

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

*“DRENAJE DEL VALLE DE ALMOLONGA COMO MEDIO
PARA EL CONTROL DE LAS ENFERMEDADES
FUNGOSAS Y BACTERIANAS”*

TESIS

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

por:

RUBEN BARAHONA CARIAS

En el acto de su Investidura como:

INGENIERO AGRONOMO

En el grado Académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, octubre de 1975.

**RECTOR DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Dr. Roberto Valdeavellano P.**

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Ing. Agr. Carlos Estrada C.
Vocal Primero:	Ing. Agr. Salvador Castillo O.
Vocal Segundo:	Ing. Agr. Ronaldo Prado R.
Vocal Tercero:	Ing. Agr. Carlos Aldana
Vocal Cuarto:	Br. Julio Romeo Alvarez M.
Vocal Quinto:	P.A. Víctor Manuel de León
Secretario:	Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda

TRIBUNAL QUE EFECTUO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. Edgar L. Ibarra
Examinador:	Ing. Agr. Salvado Sánchez L.
Examinador:	Ing. Agr. Eduardo Goyzueta V.
Examinador:	Ing. Agr. Carlos Aldana
Secretario:	Ing. Agr. Oswaldo Porres G.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De acuerdo a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado "DRENAJE DEL VALLE DE ALMO LONGA COMO MEDIO PARA EL CONTROL DE LAS ENFERMEDADES FUNGOSAS Y BACTERIANAS".

Con el propósito de llenar con él, el último requisito para optar al título de INGENIERO AGRONOMO, en el grado de LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS.

Atentamente,

(f) Rubén Barahona Carías.



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

00820

Guatemala, 6 de octubre de 1975.

Señor Ing.
Carlos F. Estrada C.
Decano de la Facultad de Agronomía
Presente.

Señor Decano:

En cumplimiento de la designación que se sirviera hacer para asesorar al P.A. Rubén Barahona Carías en la elaboración de su trabajo de tesis titulado DRENAJE DEL VALLE DE ALMOLONGA COMO MEDIO PARA CONTROL DE LAS ENFERMEDADES FUNGOSAS Y BACTERIANAS, -- tengo el agrado de comunicar a usted que he cumplido con ese mandato.

Considerando que dicho trabajo llena a cabalidad los requisitos para ser aceptado como tesis de grado.

Sin otro particular me suscribo de usted atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Oswaldo Porres G.
SECRETARIO.



AGRADECIMIENTO

En esta forma quiero patentizar mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas que de una manera desinteresada colaboraron en la realización del presente trabajo: Ing. Agr. Oswaldo Porres G., Ing. Agr. Salvador Castillo O., Ing. Agr. Edgar L. Ibarra A., Ing. Agr. Negli René Gallardo P., Ing. Orlandino Arteaga, Sacerdote Liberto Hirt, Francisco Fausto Hernández, Rolando Portillo Arriaza, Carlos Sierra, José Juárez, Oscar Saúl Alvarez O., y Salomón García.

Así mismo al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía, lugar donde fueron efectuados los análisis.

Van para ellos, mis agradecimientos distinguidos.

ACTO QUE DEDICO

A MI MADRE:

REFUGIO CARIAS ESTRADA

A MI ESPOSA:

DALILA HORTENSIA GARRIDO

A MI HIJO:

RUBEN BARAHONA GARRIDO

A MIS HERMANOS:

CESAR AUGUSTO

ANA MARIA

SERGIO MOISES

A MIS FAMILIARES

A MI ASESOR:

ING. AGR. OSWALDO PORRES GRAJEDA

A MIS PADRINOS DE GRADUACION:

ING. AGR. SALVADOR CASTILLO O.

ING. AGR. EDGAR L. IBARRA A.

ING. AGR. NEGLI RENE GALLARDO P.

ING. AGR. MARIO FERNANDEZ L.

A MIS AMIGOS EN GENERAL.

TESIS QUE DEDICO

- A mi Patria Guatemala, como un pequeño presente de uno de sus hijos.
- A la Facultad de Agronomía.
- Al Instituto Técnico de Agricultura.
- Al Instituto Nac. "Adrián Zapata".
- Al Agricultor de Almolonga.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	1
2.	OBJETIVOS	3
3.	DEFINICION DEL PROBLEMA	5
4.	REVISION DE LITERATURA	7
5.	MATERIALES Y METODOS	11
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	13
6.1	Cuadro No. 1	25
6.2	Cuadro No. 2	27
6.3	Cuadro No. 3	29
7.	CONCLUSIONES	31
8.	RECOMENDACIONES	33
9.	APENDICE	35
	BIBLIOGRAFIA	39

1. INTRODUCCION

El presente estudio surge como una necesidad en la búsqueda de soluciones para el problema del exceso de humedad que motiva el existente déficit de oxígeno en el suelo, lo cual ocasiona la polulación de micro-organismos que son responsables de diversas enfermedades para las plantas.

El Valle de Almolonga es uno de los principales centros de producción de hortalizas de clima frío en la república de Guatemala, tiene una extensión de 1.92 Km² de tierra regable y 18.08 Km² entre laderas y montañas; se encuentra localizado en el Depto. de Quezaltenango, colindando al Norte con el municipio de Cantel y Quezaltenango, al Oeste con la cabecera departamental de Quezaltenango. Su posición geográfica es de: 91° 29' 38" longitud Oeste y 14° 48' 53" longitud Norte; su clima es frío húmedo, su altitud sobre el nivel del mar es de 2251. 21 mts. y su precipitación pluvial media de 1600 mm.

