

---

---

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

---

FACULTAD DE AGRICULTURA



CALCULO, DISEÑO Y PROYECCION DE UN SISTEMA  
DE RIEGO POR MICRO-ASPERSION EN EL CULTIVO  
DE LA LIMA (*Citrus aurantifolia*, Christm Swingle)  
EN EL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL ALTO, JAL.

---

---

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

SERGIO CARLOS CHACON GUERRA

GUADALAJARA, JALISCO

1986

---

---



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
Facultad de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Marzo 10. de 1986.

**C. PROFESORES**

ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ. Director.  
ING. EDUARDO GOMEZ VILLARRUEL. Asesor.  
ING. JOSE MA. CHAVEZ AYALA. Asesor.

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis.

"CALCULO, DISEÑO Y PROYECCION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR MICRO-ASPERSION EN EL CULTIVO DE LA LIMA (CITROS AURANTIFOLIA, CHRISTM SWINGLE) EN EL MPIO. DE ATOTONILCO EL ALTO, JAL."

Presentado por el PASANTE           SERGIO CARLOS CHAGON GUERRA            
han sido ustedes designados Director y asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis.

Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

sgta.



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Facultad de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Marzo 10. de 1936.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Habiendo sido revisado la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_

SERGIO CARLOS CHACON GUERRA

Titulada.

CALCULO, DISEÑO Y PROYECCION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR MICRO- - -  
ASPERSION EN EL CULTIVO DE LA LIMA (CITRUS AURANTIIFOLIA, CHRISUM -  
SWINGLE) EN EL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL ALTO, JAL.

Damos nuestra aprobación para la impresión de la  
misma.

DIRECTOR

ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

ASESOR



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA  
ASESOR

ING. EDUARDO GOMEZ VILLARRUEL

ING. JOSE MA. CHAVEZ ANAYA.

agra.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

CON CARIÑO

PARA TI MADRE.

POR TU BONDAD Y TU GRACIA,  
DIOS PREMIE EL ESFUERZO  
AL MERITO DE TU AMOR  
DESINTERESADO ...



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

" A G R A D E C I M I E N T O S "

A MIS HERMANOS:

ESTELA

ROSSANA

JOSE LUIS

MIGUEL ANGEL

JAVIER

POR SU ALIENTO Y FIRME APOYO.

A MI NOVIA LILIA:

QUIEN IMPRIMIENDO CORAJE

EN EL PRESENTE, ME

ESTIMULO A SEGUIR ADELANTE.

A MIS TIOS

JAI ME Y MARTHA SIERRA;

QUE HAN SIDO COMO MIS PADRES

Y QUE CON SU APOYO, AMISTAD

Y COMPRESION HICIERON

POSIBLE ESTE TRABAJO.



A MI TIO

JOSE LUIS LOPEZ LEPE:

UN PROFUNDO AGRADECIMIENTO

POR SU ESTIMULANTE

AMISTAD.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

DE GENERACION:

MIGUEL ANGEL VIERA FRANCO

ABEL LOPEZ MAGDALENO

HECTOR RUIZ VALENZUELA

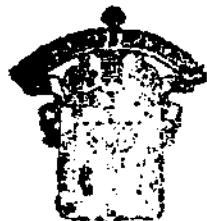
A MI DIRECTOR Y ASESORES DE TESIS

CON RESPETO Y ADMIRACION:

ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ

ING. EDUARDO GOMEZ VILLARRUEL

ING. JOSE MA. CHAVEZ ANAYA



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
POR LA OPORTUNIDAD  
QUE ME BRINDO.

A LA H. ESCUELA DE AGRICULTURA.

A TODOS MIS MAESTROS:  
EN ESPECIAL AL ING. EDUARDO  
RODRIGUEZ DIAZ,  
POR SUS CONSEJOS  
SIEMPRE ATINADOS.

A MI MAESTRO DE INGLES,  
MARCOS TRINIDAD RAMOS:  
CON RESPETO Y CARÍÑO  
POR SU GRAN APOYO  
Y AMISTAD.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

# CONTENIDO

PAGINA

INDICE DE ANEXOS	.....	VII
INDICE DE CUADROS	.....	VIII
INDICE DE FIGURAS	.....	X
INDICE DE TABLAS	.....	XII
CAPITULO I	INTRODUCCION	1
CAPITULO II	ANTECEDENTES	3
CAPITULO III	OBJETIVOS	7
CAPITULO IV	REVISION DE LITERATURA	8
	4.1 LA MICRO-ASPERSION	8
	4.2 TENSION DE HUMEDAD EN EL SUELO	8
	4.3 RESPUESTA DEL CULTIVO	13
	4.4 CUALIDAD DEL FRUTO	15
	4.5 APLICACIONES DE AGRO-QUIMICOS	16



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECARIA



— FERTILIZANTES . . . . .	16
— HERBICIDAS . . . . .	18
4.6 PROTECCION DEL FRIO . . . . .	18
<b>CAPITULO V CLASIFICACION BOTANICA DE LA LIMA . . . . .</b>	<b>19</b>
5.1 CARACTERISTICAS BOTANICAS . . . . .	19
— DESCRIPCION . . . . .	19
— RAIZ . . . . .	19
— TALLO . . . . .	20
— HOJA . . . . .	20
— FLOR . . . . .	20
— FRUTO . . . . .	21
5.2 VARIETADES QUE SE CULTIVAN EN LA REGION . . . . .	22
<b>CAPITULO VI DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO . . . . .</b>	<b>24</b>
6.1 DESCRIPCION DEL MUNICIPIO . . . . .	24
— LOCALIZACION GEOGRAFICA . . . . .	24



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

— CLIMA . . . . .	24
— PRECIPITACION . . . . .	26
— TEMPERATURA . . . . .	29
— EVAPORACION . . . . .	31
— SUELOS . . . . .	34
— VIAS DE COMUNICACION . . . . .	35



6.2 POBLACION ACTUAL DE LA LIMA . . . . .	35
-------------------------------------------	----

CAPITULO VII MATERIALES Y METODOS . . . . .	38
---------------------------------------------	----

7.1 DESCRIPCION DEL AREA PROYECTO . . . . .	38
---------------------------------------------	----

7.1.1. CONDICIONES DEL AREA PROYECTO . . . . .	39
------------------------------------------------	----

— QUIMICAS DEL AGUA . . . . .	39
-------------------------------	----

— QUIMICAS DEL SUELO . . . . .	40
--------------------------------	----

— FISICAS DEL SUELO . . . . .	41
-------------------------------	----

7.2 USO CONSUNTIVO . . . . .	41
------------------------------	----

7.3 CALCULO DE LA LAMINA NETA DE RIEGO . . . . .	55
--------------------------------------------------	----

7.4	METODO DE APLICACION DE LO REQUE RIMIENTOS HIDRICOS DEL CULTIVO . . . . .	58
7.5	INTERVALO DE RIEGO . . . . .	62
7.6	CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE HUMEDAD DEL SUELO . . . . .	64
7.7	CALCULO DEL VOLUMEN DE AGUA POR APLICAR . . . . .	68
7.8	SELECCION DEL EMISOR . . . . .	71
7.9	CALCULO DEL TIEMPO DE RIEGO POR OPE- RACION . . . . .	74
7.10	COMPROBACION DEL CALCULO . . . . .	79
7.11	DISEÑO . . . . .	82
7.11.1	CALCULO Y TRAZO DE LINEAS . . . . .	83
	— REGANTES . . . . .	85
	— DIVISORAS . . . . .	92
	— SECUNDARIAS . . . . .	93
	— PRINCIPAL . . . . .	94

7.12	CALCULO DEL NUMERO DE FIL- TROS . . . . .	94
7.13	RESUMEN DE PERDIDAS DE CARGA ...	97
7.14	CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL EQUIPO DE BOMBEO . . . . .	98
7.15	DESCRIPCION DEL SISTEMA . . . . .	101
	— FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE - AGUA . . . . .	101
	— EQUIPO DE BOMBEO . . . . .	101
	— CABEZAL DE DESCARGA . . . . .	102
	— TUBERIAS DE CONDUCCION Y DISTRI BUCION . . . . .	102
	— TUBIERIAS PARA LINEAS REGANTES	102
	— EMISORES . . . . .	103
	— VALVULAS . . . . .	103

CAPITULO VIII. ANALISIS ECONOMICO . . . . . 104

8.1	EQUIPO DE BOMBEO . . . . .	104
-----	----------------------------	-----

8.2	CABEZAL DE DESCARGA . . . . .	104
-----	-------------------------------	-----



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

— MULTIPLE DE ENTRADA . . . . .	104
— LINEAS CENTRALES DE FILTROS . . . . .	105
— LINEA DE FILTRADO Y VERIFICACION DE PRESIONES . . . . .	106
— LINEA DE FILTRADO E INYECCION DE FERTILIZANTES . . . . .	107
— SISTEMA DE INYECCION DE FERTILIZANTES . . . . .	108
— MULTIPLE DE CAPTACION DE AGUA FILTRADA . . . . .	108
8.3 LINEA PRINCIPAL . . . . .	109
8.4 LINEAS SECUNDARIAS . . . . .	110
8.5 CRUCERO DE DIVISORES . . . . .	111
8.6 LINEAS DIVISORAS . . . . .	112
8.7 LINEAS REGANTES . . . . .	113
8.8 RESUMEN DEL ANALISIS ECONOMICO . . . . .	114
CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	115
BIBLIOGRAFIA . . . . .	127

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO No.	PAGINA
1. ANALISIS DE AGUAS CON FINES DE RIEGO . . . . .	131
2. ANALISIS FISICO Y QUIMICO DE SUELOS . . . . .	132
3. ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELO . . . . .	133
4. ESPECIFICACIONES MICROJET . . . . .	134



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No.	PAGINA
1. PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL PARA EL PERIODO 1979-1983 . . . . .	26
2. PRECIPITACION MENSUAL Y ANUAL TOTAL PARA EL PERIODO 1979-1983 . . . . .	26
3. TEMPERATURA MINIMA, MAXIMA Y PROMEDIO MENSUAL DEL PERIODO 1979-1983 . . . . .	29
4. TEMPERATURAS, PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL TOTAL PARA EL PERIODO 1979-1983 . . . . .	32
5. EVAPORACION PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL TOTAL PARA EL PERIODO 1979-1983 . . . . .	32
6. PORCENTAJE DE HORAS-LUZ EN EL DIA PARA CADA MES DEL AÑO EN RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO . . . . .	44
7. VALORES DE LA EXPRESION $^{\circ}\text{C} + 17.8 \div 21.8$ EN RELACION CON TEMPERATURAS MEDIAS EN $^{\circ}\text{C}$ PARA USARSE EN LA FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE . . . . .	45
8. CALCULO DE $K_t$ A PARTIR DE LA TEMPERATURA EN $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	46
9. COEFICIENTE DE DESARROLLO Y COEFICIENTE GLOBAL DE EVAPOTRANSPIRACION ESTACIONAL PARA EL CULTIVO . . . . .	48
10. CALCULO DEL USO CONSUNTIVO SEGUN BLANEY Y CRIDDLE MODIFICADO POR PHELAN . . . . .	51

CUADRO No.	PAGINA
11. PRECIPITACION PARA EL PERIODO 1979-1983 . . . . .	52
12. TEMPERATURA PARA EL PERIODO 1979-1983 . . . . .	53
13. EVAPORACION PARA EL PERIODO 1979-1983 . . . . .	54
14. TIEMPOS Y VOLUMENES DE IRRIGACION POR CIRCUITO, DE ACUERDO A LAS CUATRO ETAPAS DE DESARROLLO FISIOLÓGICO DEL ARBOL, EN FUNCION AL CICLO DE RIEGO ESTABLECIDO . . . . .	77
15. TIEMPOS EFECTIVOS DE IRRIGACION DEL TOTAL DE CIRCUITOS POR CICLO . . . . .	78
16. VALORES DE K PARA EL COEFICIENTE $N = 0.009$ PARA TUBERIAS DE PVC SEGUN EL DIAMETRO (MANNING) . . . . .	86



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PAGINA
1. DESARROLLO DE UN PERFIL DE HUMEDAD EN LA ZONA RADICULAR DE UN ARBOL BAJO RIEGO POR MICRO-ASPERSION . . . . .	9
2. ESQUEMA DE UTILIZACION DE LA HUMEDAD DISPONIBLE DEL SUELO CON UN METODO CONVENCIONAL DE RIEGO Y UNO DE RIEGO LOCALIZADO . . . . .	12
3. SECCION TRANSVERSAL DE LA HUMEDAD EN EL SUELO IDEALIZADA BAJO UN EMISOR STANDARD Y UN EMISOR DE AEREOSOL, ASUMIENDO DESCARGAS IGUALES . . . . .	17
4. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL ALTO, JALISCO . . . . .	25
5. PRECIPITACION PLUVIAL MENSUAL PROMEDIO, REGISTRADA EN LA ESTACION CLIMATOLOGICA DE ATOTONILCO EL ALTO, JALISCO; DEL PERIODO 1979-1983 . . . . .	27
6. TEMPERATURAS MINIMAS, MAXIMAS Y PROMEDIO MENSUAL DEL PERIODO 1979-1983 . . . . .	80
7. EVAPORACION MENSUAL PROMEDIO REGISTRADA EN LA ESTACION CLIMATOLOGICA DE ATOTONILCO EL ALTO, JALISCO DEL PERIODO 1979-1983 . . . . .	83

FIGURA No.	PAGINA
8. UBICACION DEL AREA PROYECTO DENTRO DEL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL ALTO, JALISCO . . . . .	37
9. COBERTURA DEL CULTIVO RESPECTO AL AREA DE INFLUENCIA POR PLANTA . . . . .	60
10. VISTA DE PLANTA DE UNA SECCION DE LA HUERTA-DONDE SE MUESTRA EL TRAZO DE LA MISMA Y LA-UBICACION DE LOS EMISORES . . . . .	61
11. COEFICIENTE "C" DE EFECTIVIDAD O FACTOR DE ABATIMIENTO PERMISIBLE DE HUMEDAD PARA CADA UNO DE LOS ESTRATOS EN EL CULTIVO DE LIMOS . . .	65
12. MODELO DE EXTRACCION DE HUMEDAD, BASADO EN LA PROFUNDIDAD RADICULAR DE PLANTAS QUE CRECEN EN TERRENOS SIN CAPAS RESTRICTIVAS Y CONSUMINISTRO ADECUADO DE HUMEDAD EN TODA LA ZONA DE LA RAIZ . . . . .	67
13. FILTRO DE MATERIALES GRADUADOS . . . . .	125
14. HIDROCICLON, FILTRO QUE APROVECHA LA FUERZA CENTRIFUGA PARA ELIMINAR IMPUREZAS . . . . .	126

INDICE DE TABLAS

TABLA No.		PAGINA
1.	CALCULO DE LA LAMINA DE RIEGO EN FUN- CION DE LA PRECIPITACION PLUVIAL . . . . .	55
2.	INTERVALOS DE RIEGO SUGERIDOS POR JO- BLING, PARA LOS SISTEMAS DE MICRO - IRRIGACION . . . . .	63
3.	SELECCION DE TIPO DE FILTRO (S) . . . . .	98
4.	APERTURA LIBRE DE MALLAS PARA ELE - MENTOS FILTRANTES . . . . .	98



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

## CAPITULO I

### INTRUDUCCION

El agua es un elemento esencial para la supervivencia y desarrollo de la vida en general; por lo que es indispensable disponer de ella con oportunidad, calidad adecuada y cantidad suficiente para su aplicación en los diferentes usos, dentro de los cuáles, por su importancia destaca la generación de alimentos derivados de la producción agrícola.

(1) El soviético Gorsky, NN. (1962), menciona en su estudio denominado "La distribución del agua en el mundo", que ésta es aproximadamente en la siguiente forma:

<u>LOCALIZACION</u>	<u>VOLUMEN</u> (Millones de $K^3m$ )	<u>%</u>
OCEANOS	1,370	97.57
CASQUETES POLARES	30	2.14
AGUA DE TIERRA FIRME	4	0.29
ATMOSFERA	<u>0.007 - 0.012</u>	<u>0.0005</u>
TOTAL	1,404.012	100.0005

Haciendo un análisis de estas cifras, veremos que, el contenido de agua de la corteza terrestre es relativamente grande, ya que representa el 7% del peso de la misma corteza, pero con la gran limitante de su salida a la superficie.

Sintetizando lo anteriormente expuesto, la tierra es una esfera rodeada de vapores acuosos y provista de una corteza muy húmeda impregnada de agua, en diferentes estados y formas, de las cuáles solo una m

nima parte (menos del 0.01% del total), están potencialmente disponibles para su uso, doméstico, agrícola o industrial y el resto no puede utilizarse.

En éste señalamiento se puede palpar la importancia que tiene el uso eficiente del agua dulce y más aún, la relevancia que tendrá éste hecho para el siglo XXI, cuando la demanda aumente considerablemente.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES

De las varias artes antiguas involucradas en la producción de alimentos, ninguna ha sido catalogada tan antigua y de mayor importancia como la irrigación.

(1) El origen del riego se pierde en la prehistoria más antigua, y a través de la historia escrita de la humanidad existen documentos que muestran la antigüedad del riego. Cabe citar los sistemas de riego de Egipto, Mesopotamia, la India, China, Etc. En el Génesis se cita a Amraphes, rey de Shinar y contemporáneo de Abraham, que probablemente sea el mismo Hammurabi, sexto Rey de la primera dinastía de Babilonia, el cuál promulgó el llamado Código de Hammurabi de cuyo contenido se deduce que la existencia de la gente dependía del riego.

Egipto se precia de poseer la presa más antigua del mundo, construida hace 5,000 años, para almacenar agua para el riego y abastecimiento de la población (Israelsen, 1965).

La práctica del riego en la India es anterior a la literatura épica en un tiempo difícil de determinar. Existen embalses en Ceilán que tienen más de 2,000 años, (Israelsen, 1965).

Se sabe que los chinos utilizaban el riego desde el año 2,627 a. de C. La presa Tu-Kiang que en la actualidad desempeña perfectamente su cometido, fué construida en tiempos de la dinastía Chin, (Thorne, 1965).

En el siglo VII, d. de C., durante el imperio Sui, se construyó el Canal Imperial de 1,126 Km. de longitud.

En México y Perú ya existían instalaciones de cierta complejidad que habían sido utilizadas para conducir y almacenar reservas de agua (Posadas, 1978).

(17) En la actualidad, el desarrollo y empleo de la irrigación en México se ha llevado a cabo durante muchos años, de una forma empírica en la mayoría de nuestras zonas de riego; el agricultor proporciona las láminas de agua según su costumbre y criterio, con la tendencia a dar un máximo de riegos, basado en la creencia de que en esa forma obtendrá mayores rendimientos unitarios.

Las consecuencias de este modo de regar, son desperdicios de agua debidos al sobre riego, cuyos efectos perjudiciales son varios; sin embargo, debido a su importancia en la economía Nacional debemos señalar dos:

1o.- Disminución de la superficie total bajo riego, ya que el agua desperdiciada generalmente va a los drenes sin posibilidad de volver a aprovecharla.

2o.- La salinización progresiva de los suelos.

Es indudable que existen otras también de importancia como son la erosión, modificación de la reacción (p.H.), solubilización de los elementos nutritivos, etc.

De lo anterior podemos deducir que el sobre riego tiene consecuencias funestas para los suelos. Un buen ejemplo, es la antigua civilización de la Mesopotamia la cuál floreció en el Valle del Eufraates-Tigris hace 6,000 años. En 2,000 años el suelo se hizo tan salino debido a la mala aplicación de la irrigación y a la ausencia de drenaje, que ha estas fechas no ha sido posible reincorporar esas tierras a la agricultura.

Considerando todo esto es sorprendente que a pesar de los grandes avances tecnológicos de nuestra era a través de miles de años de civilización, la irrigación ha quedado atrás, casi en una condición de estancamiento y que son en realidad únicamente en los últimos 50 años en los cuales hemos notado progreso en este campo tan importante para la vida moderna.

En nuestro medio se siguen utilizando los métodos tradicionales de riego por superficie y si consideramos que en este sistema raramente existe una eficiencia que excede del 50%, comprenderemos la imperiosa necesidad del desarrollo y utilización de nuevos métodos y sistemas de riego.

(15) Entre los sistemas de riego actualmente en uso, el más reciente a nivel mundial y que ha recibido gran difusión en México a partir de 1976, es el Riego por Micro Aspersión. Es un sistema desarrollado y perfeccionado a fines de 1970 en el área de Transvaal



en el Cabo Occidental, Sud-Africa. (22) Se dice que es nada menos -  
que asombroso en sus aplicaciones al presente. Se presta práctica -  
mente a todos los tipos de irrigación de cultivos de baja presión, irri-  
gación gravitacional, irrigación para ferti-irrigación y herbicidal.

## CAPITULO III

### OBJETIVO

El fin último del desarrollo, es lograr un mejor aprovechamiento de los recursos materiales y humanos, mediante la aplicación de nuevas técnicas enfocadas a todos los sistemas de la actividad económica.

