoso se trató el suelo con Terraclor y para evitar el ataque de insectos se usó Aldrín.

Para el trasplante se aplicó Trasplantone que es una hormona que activa la producción de raíces en las plantas.

A los diez días de trasplantadas abonar a razón de dos quintales manzana y repetir en la misma forma al iniciarse la floración.

El fertilizante deberá tener los niveles requeridos según el caso.

Para el control fungoso y de las plagas se usó una fumigación semanal de Cupvrit mezclado con DDT y en algunos casos se usó Dithane.

LABORES CULTURALES

La primera limpia debe llevarse a cabo con el primer abonamiento.

La segunda limpia y abonamiento deben coincidir con el inicio de la época de floración de la plantación.

Una o dos limpieas más deberán hacerse a la plantación, pero éstas deben ser sumamente superficiales para no afectar el sistema radicular de la planta adulta.

COSTO DE PRODUCCION

Se ha llegado a determinar que el precio de producción de 1 manzana de tomate desde que se inicia hasta que ésta principia a producir es de Q.150.00

RENDIMIENTOS

Se puede decir que los rendimientos del tomate en la zona no han podido normalizarse, pues se registran producciones desde 10 quintales por manzana hasta de 300 quintales, esta gran diferencia en ningún caso es causada por las variedades de semilla escogida o las propiedades del suelo, sino que es debida a la carencia o uso de prácticas agronómicas adecuadas al cultivo.

En la antigua Estación Experimental del Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura, actualmente I.A.N., se llevó a cabo un interesante experimento con 11 variedades de tomate procedentes del exterior. Los resultados del mismo se muestran en el cuadro siguiente:

RENDIMIENTO DE ONCE VARIEDADES DE TOMATE SEMBRADOS EN 1958 EN LA HORTALIZA DE LA ESTACION EXPERIMENTAL DE LA FRAGUA

No. de Variedad	No. de Matas	Exten- sión en Metros	R E N D I M I E N T O S			
			Lbs. bueno	Lbs. malo	Total Lbs.	Por Mata
50-9-51A	97	75	372.5	118.5	491	5.06 Lbs.
50-13-58	136	116	620.5	141	761.5	5.50 "
W-11	145	204	674	213	887	6.12 "
50-9-52A	250	363	929.5	305	1,234.5	4.90 "
W-371	112	143	482.5	165.5	648	5.70 "
W-275	364	473	2,366.5	673	3,039.5	8.30 "
RIO GRANDE	28	50	130.5	74.5	205	7.30 "
W-21-3	124	150	743	223	966	7.70 "
50-16-6	455	816	1,842.5	569	2,411.5	5.30 "
Homestead						
24 WR	195	169	746.5	181	927.5	4.70 "
Roma W.R.	469	423	2,450.5	309.5	2,760	5.80 "
T O T A L	2375	2,982M ₂	11,359.5	2,973.0	14,331.5	66.38 "

REQUERIMIENTO DE AGUA

Fueron aplicados de 13 a 14 riegos en todo el período de vegetación y usando una lámina teórica de 5 cms. en cada aplicación.

El espaciamiento de riegos nunca fue mayor de 7 a 8 días.

En general, puede decirse que el cultivo del tomate consume una lámina total de 60-70 cms. por período vegetativo.

ARROZ

Otro renglón agrícola de importancia es el cultivo del arroz aconsejable para los suelos más pesados del valle.

A principios del mes de Septiembre de 1959 en el área de riego del pozo No. 5 se llevó a cabo un ensayo de producción de arroz en una extensión de 30 manzanas que corresponden a la denominación de suelos Chicaj-franco arcilloso de la carta agrológica del Valle de La Fragua hecha por el Instituto Agropecuario Nacional.

Se procedió de la manera siguiente:

- 1—Estudio topográfico, diseño de canales y del sistema de inundación.
- 2—Preparación de tierra y construcción del sistema.
- 3—Siembra a máquina, usándose 150 libras por manzana de arroz de la variedad Century Patna; en la siembra se abonó con triple Super-fosfato a razón de 200 libras por manzana y Urea al 46% a razón de 125 Lbs./manzana.
- 4—Se aplicaron 10 cms. de lámina de agua, lográndose con ésto, a los 5 o 6 días una germinación bastante satisfactoria.