Su población es en su totalidad indígena y dependiente de la actividad agrícola.

La producción de hortalizas abastece el mercado nacional e internacional de El Salvador y Tapachula, México; a pesar de que los agricultores de esta zona hacen uso de técnicas agrícolas un poco primitivas, su producción por unidad de área ha sido relativamente alta, pero en los últimos años se ha visto seriamente afectada por el ataque de micro-organismos y escaso control debido a la falta de asistencia técnica.

La principal enfermedad que tiene una relación directa con el exceso de humedad es la conocida como Hernia de las Crucíferas, cuyo agente responsable es el hongo

Plasmodiophora brassicae, habiéndose constatado que el daño que ésta provoca alcanza un nivel hasta del 80 % de las plantaciones de Crucíferas (4).

La enfermedad conocida como Bacteriosis de la papa se ha presentado en forma incipiente, cuyo agente causal es una bacteria del género y especie Pseudomona solanacearum que requiere para su desarrollo un medio favorecido por el exceso de humedad.

Después de haber esbozado ligeramente lo que acontece en el Valle de Almolonga en el momento de realizar el presente estudio, sólo me resta expresar mi deseo porque el mismo sirva de base para la resolución del problema que confrontan los agricultores de Almolonga.

2. OBJETIVOS

1. Determinar la profundidad del nivel freático del Valle de Almolonga.
2. Determinación del origen geológico del Valle.
3. Estudio de los diferentes horizontes del suelo y subsuelo.
4. Determinación de la clase textural de estratos a diferentes profundidades para estudio de capas restrictivas.
5. Determinación de la conductividad hidráulica de los suelos.
6. Cálculo y aproximación al diseño de la obra de drenaje del Valle.

3. DEFINICION DEL PROBLEMA

Los suelos del Valle de Almolonga son de origen volcánico, ya que su subsuelo lo constituye una masa amorfa de material depositado, principalmente arena fina de una densidad bastante alta y de color oscuro, es una arena de tipo basáltico mezclada en proporciones diversas con grava y a veces piedras o rocas de tamaño considerable, la acumulación en el valle de este tipo de material probablemente sea el resultado de erupciones volcánicas como también al arrastre de partículas de áreas aledañas más altas que juntas vinieron a constituir este enorme depósito.

La parte superficial del suelo o sea el horizontal "A" es de origen aluviónico en parte, y otra, creada por el hombre, al transportar grandes cantidades de broza de las montañas vecinas. La textura de la capa superficial de más o menos 35 cm. de espesor es franco arenoso y la del estrato de mayor profundidad, arena franca.

El Valle de Almolonga presenta las características de un vaso de recepción, que capta el agua de las montañas que lo circundan.

Debido a las condiciones anteriormente citadas y que a la vez imprimen al valle las características de alta humedad en su ambiente, estas mismas resultan ser las responsables del acumulamiento de agua, situación que se agrava más por el manejo inadecuado que del riego hace el agricultor por cuanto se pudo colegir que la situación planteada juega un papel fundamental en las bajas utilidades que actualmente está percibiendo el agricultor.

4. REVISION DE LITERATURA

Determinar la profundidad óptima a que debe estar o fluctuar la napa freática en terrenos dedicados a cultivos es bastante difícil y todavía hay mucho que investigar al respecto; pero se ha podido determinar los efectos y consecuencias originadas por el exceso de agua. Es claro también que de acuerdo a las diferentes texturas de los suelos la profundidad de la napa freática ha de variar, ya que se tendrán distintos ascensos capilares.

Se sabe que la profundidad óptima a que deberá encontrarse la napa freática para algunos cultivos es la siguiente:

CULTIVO	Profundidad N.F. en Mts.
Trigo.....	1.50
Centeno	1.50
Avena	1.50
Arveja.....	0.90
Frijol	1.50
Papa	0.60
Maíz	0.80
Zanahoria.....	1.00
Maíz Dulce	1.00

Una napa freática alta es desfavorable para el crecimiento de las raíces, puesto que estas generalmente no penetran más allá de los 30 cm. sobre el nivel del agua subterránea.

La profundidad de la napa freática más favorable, depende del cultivo y del tipo de suelo.

Se ha hecho una revisión de literatura y se ha llegado

a la conclusión que la profundidad radicular depende principalmente del cultivo y del tipo de suelos.

Hay muchos reportes sobre pérdidas sufridas como resultado del deterioro de la calidad bajo condiciones de humedad excesiva, durante la maduración y la cosecha, pero en la mayoría de los casos es un efecto indirecto de la alta humedad del suelo, en que las pérdidas son ocasionadas por ataque de parásitos (8).

1. Toma o Extracción del Agua del Suelo

El sistema radicular de las plantas generalmente se desarrolla mejor en las capas superiores del suelo, que a gran profundidad. Hay varias posibles razones para este comportamiento y son: mejor aireación, presencia de nutrientes, un pH más favorable y una estructura más suelta del suelo. Otros factores también pueden contribuir a mejorar las condiciones para el crecimiento cerca de la superficie, en comparación con las capas más profundas. Como resultado de un sistema radicular menos desarrollado el agua no será tomada con el mismo grado de eficiencia en las zonas más profundas.

Reiman y otros (1945) han determinado la cantidad de agua que queda en el suelo en un campo con maíz después de la cosecha; encontrando las siguientes cifras, que indican la mayor extracción en una zona más profunda.