Basándonos en el argumento anterior y ante la exigencia inmediata de producir más y mejor, lo cual reclama al máximo de la técnica conocida, se decidió llevar a cabo el presente trabajo con el propósito fundamental de mostrar el desarrollo del calculo y diseño de un sistema de riego por micro-aspersión, para ser utilizado como una guía de aplicación práctica en el campo Mexicano. De tal forma que, si resulta útil y contribuye de alguna manera a acrecentar los conocimientos sobre irrigación y estimular su desarrollo en favor de un mejor nivel de vida, se habrá cumplido con el fin que le dió origen.

## CAPITULO IV

### REVISION DE LITERATURA

#### 4.1 LA MICRO-ASPERSION

Un sistema de riego por micro-aspersión es aquel mediante el cuál se suministran pequeñas cantidades de agua y sobre áreas controladas (riego localizado), en base a una baja tensión y una alta frecuencia de aplicación, con lo que se crea un medio óptimo de humedad en el suelo y el ambiente en torno al cultivo.

Su instalación es permanente y requiere poca labor manual para su operación. Se utiliza básicamente en cultivos altamente remunerables debido a su alto costo inicial. Entre estos se encuentran los ampliamente espaciados tales como: árboles frutales (tal es el caso que nos ocupa) viñedos y en la producción de cultivos del invernadero (flores y vegetales).

Se han llevado registros detallados en muchos huertos a partir de la instalación de los micro-jets. A continuación se presentan resultados de los diferentes aspectos característicos de éste sistema.

#### 4.2 TENSION DE HUMEDAD EN EL SUELO.

(6) Koo y Hurner (1979), han suministrado evidencia sustancial que el crecimiento y rendimiento del cítrico, puede ser mejorado mediante una frecuencia de irrigación más alta, sin un detrimento en la calidad de la fruta.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

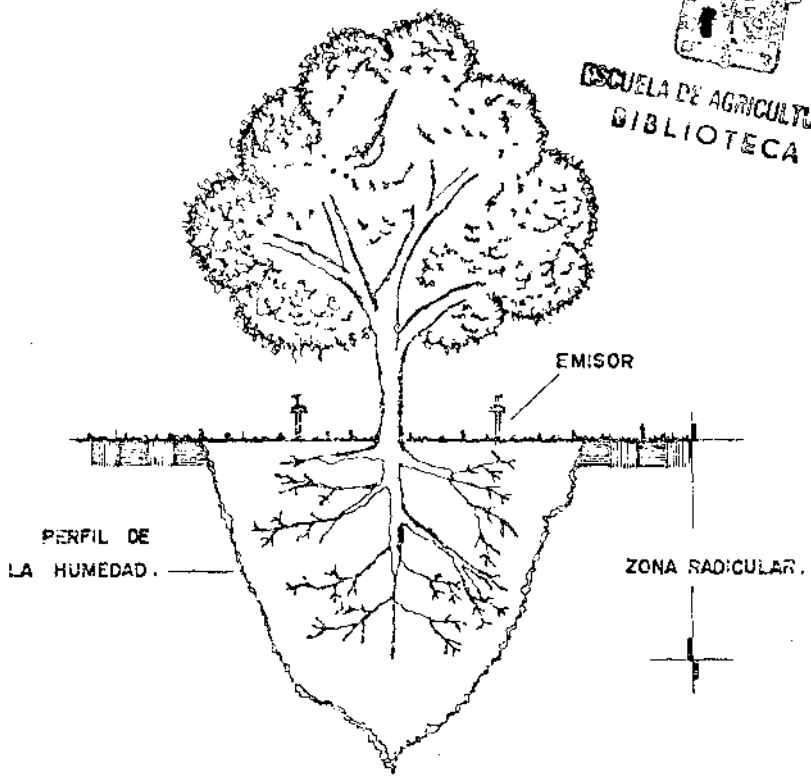


FIG. 1. DESARROLLO DE UN PERFIL DE HUMEDAD EN LA ZONA RADICULAR DE UN ARBOL BAJO RIEGO POR MICRO ASPERSION.

La evidencia disponible indica que los cítricos que característicamente tienen un sistema de raíces alimentadoras bastante superficialmente responden adversamente a un régimen de baja humedad en el suelo. La tensión del agua induce un efecto inhibitorio gradual en la transpiración y fotosíntesis (Slatyer, 1967), el cuál inevitablemente afecta el rendimiento y la producción. Este efecto es mucho más marcado en valores de succión más altos de 100 Kpa (Al-Ani, Tariq A., y Elterhuizen, J.F., 1971). Bayer (1973) señala que cuándo el potencial del agua en la hoja cae, el crecimiento se inhibe muy marcadamente. Especialmente en la etapa reproductiva, las plantas son más vulnerables a la inhibición por disección.

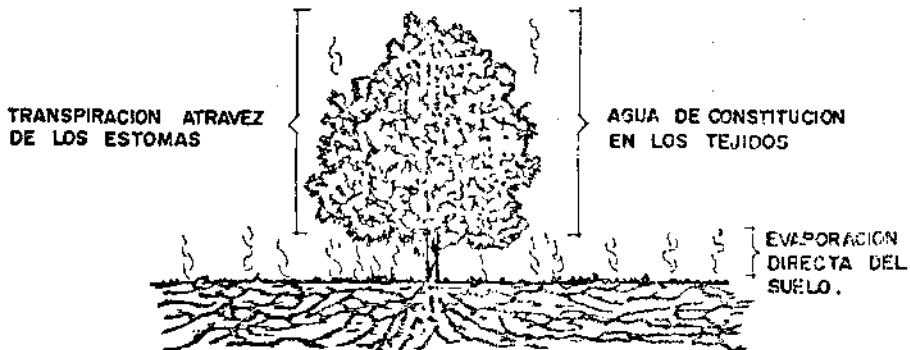
(21) S.L. Rawlins y P.A.C. Raats (1975), mencionan que para mantener el potencial del agua de la hoja sobre éste nivel crítico (-10 bars) a medida que el agua se mueve en la corriente de transpiración del suelo a la hoja y de la hoja a la atmosfera, la resistencia del flujo que impide la pérdida de agua de la hoja debe ser al menos 100 veces el del camino de la corriente que le suministra el agua.

Para mantener las condiciones óptimas de humedad del suelo, debe ser definido un límite superior de abatimiento. Puesto que no hay límites definidos de demarcación en la naturaleza, éste debe ser fijado arbitrariamente y verificado empíricamente.

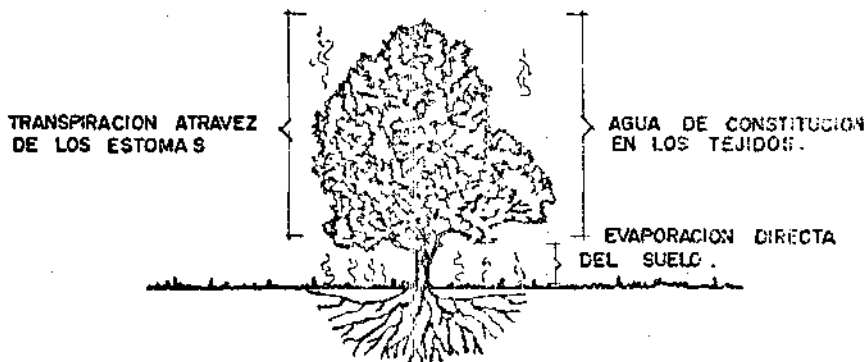
(6) Richards y Marsh (1961), mencionan que la humedad del suelo disponible es definida por los límites de capacidad de campo (10Kpa) y punto de marchitamiento permanente (1,500 Kpa), constituyendo alrededor del 30, 50, 80% en suelos barrosos, migajones y arenosos respectivamente. Esto está de acuerdo con (3) Mac Clean y Yager (1972).

Estimando el Ahorro en el Uso del Agua:

Este ahorro debido a la evapotranspiración bajo la micro-irrigación, están asociados primordialmente con la reducción de la superficie de suelo que es humedecida, en base a que: (a) se reducen las pérdidas de agua por escurrimientos y percolación profunda puesto que la tasa de aplicación del agua es un poco mayor que la tasa de evapotranspiración (9) Hiler y Howel (1972), y (b) una evapotranspiración reducida solo a aquellas pequeñas áreas humedecidas, (7) G.S. Bredell y C.J. Barnard (1977). En base a los resultados obtenidos del estudio de la evaporación de la humedad del suelo en parcelas con y sin cubierta (malas hierbas) en cuatro repeticiones y a cuatro profundidades diferentes concluyeron que: La pérdida de humedad es similar a un poco más alta en suelo con cubierta. Aparece como si la temperatura más alta de las parcelas desnudas compensara la falta de transpiración del suelo. Por lo que no existe competencia significativa entre los manchones de malas hierbas y las líneas de árboles, por el contrario-



CONVENCIONAL



LOCALIZADO

FIG.2. ESQUEMA DE UTILIZACION DE LA HUMEDAD DISPONIBLE DEL SUELO CON UN METODO CONVENCIONAL DE RIEGO Y UNO DE RIEGO LOCALIZADO .

estos impiden la erosión y la compactación del suelo. (Fig. No.2)

La magnitud del ahorro en el uso del agua dependen no solamente de las condiciones locales del suelo, cultivo y clima sino también de las actitudes y prácticas que prevalecen al aplicar el riego. (12) - Karmeli y Keller (1975) consideran que un 90% de eficiencia de aplicación del agua de riego debe como mínimo ser esperado del diseño y las prácticas de manejo del sistema micro-jet. (10) Jobling (1974), sugiere una eficiencia del diseño del 85% para suelos muy arenosos y de un cercano 100% para suelos de textura de migajón y arcillosos.

#### 4.6 RESPUESTA DEL CULTIVO.

Caso No.1 (22) Un huerto plantado de naranja dulce sin semilla, localizado en el centro de Florida ha reportado un promedio de 643 cajas por acre de enero de 1965 a diciembre de 1975. Este huerto fué irrigado con un sistema de tracción superficial hasta 1971, entonces se irrigó con un voluminoso cañón hasta marzo de 1975. Desde ésta fecha el huerto entero ha sido irrigado con un sistema de micro-jet.

El tiempo de riego ha sido un máximo de 12 Hr. cada cuatro días durante el período de tiempo más crítico para el ajuste e igualación del requerimiento de agua.

En 1975 el cultivo produjo 704 cajas por acre. La estimación para el futuro es de 800 cajas por acre.



Otra arboleda cercana usó un metodo de riego por inundación hasta la pasada estación y produjo 2,525 cajas. Este bloque fué cambiado a micro-jet y produjo 3,460 cajas.

Caso No. 2 (7) Un huerto de Valencia (Nucella 'Olinda Valencia' sobre un tuberculo rugoso de limón), de 7 años de edad, fué seleccionado con el proposito de probarlo. El suelo era migajón-arenoso (16% barro, 9.5% barro-arenoso, 36.5% de fina arena y 38.5% de arena gruesa), con un bién descompuesto horizonte granítico C. a una profundidad de 1m. El suelo y los árboles son los representativos de una considerable proporción de los huertos cítricos en el Lowveld del Transvaal Oriental (Nelspruit, Sud-Africa).

Los siguientes tratamientos fueron aplicados durante Julio de 1974 a enero de 1977:

1.- Micro-Jets	3 días / ciclo	f = 0.75
2.- Micro-Jets	3 días / ciclo	f = 0.50
3.- Micro-Jets	14 días / ciclo	f = 0.75
4.- Micro-Jets	14 días / ciclo	f = 0.50
5.- Goteros	3 días / ciclo	f = 0.75

$$F = \text{Factor de cultivo} = \frac{\text{evapotranspiración}}{\text{libre evaporación de agua}}$$

Este factor de cultivo se relaciona a la evaporación de un sartén simplificado (Green 1970), y debe ser relacionado a U.S.W.B., del sartén clase A para interpretación internacional. E.G.  $F = 0.75$  (Sarten Nelspruit) es equivalente a  $F = 0.67$  (Sarten clase A).

Los resultados fueron los siguientes:

Rendimiento:

Aún cuando las diferencias entre tratamientos no son significativas estadísticamente (Por el relativamente grande coeficiente de variación), hay una fuerte evidencia que el más alto porcentaje de irrigación a intervalos cortos (Tratamiento 1), produjo el mayor fruto. El rendimiento fué incrementado en 8 Kg. por árbol, reduciendo la longitud del ciclo de 14 a 3 días (Tr. 1 Vs. 3). Los rendimientos obtenidos de los árboles con goteo fueron considerablemente menos que donde el mismo volúmen de agua se aplicó con micro-jets (Tr. 1 y 3), e incluso menos que el tratamiento relativamente seco con micro-jets (Tr. 4).

#### 4.4 CUALIDAD DEL FRUTO:

El fruto que se desarrollo bajo condiciones de excesiva humedad (Tr. 1), tenía muy poca resistencia (8.4 Kg. de fuerza), como opuesta al fruto del tratamiento relativamente seco (Tr. 4, 9.9 Kg) ó al fruto producido por el riego por goteo (9.9 Kg). De nuevo la no significan

cia de los resultados pueden ser atribuidos a la alta variación (CV. = 16.8 %).

El fruto de relativamente poca calidad fué producido por el tratamiento 2, probablemente a causa del bajo porcentaje de irrigación. A la vez los sólidos del ácido eran bajos. Contribuyendo a un fruto insípido y más bien duro y corneoso.

El fruto del tratamiento No.3 (Alto porcentaje y baja frecuencia) fué de estupenda calidad. Contenía el más alto porcentaje de jugo, porcentaje ácido, cáscara más delgada y muy tiernas ramas.

La irrigación por goteo resultó en fruto de inferior calidad. Contenía poco jugo, el más bajo porcentaje de ácido, la cáscara más gruesa y ramas más resistentes.

#### 4.5 APLICACION DE AGRO-QUIMICOS.

##### — FERTILIZANTES

(4 y 5) P.F. Greeff (1975), del Departamento de Ciencia del Suelo, de la Universidad de Stellenbosch, demostró que la fertilización — a través del sistema micro-jet ha sido muy efectiva por dos razones:

1.- La muestra de distribución de los jets ha hecho posible que el fertilizador sea aplicado eficientemente sobre una más amplia zona de la raíz.

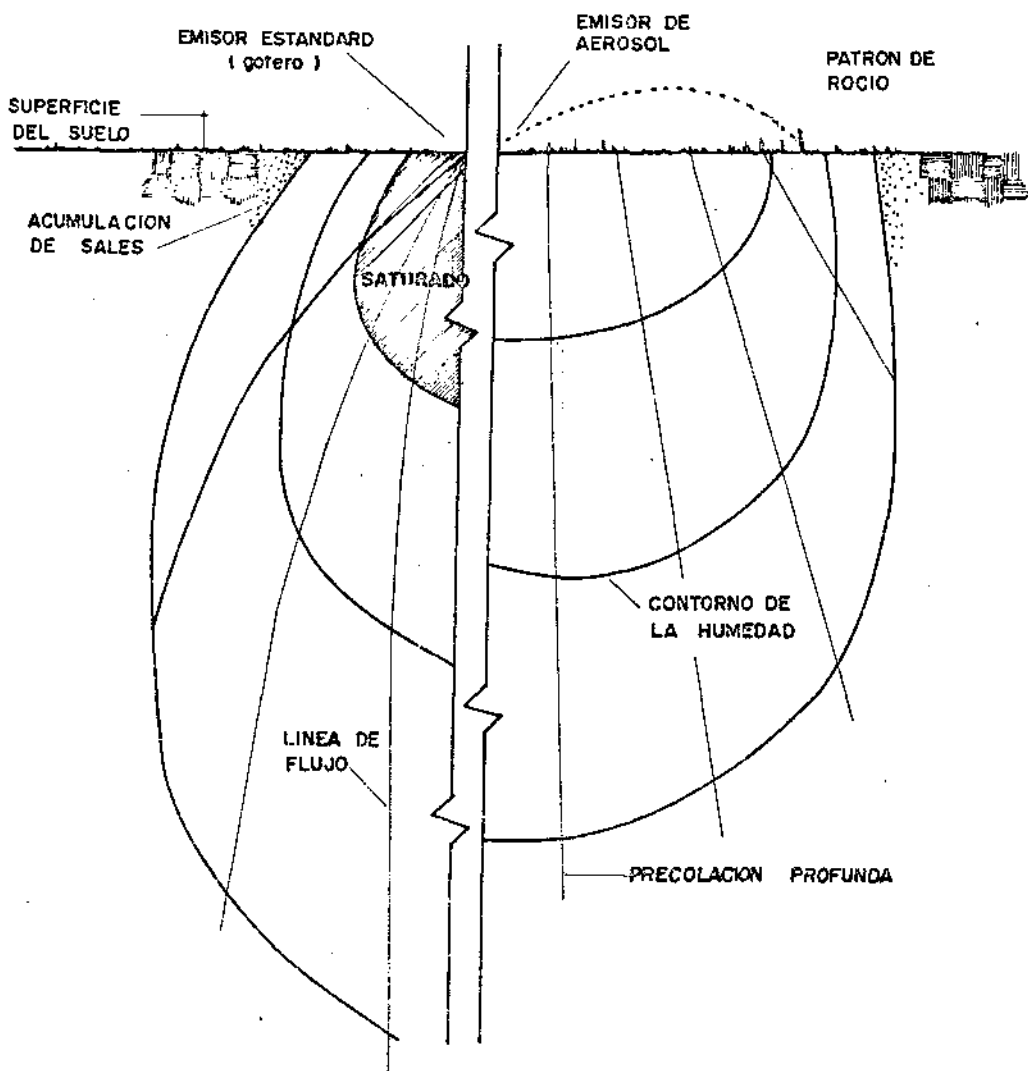


FIG.3 . SECCION TRANSVERSAL DE LA HUMEDAD EN EL SUELO IDEALIZADA BAJO UN EMISOR STANDARD Y UN EMISOR DE AEROSOL , ASUMIENDO DESCARGAS IGUALES ( KARMELI Y SMITH , 1977 ) .

2.- La ferti-irrigación capacita al productor para aplicar fertilizador a la zona del suelo de la raíz continuamente durante la estación de crecimiento.

La proporción de aplicación varía con el cultivo y con las condiciones existentes.

#### — HERBICIDAS

(3) G.S. Bredell y A.P. Vincent, (1975), han mostrado que las malas hierbas pueden ser controladas eficientemente mediante la aplicación de herbicidas inyectados al sistema micro-jet. 15 minutos es el tiempo que se requiere para aplicar herbicida a 300 árboles.

#### 4.6 PROTECCION DEL FRIO

(22) La helada de enero de 1977 en Florida creó una oportunidad para que numerosos sistemas de micro-jet fueran operados para protección de heladas y del frío. Reportes de granjeros indicaron una alza de temperatura de 1° a 6° que ocurrió alrededor y bajo los árboles. Sistemas que usaban de 20 a 25 libras por pulgada cuadrada de presión, con amplios orificios mostraron los mejores resultados. En muchas instancias la temperatura descendió tan bajo que mientras el fruto fué congelado, los árboles fueron protegidos por los micro-jets.

En locaciones más calientes los frutales no fueron dañados debido a la protección de los jets.

## CAPITULO V

### CLASIFICACION BOTANICA (2)

Reino	Vegetal
División	Fanerogama
Sub-División	Embriophyta
Clase	Dicotiledoneá
Sub-Clase	Angiospermae
Familia	Rutaceae
Género	Citrus
Sub-Género	Eucitrus
Especie	Aurantifolia

#### 5.1 CARACTERISTICAS BOTANICAS (8)

##### — DESCRIPCION

Es un arbusto o árbol que llega a alcanzar hasta 6 metros de altura, perennifolio, con ramas arqueadas ascendentes, en muchas ocasiones sus ramas terminales llegan a ser colgantes y delgadas, ésto es muy común observarlo cuándo la fructificación es muy abundante, terminando en ocasiones por desgajarse. Los brotes jóvenes son de color verde pálido y a medida que aumentan su edad van oscureciendo.

##### — RAIZ

Representa un eje vertical con numerosas raíces secundarias longitudinalmente espesas, de consistencia dura, conduciéndose a manera

de las adventicias, su coloración externa es blancusca tendiendo a pardo.

#### — TALLO

Es recto, desnudo, manifiesta ramificación a alturas muy variables, dependiendo el manejo a que se tenga sometido el árbol. El tallo y las ramas viejas son por lo general de sección redonda, casi siempre muy ramificadas. La corteza en las partes adultas del árbol es de color gris cenizo, provista de pequeñas hendiduras longitudinales, mientras que las ramitas jóvenes que resultan del desarrollo de las yemas que emergen de las axilas de las hojas manifiestan perfiles angulosos de sección irregular y su color es verde claro.

#### — HOJAS

Son alternas, de tamaño regular, forma elíptica, ovalada ó oblonga, ápice punteagudo, base redonda y paséolo provisto de alas estrechas. Se encuentran distribuidas en forma de espinal, dispuestas entre tres giros alrededor del eje, de manera que la hoja novena se encuentra en la misma generatriz que la primera.