NOTA:

Es importante explicar que la temperatura del agua del pozo No. 5 es muy alta (47° centígrados) lo que provocó cierto marchitamiento en las plantas jóvenes, por lo que se decidió no mantener inundada la plantación sino hasta que alcanzara cierta altura (+ 20 Cm.) lograda esa altura la inundación se mantuvo al principio a una profundidad de 3 Cms. más o menos para provocar el macoyage (el que fue bastante aceptable) luego a una profundidad de 15 a 20 cms. más o menos.

- 5—De acuerdo con el récord de agua aplicada, más la cantidad de lluvia ocurrida en el período se determinó una lámina total de 1.19 m. para todo el período vegetativo.

6—El período vegetativo de la plantación fue de 150 días no obstante que la variedad sembrada es de 120, esta demora posiblemente se debió a la presencia de nitrógeno (en exceso) proveniente de la fertilización hecha en el momento de la siembra; ocasionando también menor producción de grano. El desarrollo de la plantación fue bastante bueno y la maduración del grano muy uniforme.

7—Enfermedades y plagas:

El problema de las plagas fue relativamente leve, el gusano medidor hizo su aparición pero fue prontamente combatido con una solución de Dipterex a razón de una onza por galón de agua.

Fue reportada la enfermedad llamada mancha blanca de la hoja.

8—Cosecha:

Por carecer de una combinada el corte fue hecho a mano lo que ocasionó una pérdida por caída del grano considerable. Durando esta operación cerca de 45 días.

9—Rendimiento:

El promedio general de la plantación fue de 50.30 quintales/manzana. Sin embargo, este procedimiento es muy poco representativo pues hubo parcelas que rindieron hasta 78 qq./manzana y otras 15.

10—Costos de producción:

En términos generales se pueden enumerar los gastos ocasionados para hacer producir 30 manzanas de arroz así:

Arado	Q.	288.00
Rastreado		96.00
Bordeado y fabricación de canales secundarios		168.00
Semilla 45 qq. a Q.12.00 c/u.		540.00
37.50 qq. de Urea a Q.7.00 c/u.		262.00
60 qq. de Super fosfato a Q.5.40 c/u.		324.00
Valor de mano de obra, siembra y fertilizantes		120.00
Valor riegos 500 jornales a Q.0.80 c/u.		400.00
	Q.	2,198.00

Valor reparación de bordas 40 jornales a Q.0.80 c/u.	Q.	32.00
40 jornales fumigado		32.00
Valor 20 kilos Dipterex		75.00
Pago 180 jornales pajareros a Q.0.30 c/u.		54.00
Valor cosecha 1599 qq. a 0.70 c/u.		1,119.30
Valor transporte		450.00
Varios		250.00
Costo del agua, 1362 horas a razón de 1.62 c/u.		2,206.44
COSTO TOTAL	Q.	6,416.74

Precio en que fue vendido el producto
Q.6.00/quintal, luego:

Ganancia bruta, 1599 x 6	Q.	9,594.00
Costo de producción		6,416.74
Ganancia líquida		3,177.26

NOTA:

El agua no fue cobrada,
luego la ganancia fue:

Ganancia líquida	Q.	3,177.26
Costo del agua	Q.	2,206.44
TOTAL	Q.	5,383.70

En términos generales se puede decir que este ensayo fue un éxito por cuanto que el cultivo se realizó en un terreno que nunca antes se había cultivado, por ser el primero que se llevó a cabo en la zona y como tal, con desconocimiento de muchos factores que sin duda alguna afectan a la plantación.

Con relación a la técnica de siembra usada puede decirse que es la más recomendable, pero la preparación del sistema de inundación necesitó una nivelación de tierras previa, para que la distribución del agua fuera más uniforme.

La variedad elegida (Century Patna) dió resultado satisfactorio y el aspecto general de la plantación fue en todo tiempo bueno. No hubo acame.

Con relación a las enfermedades que sufrió la plantación cabe hacer mención de que hubo brotes de mancha blanca de la hoja, sin que esto, afortunadamente llegara a constituir un problema serio. Las plagas fueron fácilmente combatidas como se dejó apuntado anteriormente.