Profundidad (cm)	0-22.5	22.5-45	45-75	75-105	105-135	135-165	165-195
Agua aprovechable en cm.	1.50	2.50	0.75	0.25	1.25	3.75	3.50

Como puede verse, el maíz extrae la mayor cantidad de agua en la zona comprendida de los 45 y 135 cm., lo cual nos indica, por ejemplo, hasta qué profundidad debemos tener una zona que no se encuentre saturada, ya que como vemos, está en función de la a i-
reación.

Todos los experimentos concuerdan en lo siguiente: la eficiencia de las plantas para aprovechar el agua disminuye con una mayor profundidad, existiendo además, diferencias importantes entre los diversos tipos de plantas (8).

2. Influjo o Aportación de Agua

Es muy fácil estimar la cantidad de agua que es suministrada a la zona radicular por transporte capilar desde el agua subterránea. Un cálculo directo basado en la permeabilidad de un suelo no saturado es correcto en principio, pero los resultados dependen en gran parte de la distribución supuesta de la humedad en la zona radicular y esta distribución siempre constituye un factor incierto.

Existe, sin embargo, amplia evidencia experimental de que la cantidad total de agua abastecida a las raíces, por elevación capilar, es pequeña y por lo tanto no necesita ser determinada con mucha exactitud. Verhoeven calculó la cantidad de 3 cm. al año, basado en el aumento del contenido de sal en un suelo, que estaba en contacto con una masa de agua salada (Verhoeven 1953). El mismo orden de magnitud se ha inferido por otros autores (Wind 1955), y es probable que el ascenso capilar no proporcione más de unos cuantos centímetros de agua durante el ciclo de crecimiento de las plantas. Como esta es una conclusión más bien importante, el cálculo del transporte capilar de agua, bastará con tomar los datos de Verhoeven (8).

3. Evapotranspiración

Evapotranspiración potencial: es la que se obtiene cuando se cuenta con un suministro óptimo de agua; prácticamente la E.T.P. es igual al uso consuntivo, el cual puede definirse como la cantidad de agua que necesita la planta para su máximo rendimiento (1).

La experiencia ha demostrado que para las plantas comunes, la transpiración puede generalmente ser calculada con datos meteorológicos, siempre y cuando haya suficiente agua aprovechable y la evapotranspiración sea entonces igual a la evapotranspiración potencial (E.T.P.) (8).

5. MATERIALES Y METODOS

MATERIALES:

1. Fotografía aérea del Valle de Almolonga. Escala 1:4,000.
2. Mapa del Valle de Almolonga. Escala 1:4,000.
3. Mapa topográfico del Valle de Almolonga con curvas a nivel a cada 5 mts. Escala 1:4,000.
4. Planímetro para determinación de área.
5. Barreno tipo Holandés de 8 cm. de diámetro.
6. Bolsas plásticas para recoger muestras de diferentes puntos y velocidad de recuperación de la napa freática en los agujeros que se perforaron.
7. Estereoscopio para foto interpretación.
8. Papel calco, milimetrado. Escala, reglas graduadas.

METODOLOGIA:

Se dividió el Valle de Almolonga en 8 sectores, esto con el fin de muestreo, obteniéndose de cada sector muestras a distintas profundidades para determinar la clase textural, origen y detectar capas impermeables que fueran factor decisivo en el mal drenaje del Valle.

Se perforaron en total 58 agujeros, siguiendo el criterio de que cada perforación cubriera una área aproximada

de 1.5 Ha., considerada como adecuada para establecer con buen grado de representatividad la profundidad del nivel freático.

En cada sector se tomaron dos perforaciones representativas y se midió la velocidad de recuperación de los pozos por el método de vaciado instantáneo y medida directa del ascenso del nivel freático con intervalos de 20" con el objeto de determinar la conductividad hidráulica.

Las principales variables del método se detallan en el esquema: (ver Apéndice)

Las muestras para determinación de textura fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala; resultados que aparecen en el cuadro No. 3; se consideró conveniente tomar sólo en algunos sectores las muestras, ya que el terreno presenta las mismas características de relieve, perfil y textura.

Teniendo los datos de profundidad de la napa freática fueron llevados al plano y se determinó las zonas de isoprofundidad de nivel freático; mapa que aparece al final del trabajo. (Apéndice)

Tomando en cuenta que el relieve de los suelos del Valle de Almolonga tiene pendientes bien definidas se tomó como base el mapa de Escala 1:50,000 de la región que incluye el Valle de Almolonga; se hizo una ampliación a fin de llevarlo a la escala 1:4,000 para luego determinar curvas de nivel a cada 5 mts. de distancia vertical, que sirvieron de base para la orientación del sistema de drenaje.

Con estos datos y materiales se entró a la última fase que comprendió la aproximación al cálculo y diseño a la obra de drenaje.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Debido al problema del micro-minifundio existente en el Valle, lo que trae como consecuencia que cualquier pérdida de terreno sea decisivo en el decremento de la economía del agricultor; se estima que el sistema de drenaje a usar debe ser por medio de Drenes Entubados Subterráneos.