#### — FLOR

Son hermafroditas de color blanco; se localizan en las axilas de las hojas ó en la parte terminal de las ramas; distribuidas, solitarias ó en corimbo, unidas por un pedunculo corto, liso y articulado. Cada flor se compone de un cáliz gamosépalo, acompañado, formado por cinco apéndices soldados a la parte inferior formando un tubo, mien-

tras las partes libres constituyen cinco lóbulos de forma entreaguda y ligeramente obtusa. La corola está compuesta de tres a cinco pétalos insertados alternadamente con los sépalos. El androceo está constituido en apariencia por un sólo verticilo de estambres que pueden ser de veinte a sesenta, insertados más altos que los pétalos; - algunos libres otros soldados a la base formando una especie de tubo en torno al ovario, anteras de cuatro lóbulos y dos celdas que abren longitudinalmente. El ovario es polímero, ovalado o redondeado, contorneado en la base por un cojinete que lleva encima un estilo grueso cilíndrico de la altura de los estambres, terminado por un estigma de forma lobulada; internamente se encuentra dividido en cinco a quince celdillas, cada celda contiene de seis a veinte ovulos superpuestos en dos filas en la parte interna de la celda. La época de polinización es difícil de establecer por ser la lima una especie - refroncente.

#### — FRUTO

Este es una baya ó hesperidio, redondo, mamelonado de sabor dulce, siempre posee semillas de tamaño pequeño en número de cuatro a diez, su corteza es lisa con pequeñas capsulitas que contienen - sumo muy aromático, dividido en tantos gajos como celdas tiene el ovario. Al producirse el engrosamiento de la pared ovárica viene la diferenciación en la estructura y consistencia del fruto, presentándo-



se el epicarpio que inicialmente es de color verde pero a medida que madura se torna amarillo. El mezocarpio en ésta fruta es bastante delgado, está construido por la envoltura esponjosa que separa el epicarpio del endocarpio y forma la cubierta membranosa de los gajos.

Su poder nutricional en la dieta humana resultó muy importante, yá que según los resultados del análisis bromatológico practicado por el Instituto de la Nutricion reportan: Calorías 20.00 microgramos. Protéínas 500.00 mg., grasas ó hidratos de carbono 5.00 mg. calcio 16.00 mg., fósforo 18.00 mg., hierro 2.00 mg., tiamina 0.05 mg., riboflamina 0.03 mg., niacida 0.30 mg., ácido ascórbico 54 mg.

## 5.2 VARIEDADES QUE SE CULTIVAN EN LA REGION

La existencia de variedades en éste cultivo son muy pocas y hasta la fecha dentro de la zona de Ayotlán y Atotonilco el Alto, Jal., sólo se conocen dos variedades:

### a) Variedad Amacueca.

Su árbol presenta características similares a otra variedad, observándose diferentes en su fruto que es de tamaño grande, cáscara gruesa, textura rugosa ó china, jugosa y dulce, más resistente al traslado. En la actualidad su población ha venido en detrimento.

### b) Variedad Criolla.

Esta ocupa la mayor extensión de los terrenos destinados a éste -

cultivo. Su fruto se caracteriza por ser de menor tamaño que el anterior, cáscara delgada de textura lisa, más jugosa y dulce que la amacueca y a la vez más rendidora. Es más ampliamente conocida dentro de la zona.

## CAPITULO VI

### DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO (B)

#### 6.1 DESCRIPCION DEL MUNICIPIO

El territorio ocupado por el Municipio de Atotonilco el Alto, Jal., presenta una topografía más o menos regular, predominando altitudes entre 1,500 y 2,100 M.S.N.M., con excepción de algunas partes del Sur del mismo, donde varía entre 2,100 y 2,700 M.S.N.M.

Cuenta con una superficie total de 58,679 Ha., de las cuáles 3,469 Ha., se clasifican como de riego, 20,384 Ha., de temporal y humedad, 16,622 Ha., de pastizales, 800 Ha., de bosques y 17,404 Ha., se consideran áridas e improductivas agrícolamente.

#### — LOCALIZACION GEOGRAFICA

Se encuentra al Norte de la sub-región Ocotlán, en la región central del Estado de Jalisco. El Municipio de Atotonilco el Alto, tiene ubicada su cabecera Municipal al centro del mismo, siendo su altitud de 1,576 M.S.N.M., su latitud norte de 28°33' y su longitud oeste de 102°32'.

#### — CLIMA

El clima predominante en la zona, está representado por la fórmula climática siguiente:

$$(A) \text{ c } (Wo) (W) (i')$$

Según el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por Enriqueta García en 1964, corresponde al clima semi cálido, el



FIG. 4. LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL ALTO, JALISCO.

más cálido de los templados C, con temperatura media anual mayor de 18 °C y la del mes más frío menor de 18 °C. Por su régimen de lluvias y su grado de humedad pertenece al tipo más seco de los templados sub-húmedos con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernal entre 5 y 10.2 mm. de la anual y una precipitación del mes más seco menor de 40 mm. y un cociente P/T menor de 43.2. Presenta una baja oscilación anual de las temperaturas medias mensuales de 5 a 7 °C.

#### — PRECIPITACION

Durante el período comprendido de enero de 1979 a diciembre de 1983, reporta un promedio anual de 942.9 mm., de lluvia, la cuál es distribuida principalmente en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre.

Pudiéndose observar lo anterior (Cuadro 1 y Fig.5), en la distribución mensual promedio registrada durante éste lapso de tiempo.

Cuadro No. 1. Precipitación promedio mensual para el período 1979-1983. (Departamento de Hidrometría de la SARH en el Estado de Jalisco, Mexico.)

ENERO	32.5 mm.
FEBRERO	8.4 mm.
MARZO	1.4 mm.

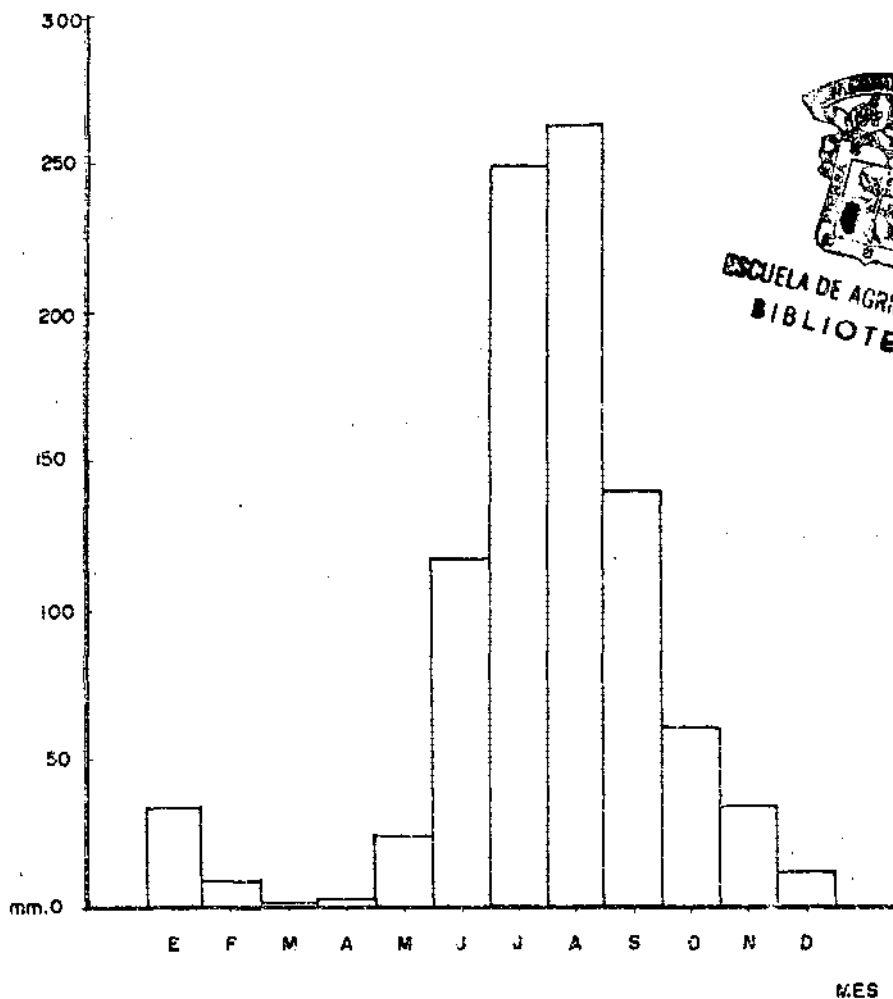


FIG. 5. PRECIPITACION PLUVIAL MENSUAL PROMEDIO REGISTRADA EN LA ESTACION CLIMATologica DE ATOTONILCO EL ALTO JALISCO DEL PERIODO 1979 — 1983 ( DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA DE LA S.A.R.H. ESTADO DE JALISCO , MEXICO. )

ABRIL	2.1	mm.
MAYO	22.9	mm.
JUNIO	117.0	mm.
JULIO	249.9	mm.
AGOSTO	263.2	mm.
SEPTIEMBRE	139.4	mm.
OCTUBRE	61.1	mm.
NOVIEMBRE	34.0	mm.
DICIEMBRE	11.5	mm.

Durante este período la precipitación mínima anual se reportó en 1982, con 582.7 mm., y la máxima en 1980 y 1983 con 1,017.5 y 1,460.0 mm., respectivamente.

Cuadro 2 . Precipitación mensual y anual total para el período 1979 - 1983 (Departamento de Hidrometría de la SARH en el Estado de Jalisco, Mex., )

AÑO	PRECIPITACION Promedio Mensual	PRECIPITACION TOTAL Promedio Anual
1979	62.98 mm.	755.80 mm.
1980	84.79 mm.	1,017.50 mm.
1981	74.87 mm.	898.30 mm.
1982	48.55 mm.	582.70 mm.
1983	121.66 mm.	1,460.00 mm.

SUMA	392.85	4,714.30
- X	78.57	942.86

— TEMPERATURA

Las temperaturas mínima, máxima y promedio que se registraron en ésta zona durante el período comprendido de enero de 1979 a diciembre de 1983, fueron como se reporta en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Temperatura mínima, máxima y promedio mensual - del período 1979-1983, (Departamento de Hidrometría de la SARH en el Estado de Jalisco, Mex.,)

MES	MINIMA °C	MAXIMA °C	PROMEDIO °C
ENERO	14.2	17.6	15.9
FEBRERO	16.8	18.3	17.6
MARZO	19.1	20.4	19.5
ABRIL	21.6	23.5	22.2
MAYO	22.1	24.0	23.1
JUNIO	21.9	25.0	23.7
JULIO	20.8	22.8	21.9
AGOSTO	20.2	22.6	21.4
SEPTIEMBRE	20.7	21.5	21.1
OCTUBRE	16.6	21.5	19.7



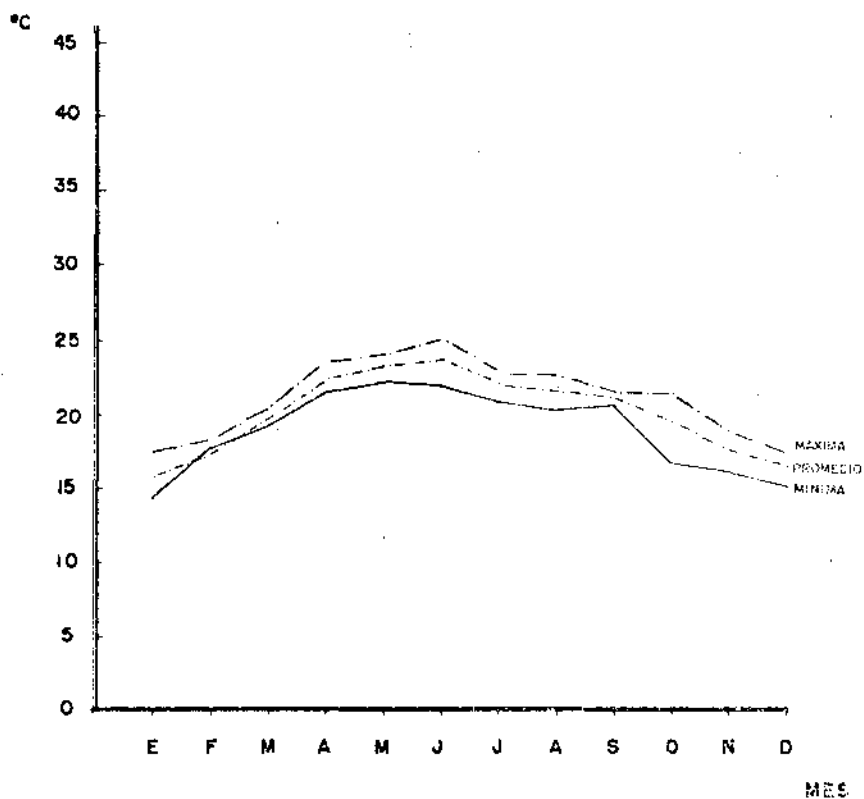


FIG. 6. TEMPERATURAS , MINIMAS , MAXIMAS Y PROMEDIO MENSUAL DEL PERIODO 1979 — 1983 ( DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA DE LA S.A.R.H. EN EL ESTADO DE JALISCO , MEXICO . ) .

NOVIEMBRE	16.0	18.9	17.6
DICIEMBRE	15.1	17.3	16.4

Durante éste período la temperatura mínima anual promedio se reportó en 1983 con 18.8 °C y la máxima en 1980 con 20.4 °C y una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales de 7.9 °C.

Cuadro - 4. Temperaturas promedio mensual y anual total para el período 1979-1983 (Departamento de Hidrometría de la SARH en el Estado de Jalisco, Méx.,)

AÑO	TEMPERATURA Promedio Mensual	TEMPERATURA Promedio Anual
1979	20.2 °C	242.5 °C
1980	20.4 °C	244.5 °C
1981	20.3 °C	243.6 °C
1982	20.3 °C	243.1 °C
1983	18.8 °C	225.1 °C
SUMA	1,000.0	1,198.80
$\bar{X}$	20.0	239.76

#### — EVAPORACION

La evaporación registrada en la estación de Atotonilco el Alto, Jal., cuyo promedio anual de enero de 1979 a diciembre de 1983 es de 2,315.8 mm., es distribuida mensualmente en la forma siguiente:

ENERO	156.6 mm.
FEBRERO	161.8 mm.
MARZO	226.3 mm.
ABRIL	247.6 mm.
MAYO	264.7 mm.
JUNIO	231.6 mm.
JULIO	189.4 mm.
AGOSTO	162.0 mm.
SEPTIEMBRE	167.3 mm.
OCTUBRE	136.2 mm.
NOVIEMBRE	173.8 mm.
DICIEMBRE	148.2 mm.

Durante éste período la evaporación mínima anual se reportó en 1983 con 2,090.6 mm., y la máxima en 1979 con 2,604.9 mm.

Cuadro 5. Evaporación promedio mensual y anual total para el período de 1979-1983, (Departamento de Hidrometría de la SARH en el Estado de Jalisco, Mex.,)

AÑO	EVAPORACION Promedio Mensual	EVAPORACION Anual Total
1979	217.07 mm.	2,604.9 mm.
1980	204.83 mm.	2,458.0 mm.
1981	181.13 mm.	2,173.6 mm.
1982	187.65 mm.	2,251.8 mm.

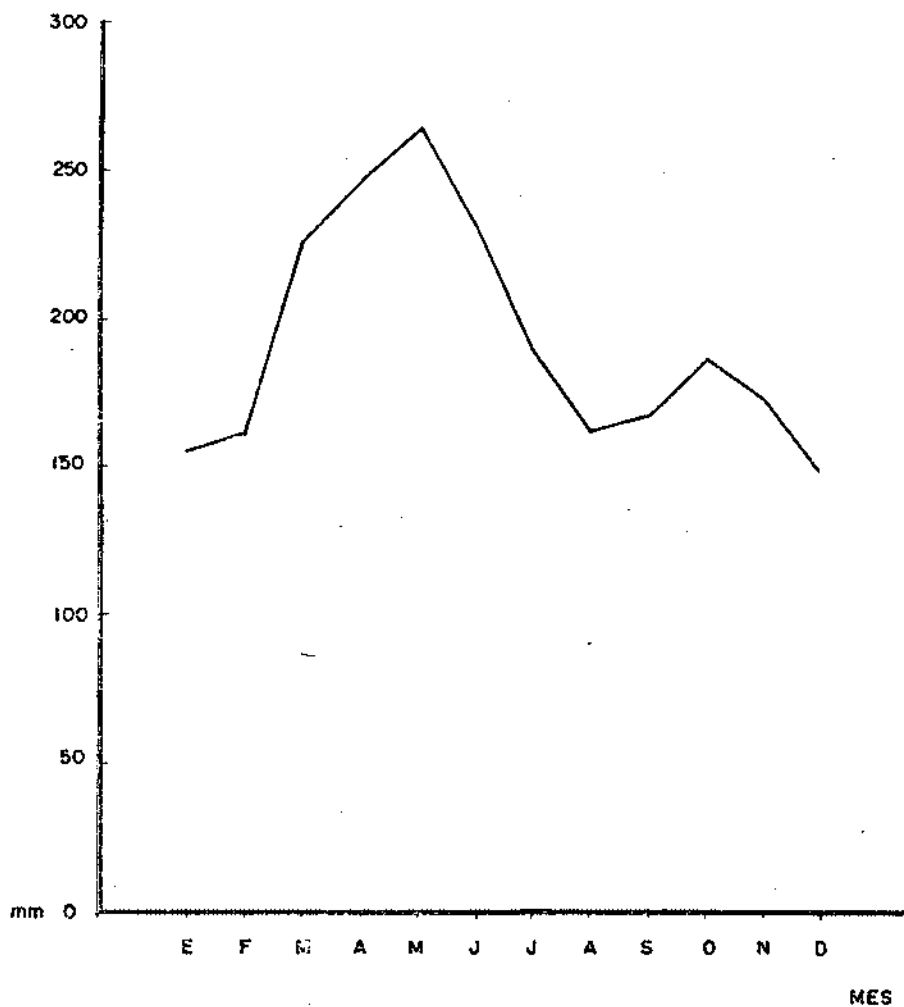


FIG. 7. EVAPORACION MENSUAL PROMEDIO REGISTRADA EN LA ESTACION CLIMATOLOGICA DE ATOTONILCO EL ALTO JALISCO. DEL PERIODO 1979—1983. ( DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA DE LA S.A.R.H. DEL ESTADO DE JALISCO, MEXICO. ),

1983	174.21 mm.	2,090.6 mm.
SUMA	964.89	11,578.90
X	192.98	2,315.78

#### — SUELOS

De los suelos que componen la superficie de éste Municipio, predominan los de tipo Chesnut, cubriendo un 75% del mismo, el resto está integrado por suelos ferrolitas y chernozem, cubriendo un 15% y 10% respectivamente, con pendientes que van del 8 al 20%.

La parte menos accidentada de la zona se encuentra constituida por dos tipos de suelo: El Luvisol férrico que se localiza en la parte más alta, propiamente dentro de la región de los Altos, caracterizándose por ser terrenos planos ligeramente ondulados de textura fina, de coloración más rojiza que los anteriores, con baja capacidad para retener agua y nutrientes. Utilizados en la agricultura a base de una constante fertilización e incorporación de materia orgánica, presenta además inclusiones aisladas de Planosol Eutríco.

El otro tipo de suelo que se encuentra en la parte más baja del área en mención es fundamentalmente el vertisol pélico y crómico, predominando tanto en extensión como en importancia sobre los demás por ser en el que se práctica la agricultura con mayor intensidad.

Las características de éstos suelos son las de presentar un alto contenido de arcilla mayor del 30%, que se agrietan notablemente cuando se secan y son de difícil manejo. Además de las partes más acci -

dentadas presentan fases Lúticas, gravosas y dúricas.

El cultivo de la Lima en su mayor parte se encuentra establecido en los suelos vertisol crómico que a diferencia del pélico son de color gris y de más fácil manejo por su menor cantidad de arcilla.

#### — VÍAS DE COMUNICACION

El Municipio mencionado se encuentra comunicado principalmente por la carretera Federal No.90 "Vía corta Guadalajara-México", que lo atravieza de éste a oeste. La carretera Estatal No.10 que úne La Barca con Atotonilco. La Carretera pavimentada que lo úne casi en línea recta con San Miguel el Alto y San Juan de los Lagos. Cuenta además con excelentes terracerías transitables en toda época del año, siendo entre las más transitables la que enlaza Atotonilco con San José de Gracia.

La mayor parte de las poblaciones de ésta zona cuentan con brechas más o menos transitables que las mantienen comunicadas con la cabecera Municipal en toda época del año.

La Cabecera Municipal de Atotonilco el Alto cuenta además con una estación de servicio ferroviario exclusivamente para carga. Cuenta con Teléfono y Telégrafo.