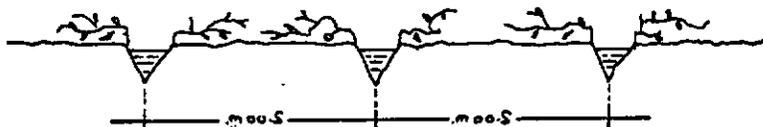
Los costos de producción fueron relativamente elevados por carecer de maquinaria para la cosecha (maquinaria adecuada) del arroz.

Basado en los datos anteriores el costo de producción incluyendo transporte de 1 manzana de arroz inundado es de Q.214.00 y la ganancia incluyendo el valor del agua de riego es de Q.105.90.

MELONES Y SANDIAS

Se surqueó a cada 2.00 metros de distancia lo que se logró colocando un solo surqueador en la barra. El surqueado no debe tener una pendiente mayor de 0.2 a 0.3% descargando no más de dos litros por segundo en cada surco con el objeto de que el desplazamiento del agua sea lento logrando así suficiente infiltración.

A continuación se adjunta un esquema del método usado el cual dió muy buenos resultados:



$$\frac{2.00}{1.00} = 2$$
$$2.00 - 1.00 = 1$$

Este cultivo exige un espaciamento de riegos de 4 a 5 días.

Otros cultivos con posibilidades son: la Cebolla, el Chile, las Berenjenas y el Ajonjolí.

Actualmente, y en colaboración de la Dirección General de Agricultura, se está llevando a cabo un ensayo de producción de algodón. Las variedades elegidas para el efecto son: Delta Pine 15, Smooth Leaf, Essek y el Híbrido A. E. Aún cuando es el primer trabajo que se lleva a cabo en este cultivo, parece ser de grandes posibilidades para la zona.

1—CALCULO DEL COSTO REAL DEL AGUA

a—Inversión Inicial

VALOR DE UN POZO:

Perforación	Q.	6,900.00
Entubado		2,250.00
Desarrollo		350.00
Gasolina consumida en la construcción ..		500.00
Bases para bomba y motor		300.00
Tanque para combustible		250.00
Galera		150.00

AMORTIZARSE A 15 AÑOS

Q. 10,700.00

2—CONSTRUCCION DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Costo estimativo de la construcción de canal sin revestimientos en cada hectárea	Q.	15.00
Tallado a mano		10.00
Recargo promedio p/ha. por pequeñas estructuras		9.00

AMORTIZARSE A 5 AÑOS

Q. 34.00

3—PREPARACION DE TIERRAS PARA RIEGO

Destronconado tiempo promedio para La Fragua, 10 horas horímetro de trabajo con T-D-9 a Q.6.00/hora	Q.	60.00
---	----	-------

AMORTIZARSE A 15 AÑOS

Q. 60.00

4—COSTO EQUIPO DE BOMBEO

Bomba	Q.	3,550.00
-------------	----	----------

AMORTIZAR A 15 AÑOS

Q. 3,550.00

5—Reparación de bomba	Q.	2,200.00
Valor de un motor nuevo		1,800.00

AMORTIZAR A 3 AÑOS

Q. 4,000.00

b—OPERACION Y MANTENIMIENTO

- 1—Costos estimados por una hora de operación.
- 2—Valor estimado para la gasolina Q.0.23 el galón.
- 3—Gasto de un motor por hora de trabajo estimado en seis galones.

Luego:

6 x 0.23	Q.	1.38
4—Consumo de aceites y grasas		0.10
5—Operación		0.01
6—Transportes		0.01
7—Reparaciones y repuestos		0.15
COSTO DE UNA HORA DE OPERACION		Q. 1.65
		1.65

NOTA:

No se estimó depreciación en el equipo de abastecimiento.

c—AMORTIZACION DEL EQUIPO DE BOMBEO EN BASE QUE EL AREA REGADA POR UN POZO ES DE 72 Ha., SE TIENE:

1—Resumen:

- I.—Amortizar p/ha. Q. 260.00 a 15 años.
- II.—Amortizar p/ha. Q. 34.00 a 5 años.
- III.—Amortizar p/ha. Q. 56.00 a 3 años.