Según Gallardo (4) en el Valle de Almolonga se presentan las siguientes características en cuanto a tenencia y distribución de la tierra:

65 % Propietarios

35 % Arrendatarios

65 % Con una extensión cultivable de
0.5 - 1.5 cuerdas de 625 varas²

12 % Con una extensión cultivable de
1.5 - 2.5 cuerdas de 625 varas²

6 % Con una extensión cultivable de
2.5 - 3.5 cuerdas de 625 varas²

10 % Con una extensión cultivable de
3.5 - 4.5 cuerdas de 625 varas²

2 % Con una extensión cultivable de
4.5 - 5.5 cuerdas de 625 varas²

5 % Con una extensión cultivable de
5.5 - en adelante

Al analizar los datos anteriores, podemos observar que el mayor porcentaje de la población posee una extensión cultivable que tiene un rango de variación entre 0.5 - 1.5 cuerdas de 625 vrs²; y viendo a la vez que esta extensión pertenece a un agricultor cuya familia está integrada como promedio por 6 personas, es claro observar lo que para esta población significa la extensión de tierra; por consiguiente se concluye que el sistema a usar será de

DRENES ENTUBADOS SUBTERRANEOS.

Resultados Obtenidos en las Pruebas de Campo.

En el cuadro No. 1 aparecen los datos de profundidad de la napa freática para los distintos puntos que fueron muestreados, así como se encuentra el mapa de isoprofundidad de la napa freática, el cual es producto de los datos obtenidos en el cuadro No. 1.

Los promedios de profundidad para los 8 sectores nos dan los resultados siguientes:

SECTOR	Profundidad N.F. $\bar{X}$ en cms.
A	51.4
B	53.5
C	41.3
D	50.1
E	43.1
F	46.6
G	46.1
H	71.6

Al llevar a cabo los muestreos para determinar la profundidad de la napa freática a efecto de delimitar las áreas cuyo nivel freático estuviera dentro de un rango no muy grande, se pudo delimitar las siguientes:

- A Zona con napa freática menor de 0.5 Mts.
- B Zona con napa freática de 0.5 a 1.00 Mts.
- C Zona con napa freática mayor de 1.00 Mts.

La baja conductividad hidráulica de los suelos, se supone es debida a la proporción en que se encuentran los agregados del suelo, actuando aparentemente como una

mezcla, las proporciones en que estas se encuentran son: 1 arcilla : 2 limo : 8 arena. En el cual la arcilla actúa como material cementante, el limo como material de relleno y la arena como material de volumen. Lo cual supone que el distanciamiento entre drenes sea reducido.

Cálculo de la Conductividad Hidráulica para el Sector "A"

Como se asumió una profundidad del estrato impermeable de 5 Mts., se tiene que $S > 1/2 H$ por lo que la fórmula a usar es la siguiente:

$$K = \frac{4000 R^2}{(H + 20 R) \left(2 - \frac{Y}{H}\right) Y} \frac{\Delta Y}{\Delta t}$$

K = Conductividad hidráulica.

H = Profundidad del agujero desde el nivel de la napa freática.

R = Radio del pozo.

Y = Incremento instantáneo en altura de la N.F.

t = Incremento de tiempo para producir ΔY .

t Seg	Y't	Y
0	1.091	> 0.5
20	1.086	
40	1.08	> 0.6
60	1.075	> 0.5

$$R = 4 \text{ cm.}$$

$$H = 40 \text{ cm.}$$

$$W^i = 99 \text{ cm.}$$

$$t = 60 \text{ seg.}$$

$$Y = 8.5 + \frac{Y}{2} = 8.5 + 0.8 = 9.3$$

$$K = \frac{4000 \times 16}{(40+80) \frac{(2-9.3)}{40} 9.3} \cdot \frac{1.6}{60} =$$

$$K = \frac{64,000}{(120) (2-0.232) 9.3} \times \frac{1.6}{60}$$

$$K = \frac{64,000}{(120) (1.77) (9.3)} \times 0.266666$$

$$K = 0.866497 \text{ metros/día.}$$

$$K \text{ con nomograma} = 0.66 \text{ metros/día.}$$

Así como se hizo el cálculo de la conductividad hidráulica para el sector "A", se procedió con las demás pruebas en el resto de los 8 sectores, resultados que aparecen en el siguiente cuadro:

Sector	K con fórmula	K con nomograma
A	0.86497	0.66
B	0.55768	0.40
C	0.55768	0.40
D	0.55768	0.40
E	0.41666	0.40
F	0.55555	0.44
G	0.27777	0.28
H	0.74000	0.77

Teniendo estos parámetros podemos entrar a considerar el problema de la recarga del acuífero que está constituido por las entradas de agua menos las salidas, dicho en otras palabras, tenemos que hacer el balance hidrológico del área que comprende el valle.

La recarga de la zona a drenar está dada por la ecuación siguiente:

$$\text{RECARGA} = \text{PRECIPITACION} - \text{ESCORRENTIA} - \text{EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL.}$$

Para el cálculo de la Evapotranspiración potencial se hará uso de la fórmula de THORNTWAITE.

Para el balance hidrológico del área es necesario conocer la E.T.P. ya que se considera como una salida de agua.

Criterios tomados para el Cálculo de la E.T.P.