#### 6.2 POBLACION ACTUAL DE LA LIMA

La población é importancia de éste cultivo avanza en forma ascendente dentro de la zona, a tal grado que en la actualidad ocupa los

terrenos de mayor fertilidad cubriendo una extensión total de 710 hectáreas con un número de aproximadamente 197,000 árboles.

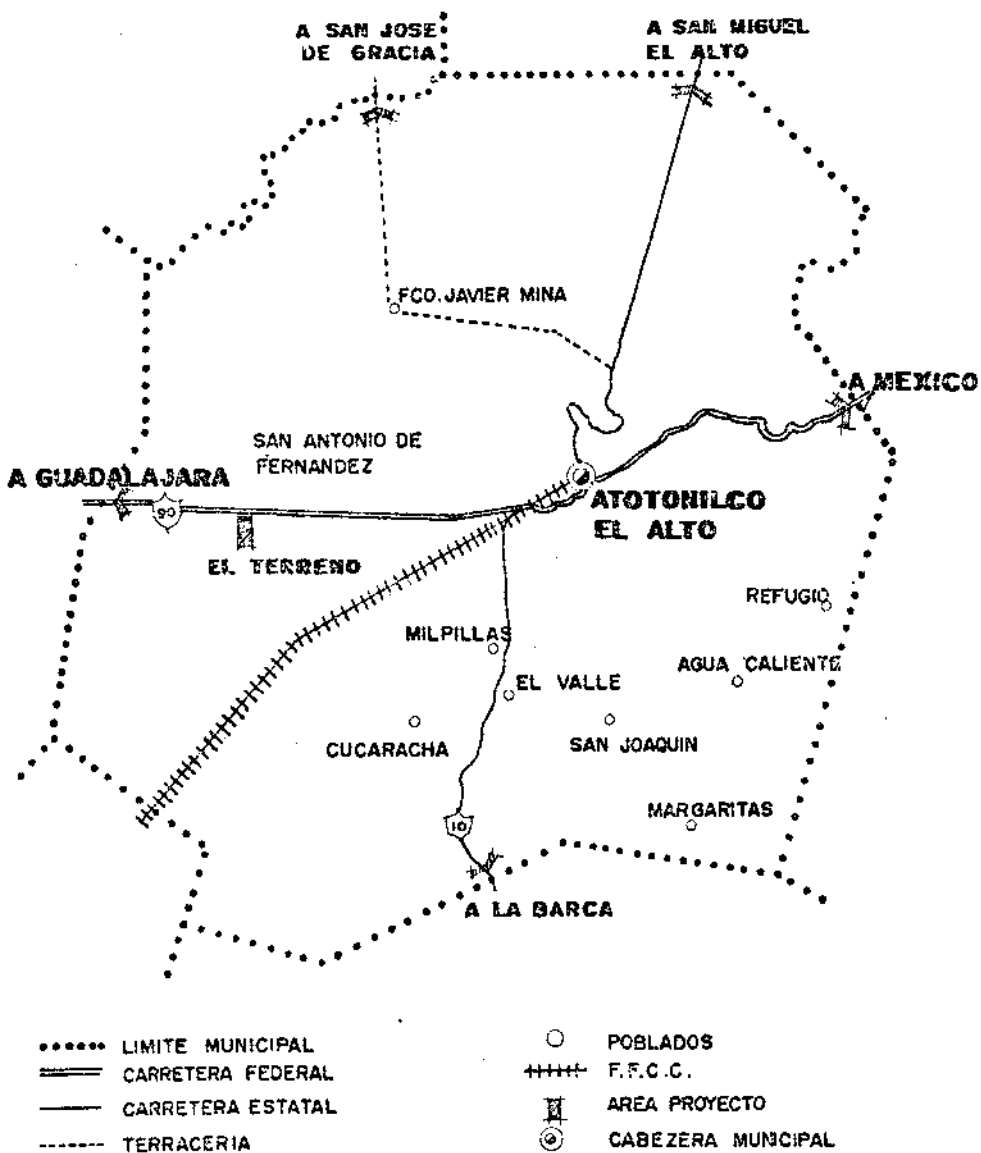


FIG. 6 UBICACION DEL AREA PROYECTO DENTRO DEL MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL ALTO, JALISCO.



## CAPITULO VII

### MATERIALES Y METODOS

#### 7.1 DESCRIPCION DEL AREA PROYECTO:

El terreno en que se llevó a cabo el presente trabajo forma parte del rancho denominado " La Arboleda", que se encuentra ubicado a pie de la carretera federal No.90, al lado Este de la Población de Atotonilco el Alto, Jal., a 15.5 Km., de distancia.

La superficie en cuestión es de 35 Hectáreas, tiene un desnivel de Norte a Sur de 2.32 m., y una pendiente del 0.28 %; de Este a Oeste de 0.40 m., y una pendiente del 0.10%. El color de tierra es café-oscuro pardo, la textura es de tipo franco.

El trazado de la huerta es del tipo marco real, con espaciamentos de 8 x 8 m.

Se cuenta con un pozo profundo como fuente de abastecimiento de agua para el riego. Se localiza en una esquina de la parte baja del terreno. Su nivel dinámico es de 60m., el nivel estático de 40m., - tiene un gasto continuo de descarga de 25 L.p.s.

### 7.1.1 CONDICIONES ACTUALES DEL AREA PROYECTO (19)

En base a los resultados obtenidos del análisis del agua y suelo (anexo 1, 2 y 3), realizado por el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en Jalisco, se determinaron las siguientes:

#### — QUIMICAS DE AGUA

a) Conductividad eléctrica (C.E.) igual a 650  $\mu$ hos/cm. a 25 °C.

Agua clasificada como C<sub>2</sub>, se puede usar, siempre y cuando exista un grado de lavado moderado, sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad.

b) Relación de absorción de sodio (RAS) igual a 8.4 meq/Lt.

Agua clasificada como S<sub>2</sub>. En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si los suelos poseen una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC). Especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas sólo pueden usarse en suelos de textura gruesa ó en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

c) Carbonato de sodio residual igual a 6.47 meq/Lt.

Existe riesgo en la utilización de estas aguas, cuando se llega a los límites de solubilidad de los carbonatos y bicarbonatos, pudiendo aumentar la proporción de sodio y el correspondiente RAS.

d) Boro igual a 4.3 partes por millón (ppm).

Con la utilización de éste tipo de aguas existe el riesgo de fitotoxicidad en las plantas por lo que se debe mantener un buen sistema de filtrado.

e) Proporción Nociva de Cloro igual a 2.58 meq/Lt.

Agua de excelente calidad en lo que se refiere a éste elemento.

f) Índice de Magnesio, igual a 46.84 meq/Lt.

No existe riesgo de toxicidad hacia los cultivos, pero, como este índice se encuentra cercano a los límites tóxicos (60 meq/Lt.) se recomienda la aplicación de sustancias que contengan calcio en forma de sulfatos.

g) Proporción de Carbonatos y Sulfatos:

La suma de  $\text{Ca} + \text{Mg}$  es menor a la suma de  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  por lo que se puede clasificar ésta agua como clase I, en la cuál hay riesgo de sodificación del suelo. Se deberán mantener niveles de humedad adecuados para no permitir que los  $\text{CO}_3$  y  $\text{HCO}_3$  lleguen a un nivel de solubilidad máximo. Aportar sustancias que contengan calcio en forma de Sulfatos

#### — QUÍMICAS DEL SUELO

a) El suelo se considera normal, ya que en lo que se refiere a la conductividad eléctrica (CE) y al porcentaje de sodio intercambiable —

(PSI) se encuentra muy abajo de los niveles permitidos para tomar en cuenta la salinidad en el suelo. Los niveles permitidos son:

CE 2 mhos/cm a 25 °C

PSI 7 %

b) Materia Orgánica. Sus niveles se consideran óptimos según la clasificación de Walkey-Black; pero, para auxiliar a la eliminación de las sales que aporta el agua de riego, se recomiendan aportaciones de M.O., con el objeto de mantener niveles de humedad óptimos y aumentar la eficiencia de drenaje.

#### → FISICAS DEL SUELO

Según la clasificación textural y el resultado promedio de arena, limo y arcilla de cuatro muestras de suelo, reportado por el Laboratorio de Análisis de suelos de la SARH en Jalisco, se determinó que el suelo en cuestión es del tipo medio ó franco.

#### 7.2 USO CONSUNTIVO

Se define uso consuntivo a la cantidad de agua requerida por la planta para la formación de sus tejidos y el agua que transpira, más la cantidad de agua que se evapora en la superficie del suelo sobre la que se desarrolla, también se utiliza en término evapotranspiración (ET), que abarca a la cantidad de agua que se evapora en el área de desarrollo del cultivo y la que transpira, consideradas como

las más importantes, yá que la planta únicamente necesita el 1% del uso consuntivo, para la construcción de sus tejidos, de donde se puede decir que uso consuntivo es igual a evapotranspiración. ( 18 )

El cálculo del uso consuntivo (UC), se llevó a cabo mediante el método propuesto en 1950 por los doctores H.F. Blaney y W.D. Criddle, modificado por Phelan, adoptado por el Soil Conservation-Service del U.S.D.A.

$$UC_m = F (K_T K_C) C$$

Mediante ésta fórmula se distribuye el UC total del ciclo vegetativo del cultivo en períodos mensuales, se integró de la siguiente forma:

$$F = P \frac{T+17.8}{21.8}$$

$$K_G^1 = \frac{UC}{F}$$

$$F = \sum_{t=1}^n f$$

$$C = \frac{K_G}{K_G^1}$$

En donde:

UC<sub>m</sub> = Uso consuntivo mensual en mm.

f = Factor de temperatura y luminosidad.

K T	=	Factor térmico, (Cuadro No. 7 ).
K C	=	Coefficiente de desarrollo. (Cuadro No.8)
C	=	Coefficiente de ajuste.
P	=	Porcentaje de horas luz en el día para - cada mes del año en relación al número total en el año, respecto a la latitud co- respondiente. (Cuadro No. 5).
T	=	Temperatura promedio mensual en °C - respecto a la ubicación geográfica. ( Cuadro No.6)
K' G	=	Relación de la suma del uso consuntivo- teórico a la suma del factor.
F	=	Suma total del factor de temperatura y - luminosidad.
K G	=	Coefficiente global de evapotranspiración estacional para el cultivo en cuestión. - (Cuadro No. 8 ).



CUADRO No. 6

PORCENTAJE DE HORAS - LUZ EN EL DÍA PARA CADA MES DEL AÑO EN  
RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO.

M E S E S

Lat. Nte.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
15°	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.33
17°	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.67	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.68	7.74
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21°	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.59
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25°	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27°	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

Tomada de Blaney H.F. y W.D. Criddle. SOS-TP-96 U.S.D.A.

Soil Conservation Service.

CUADRO No. 7

VALORES DE LA EXPRESION  $\frac{^{\circ}\text{C} + 17.8}{21.8}$  EN RELACION CON TEMPERA  
TURAS MEDIAS EN  $^{\circ}\text{C}$  PARA USARSE EN LA FORMU  
LA DE BLANEY Y CRIDDLE.

C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0...	0.954	0.959	0.963	0.968	0.972	0.977	0.982	0.986	0.991	0.995
1...	1.000	1.005	1.009	1.014	1.018	1.023	1.028	1.032	1.037	1.041
2...	1.046	1.050	1.055	1.060	1.064	1.069	1.073	1.078	1.083	1.087
3...	1.092	1.096	1.101	1.106	1.110	1.115	1.119	1.124	1.128	1.133
4...	1.138	1.142	1.147	1.151	1.156	1.161	1.165	1.170	1.174	1.179
5...	1.183	1.188	1.193	1.197	1.202	1.206	1.211	1.216	1.220	1.225
6...	1.229	1.238	1.239	1.243	1.248	1.252	1.257	1.261	1.266	1.271
7...	1.275	1.279	1.284	1.289	1.294	1.298	1.304	1.307	1.312	1.317
8...	1.321	1.326	1.330	1.335	1.339	1.344	1.349	1.354	1.358	1.362
9...	1.367	1.372	1.376	1.381	1.385	1.390	1.394	1.400	1.404	1.408
0...	1.413	1.417	1.422	1.427	1.431	1.436	1.440	1.445	1.450	1.454
1...	1.459	1.463	1.468	1.472	1.477	1.482	1.486	1.491	1.495	1.500
2...	1.505	1.509	1.514	1.518	1.523	1.528	1.532	1.537	1.541	1.546
3...	1.550	1.555	1.560	1.564	1.569	1.573	1.578	1.583	1.587	1.592
4...	1.596	1.601	1.606	1.610	1.615	1.619	1.624	1.628	1.633	1.638
5...	1.642	1.647	1.651	1.656	1.661	1.665	1.670	1.674	1.679	1.683
6...	1.688	1.693	1.697	1.702	1.706	1.711	1.710	1.720	1.725	1.729
7...	1.734	1.739	1.743	1.748	1.752	1.757	1.761	1.766	1.771	1.775
8...	1.780	1.784	1.789	1.794	1.798	1.803	1.807	1.812	1.817	1.821
9...	1.826	1.830	1.835	1.839	1.844	1.849	1.858	1.858	1.862	1.867
0...	1.872	1.876	1.881	1.885	1.890	1.894	1.899	1.904	1.908	1.913
1...	1.917	1.922	1.927	1.931	1.936	1.940	1.945	1.950	1.954	1.959
2...	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982	1.986	1.991	1.995	2.000	2.004
3...	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.037	2.041	2.046	2.050
4...	2.055	2.060	2.064	2.069	2.073	2.078	2.088	2.087	2.092	2.096
5...	2.101	2.106	2.110	2.115	2.119	2.124	2.128	2.133	2.138	2.142
6...	2.147	2.151	2.156	2.161	2.165	2.170	2.174	2.179	2.183	2.188
7...	2.193	2.197	2.202	2.206	2.211	2.216	2.220	2.225	2.229	2.234
8...	2.239	2.243	2.248	2.252	2.257	2.261	2.266	2.271	2.275	2.280
9...	2.284	2.289	2.294	2.298	2.303	2.307	2.312	2.317	2.321	2.326
0...	2.330	2.335	2.339	2.344	2.349	2.353	2.358	2.362	2.367	2.372
1...	2.376	2.381	2.385	2.390	2.394	2.399	2.404	2.408	2.413	2.417
2...	2.422	2.427	2.431	2.436	2.440	2.445	2.450	2.454	2.459	2.463



CUADRO No. 8

PARA EL CALCULO DE  $K_t$  A PARTIR DE LA TEMPERATURA EN °C

$$K_t = 0.03114 \text{ } ^\circ\text{C} + 0.2396$$

t °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	0.239	0.243	0.246	0.249	0.252	0.255	0.258	0.261	0.265	0.268
1	0.271	0.274	0.277	0.280	0.283	0.286	0.289	0.293	0.296	0.299
2	0.302	0.305	0.308	0.311	0.314	0.317	0.321	0.324	0.327	0.330
3	0.333	0.336	0.339	0.342	0.345	0.349	0.352	0.355	0.358	0.361
4	0.364	0.367	0.370	0.373	0.377	0.380	0.383	0.386	0.389	0.392
5	0.395	0.398	0.402	0.405	0.408	0.411	0.414	0.417	0.420	0.423
6	0.426	0.430	0.433	0.436	0.439	0.442	0.445	0.448	0.451	0.454
7	0.458	0.461	0.464	0.467	0.470	0.473	0.476	0.479	0.482	0.486
8	0.489	0.492	0.495	0.498	0.501	0.504	0.507	0.511	0.514	0.517
9	0.520	0.523	0.526	0.529	0.532	0.535	0.539	0.542	0.545	0.548
10	0.551	0.554	0.557	0.560	0.563	0.567	0.570	0.573	0.576	0.579
11	0.582	0.585	0.588	0.591	0.595	0.597	0.601	0.604	0.607	0.610
12	0.613	0.616	0.619	0.623	0.626	0.629	0.632	0.635	0.638	0.641
13	0.644	0.647	0.651	0.654	0.657	0.660	0.663	0.666	0.669	0.672
14	0.675	0.679	0.682	0.685	0.688	0.691	0.694	0.697	0.700	0.703
15	0.707	0.710	0.713	0.716	0.719	0.722	0.725	0.728	0.731	0.735
16	0.738	0.741	0.744	0.747	0.750	0.753	0.756	0.759	0.763	0.766
17	0.769	0.772	0.775	0.778	0.781	0.784	0.787	0.791	0.794	0.797
18	0.800	0.803	0.806	0.809	0.812	0.815	0.819	0.822	0.825	0.828
19	0.831	0.834	0.837	0.840	0.843	0.847	0.850	0.853	0.856	0.859
20	0.862	0.865	0.868	0.871	0.875	0.879	0.881	0.884	0.887	0.890
21	0.893	0.896	0.899	0.903	0.906	0.909	0.912	0.915	0.918	0.921
22	0.924	0.927	0.931	0.934	0.937	0.940	0.943	0.946	0.949	0.952
23	0.955	0.959	0.962	0.965	0.968	0.971	0.974	0.977	0.980	0.983
24	0.987	0.990	0.993	0.996	0.999	1.002	1.005	0.998	1.011	1.015
25	1.018	1.021	1.024	1.027	1.030	1.033	1.036	1.039	1.043	1.046

Continúa CUADRO No. 8

t °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
26	1.049	0.052	1.055	1.059	1.062	1.065	1.068	1.071	1.074	1.077
27	1.080	1.083	1.087	1.090	1.093	1.096	1.099	1.102	1.105	1.108
28	1.111	1.115	1.118	1.121	1.124	1.127	1.130	1.133	1.136	1.139
29	1.143	1.146	1.149	1.151	1.154	1.158	1.161	1.165	1.167	1.171
30	1.174	1.177	1.180	1.183	1.186	1.189	1.192	1.195	1.198	1.201
31	1.205	1.208	1.211	1.214	1.217	1.220	1.223	1.227	1.230	1.233
32	1.236	1.239	1.242	1.245	1.248	1.251	1.255	1.258	1.261	1.264
33	1.267	1.270	1.273	1.276	1.279	1.283	1.286	1.289	1.292	1.295

CULTIVOS	Kg	PERIODO VEGETATIVO meses	COEFICIENTE DE DESARROLLO										Kc	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aguacate	0.50 0.55	Perenne	0.250	0.425	0.575	0.700	0.775	0.800	0.800	0.700	0.637	0.550	0.425	0.350
Alfalfa	0.80 0.85	Perenne	0.640	0.740	0.880	1.000	0.100	1.140	1.120	1.080	1.000	0.900	0.780	0.660
Algodón	0.60 a	6	0.243	0.405	0.832	1.0125	0.877	0.607						
	0.65	7	0.225	0.351	0.630	0.945	1.000	0.832	0.630					
Calabaza														
Sandia		4	0.520	0.730	0.780	0.720								
Melón	0.60	5	0.505	0.643	0.805	0.778	0.710							
Pepino		6	0.488	0.600	0.770	0.805	0.755	0.700						
Lenteja Ejote	0.60													
Frijol Garbanzo	a	3	0.675	1.125	0.855									
Berenjena ajonjolí	0.70	4	0.630	1.012	1.102	0.787								
Chayote Chile														
Haba mostaza														
Huertos Cítricos	0.50 0.55	Perenne	0.623	0.650	0.674	0.694	0.714	0.714	0.714	0.706	0.694	0.674	0.654	0.643
Huertos de Plantas Caducas (cubierto)	0.6 0.7	Perenne	0.635	0.754	0.873	0.992	1.091	1.181	1.111	1.055	1.00	0.893	0.774	0.635
Huertos de Ptas. Ca ducas (sin cubierto)	0.60 0.70	Perenne	0.166	0.250	0.397	0.635	0.893	0.964	0.952	0.821	0.516	0.297	0.199	0.159
Cacahuete	0.60 0.65													
Maíz (Grano)	a	5	0.560	0.850	0.965	0.915	0.725							
		3	0.540	1.050	0.980									
		4	0.500	0.828	1.030	0.942								
		5	0.490	0.730	1.050	1.050	0.942							
		6	0.460	0.630	0.943	1.080	1.040	0.920						
		7	0.480	0.580	0.800	1.050	1.070	1.020	0.915					
		8	0.462	0.580	0.740	0.970	1.080	1.060	1.000	0.912				

CULTIVOS	Kg	PERIODO VEGETATIVO meses	COEFICIENTE DE DESARROLLO										Kc		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Maíz (Ensilado)	0.60	4	0.495	0.740	1.050	1.020									
		5	0.480	0.845	0.958	1.060	1.020								
	0.70	6	0.480	0.580	0.835	1.050	1.050	1.000							
		7	0.470	0.560	0.700	0.940	1.050	1.050	1.000						
Nogal	0.7	Perenne	0.780	0.140	0.240	0.457	0.750	0.938	0.982	0.864	0.672	0.456	0.288	0.072	
Papa	0.65	3	0.480	1.178	1.378										
		4	0.425	0.940	1.340	1.340									
	0.75	5	0.400	0.740	1.180	1.380	1.310								
Pastos	0.75	Perenne	0.500	0.616	0.750	0.870	0.924	0.930	0.950	0.950	0.870	0.800	0.670	0.520	
Remolacha	0.65	3	0.580	1.100	1.200										
		4	0.530	0.900	1.220	1.150									
		5	0.505	0.800	1.111	1.245	1.132								
	0.75	6	0.500	0.705	0.980	1.200	1.244	1.120							
		7	0.495	0.650	0.898	1.100	1.220	1.220	1.118						
		8	0.485	0.600	0.800	1.000	1.170	1.240	1.200	1.111					
Ajonjolí Sorgo de Grano	0.70	4	0.426	0.970	0.960	0.665									
	0.80	5	0.400	0.825	1.070	0.880	0.640								
Tomate	0.70	4	0.457	0.700	1.020	0.635									
		5	0.460	0.570	0.950	0.987	0.800								
49															

CULTIVOS	Kg	PERIODO VEGETATIVO meses	COEFICIENTE DE DESARROLLO										Kc					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Trigo	0.75	4	0.400	1.200	1.630	1.030												
Cebada	a	5	0.370	0.914	1.512	1.572	0.943											
Avena	0.85	6	0.340	0.743	1.314	1.600	1.457	0.885										
Trigo de Invierno	0.75	4	1.168	1.514	1.428	1.000												
		5	1.043	1.514	1.485	1.374	0.942											
	0.85	6	0.950	1.514	1.510	1.457	1.330	1.070										
		7	0.857	1.486	1.497	1.485	1.400	1.263	0.772									
Vid	0.50 0.60	Perenne	0.200	0.230	0.325	0.500	0.725	0.817	0.825	0.775	0.674	0.500	0.350	0.250				
Verduras pequeñas	0.60	2	0.900	1.010														
Verdolaga Romeritos		3	0.776	1.080	0.920													
Coi Zanahoria		4	0.710	1.020	0.870													
Apio Berro Nabo		5	0.670	0.960	1.080	1.060	0.930											
Escarola lechuga																		
Espinaca Rábano																		
Acelga Camote																		
Chinchavote perejil																		

# CUADRO N° 10 PARA CALCULAR EL USO CONSUNTIVO SEGUN BLANNEY Y CRIDDLE MODIFICADO POR PHELAN

PROYECTO DE RIEGO POR MICRO ASPERSION CULTIVO LIMOS

NOMBRE DEL PASANTE SERGIO C CHACON GUERRA NOMBRE DEL RANCHO LA ARBOLEDA

UBICACION MUNICIPIO DE ATOTONILCO EL ALTO JALISCO, MEXICO ESTACION CLIMATOLOGICA DE ATOTONILCO EL ALTO JAL, MEX.