2—CUOTAS DE AMORTIZACION ANUAL CALCULADAS:

Según fórmula:
$$a = C \frac{(1+n)^n r}{(1+r)^n - 1}$$

O sea para:

I—Q.23.40—	Amortización anual
II— 7.60—	" "
III— 20.18—	" "
Q.51.18—	

Estimando tres cosechas anuales tenemos:

$$\frac{Q.51.18}{3} = Q.17.06$$

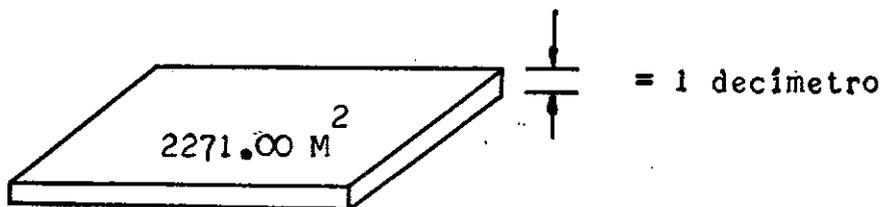
Que es el valor de amortización por cada cosecha a cargarse en cada ha.

3—COSTO DE LA HECTAREA-DECIMETRO

$$Q = 60,000 \text{ galones por hora.}$$

$$Q = 60,000 \times 3.785 = 227,100 \text{ litros por hora.}$$

Luego:



$$\frac{2271.00 \text{ M}^2}{1 \text{ hora}} = \frac{10,000.00 \text{ M}^2}{X}$$

X

$$X = \frac{10,000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ hora}}{2,271 \text{ M}^2}$$

x=4.4 horas para cubrir una ha./decímetro.

Costo de una ha./decímetro $4.4 \times 1.65 = Q. 7.26$.

4—COSTO DEL RIEGO DE UNA HECTAREA:

Tomando en cuenta que a la fecha no existen investigaciones hechas en el país, para determinar con relativa aproximación, los requerimientos de agua de los cultivos más comunes en las llanos de "La Fragua" por tal motivo, asumiremos en una forma general una lámina de agua de 0.6 a 0.75 m. excluyendo el cultivo del arroz.

Cuando la lámina de agua sea de 0.60 m. tenemos:

Costo de 1 Ha. / dm = Q.7.26.

$7.26 \times 6 = Q.43.56$ que sería el costo de agua para un cultivo cuyo requerimiento es de 0.6 m.

Eficiencia 70%

a—20% pérdidas por conducción.

b—10% pérdidas por distribución del agua sobre el terreno.

30% Total.

$Q.43.56 \times 1.30 = 56.63.$

Recargo de amortización por cada Ha.	Q. 17.06
Costo total	73.69

Cuando la lámina de agua sea de 0.75 m.

Tenemos:

$7.26 \times 7.5 = 54.45.$

Pérdidas 30%

$54.45 \times 1.3 = Q.70.78$

Recargo por amortización p/ha.	Q. 17.06
--	----------

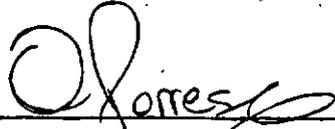
Q. 87.84

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

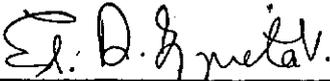
- 1—Practical Irrigation.
- 2—Irrigation wells and well drilling
C. N. Johnston, Circular 404-Mayo 1951.
- 3—Putting down and developping wells for irrigation
By Carl Rohwer.

Circular No. 546 Departamento de Agricultura EE. UU.
- 4—Cost of water for irrigation on the High Plains.
Boletín No. 745-Texas Agricultural Experimental Station.
- 5—Pumping for Irrigation-Ivan D. Wood-Irrigation Engineer
Departamento de Agricultura-EE.UU.

Guatemala, Febrero de 1961.

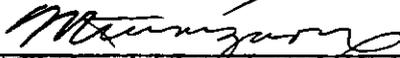


OSMALDO PORRES GRAJEDA



ING. EDUARDO GOYZUETA
ASESOR

IMPRIMASE :



INGENIERO AGRÓNOMO MARCO TULIO URIZAR M.
DECANO