T° = Temperatura media mensual en grados centígrados.

$$a = \text{Exponente} = (675 \times 10^{-9}) I^3 - (771 \times 10^{-7}) I^2 + (179 \times 10^{-5}) I + 49230 \times 10^{-5}$$

I = Índice térmico anual (es la suma de los índices térmicos mensuales)

El índice térmico es la capacidad evaporante de la atmósfera.

$$I = i \text{ Enero} + i \text{ Febrero} + i \text{ Marzo} + \dots \dots \dots i \text{ Diciembre.}$$

$$i = (T^{\circ}/5)^{1.514}$$

$$E.T.P. = 1.6 (10T^{\circ}/I)^a = \text{cms/mes.}$$

T° = Temperatura $\bar{X}$ del mes

$$I = \sum_{1}^{12} i \text{ mensual}$$

K = Factor de corrección para el No. promedio de hora de luz de día y número de días del mes considerado.

$$K = \frac{N \times h}{30 \times 12} \quad \begin{array}{l} N = \text{Días del mes} \\ h = \text{Promedio de horas de luz de día del mes} \end{array}$$

$$\underline{E.P.T. \text{ Total} = 311.12 \text{ mm anuales.}}$$

El cuadro de análisis de la E.T.P. corresponde al cuadro No. 2. Para la elaboración de este cuadro se usó (1, 7) de la Bibliografía.

Cálculo de la Escorrentía

De acuerdo a trabajos llevados a cabo por el Departamento de Hidrología del INDE, se llegó a determinar que el Coeficiente de Escorrentía para las condiciones de la cuenca de Almolonga tiene un valor aproximado = 0.3. Por lo que la escorrentía estará dada por:

$$E = \text{Precipitación} \times \text{Coeficiente de Escorrentía}$$

$$E = 1594 \text{ mm} \times 0.3$$

$$E = 478.2 \text{ mm}$$

Como se expuso, la recarga de la zona a drenar está dada por la ecuación siguiente:

$$\text{Recarga} = \text{Precipitación} - \text{Escorrentía} - \text{Evapotranspiración Potencial.}$$

$$\text{Recarga} = 1594 - 478.2 - 311.29$$

$$\underline{\text{Recarga}} = \underline{804.51 \text{ mm}}$$

La recarga antes calculada se produce en la época de invierno, la cual tiene una duración media de 6 meses por lo que la recarga diaria es de:

$$\frac{\text{Recarga}}{\text{Días de lluvia}} = \frac{804.51}{180} = 4.47 \text{ mm/día}$$

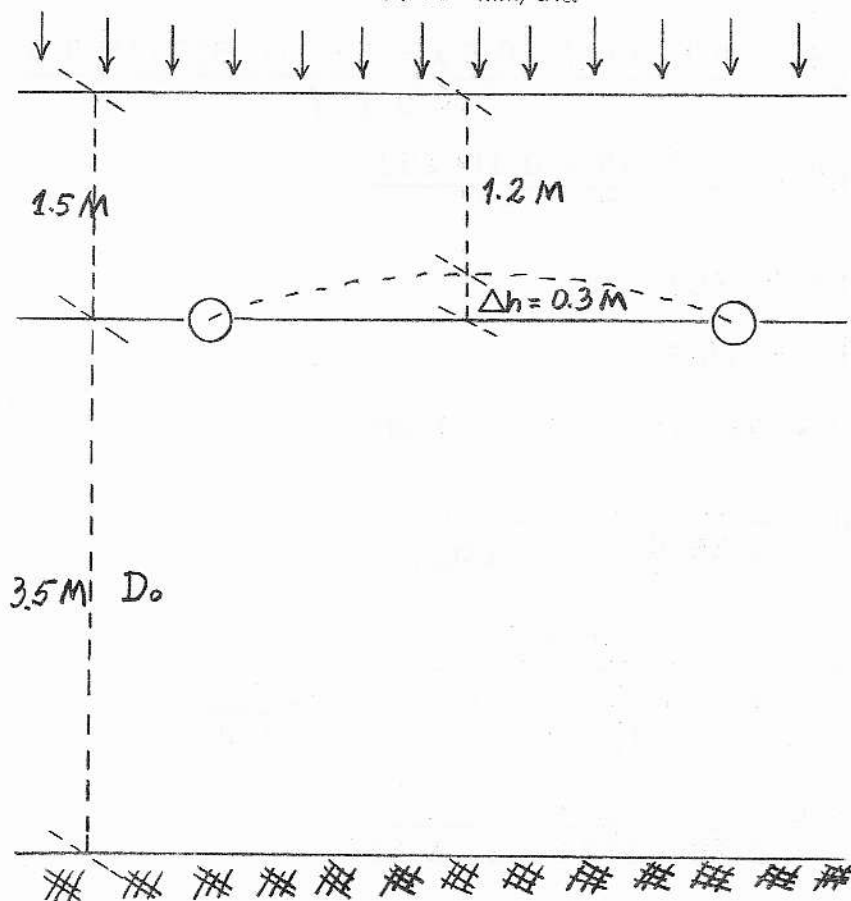
Además consideramos una recarga adicional por sobre riego de 2 mm/día por lo que la recarga total será de: 6.47 mm/día.