CICLO VEGETATIVO PERENE LATITUD 26° 33" N. LONGITUD 102° 37" W. ALTITUD 1,570 MSNM

MES	T° C	P %	T + 17.8 21.8	3 x 4 (1)	K <sub>T</sub>	5 x 6	K <sub>c</sub>	UC en cm. 7 x 8	FACTOR DE CORREC. C.	UCm O X 9 cm.	UC d en mm.	FORMULAS
ENE	15.8	7.40	1.541	11.403	0.731	8.335	0.623	5.192	0.958	4.973	1.604	$UC_m = (K_T K_c) C$
FEB	17.6	7.07	1.624	11.481	0.787	9.035	0.650	5.872	0.958	5.625	1.875	
MAR	19.5	8.39	1.711	14.355	0.847	12.158	0.674	8.194	0.958	7.849	2.531	$f = P \frac{T + 17.8}{21.8}$
ABR	22.2	8.68	1.835	15.927	0.931	14.828	0.694	10.290	0.958	9.857	3.265	
MAY	23.1	9.46	1.876	17.745	0.959	17.018	0.714	12.150	0.958	11.639	3.754	$K'_G = \frac{UC}{F} = 0.6$
JUN	23.7	9.38	1.904	17.859	0.977	17.443	0.714	12.457	0.958	11.933	3.977	
JUL	21.9	9.58	1.821	17.445	0.921	16.066	0.714	11.471	0.958	10.989	3.544	$F = \frac{n}{i} t$
AGO	21.4	9.16	1.798	16.469	0.906	14.520	0.706	10.533	0.958	10.090	3.254	
SEP	21.1	8.32	1.784	14.842	0.896	13.298	0.694	9.228	0.958	8.840	2.946	$C = \frac{K_G}{K'_G}$
OCT	19.7	8.02	1.720	13.794	0.853	11.727	0.674	7.903	0.958	7.571	2.442	
NOV	17.6	7.22	1.624	11.725	0.787	9.227	0.654	6.034	0.958	5.750	1.926	desarrollo en C $\frac{0.575}{0.600} = 0.958$
DIC	16.4	7.27	1.569	11.406	0.750	8.554	0.643	5.500	0.958	5.269	1.699	
TOTAL				174.452				104.884				

CUADRO No. 11  
 SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS  
 DIRECCION DE HIDROLOGIA - DEPARTAMENTO DE CALCULO HIDROMETRICO  
 Y CLIMATOLOGICO.

LATITUD 20° 33'  
 LONGITUD 103° 30'  
 ALTITUD 1606 msnm

PRECIPITACION  
 PLUVIAL  
 EN mm.

CONTROLADO POR SARH  
 ESTACION ATOTONILCO  
 ESTADO DE JALISCO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	0.1	25.0	Inap	Inap	4.1	101.7	239.5	291.5	61.0	Inap	Inap	32.9	755.8
1980	88.2	14.3	0.0	0.2	19.4	93.6	220.6	314.2	178.1	48.8	37.5	2.6	1,017.5
1981	45.9	2.8	7.1	9.4	8.3	214.6	266.1	137.8	100.9	99.5	0.0	7.9	898.3
1982	0.0	Inap	0.0	0.8	53.0	23.6	205.5	181.1	37.8	40.4	24.5	14.0	582.7
1983	28.2	Inap	Inap	0.0	29.5	149.5	317.6	391.5	319.1	116.6	108.0	Inap	1,460.0
Suma	162.4	42.1	7.1	10.4	114.3	585.0	1,249.3	1,316.1	696.9	305.3	170.0	57.4	4,714.3
X	32.5	8.4	1.4	2.1	22.9	117.0	249.9	263.2	139.4	61.1	34.0	11.5	942.9

CUADRO No. 12  
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA  
OFICINA DE CLIMATOLOGIA

CONTROLADA POR SARH  
ESTACION ATOTONILCO  
ESTADO DE JALISCO

LATITUD 20° 33'  
LONGITUD 103° 30'  
ALTITUD 1606° msnm

TEMPERATURA  
MEDIA EN oC

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	16.4	17.4	19.7	21.9	23.2	23.6	22.7	21.4	20.7	20.5	18.0	17.0	— 20.2
1980	15.9	17.4	20.3	21.6	24.0	24.5	22.8	21.9	21.1	20.2	17.9	17.3	— 20.4
1981	14.8	18.0	19.1	22.0	22.9	23.4	21.9	22.6	21.5	21.5	18.9	17.0	— 20.3
1982	17.6	18.3	20.4	23.5	23.5	25.0	21.2	20.2	20.9	19.9	17.0	15.6	— 20.3
1983	14.2	16.8	17.8	21.8	22.1	21.9	20.8	20.9	21.1	16.6	16.0	15.1	— 18.8
SUMA	78.9	87.9	97.3	110.8	115.7	118.4	109.4	107.0	105.3	98.7	87.8	82.0	— 1,000.0
X	15.8	17.6	19.5	22.2	23.1	23.7	21.9	21.4	21.1	19.7	17.6	16.4	— 20.0



CUADRO No.13  
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y  
RECURSOS HIDRAULICOS      DEPARTAMENTO DE HIDROMETRIA

OFICINA DE CLIMATOLOGIA

LATITUD 20° 33'  
LONGITUD 103° 30'  
ALTITUD 1606° msnm

EVAPORACION  
EN mm.

CONTROLADO POR SARH  
ESTACION ATOTONILCO  
ESTADO DE JALISCO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1979	143.1	146.9	257.0	298.9	318.0	285.7	205.1	193.6	175.9	250.2	179.0	151.5	2,604.9
1980	165.9	174.4	273.2	270.4	309.9	240.1	212.5	193.3	148.8	164.6	153.9	151.0	2,458.0
1981	153.0	157.0	183.7	201.5	244.2	210.5	177.2	172.1	187.0	169.1	188.3	130.0	2,173.6
1982	161.3	169.3	215.4	238.9	222.1	235.7	174.9	153.6	167.1	179.4	181.0	153.1	2,251.8
1983	159.8	161.6	202.3	228.4	229.1	186.8	177.5	97.5	157.9	167.6	166.6	155.5	2,090.6
SUMA	783.1	809.2	1,131.6	1,238.1	1,323.3	1,158.8	947.2	810.1	836.7	930.9	868.8	741.1	11,578.9
X	156.6	161.8	226.3	247.6	264.7	231.8	189.4	162.0	167.3	186.2	173.8	148.2	2,315.8

### 7.3 CALCULO DE LA LAMINA NETA DE RIEGO (18).

Tabla No. 1. Cálculo de la lámina de riego en función de la precipitación pluvial.

(1) MES	(2) $E$ (mm)	(3) $E$ (mm)	(4) $P_e$ (mm)	(5) $P_a$ (mm)	(6) $U_c$ (mm)	(7) $L$ (mm)
ENERO	155.60	40.90	45.90	34.42	49.73	15.31
FEBRERO	161.80	41.91	2.80	2.10	56.25	56.25
MARZO	226.30	53.91	7.10	5.32	73.49	73.49
ABRIL	247.60	57.67	9.40	7.05	98.57	98.57
MAYO	254.70	60.63	8.30	6.22	116.39	116.39
JUNIO	231.80	54.89	214.60	181.20	119.33	-61.87
JULIO	189.40	47.25	266.10	199.57	109.89	-89.68
AGOSTO	162.00	41.95	137.80	103.35	100.00	- 2.45
SEPTIEMBRE	167.30	42.98	100.90	75.67	88.40	12.73
OCTUBRE	186.20	46.57	99.50	74.62	75.71	1.09
NOVIEMBRE	173.80	44.23	0.00	0.00	57.80	57.80
DICIEMBRE	148.20	39.24	7.90	5.92	52.69	52.69

## DESCRIPCION DE LA TABLA No. 1.

En la columna 1 se escriben los meses del ciclo vegetativo del cultivo, el Limo se considera perene, por lo que se anota todos los meses del año.

En la columna 2 se anota la evaporación media mensual del período de observación obtenida del Cuadro 13, (evaporación).

En la columna 3 los valores que se obtengan de la función  $0.9 E - 0.75$  siendo E la evaporación media mensual.

En la columna 4 los valores de Pe (precipitación efectiva) considerando un 80% de frecuencia y un 75% de efectividad, Cuadro 11, (precipitación).

En la columna 5 Pa (precipitación aprovechable). Es la cantidad de lluvia que puede utilizar el cultivo, solamente tiene un valor representativo si Pe es mayor que  $0.9 E - 0.75$ .

En la columna 6 el uso consuntivo.

En la columna 7 L (lámina de agua que se debe proporcionar con riego).

A continuación se desarrolla paso por paso la secuela de cálculo, para el mes de mayo que fué el que obtuvo el valor de lámina de riego

más alto en éste proyecto específico (116.39 mm.), para el cálculo en los meses restantes es similar.

Del Cuadro 13, (evaporación), se sumaron el total de las observaciones (1979 - 1983), dando 264.70 mm. (columna 2) de evaporación - media mensual en mayo, éste valor multiplicado por 0.9 y elevado a la 0.75 resulta 60.63 mm. (columna 3).

Del Cuadro 11, (precipitación) no debe tomarse un promedio, ya que es un fenómeno difícil de predecir, existiendo años de buena precipitación y otros que no, por lo que se recomienda tomar un 80% de seguridad de que va a llover, por lo menos la cantidad de agua que se encuentra con esta frecuencia y se calculó en la forma siguiente: Sabemos que son 5 años los observados que multiplicados por 0.80 resulta 4<sup>o</sup> año, se numeran los datos del Cuadro 11, según el valor del mayor al menor y se encuentra que el que ocupa el 4<sup>o</sup> año, es 1981, para mayo con 8.30 mm. No toda el agua que llueve la aprovecha la planta considerándose solo el 75% (coeficiente de efectividad), por lo tanto se tiene que la precipitación aprovechable para el mes que se está analizando es  $8.3 \text{ mm.} \times 0.75 \text{ mm.} = 6.22 \text{ mm.}$  (columna 5). Este último valor puede no utilizarse por ser tan insignificante y además por tener en éste período evaporaciones altas, únicamente se tomará en cuenta si la precipitación efectiva es mayor al valor  $0.9 E^{0.75}$ , en -

éste caso no se utiliza siendo de 0.0 mm., la precipitación aprovechable (columna 5). Debido a que no tenemos precipitación aprovechable, la lámina de agua que se debe aplicar es la misma que la del UC --- (116.39 mm.), (Columna 7).

#### 7.4 METODO DE APLICACION DE LOS REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL CULTIVO.

Si idealmente la micro-irrigación involucra pérdidas despreciables por evaporación y percolación profunda, resulta innecesario proveer cantidades de agua en exceso de la calculada para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas.

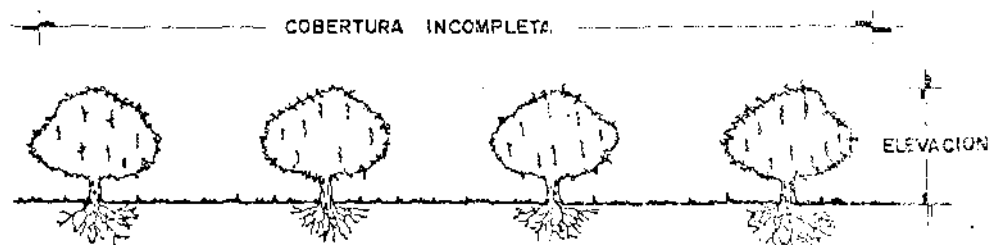
(26) et al. Se han comparado varias alternativas para estimar ET para cultivos irrigados por goteo con datos obtenidos en un huerto de árboles jóvenes de durazno localizados en una región semi-desértica. Los mejores resultados fueron obtenidos cuando se estimaba ET mediante alguno de los métodos convencionales y se multiplicaba simplemente por la fracción del área sembrada.

En nuestro caso utilizamos el área de influencia por planta dividida en cuatro partes ó áreas equivalentes para cada etapa de desarrollo del cultivo, multiplicadas cada una por la lámina neta de riego, para la determinación de los requerimientos hídricos por planta por día, (cuadro No. 14).

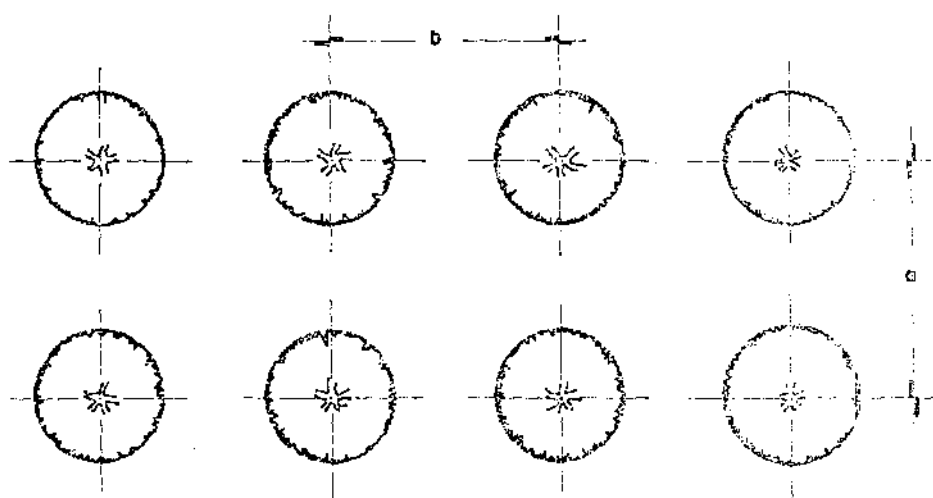
(14 y 15) Puesto que en la práctica, el porcentaje de área sombreada dentro de un huerto no llega a ser igual a 100 por cuestiones de cultivo, luz, aireación, etc. éste concepto práctico se maneja con el fin de contar con un factor de seguridad razonable, en cuanto al volumen de agua por aplicar se refiere ya que puede haber variaciones debidas a labores de cultivo, cambios climatológicos y/o estacionales que se reflejan en una variación de ET en función al desarrollo foliar así como al hecho de que las áreas sombreadas horizontalmente pueden variar sustancialmente y no contabilizan completamente las variaciones en las superficies de transpiración de las hojas en árboles jóvenes principalmente.

(24) et al En la definición de evapotranspiración, "Superficie extensa" implica que debe eliminarse toda fuente de energía que no sea la proveniente del sol. En efecto, es bien conocido que si se mueve hacia la superficie evapotranspirante, aire más caliente, y más seco que del que se encuentra sobre la misma, ésta dispone de energía adicional (calor latente), que inducirá un aumento en la disipación del vapor.

En consecuencia, si se quiere eliminar éste factor variable, deberán colocarse cortinas, rompavientos en las zonas de entrada del viento predominante y mantener una zona amortiguadora bien regada en torno al cultivo. Conviene mencionar que en regiones áridas, la zona amortiguadora regada debe ser de extensión considerable, (100 a 300 m<sup>2</sup>).



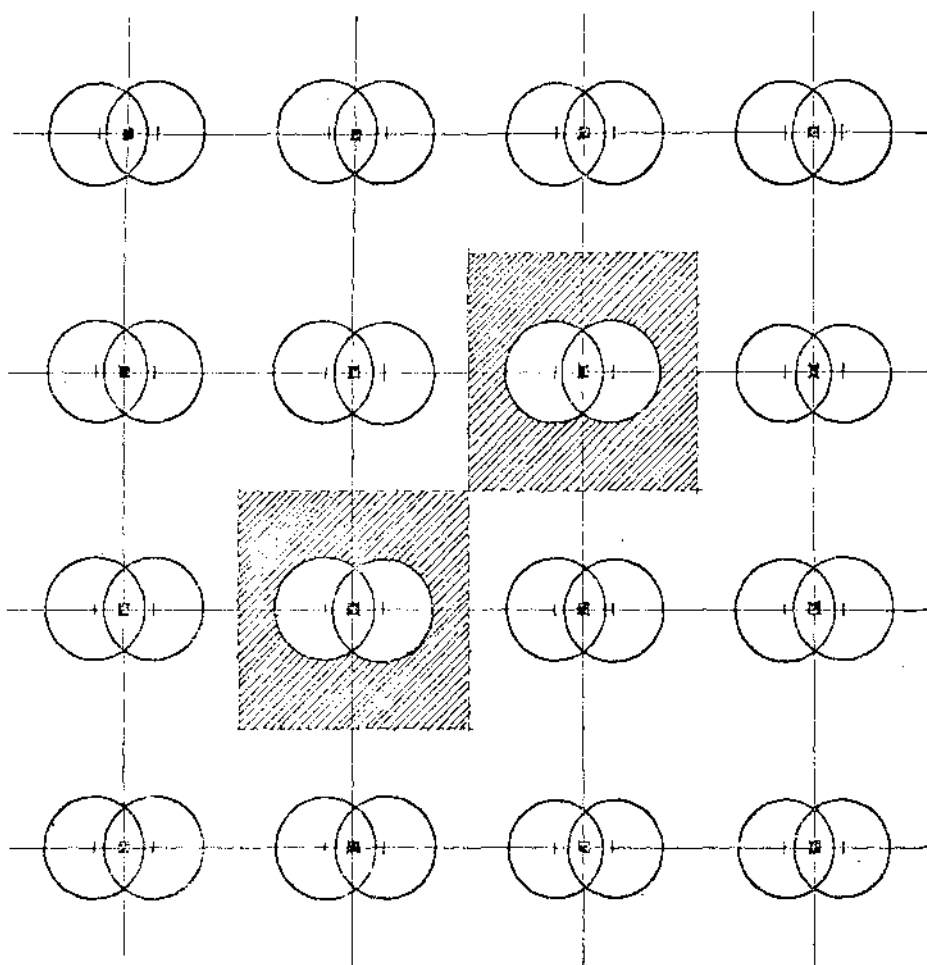
**PERFIL**



**PLANTA**

- a.) EJE ENTRE HILERAS . ( DISTANCIA 8.00 m. )
- b.) EJE ENTRE PLANTAS . ( DISTANCIA 3.00 m. )

FIG. 9. COBERTURA DEL CULTIVO RESPECTO AL AREA DE INFLUENCIA POR PLANTA . ( 25% APROXIMADAMENTE ).



- AREA HUMEDECIDA
- ARBOL
- +— EMISOR
- ▨ AREA DE INFLUENCIA POR ARBOL

FIG.10. VISTA DE PLANTA DE UNA SECCIÓN DE LA HUERTA DONDE SE MUESTRA EL TRAZO DE LA MISMA Y LA UBICACION DE LOS EMISORES.