Para el cálculo del Espaciamiento entre Drenos se u-

utilizó la fórmula HOOGHOUTT, así como se consideró una conductividad hidráulica promedio para el Valle, ya que los rangos de variación hallados no son muy grandes por lo que se considera que una media aritmética sí es representativa, la cual tiene un valor de 0.517375, además se considera una profundidad media al impermeable de 5 mts.; la profundidad efectiva de drenaje se considera que deberá ser de 1.2 metros, esto debido a que la mayoría de los cultivos del valle necesitan por lo menos esta profundidad de suelo no saturado para poder llevar a cabo sus funciones de una manera satisfactoria y que no se produzca un ataque de micro-organismos que causan daño a las raíces de las plantas; la profundidad a que se colocarán los drenes será de 1.5 metros; teniendo esto en cuenta podemos esquematizar la situación en la forma siguiente:

R E C A R G A

6.47 mm/día



$$\Delta h = 1.5 - 1.2 = 0.3 \text{ Mts.}$$

$$D_0 = 5.0 - 1.5 = 3.5 \text{ Mts.}$$

$$\overline{K} = 0.517375 \text{ Mts/día}$$

Fórmula de Hooghoudt para Espaciamiento entre Drenes:

$$L^2 = \frac{8 K d \Delta h + 4 \Delta h^2}{R}$$

$$L^2 = \frac{8(0.517375) 0.3 \times 3.5 + 4 (0.517375) 0.3}{0.00647}$$

$$L^2 = \frac{4.34595 + 0.186252}{0.00647}$$

$$L^2 = 700.5 \text{ Mts.}$$

$$L = 26.50 \text{ Mts.}$$

Usaremos un diámetro de 0.1 Mts.

$$d = \frac{D_o}{2.55 \frac{D_o}{L} \times \ln. (D_o/p) + 1}$$

$$d = \frac{3.5}{2.55 \times \frac{3.5}{29.10} + 2.3 \log \frac{3.5}{0.15708}}$$

$$d = \frac{3.5}{0.3006872 \times 2.3 \times 1.352}$$

$$d = 3.743247$$

$$P = \frac{\pi D}{2} = \frac{3.1416}{2} \times 0.1 = 0.15708$$

$$\log_{10} = 22.281639 = 1.352$$

Haciendo Ajuste Profundidad del Estrato Equivalente
tenemos:

$$L^2 = \frac{8(0.517375) 0.3 \times 3.743247 + 4(0.517375) 0.3}{0.00647}$$

$$L^2 = \frac{4.6479897 + 0.186252}{0.00647}$$

$$L^2 = 747.17 \text{ Mts.}$$

$$L = 27.4 \text{ Mts.}$$

Se considera que para fines prácticos esta medida de L , deberá tomarse como 30 Mts.

Volumen a Drenar Diariamente:

$$V = \text{Area a Drenar} \times \text{Recarga Diaria}$$

$$V = 1,920,000. \text{ M}^2 \times 0.00647 \text{ Mts.}$$

$$V = 12422.4 \text{ Mts.}^3$$

$$Q \text{ Descarga} = \frac{V}{T} = \frac{12422.4 \text{ Mts.}^3}{86400 \text{ Seg.}} = 0.1437 \text{ Mts.}^3/\text{Seg.}$$

$$Q \text{ Descarga} = 0.1437 \text{ Mts.}^3/\text{Seg.}$$

Dimensiones del Canal de Desagüe:

Primera Fase:

Dimensiones en pies.

$$b = \text{Ancho de plantilla} = 3.0$$

d	= Tirante del agua	= 0.54
h	= Altura del bordo + H de drenaje....	= 7.00
A	= Sección transversal del área mojada en pies ²	= 2.06
V	= Velocidad promedio del agua en pies/seg.	= 1.94
R	= Radio hidráulico	= 0.42
b/d	= Relación plantilla tirante	= 5.6
wds	= Fuerza de tracción en el fondo del lateral	= 0.116
S	= Pendiente	= 0.00345

Segunda Fase:

b	= Ancho de plantilla	= 3.0
d	= Tirante del agua	= 0.86
h	= Altura del bordo + H de drenaje....	= 7.00
A	= Sección transversal del área mojada en pies ²	= 3.47
V	= Velocidad promedio del agua en pies/seg.	= 1.73
R	= Radio hidráulico	= 0.58
b/d	= Relación plantilla tirante	= 3.7
wds	= Fuerza de tracción en el fondo del lateral	= 0.09
S	= Pendiente	= 0.00175

CUADRO No. 1

ESTACION	PROFUNDIDAD N.F. EN CMS.	ESTACION	PROFUNDIDAD N.F. EN CMS.
1	53	30	60
2	43	31	80
3	40	32	—
4	—	33	—
5	54	34	45
6	50	35	45
7	110	36	45
8	50	37	40
9	60	38	35
10	54	39	—
11	68	40	95
12	50	41	40
13	46	42	30
14	55	43	40
15	40	44	—
16	35	45	30
17	30	46	35
18	54	47	—
19	66	48	40
20	35	49	40
21	40	50	100
22	—	51	40
23	—	52	—
24	40	53	68
25	60	54	—
26	63	55	80
27	45	56	60
28	50	57	120
29	35	58	80

CUADRO No. 2

CONCEPTO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTBRE.	OCTUBRE	NOVBRE.	DICBRE.
TEMPERATURA MED. T	9.6	10.8	13.1	13.4	13.9	13.8	13.2	13.4	13.0	12.9	11.8	11.0
K.	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$	2.6847	3.2095	4.50	4.447	4.7011	4.65	4.348	4.447	4.249	4.20	3.6592	3.2992
$I = \sum_{i=1}^{12} i$	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947	48.1947
a COMPLETA	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475	0.475
E.T.P. Cm./Mes.	2.212	2.352	2.58	2.618	2.65	2.64	2.59	2.618	2.568	2.56	2.54	2.378
E.T.P. Corregida/Mes	2.14564	2.14032	2.6574	2.72272	2.9415	2.8512	2.9008	2.82744	2.61936	2.5856	2.413	2.30666

CUADRO No. 3. ANALISIS DE TEXTURA DE MUESTRAS DE SUELO.

Identificación de la muestra	o/o de Arcilla	o/o de Limo	o/o de Arena	Tipo de suelo
A-1	9.55	22.95	67.50	Franco Arenoso
A-2	4.79	15.54	79.67	Arena Franca
A-3	7.10	21.03	71.87	Arena Franca
A-4	4.58	21.20	74.22	Arena Franca
C-1	9.00	17.30	73.70	Franco Arenoso
C-2	4.43	10.27	85.30	Arena Franca
C-3	7.03	23.03	69.94	Arena Franca
E-1	14.03	25.05	60.92	Franco Arenoso
E-2	12.21	27.48	60.31	Franco Arenoso
E-3	4.52	12.56	82.92	Arena Franca

7. CONCLUSIONES

1. Se considera de urgencia drenar el Valle de Almolonga como medio de control físico para el desarrollo del hongo *Plasmodiophora brassicae*, agente causal de la enfermedad conocida como: HERNIA DE LAS CRUCIFERAS y para el control de la bacteria *Pseudomona solanacearum*, agente causal de la BACTERIOSIS DE LA PAPA.

Además de lo anterior, se considera que el drenaje traerá consigo los beneficios siguientes:

- a. Mejora de la aireación del suelo.
 - b. Economía del Nitrógeno del suelo.
 - c. Mayor beneficio con la fertilización.
 - d. Mayor actividad biológica en el suelo.
 - e. Las plantas cultivadas tendrán mayor capacidad de competencia con las malas hierbas que se desarrollan espontáneamente.
 - f. Mayor profundidad de raigambre.
 - g. Mayor absorción de calor del suelo.
 - h. Mayor aprovechabilidad de la humedad durante una sequía debido a la penetración más profunda de las raíces.
 - i. Prevención de acumulación de álcali.
 - j. Peligro disminuido por el ataque de otras enfermedades.
 - k. Todo esto traerá una mejora de la Economía del agricultor.
2. En vista que en el Valle de Almolonga se presentan tres zonas cuyas profundidades de napa freática están comprendidas dentro del rango de profundidad que se desea drenar, se concluye que el sistema de drenaje debe abarcar todo el Valle.

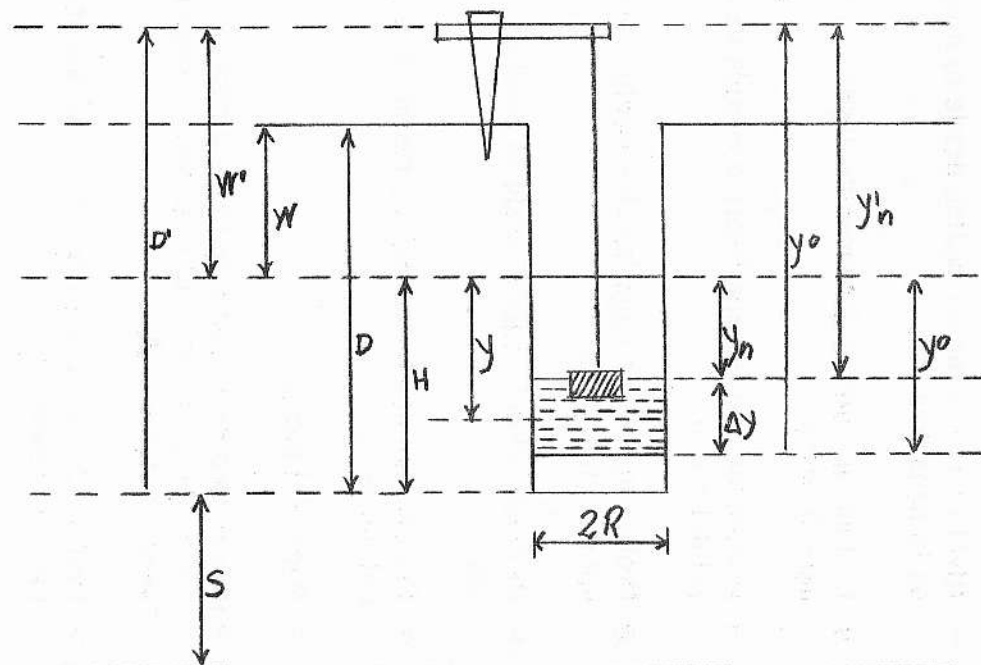
3. El sistema de drenaje a usar será el de Drenos Entubados Subterráneos.

8. RECOMENDACIONES

1. El material del que se construyan los tubos debe ser preferentemente de arcilla.
2. A pesar que se tiene seguridad en todas las determinaciones llevadas a cabo, se recomienda que para fines de construcción se proceda por etapas:
 - a. Colocar los Drenes a 120 Mts., y observar detenidamente los resultados.
 - b. Colocar líneas de drenaje para que el sistema quede espaciado a 60 Mts.; en esta etapa la observación del funcionamiento debe ser intensivo.
 - c. Si con base a lo anterior, se estima conveniente tener un espaciamiento de 30 Mts., debe procederse a su instalación.

9. APENDICE

PRINCIPALES VARIABLES DEL METODO DE VACIADO INSTANTANEO PARA
DETERMINAR LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA.