## 7.5 INTERVALO DE RIEGO.

El tiempo entre riegos sucesivos para una sub-unidad dada es usualmente determinado en base de la deflección permitida de la humedad del suelo. En los sistemas de riego por superficie, un 50 a 70 por ciento de deflección en la humedad del suelo es usado. Debido al alto control que se tiene sobre la distribución del agua en los sistemas de micro-irrigación, el porcentaje de la deflección de la humedad puede reducirse entre 10 a un 30%. (10). Se han realizado trabajos de investigación para determinar el óptimo intervalo de riego para los sistemas de micro-irrigación en base a las propiedades hidráulicas de los suelos y al balance de energía en la interface suelo-atmosfera en función al clima. (Tabla No. 2).

Intervalos cortos son necesarios donde las tasas de evapotranspiración son altas, los suelos tienen poca capacidad para retener agua, el agua es salina ó las plantas tienen un sistema radicular poco profundo, intervalos más largos son permisibles donde las tasas de evapotranspiración son bajas, el suelo tiene una buena capacidad para retener el agua es de buena calidad ó las plantas tienen un sistema radicular profundo. }

Tabla No. 2. INTERVALOS DE RIEGO SUGERIDOS POR JOELING  
( 1974 ), PARA LOS SISTEMAS DE MICRO-IRRIGACION.

Clima	Textura gruesa poca capacidad para retener agua.	Arena Fina	Textura de Migajón y Arcilla.
Cálido y seco, alta evapotranspiración.	Riegos frecuentes durante el día ó una vez al día durante las horas más calidas.	1 día de intervalo ó 2 días donde el suelo contenga algo de limo ó arcilla.	De 2 ó 3 días de intervalo en suelos pesados con mala aereación.
Moderado Otoño y Primavera.	Riegos frecuentes durante el día o una vez al día durante las horas más cálidas.	De 2 a 3 días de intervalo.	De 3 a 4 días de intervalo.
Frío, baja evapotranspiración.	Riegos frecuentes durante el día o una vez al día durante las horas más cálidas.	De 3 a 4 días de intervalo ( 2 veces por semana ).	De 6 a 8 días de intervalo ( 1 vez por semana ).

En base a los resultados obtenidos del análisis de suelos realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la SARH (Anexo No. 2 ), contamos con los siguientes datos:

DATOS:

TEXTURA	Arcilloso
Densidad aparente (Da)	1.49 gr/cc.
Capacidad de campo (cc)	45.04 %
Punto de marchitez permanente (PMP)	24.08 %

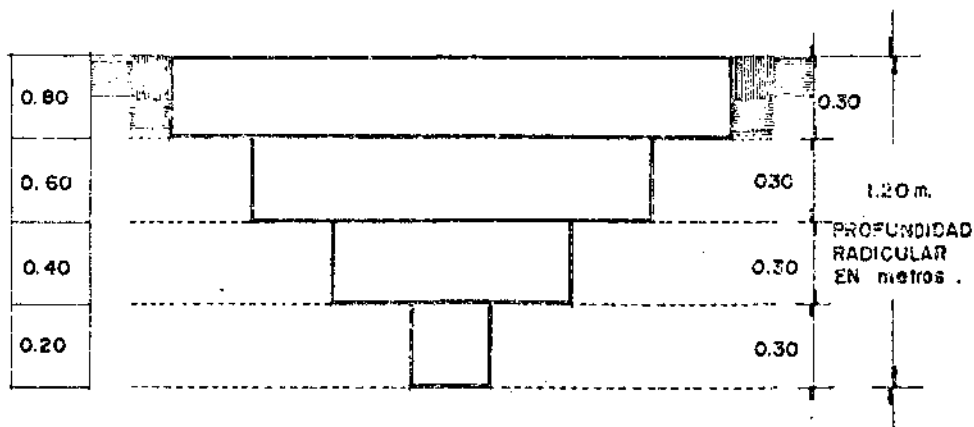
Así mismo, se procedió a calcular la lámina de riego que pueda almacenar éste suelo a una profundidad de 0.30 m.

7.6 CAPACIDAD DE ALMACENAJE DE HUMEDAD DEL SUELO

$$LR = c(cc - PMP) (Da) (PR)$$

En donde:

LR	=	Lámina de riego por aplicación en cm.
c	=	Coefficiente de efectividad para cada uno de los estratos, adimensional.
cc	=	Capacidad de campo en %
PMP	=	Punto de marchitamiento permanente en %



COEFICIENTE " C " DE EFECTIVIDAD .

FIG.II. COEFICIENTE " C " DE EFECTIVIDAD O FACTOR DE ABATIMIENTO PERMISIBLE DE HUMEDAD PARA CADA UNO DE LOS ESTRATOS EN EL CULTIVO DE LIMOS. ( TOMADO DEL MANUAL DE SUELOS AGRIC. PAG. 156. E. TORRES RUIZ. 1981. ).

Da	=	Densidad aparente en %
PR	=	Profundidad radicular en cm.

Sustituyendo valores tenemos:

LR	=	0.8 (45.04 - 24.08) (1.49) (0.30)
LR	=	(0.8) (20.96) (0.447)
LR	=	7.49 cm.

Esto quiere decir que en el espesor de control de humedad (0.30 m.), podemos almacenar 7.49 cm. de agua sin llegar al punto de saturación.

(20) La clase del sistema de raíces de la planta es hereditario. Cada especie tiene sus propias características y hábitos de desarrollo. Para la mayoría de las plantas, la concentración de raíces absorbentes es mayor en la parte superior de la zona radicular (por lo general a unos 30 centímetros de la superficie, donde la actividad biológica es intensa), y cerca de la base de la planta. El grado de extracción es más rápida en la zona de mayor concentración de la raíz y bajo condiciones favorables de temperaturas y aireación. Teniendo en cuenta que el agua también se evapora desde los primeros centímetros superiores del terreno, la humedad en dicha zona se agota

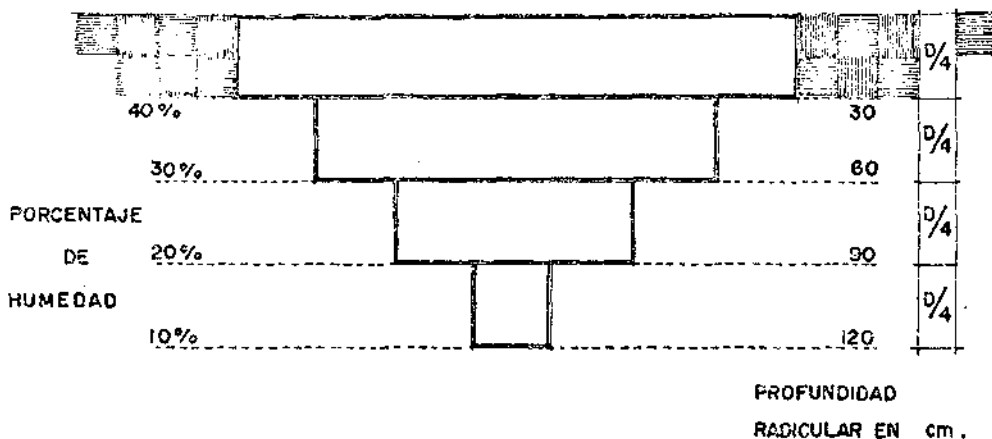


FIG. 12. MODELO DE EXTRACCION DE HUMEDAD, BASADO EN LA PROFUNDIDAD RADICULAR DE PLANTAS QUE CRECEN EN TERRENOS SIN CAPAS RESTRICATIVAS Y CON SUMINISTRO ADECUADO DE HUMEDAD EN TODA LA ZONA DE LA RAIZ. ( TOMADO DEL MANUAL DE INGENIERIA DE SUELOS " RELACION ENTRE SUELO — PLANTA — AGUA " DEL SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA , PP. 53 1972 .

nápidamente. Al disminuir la humedad, la tensión aumenta, de manera que la planta obtiene humedad de las capas inferiores.

En suelos uniformes, con suficiente suministro de humedad, las plantas consumen el agua con rapidéz en la parte superior de la raíz y más lentamente en la parte inferior de la misma. Las curvas de extracción básica señalan que casi todas las plantas que crecen en un suelo uniforme con suficiente dotación de humedad aprovechable tienen patrones de extracción similares. En la Fig. No. 12, se ilustra el tipo común de extracción en el que, aproximadamente, el 40% de la humedad extraída proviene de la cuarta parte superior de la zona de la raíz, el 30% del segundo cuarto, el 20% del tercer cuarto y el 10% del cuarto inferior. La tabulación referente a cultivos individuales se mantiene dentro de una escala de  $\pm$  10 por ciento.

#### 7.7 CALCULO DEL VOLUMEN DE AGUA POR APLICAR.

La tasa de aplicación por unidad de área es obtenida multiplicando los requerimientos de agua en una base de flujo contínuo por los días de interválo. De tal forma tenemos que:

##### DATOS

Marco de Plantación:

Marco Real 8m. x 6 m.

Area de influencia por árbol:

64 M<sup>2</sup>

Lámina de agua a irrigar para cada uno de los meses en mm.:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
15.31	56.25	78.49	98.57	116.39	-	-	-	12.73
OCT	NOV	DIC						
1.09	57.80	52.69						

$$LT/DIA/PTA = (AREA/PTA/ (UC_d))$$

$$LT/Ciclo/PTA = (LT/DIA/PTA) (Ciclo)$$

DONDE:

$$Area/Pta. = \text{Area de influencia por planta en } M^2$$

$$UC_d = \text{Uso consuntivo diario en mm.}$$

$$Lt/Día/Pta. = \text{Litros por día por planta en L.}$$

$$Lt/Ciclo/Pta. = \text{Litros por ciclo por planta en L.}$$

$$Ciclo = \text{Ciclo de riego en días.}$$

ENERO:

$$(64) (0.49) = 31.60 \text{ Lt/Día/Pta.}$$

$$(31.60) (4) = 126.43 \text{ Lt/Ciclo/Pta.}$$

FEBRERO:

$$(64) (1.87) = 120.00 \text{ Lt/Día/Pta.}$$



(120.00) (4) = 480.00 Lt/ciclo/Pta.

MARZO:

(64) (2.53) = 162.04 Lt/Día/Pta.

(162.04) (4) = 648.17 Lt/Ciclo/Pta.

ABRIL:

(64) (3.28) = 210.28 Lt/Día/Pta.

(210.28) (4) = 841.13 Lt/ciclo/Pta.

MAYO:

(64) (3.75) = 240.28 Lt/Día/Pta.

(240.28) (4) = 961.15 Lt/ciclo/Pta.

JUNIO, JULIO Y AGOSTO:

No es necesario el riego, yá que la lluvia aprovechable excede las necesidades hídricas del cultivo, (Ver tabla No. 1 ).

SEPTIEMBRE:

(64) (0.42) = 27.15 Lt/Día/Pta.

(27.15) (4) = 108.62 Lt/ciclo/Pta.

OCTUBRE:

(64) (0.03) = 2.25 Lt/Día/Pta.

(2.25) (4) = 9.00 Lt/ciclo/Pta.

#### NOVIEMBRE:

$$(64) (1.92) = 123.30 \text{ Lt/Día/Pta.}$$

$$(123.30) (4) = 493.22 \text{ Lt/ciclo/Pta.}$$

#### DICIEMBRE:

$$(64) (1.69) = 108.77 \text{ Lt/Día/Pta.}$$

$$(108.77) (4) = 435.11 \text{ Lt/ciclo/Pta.}$$

### 7.8 SELECCION DEL EMISOR

Se midió el diametro de follaje de 10 árboles adultos y se obtuvo un resultado promedio de 4.5 m., de longitud. De tal forma se recomienda humedecer de un 20 a un 30% del área de influencia del árbol ( $64\text{m}^2$ ), que en éste caso particular sería de 12.8 a  $19.2 \text{ M}^2$ . Ahora bien, de las tablas de especificaciones del fabricante, se eligió un emisor con una precipitación menor que la velocidad de infiltración del suelo para evitar encharcamientos (en éste caso  $20\text{mm/hr.}$ ) y que nos dé un tiempo de riego por circuito que multiplicado por el número total de circuitos a irrigar, resulte un tiempo menor al calculado para el ciclo de riego, para contar así con un margen de tiempo para proporcionar láminas de sobre-riego, si así se requiere.

EMISOR SELECCIONADO:

BASE	NEGRA (0.762 mm. Ø)
AREA DE ROCIADO	300°
PRESION	1.75 Kg/Cm <sup>2</sup>
GASTO	25 L.p.H.
DIAMETRO DE COBERTURA	3.38 M.

AREA CUBIERTA POR EMISOR:

$$\begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ A &= (3.1415) (1.69)^2 \\ A &= 6.972 \text{ M}^2 \end{aligned}$$

Se colocaron dos emisores por árbol cada uno a un metro de distancia del tronco y en posición opuesta (Fig. No. 1 ).

Considerando lo anterior el área total humedecida será:

$$A \text{ Hum} = (3.38) (2) = 6.76 \text{ m.}$$

DONDE:

$$\begin{aligned} 6.76 &= 100\% \\ \frac{4.76}{X} &= \frac{X}{70.414\%} \\ 100 &= 70.414 = 29.585\% \end{aligned}$$

Area cubierta por dos micro-jets:

$$A/2mj = (8.972) (2) = 17.944 \text{ M}^2$$

$$\begin{array}{r} 17.944 - 100 \% \\ \times \quad \quad 29.585 \\ \hline \times = 5.308 \text{ M}^2 \end{array}$$

$$A_{\text{Hum}} = 17.944 - 5.308 = 12.636 \text{ M}^2$$

$$A_{\text{Hum}} = 12.636 \text{ M}^2$$

Y el % respecto al área de influencia del árbol sería:

$$\begin{array}{r} 64 - 100 \% \\ \frac{12.636 - \times}{\times} = 19.743 \% \end{array}$$

La precipitación horaria queda así:

$$\text{Ppt'n} = \frac{Q}{A}$$

DONDE:

Ppt'n = Precipitación horaria en mm/hr.

Q = Gasto del emisor en Lt/hr.

A = Area a humedecer en M<sup>2</sup>

SUSTITUYENDO:

$$\text{Ppt'n} = \frac{(25.00) (2)}{12.636} = 3.956 \text{ mm/Hr.}$$

### Velocidad de infiltración básica del suelo:

Los resultantes de las pruebas realizadas con el cilindro infiltrómetro y directamente en el suelo de la huerta reportan una velocidad de infiltración de 20mm/Hr.

Las lecturas fueron las siguientes:

LECTURA No.	NIVEL (cm.)	TIEMPO (Hr.)
1	19.50	0. - 0
2	21.50	1.0

Generalmente, la tasa de aplicación del agua en un sistema de micro-irrigación es bastante más baja que la tasa de infiltración básica del común de los suelos agrícolas. De lo anterior se concluye que las tasas de aplicación de agua mediante éste método no implican restricciones en el diseño del sistema, por lo cuál éste aspecto no necesita discusión alguna.

### 7.9 TIEMPO DE RIEGO POR OPERACION

$$TR/OP = Lt/Ciclo/PTA \div (Qe) (Ne)$$

Donde;

TR/OP	=	Tiempo de riego por operación: en Hr.
Lt/Ciclo/Pta.	=	Litros de agua por ciclo por planta en Lt.
Qe	=	Gasto del emisor en Lt/Hr.
Ne	=	Número de emisores

Sustituyendo:

ENERO

$$126.430 \div (25) (2) = 2.528 \text{ Hr.}$$

FEBRERO

$$480.000 \div (25) (2) = 9.600 \text{ Hr.}$$

MARZO

$$648.175 \div (25) (2) = 12.963 \text{ Hr.}$$

ABRIL

$$841.130 \div (25) (2) = 16.822 \text{ Hr.}$$

MAYO

$$961.156 \div (25) (2) = 19.223 \text{ Hr.}$$

SEPTIEMBRE

$$108.629 \div (25) (2) = 2.172 \text{ Hr.}$$

OCTUBRE

$$9.001 \div (25) (2) = 0.180 \text{ Hr.}$$

NOVIEMBRE

$$493.226 \div (25) (2) = 9.864 \text{ Hr.}$$

DICIEMBRE

$$435.117 \div (25) (2) = 8.702 \text{ Hr.}$$

(16) Los tiempos de riego calculados en ésta forma, permiten aplicar al cultivo la cantidad de agua para sus máximas demandas, o sea cuando está en pleno desarrollo; ésta condición la adquiere el limo a los cuatro años, por lo que para ajustar el abastecimiento de agua al desarrollo de las plantas, se debe aplicar durante el primer año 1/4 del requerimiento total calculado; durante el segundo año 2/4 de éste; durante el tercer año 3/4 partes y a partir del cuarto año el 100%, lo cuál se logra modificando en la misma forma los tiempos de riego. (Cuadro No.14).

Cabe hacer notar que éste calendario ó cualquier otro que se calcule es aproximado y está sujeto a las condiciones climatológicas del lugar en cuestión.

CUADRO No. 14. TIEMPOS Y VOLUMENES DE IRRIGACIÓN POR CIRCUITO, DE ACUERDO A LAS CUATRO ETAPAS DE DESARROLLO FISIOLÓGICO DEL ÁRBOL EN FUNCIÓN AL CICLO DE RIEGO ESTABLECIDO DE 4 DÍAS.

M E S	TIEMPOS DE RIEGO (EN HR) PARA CADA ETAPA DE EDAD DEL ÁRBOL.				VOLUMEN DE RIEGO (EN LT) PARA CADA ETAPA DE EDAD DEL ÁRBOL.			
	1o. Año 25%	2o. Año 50%	3o. Año 75%	4o. Año 100%	1o. Año 25%	2o. Año 50%	3o. Año 75%	4o. Año 100%
ENERO	0.632	1.264	1.896	2.528	31.607	63.215	94.822	126.430
FEBRERO	2.400	4.800	7.200	9.600	120.000	240.000	360.000	480.000
MARZO	3.240	6.481	9.721	12.963	162.043	324.087	486.130	648.175
ABRIL	4.205	8.411	12.616	16.822	210.282	420.565	630.847	841.130
MAYO	4.805	9.611	14.416	19.223	240.289	480.578	720.867	961.156
JUNIO	-	-	-	-	-	-	-	-
JULIO	-	-	-	-	-	-	-	-
AGOSTO	-	-	-	-	-	-	-	-
SEPTIEMBRE	0.543	1.086	1.629	2.172	27.157	54.314	81.471	108.629
OCTUBRE	0.045	0.090	0.135	0.135	2.250	4.500	6.750	9.001
NOVIEMBRE	2.466	4.932	7.398	9.864	123.306	246.613	369.919	493.226
DICIEMBRE	2.175	4.351	6.526	8.702	108.779	217.558	326.337	435.117



CUADRO No.15.TIEMPOS EFECTIVOS DE IRRIGACION -  
DEL TOTAL DE CIRCUITOS (3 CIRCUITOS) POR CICLO.

M E S	TIEMPO EFECTIVO DE RIEGO ( EN HR. ) PARA CADA ETAPA DE EDAD FISIOLÓGICA DEL ÁRBOL.			
	1o.Año 25%	2o.Año 50%	3o.Año 75%	4o.Año 100%
ENERO	1.896	3.792	5.688	7.584
FEBRERO	7.200	14.400	21.600	28.800
MARZO	9.722	19.444	29.166	38.868
ABRIL	12.616	25.233	37.849	50.466
MAYO	14.417	28.834	43.215	57.669
JUNIO	-	-	-	-
JULIO	-	-	-	-
AGOSTO	-	-	-	-
SEPTIEMBRE	1.629	3.258	4.887	6.516
OCTUBRE	0.135	0.270	0.405	0.540
NOVIEMBRE	7.380	14.760	22.140	29.520
DICIEMBRE	6.526	13.053	19.579	26.106

Analizando el cuadro No.15, veremos que, el tiempo de riego - efectivo máximo para los tres circuitos es de 57.669 Hr., Esto es, - con cambios sucesivos de posición de la irrigación. Así tenemos que para regar continuamente se requerirán en días:

$$TR/Efec. = 57.669 \div 24 = 2.402 \text{ Días.}$$

Si se reparte éste tiempo de riego efectivo entre el tiempo del ciclo, tendremos:

$$\text{Ciclo} = (4) (24 \text{ Horas}) = 96 \text{ Hr.}$$

$$TR/Dia/Pos = 57.669 \div 3 \text{ circ.} = 19.223 \text{ Hr.}$$

El tiempo disponible para sobre riego será:

$$T_{sr} = 96 - 57.669 = 38.331 \text{ Hr.}$$

De tal forma, se trabajará durante 19,223 Hr. por día y se conectará al equipo de bombeo un interruptor de corriente de sincronización electrónica adaptado a un medidor volumétrico en la línea de descarga del equipo de bombeo para apagar el motor automáticamente.