- D = Profundidad del agujero.
- D' = Profundidad del agujero desde el nivel de referencia.
- Y^o = Posición a la que se baja la napa freática dentro del agujero.
- Y_n = Nivel de recuperación medido desde el nivel inicial de la napa freática.
- H = Profundidad del agujero medido desde el nivel de la napa freática.
- W = Profundidad de la napa freática medida desde el nivel del suelo.
- W' = Profundidad de la napa freática medida desde el nivel de referencia.
- D' = Profundidad del agujero desde el nivel de referencia.
- S = Profundidad del impermeable, medido desde el fondo del agujero.
- R = Radio del pozo.
- ΔY = Incremento de ascenso de la napa freática dentro del agujero, al vaciar el pozo transcurrido un incremento de tiempo Δt .
- Y'_n = Profundidad de la napa freática, medida desde el nivel de referencia.

10. BIBLIOGRAFIA

1. ARTEAGA, ORLANDINO. Copias del Curso de Hidrología. Impartido en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el segundo semestre del año 1973. (Inédito).
2. CURLEY G., MARCO ANTONIO. Conservación de Suelos, curso impartido en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 1974. (Mimeografiado).
3. FERRERO H., JOSE. Manual de Hidráulica. Madrid, España, Editorial Alhambra, S. A. 1967.
4. GALLARDO PEREZ, NEGLI RENE. Determinación de las condiciones ecológicas del Valle de Almolonga, para el desarrollo del hongo *Plasmiodiophora brassicae*, responsable de la Hernia de las Crucíferas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 1975. (Tesis Ing. Agr.).
5. GUNDERSEN LOPEZ, WILAND. Copias del curso de Riegos y Drenajes I, impartido en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el primer semestre del año 1974. (Inédito).
6. LINSLEY, R. A. RAY, K. "et al". Hidrología para Ingenieros. España, Ediciones Castilla, S. A. 1968.

7. GUATEMALA, MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS. Datos Meteorológicos Mensuales hasta 1959 Inclusive. Editado en los Talleres Litográficos del Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, Mayo 1968.
8. LUTHIN, JAMES N. Drenaje de Tierras Agrícolas. México, Editorial Limusa-Wiley, S.A. 1967.
9. PRIETO CELLI, MATIAS, "et al". Copias del curso de Riegos y Drenajes II. Impartido en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el segundo semestre del año 1974. (Inédito).
10. STAKMAN E.C., HARRAR, J. GEORGE. Principios de Patología Vegetal. Buenos Aires, Argentina, Editorial Universitaria, 1963.

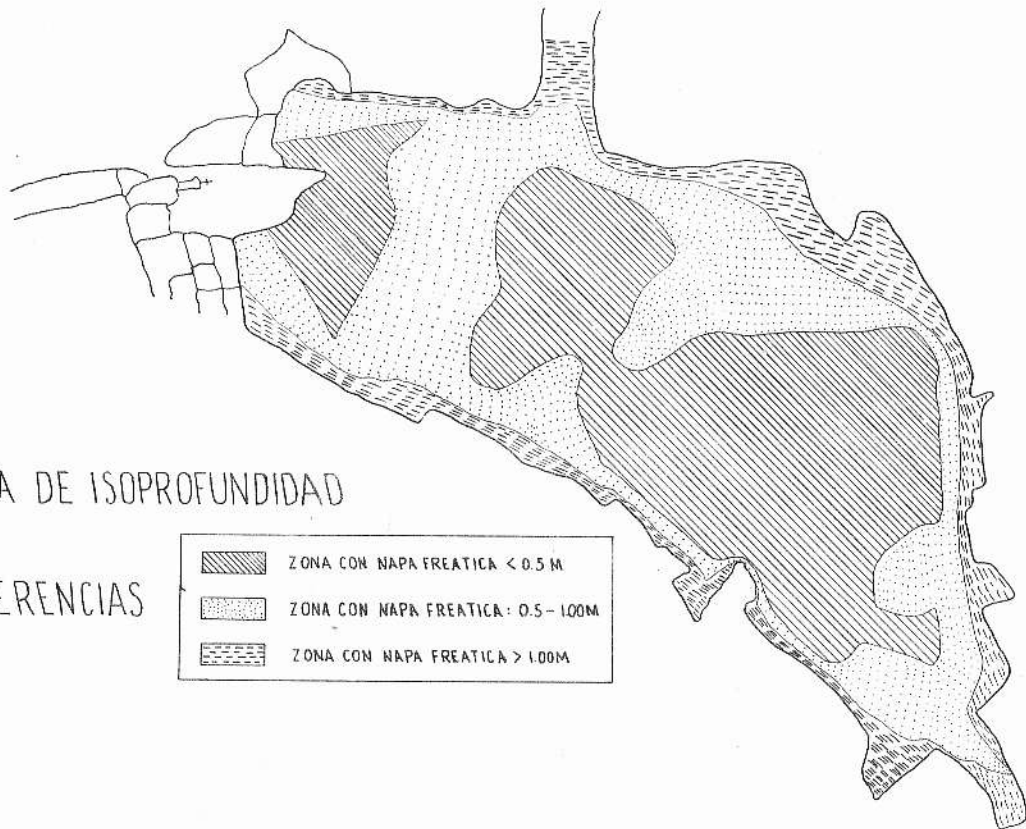
Vo. Bo.:

Palmira R. de Quan
Bibliotecaria

FOTOGRAFIA AEREA DEL VALLE DE ALMOLONGA







MAPA DE ISOPROFUNDIDAD

REFERENCIAS

	ZONA CON NAPA FREATICA < 0.5 M
	ZONA CON NAPA FREATICA: 0.5 - 1.00M
	ZONA CON NAPA FREATICA > 1.00M