#### 7.10 COMPROBACION DEL CALCULO

Para el mes de Enero:

AREA/ARB	=	64 m <sup>2</sup>
UC <sub>d</sub> - Pa	=	0.493 mm.
LT/DIA/ARB	=	31.607 Lt.
Q/M-J	=	25.000 L. P. H.
TR/POS	=	2.528 Hr.
P'pTN	=	3.956 mm/Hr.
No. M-J/ARB	=	2
Ciclo	=	4.000 Días.

St:

$$\begin{aligned} \text{Lam/Ciclo} &= (\text{TR/POS}) (\text{P'PTN}) \\ \text{Lam/Ciclo} &= (2.528) (3.956) \\ \text{Lam/Ciclo} &= 10.003 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Y:

$$\begin{aligned} \text{Lt /Arb /Dia} &= (\text{Area/Arb}) (\text{UC}_d - \text{Pa}) \\ \text{Donde: Area/Arb} &= \text{M}^2 \\ \text{UC}_d - \text{Pa} &= \text{M} \end{aligned}$$

SUSTITUYENDO:

$$\begin{aligned} \text{Lt/Arb/Dia} &= (64) (0.4938709 \times 10^{-3}) = \text{M}^2 \\ \text{Lt/Arb/Dia} &= (0.0316077) (1000) = \text{mm.} \\ \text{Lt/Arb/Dia} &= 31.6077 \\ \text{Lt/Arb/Ciclo} &= (31.6077) (4) = \underline{\underline{126.430}} \end{aligned}$$

El espaciamiento entre emisores, en función al gasto y al diámetro de cobertura según las especificaciones de trabajo del emisor, determinan la precipitación horaria del mismo.

En éste caso los emisores se colocaron a un metro cada uno del tronco del árbol con el fin de cubrir con las recomendaciones de porcentaje de humedecimiento del área de influencia del árbol en base a que la precipitación no es una limitante para éste tipo de sistemas.

Por lo que se tiene una variación en el resultado de la Lám/Ciclo respecto a los Lt/Ciclo.

De tal forma que, para ajustar la precipitación se reduce el área de mojado para que ésta aumente, Ejem.:

$$AH = \frac{64 - 100}{X - 20\%} \\ X = 12.80 \text{ m}^2 \text{ a dos m., entre emisores}$$

$$\frac{12.8 - 20\%}{10.0 - X} \\ X = 15.62\% \text{ a un m. entre emisores}$$

$$P'_{ptn} = \frac{(25) (2)}{10.0} = 5 \text{ mm / Hr.}$$

$$\text{Lám/Ciclo} = (2.528) (5) = 12.64 \text{ mm.}$$

Para nivelar dichos resultados se deberán buscar con otro fabricante las especificaciones adecuadas del emisor en cuanto al gasto y-  
diámetro de cobertura se refiere.

## 7.11 DISEÑO

Para el cálculo de los diámetros de tuberías se han establecido los siguientes criterios: (18) .

- a) La suma de la pérdida de carga por fricción en la línea divisora más la pérdida de carga en la línea regante, más ó menos la diferencia de nivel entre la conexión con la divisora y el final de la regante, no deberá ser mayor del 20% de la presión de operación del emisor.
- b) Reducir las pérdidas por fricción en líneas regantes hasta un 10% de la presión de operación del emisor, con lo que se logra aumentar la eficiencia de aplicación en un 1.2 %.
- c) Las pérdidas por fricción en la línea principal y secundarias estarán sujetas a lo que establece el punto d.
- d) La velocidad de flujo dentro de las tuberías debe ser mayor de 0.40 m/seg., para evitar que se acumule azolve y menor de 2.00 m/seg. para reducir el problema del golpe de ariete, lo conveniente es manejar velocidades entre 1.00 y 1.50 m/seg.

\* Las consideraciones de los puntos a y b, se refieren a emisores no autorregulables.

### 7.11.1 CALCULO Y TRAZO DE LINEAS.

#### DATOS:

Superficie	35 Ha.
Gasto disponible	25 Lps.
Marco de plantación	Real 8 x 8 m.
No. total de árboles	5100
Gasto por árbol	50 Lp/H

Para determinar el Número de árboles por línea regante, el No. de líneas regantes por válvula y el No. de válvulas por circuito se necesita contar con un plano detallado del terreno para que en base a la geometría del mismo y al gasto total de agua disponible se desarrolle el diseño.

En nuestro caso tenemos un terreno regular, el cuál tiene por un lado 102 árboles y por el otro 50.

Bajo el criterio de manejar un máximo de circuitos y de válvulas por circuito así como un mínimo de líneas regantes por válvula y árboles por línea regante, con el fin de proporcionar volúmenes homogéneos en todos y cada uno de los puntos de emisión en el terreno, se procedió de la siguiente forma:

Si dividimos:

$$102 \div 6 = 17 \text{ \u00e1rboles/Lin.}$$

$$50 \div 2 = 25 \text{ lin/v\u00e1lvula.}$$

Entonces el n\u00famero de v\u00e1lvulas ser\u00eda de 12 y el No. de circuitos ser\u00eda:

$$5,100 \div 12 = 425 \text{ \u00e1rboles/ v\u00e1lv.}$$

$$\text{Gasto/Valv.} = (425) (50) (3600) = 5.902 \text{ Lps.}$$

Y la fuente de abastecimiento cuenta con 25 Lps.

Por lo tanto:

$$25 \div 5.902 = 4.23 \text{ valv./circuito } \approx 4$$

Si tenemos 12 v\u00e1lvulas, entonces:

$$12 \div 4 = 3$$

El n\u00famero de circuitos ser\u00e1 = 3

Ahora bi\u00e9n, si tenemos que el gasto por v\u00e1lvula es de 5.902 y se manejan cuatro v\u00e1lvulas por circuito, ter\u00e9mos:

$$\text{Gasto/circuito} = (5.902) (4)$$

$$\text{Gasto/Circuito} = 23.608 \text{ Lps.}$$

El gasto por circuito es 1.392 Lps., menor que el caudal disponible.

El gasto por hectarea será;  $23.6 \text{ Lps.} \div 35 \text{ Ha.} = 0.67 \text{ Lps./Ha.}$

En éste caso tenemos un plano de forma y topografía regular pero, la distribución parcelaria en nuestros campos por lo general tiene formas muy irregulares por lo que se debe tener mucho cuidado en distribuir volúmenes de agua iguales y/o similares para cada una de las válvulas de línea divisora, en función al gasto disponible, al tiempo máximo de riego y al número total de posiciones para cubrir eficientemente con los requerimientos del área total de cultivo.

#### — CALCULO DE LAS LINEAS REGANTES (LR)

DATOS:

Presion de trabajo del microjet	17.500 Kg/cm <sup>2</sup>
Gasto por línea	0.236 Lps.
Longitud por línea	135.000 m.

Si:

$$\begin{array}{rcl} 17.5 & - & 100 \% \\ X & - & 20 \% \\ \hline X & = & 3.5 \text{ mca.} \end{array}$$

El porcentaje de pérdida de carga permisible será  $= 3.5 \text{ mca.}$

Utilizando la formula de Manning para el calculo de las pérdidas por fricción tenemos:

$$H_f = K L Q^2$$



CUADRO No.16 VALORES DE K PARA EL COEFICIENTE  
 $N = 0.009$  PARA TUBERIAS DE PVC SEGUN EL DIAMETRO (MANNING).

D I A M E T R O		$N = 0.009$
PULGADAS	MILIMETROS	K
1/2	13	9'553,204.60
3/4	19	1'261,724.66
1	25	292,631.53
1 1/4	32	77,943.93
1 1/2	38	31,553.38
2	51	6,515.63
2 1/2	64	1,944.06
3	76	779.44
4	102	161.63
5	127	50.24
6	152	19.26
8	203	4.11
10	254	1.24
12	305	0.46854
14	356	0.20593
16	406	0.10209

Donde:

- Hf = Pérdida por fricción en metros
- K = Constante según el coeficiente "n"
- L = Longitud de la tubería en metros
- Q = Gasto en metros<sup>3</sup>/seg.

Sustituyendo para un diámetro de 25.4 mm.

$$Hf_{lr} = (292,631.58) (135) (2.36 \times 10^{-4})^2$$

$$Hf_{lr} = (292,631.58) (135) (5.569 \times 10^{-8})$$

$$Hf_{lr} = 2.200 \text{ mca.}$$

Esta pérdida de carga sería: si todo el gasto se condujera por los - 135 m. de longitud de tubería, pero como tiene 34 emisores y cada emisor es una salida, tenemos una tubería de salidas múltiples, cuyo coeficiente es (CSM) para 34 salidas = 0.347

Por lo tanto:

$$Hf_{lr} = (2.200) (0.347)$$

$$Hf_{lr} = 0.763 \text{ mca.}$$

Teniendo un desnivel de 0.380 m., la pérdida total por fricción en la línea regante será:

$$H_{f_{lr}} = 0.763 + 0.380$$

$$H_{f_{lr}} = 1.143 \text{ mca.}$$

La pérdida de carga en la línea divisora deberá ser como máximo:

$$H_{f_{ld}} = 3.5 - (H_{f_{lr}} + \text{desnivel})$$

$$H_{f_{ld}} = 3.5 - (1.143 + 0.105)$$

$$H_{f_{ld}} = 3.5 - 1.248$$

$$H_{f_{ld}} = 2.252 \text{ mca.}$$

La velocidad de flujo será:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad de Flujo en M/Seg.}$$

$$Q = \text{Gasto en M}^3/\text{Seg.}$$

$$A = \text{Area del tubo en M}^2$$

$$\text{Si: } A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Sustituyendo:

$$A = \frac{(3.1415927) (0.0254)^2}{4}$$

$$A = \frac{(3.1415927) (6.4516 \times 10^{-4})^2}{4}$$

$$A = 5.06707 \times 10^{-4} \text{ M}^2$$

Por lo tanto:

$$V = \frac{2.360 \times 10^{-4} \text{ M}^3/\text{Seg.}}{5.06707 \times 10^{-4} \text{ M}^2}$$

$$V = 0.465 \text{ m/seg.} < 2 \text{ m/seg.}$$

Demostración de que el 10% en variación del gasto es el 20% de - pérdidas de carga por fricción, (16) .

Desde el punto de vista hidráulico, los emisores tienen el funcionamiento de un orificio, donde el gasto de descarga es función de la carga hidráulica y del área del orificio.

$$Q = C A \sqrt{2 g h}$$

Donde:

$$Q = \text{Gasto del orificio}$$

$$C = \text{Coeficiente de descarga}$$

$$A = \text{Area del orificio}$$

$$h = \text{Carga Hidráulica}$$

$$g = \text{Aceleración de la gravedad}$$

En la línea regante ó línea de emisores se tendrá una pérdida de carga por fricción, lo cuál origina que la carga hidráulica de los emisores sea diferente y teniendo todos éstos la misma área, todos tendrán gastos diferentes. Si llamamos  $h_p$  y  $h_u$  a las cargas hidráulicas del primero y del último emisor de una línea, sus gastos serán:

$$Q_p = C A \sqrt{2g h_p}$$

$$Q_u = C A \sqrt{2g h_u}$$

Por lo tanto, la relación de gastos del primero al último será:

$$\frac{Q_p}{Q_u} = \frac{C A \sqrt{2g h_p}}{C A \sqrt{2g h_u}} = \frac{C A (2g)^{1/2} \sqrt{h_p}}{C A (2g)^{1/2} \sqrt{h_u}} = \frac{\sqrt{h_p}}{\sqrt{h_u}}$$

Si el terreno es plano la diferencia, de cargas hidráulicas, se deberá únicamente a la pérdida por fricción, si a ésta la denominamos como un porcentaje de la carga del primer emisor tendremos:

$$\sum h^f = \& h_p$$

Donde:

$$\sum h^f = \text{Pérdida de carga en la línea de emisores.}$$

$$\& = \text{Coeficiente}$$

$$h_p = \text{Carga hidráulica del primer emisor}$$

Por lo tanto:

$$h_u = (1 - \&) h_p$$

Donde:

$$H_u = \text{Carga en el último emisor}$$

Quedando la relación de gastos:

$$\frac{Q_p}{Q_u} = \frac{\sqrt{h_p}}{\sqrt{(1 - \&) h_p}} = \frac{\sqrt{h_p}}{\sqrt{1 - \&} \sqrt{h_p}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \&}}$$

Aplicando la tolerancia de 10% en el gasto:

$$\text{Si, } Q_p = 1; Q_u \text{ será } 0.9$$

Sustituyendo:

$$\frac{1}{0.9} = \frac{1}{\sqrt{1 - \&}}$$

$$1.11 = \frac{1}{\sqrt{1 - \&}}$$

$$\sqrt{1 - \&} = \frac{1}{1.11} \quad \text{de donde } 1 - \& = \left( \frac{1}{1.11} \right)^2$$

$$1 - \& = (0.9)^2 = 0.81$$

$$\& = 1 - 0.81$$

$$\& = 0.19$$



En forma aproximada, podemos considerar que el valor de es de 0.20 como limite, por lo que las pérdidas por fricción permisibles serán:

$$h'f = \& \text{ hp} = 0.20\text{hp}$$

— CALCULO DE LAS LINEAS DIVISORAS (LD)

Considerando un diametro de 38 mm., y una longitud de 102 M., -  
 yá que, el gasto se repartirá al entrar a ésta y teniendo como antecedente que el  $Hf_{1d}$  deberá ser como máximo,  $Hf_{1d} = 2.252 \text{ mca.}$

DATOS:

No. de Líneas por valvula	25
Gasto por Línea	$2.36 \times 10^{-4} \text{ M}^3/\text{Seg.}$

$$Hf_{1d} = (31,353.38) (102) (2.36 \times 10^{-4})^2 (13) \text{ (CSM)}$$

$$Hf_{1d} = (31,353.38) (102) (5.5696 \times 10^{-8}) (13) \text{ (CSM)}$$

$$Hf_{1d} = (31,353.38) (102) (7.24048 \times 10^{-7}) \text{ (CSM)}$$

$$Hf_{1d} = (31,353.38) (7.38528 \times 10^{-5}) \text{ (CSM)}$$

$$Hf_{1d} = (2.3155349) (0.373)$$

$$Hf_{1d} = 0.8636945 \text{ mca.}$$

$$A = \frac{(3.1415927) (0.038)^2}{4} = 1.13411 \times 10^{-3} \text{ M}^2$$

$$V = \frac{2.36 \times 10^{-4} \text{ M}^3/\text{seg}}{1.13411 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$V = 0.2080917 \text{ m/seg.}$$

## CALCULO DE LINEAS SECUNDARIAS (LS)

Considerando un diámetro de 102 mm., una longitud de 104 m., y un gasto de 0.0118 m<sup>3</sup>/seg., se procedió a calcular las pérdidas por fricción de la siguiente manera:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{\text{m}^3/\text{seg.}}{\text{m}^2} = \text{m}/\text{seg.}$$

Donde:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \text{m}^2$$

Sustituyendo:

$$A = \frac{(3.1415) (0.102)^2}{4}$$

$$A = 8.17128 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$V = \frac{0.0118}{8.1712 \times 10^{-3}}$$

$$V = 1.444 \text{ m}/\text{seg.}$$

Y la pérdida de carga será:

$$H_{f_{LS}} = (161.63) (104) (1.0118)^2$$

$$H_{f_{LS}} = (161.63) (104) (1.3924 \times 10^{-4})$$

$$H_{f_{LS}} = 2.340 \text{ mca.}$$



## CALCULO DE LA LINEA PRINCIPAL (LP)

Si tenemos que:

Una línea regante lleva un gasto de  $2.36 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$ , y cada válvula maneja un total de 25 líneas; trabajando con 4 válvulas simultáneamente (1 circuito) el gasto total del sistema será:

$$Q_t = (2.36 \times 10^{-4}) (25) (4)$$

$$Q_t = 0.0236 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Y la longitud total de la línea principal desde la fuente de abastecimiento hasta la conexión con la línea secundaria es de 900 m. La pérdida de carga por fricción considerando un diámetro de 152 mm., será:

$$V = \frac{0.0236}{0.0181} = \frac{\text{m}^3/\text{seg.}}{\text{m}^2}$$

$$V = 1.300 \text{ m/seg.}$$

$$Hf_{lp} = (19.26) (900) (0.0236)^2$$

$$Hf_{lp} = 9.654 \text{ mca.}$$

### 7.12 CALCULO DEL NUMERO DE FILTROS:

La filtración es requerida para prevenir taponeamiento en los emisores por materiales coloidales en suspensión, arenas, pastos ó otros de tipo orgánico y mineral.

El número y tipo de filtros está en función al gasto que se conduce y a las características físicas y químicas del agua a filtrar.

TABLA No.3

SELECCION DE TIPO DE FILTRO (S)

Tipo de contaminación del agua	Dimensiones partículas promedio		Filtración recomendada			Tratamiento adicional recomendado
	Micrones	Milésimas de Pulgada	* Desarenador	Filtro Malla	Filtro Arena	
Arena	50-2000	2.80	X	X	X	— Sedimentación previa
Cieno	2.50	0.1-2		X	X	
Substancias orgánicas (algas, etc.)	Muy variable			X	X	Químico
Minerales	Muy variable			X		Químico

\* Únicamente para retener arena que puede dejar escapar el filtro de arena.

TABLA No.4

Mallas	Apertura libre entre mallas	
	Micrones	Milésimas
	= $\frac{1}{1000}$ mm	= $\frac{1}{1000}$ Pulgada
4	3,500	150
6	2,500	100
10	1,500	60
20	800	30
30	500	20
50	300	12
75	200	8
120	130	5
155	100	4
200	75	1
270	53	0.8

Como guía puramente indicativa se inserta la tabla No. 3 y 4

El gasto total del sistema es de 23.6 lps.; si el filtro puede conducir 9.45., el número de filtros necesarios será igual a:

$$23.6 \div 9.45 = 2.49 \quad 3 \text{ filtros}$$

Pero, para bajar las pérdidas por fricción y poder llevar a cabo la limpieza de los mismos, sin detener el riego se utilizarán 4.

Para que la filtración sea eficiente se formará una batería de filtros colocados en línea de tal forma que el número de mallas de cada filtro sea cada vez mayor (ver plano ), por lo que la pérdida de carga será diferente para cada uno de ellos, quedando de la siguiente forma:

#### DATOS DE LOS FILTROS:

1)	Caudal	9.45 lps.
	Número de mallas	80.00
	Pérdida de carga	1.62 mca.
2)	Caudal	9.45 lps.
	Número de mallas	120.00
	Pérdida de carga	2.44 mca.
3)	Caudal	9.45 lps.
	Número de mallas	140.00
	Pérdida de carga	2.85 mca.

Pero el caudal a conducir por cada filtro es de:

$$23.6 \div 4 = 5.9 \text{ Lps.}$$

Por lo que la pérdida de carga para cada filtro será:

1)	Caudal	5.90 Lps.
	Número de mallas	60.00
	Pérdida de carga	1.01 mca.
2)	Caudal	5.90 Lps.
	Número de mallas	120.00
	Pérdida de carga	1.52 mca.
3)	Caudal	5.90 Lps.
	Número de mallas	140.00
	Pérdida de carga	1.77 mca.

La pérdida de carga total será:

$$HF_f = 1.01 + 1.52 + 1.77$$

$$HF_f = 4.30 \text{ mca.}$$

#### 7.13 RESUMEN DE PERDIDAS DE CARGA (CDT):

Desnivel Topográfico	2.650 mca.
Pérdida por fricción en $L_r$	1.143

Pérdida por fricción en $L_d$	0.863
Pérdida por fricción en $L_s$	2.340
Pérdida por fricción en $L_p$	9.654
Presión de trabajo del emisor	17.500
Altura del elevador	0.200
Pérdidas de carga localizadas	3.435
Pérdida de carga en filtros	4.300
<b>PRESION NECESARIA A LA DESCARGA DEL EQUIPO DE BOMBEO</b>	<b>42.085 mca.</b>

#### 7.14 CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL EQUIPO DE BOMBEO.

El nivel dinámico de un pozo es la profundidad del espejo del agua respecto a la superficie la cuál permanece estable con bombeo continuo.

En éste caso el nivel dinámico es de 60 m.

$$\text{Fórmula: } H_p = \frac{Q H}{76 n}$$

Donde:

$H_p$	=	Caballos de fuerza del motor.
$Q$	=	Gasto total requerido en Lps.
$H$	=	Carga dinámica total en mca.
$76$	=	Constante
$n$	=	Eficiencia del motor en %

- a) Bombeo sumergible = 0.85
- b) Bomba vertical = 0.75
- c) Bomba horizontal = 0.65

H = Presión a la descarga del equipo de bombeo más nivel dinámico ó nivel de succión, más pérdida de carga en tazonos, si es pozo profundo (por pérdida en tazonos se consideran 3.00 m., aproximadamente ).

Por lo tanto:

$$H = 42.085 + 60.00 + 3.00$$

$$H = 105.085 \text{ mca.}$$

Sustituyendo:

$$Hp = \frac{(23.6) (105.085)}{(76) (0.85)}$$

$$Hp = \frac{2,480.006}{64.6}$$

$$Hp = 38.39$$

Si se cuenta con energía eléctrica, como en este caso (440 V.), el motor será eléctrico, puesto que es más económico.

La potencia que se escoge es la inmediata superior de las potencias comerciales que son en Hp : 1/4, 1/2, 3/4, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, 150 y 200.

Para éste tipo de motores se recomienda trabajar a velocidades de 3,750 revoluciones por minuto (r.p.m.).

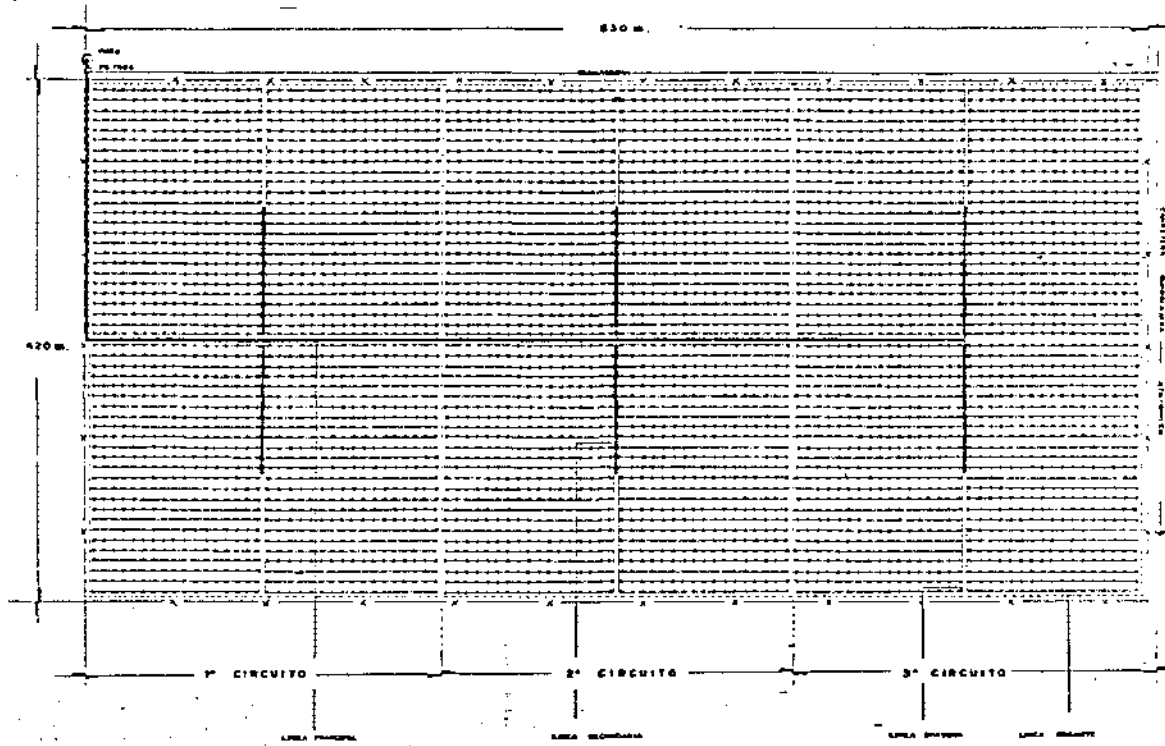
El banco de transformación que se utilice en KiloVolts-Amperes (KVA), es el mismo valor de la potencia cuando coincida y si no es así, se utiliza el inmediato superior, yá que los comerciales son en (KVA): 5, 7.5, 15, 30, 45, 75, 112.5, 150 y 225.

POTENCIA DEL MOTOR SELECCIONADO - - - - - 40 Hp.

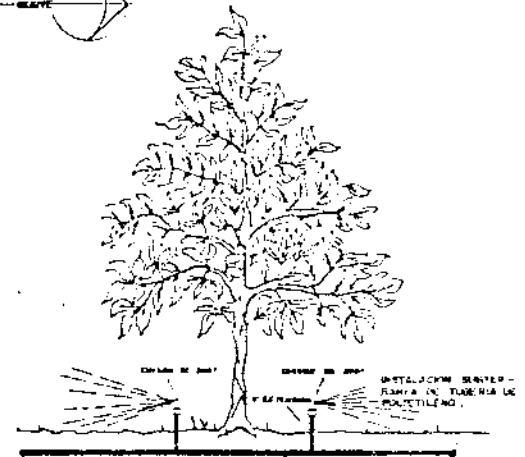
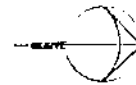
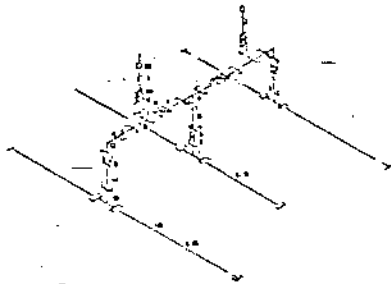
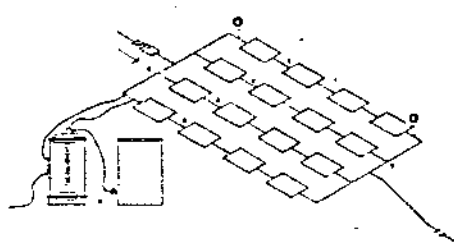
BANCO DE TRANSFORMACION - - - - - 45 KVA

Si el motor es de combustión Interna, a la potencia que resulta de la fórmula se le aumenta un % por pérdida de eficiencia por altura sobre el nivel del mar, temperatura, ventilador, etc., según recomendaciones de cada fabricante.

Para éste tipo de motores se recomienda trabajar a velocidades de 1,760 revoluciones por minuto (r.p.m.).



**C R U C E R O S**

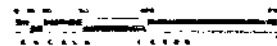


**DETALLE DE INSTALACION DE EMISORES**

**NOECLATURA**

- 01- MULTIPLE DE ENTRADA
- 02- LINEAS CENTRALES DE FILTROS
- 03- LINEAS DE FILTROS Y VERIFICACION DE PRESIONES
- 04- LINEA DE FILTRADO E INYECCION DE FERTILIZANTES
- 05- SISTEMA DE INYECCION DE FERTILIZANTES
- 06- MULTIPLE DE CAPTACION DE AGUA FILTRADA

**ESCALA GRAFICA**





## 7.15 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de micro-irrigación lo componen básicamente los siguientes elementos:

- Fuente de Abastecimiento de agua
- Equipo de bombeo
- Cabezal de descarga
- Tuberías de conducción y distribución
- Tuberías para líneas regantes
- Emisores
- Valvulas

### — FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Se cuenta con un pozo profundo con un nivel estático de 40m., nivel dinámico de 60 m., y un gasto de 25 lps.

### — EQUIPO DE BOMBEO

Consiste en una bomba sumergible que proporciona un gasto de 23.6 lps., y una presión a la descarga de 42.085 acoplada a un motor eléctrico de 40 hp., al cuál se le adaptó un interruptor de paro automático.

#### — CABEZAL DE DESCARGA

Se ha dado por llamar cabezal de descarga a la sección de control del sistema que se encuentra instalado a la descarga del equipo de bombeo y que tiene la función de filtrar, medir y controlar el volumen de agua por aplicar así como regular la presión del flujo y la dosificación de agro-químicos. Consta de los siguientes elementos:

- a) Tanque fertilizante
- b) Inyector de fertilizantes
- c) Filtros
- d) Valvulas de control
- e) Indicadores de presión

#### — TUBERIAS DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION

Por sus características de resistencia mecánica química y de bajo costo en relación con otro tipo de tuberías, se optó por integrar estas líneas con tubería hidráulica de policloruro de vinilo (pvc), de 33, 102, y 156 mm., respectivamente en tramos de 6 m., y accesorios tales como codos, tees, tapones, etc. La presión de trabajo de éstos materiales es de  $5 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### — TUBERIAS PARA LINEAS REGANTES

Para las líneas regantes se utilizó tubo de polietileno de alta densidad, con un contenido de negro de humo del 2-3% y una dispersión del

mismo de 7-12, por lo que cuenta con una excelente resistencia al intemperismo. Su presión de trabajo es de 8.8 kg/cm<sup>2</sup>. Estas tienen una longitud de 135.0 m., y un diámetro de 25.40 mm.

#### — EMISORES

Básicamente, el emisor de marca Micro-jet es un pequeño tipo de aspersor. No es caro, conservador, efectivo y casi no requiere mantenimiento. El sistema utiliza una cabeza de dos partes fabricadas con precisión. La cabeza consta de una tapa superior que determina la forma de irrigación ó difusión y una base con código de colores que regula el gasto de emisor (vea anexo No. 4 ).

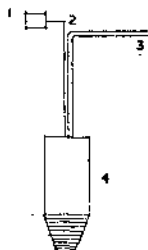
Estos van atornillados en una extensión de polietileno de 8 pulgadas de largo y 1/4" de diámetro. La extensión es flexible y puede resistir algún contacto con el equipo y la labor.

#### — VALVULAS

Estas pueden ser manuales, eléctricas o hidráulicas en éste caso se utilizaron valvulas manuales de bola, fabricadas (pvc), de 50 mm., de diametro.

## CAPITULO VIII ANALISIS ECONOMICO

### 8.1 EQUIPO DE BOMBEO

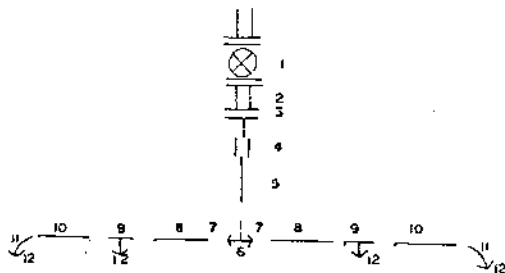


COMPONENTES	CANT.	DIAMETRO
1.- Arrancador	1	
2.- Cable eléctrico	1	
3.- Tubo de descarga	1	100 mm.
4.- Bomba sumergible	1	40 Hp

Total: \$ 2'500,000.00

### 8.2 CABEZAL DE DESCARGA (batería de 4 líneas con filtros)

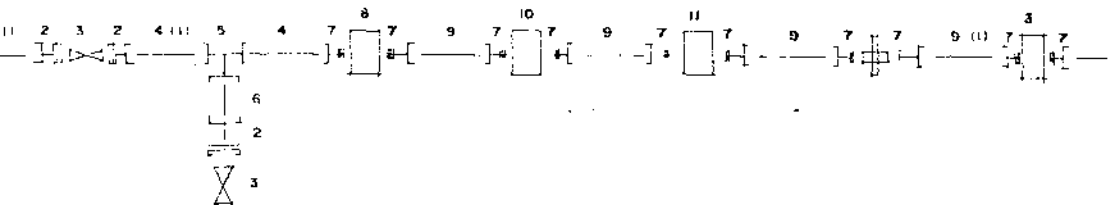
— (a) MULTIPLE DE ENTRADA (Agua sin Filtrar):



COMPONENTES	CANT.	DIÁMETRO
1.- Válvula de compuerta	1	100 mm.
2.- Válvula de retención	1	100 mm.
3.- Extremidad HEL	1	100 mm.
4.- Cople HEL	1	100 mm.
5.- Tubo PVC Ademe 1.00 m.	1	100 mm.
6.- Tee HEL	1	100 mm.
7.- Reducción Bushing HEL	2	100x75 mm.
8.- Tubo PVC Ademe 0.30 m.	2	75 mm.
9.- Tee HEL	2	75 mm.
10.- Tubo PVC Ademe 0.70 m.	2	75 mm.
11.- Codo HEL 90°	2	75 mm.
12.- Reducción Bushing HEL	4	75x50 mm.

Total: \$ 200,000.00

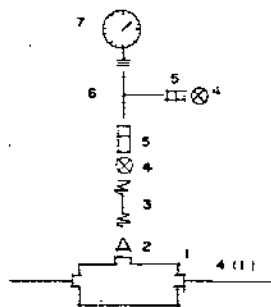
— (b) LINEAS CENTRALES DE FILTROS :



COMPONENTE	CANT/LINEA	DIAMETRO
1.- Tubo Ademe de 0.20 m.	2	50 mm.
2.- Adaptador hembra HEL	3	50 mm.
3.- Válvula de Bola PVC	3	50 mm.
4.- Tubo Ademe de 0.30 m.	2	50 mm.
5.- Tee HEL	1	50 mm.
6.- Tubo Ademe de 0.15 m.	1	50 mm.
7.- Adaptador macho HEL	9	50 mm.
8.- Filtro en Línea de 80 mallas	1	50 mm.
9.- Tubo Ademe de 0.70 m.	4	50 mm.
10.- Filtro en Línea de 120 mallas	1	50 mm.
11.- Filtro en Línea de 140 mallas	1	50 mm.
12.- Tuerca unión nylon	1	50 mm.
Sub Total		\$ <u>200,000.00</u> x 2
Total :		\$ <u>400,000.00</u>

— (c) LÍNEA DE FILTRADO Y VERIFICACION DE PRESIONES:

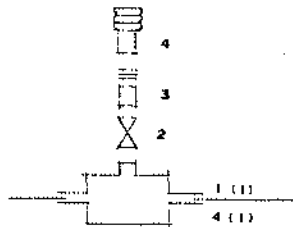
Igual que líneas centrales agregando en 4 (1) y en 9 (1)



COMPONENTE	CANT./CRUCERO	DIAM.
1.- Toma domiciliaria PVC	1	50x38 mm.
2.- Red. Bushing Galv.	1	38x6 mm.
3.- Niple Galv. 0.15 m.	1	6 mm.
4.- Válvula de Globo	2	6 mm.
5.- Niple Galv. 0.10 m. c.c.	2	6 mm.
6.- Tee Galv.	1	6 mm.
7.- Manómetro de 0-11 Kg/cm <sup>2</sup>	2	6 mm.
Sub Total		\$ <u>100,000.00</u>
T o t a l		\$ <u>500,000.00</u>

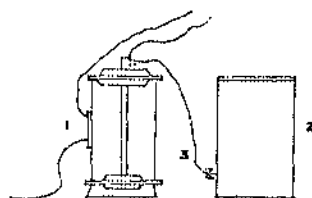
— (d) LINEA DE FILTRADO E INYECCION DE FERTILIZANTES:

Iguai que líneas centrales agregando en 1 (1) y en 4 (1)



COMPONENTE	CANT/CRUCERO	DIAM.
1.- Toma domiciliaria PVC	1	50x19 mm.
2.- Válvula de Bola PVC	1	19 mm.
3.- Cople Galv.	1	19 mm.
4.- Adapt. Poliétileno inserción	1	19 mm.
Sub Total		\$ 50,000.00
T o t a l		\$ 450,000.00

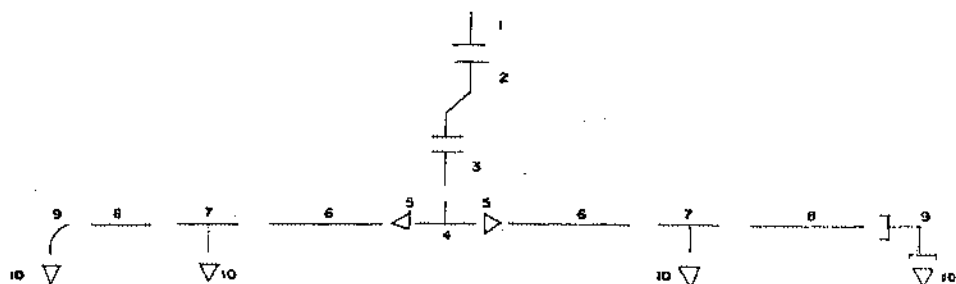
— (e) SISTEMA DE INYECCION DE FERTILIZANTES:



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

COMPONENTES	CANT.	DIAM.
1.- Bomba Inyectora	1	
2.- Tanque Poliéttileno	1	1000 L.
3.- Tubo Poliéttileno alta densidad	20 m.	20 x 16 mm.
Total \$ <u>250,000.00</u>		

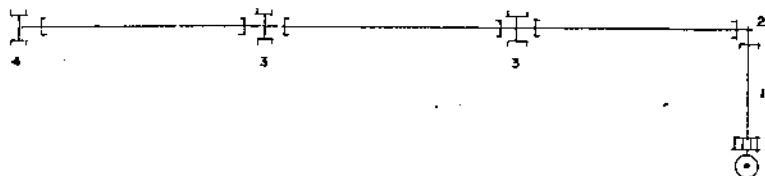
— (f) MULTIPLE DE CAPTACION AGUA FILTRADA:





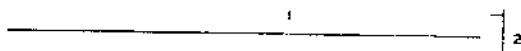
COMPONENTES	CANT.	DIAMETRO
1.- Extremidad espiga HAM PVC	1	150 mm.
2.- Cuello de ganso bridado de Fe	1	100 mm.
3.- Extremidad espiga PVC Cem.	4	100 mm.
4.- Tee Cementar PVC	1	100 mm.
5.- Red. Bushing PVC Cem.	2	100x75 mm.
6.- Tubo Ademe de 0.30 m. PVC	2	75 mm.
7.- Tee PVC Cementar	2	75 mm.
8.- Tubo Ademe de 0.60 m. PVC	2	75 mm.
9.- Codo PVC Cementar 90°	2	75 mm.
10.- Reducción Bushing PVC Cem.	4	75x50 mm.
Total :		\$ <u>170,000.00</u>

### 8.3 LINEA PRINCIPAL :



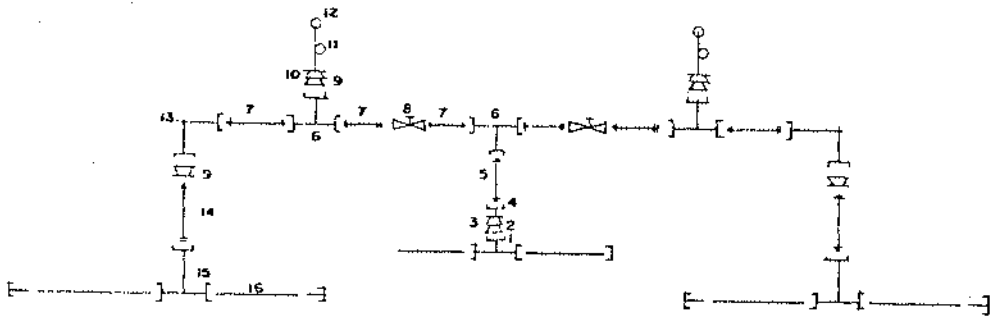
COMPONENTES	CANT.	DIAM.
1.- Tubo PVC HAM	900 m.	150 mm.
2.- Codo PVC HAM 90°	1	150 mm.
3.- Cruz PVC HAM	2	150x100 mm.
4.- Tee PVC HAM	1	150x100 mm.
T o t a l : \$ <u>2'600,000.00</u>		

#### 8.4 LINEAS SECUNDARIAS :



COMPONENTES	CANT.	DIAM.
1.- Tubo PVC HAM	104 m.	100 mm.
2.- Tapón PVC HEL	1	100 mm.
Sub T o t a l \$ <u>165,000.00 x 6</u>		
T o t a l : \$ <u>990,000.00</u>		

### 8.5 CRUCERO DE DIVISORES:



#### COMPONENTES

#### CANT.

#### DIAM.

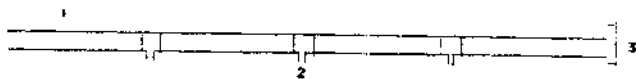
1.- Cople Tee PVC Cementar	1	100x100 mm.
2.- Reducción Bushing PVC Cementar	1	100x75 mm.
3.- Reducción Bushing PVC Cementar	1	75X50 mm.
4.- Adaptador hembra PVC Cementar	1	50 mm.
5.- Niple galvanizado de 1,0 m.	1	50 mm.
6.- Tee galvanizada	3	50 mm.
7.- Niple galvanizado de 0,10 m.	6	50 mm.
8.- Válvula de Bola PVC	2	50 mm.
9.- Reducción Bushing galvanizada	4	50x38 mm.

10.- Reducción Bushing Galvanizada	2	38x6 mm.
11.- Cota de Cochino de 0.10 m.	2	6 mm.
12.- Manómetro de 0-11 Kg/cm <sup>2</sup>	2	6 mm.
13.- Codo galvanizado de 90°	2	50 mm.
14.- Niple galvanizado de 1.10 m.	2	38 mm.
15.- Tee PVC cementar	2	38 mm.

Sub Total \$ 80,000.00 x 6

Total: \$ 480,000.00

#### 9.6 LINEAS DIVISORAS:



COMPONENTES	CANT.	DIAM.
1.- Tubo PVC HAM	102 m.	38 mm.
2.- Conector de arranque	25	38x25 mm.
3.- Tapón Campana PVC	2	38 mm.

Sub Total \$ 70,000.00 x 6

Total: \$ 840,000.00

### 8.7 LINEAS REGANTES;



COMPONENTES	CANT.	DIAM.
1.- Tubo Polietileno alta densidad	135 m.	25 mm.
2.- Adaptador de inserción	34	4 mm.
3.- Tubo de extensión de 0.20 m.	34	4 mm.
4.- Base	34	4 mm.
5.- Tapa	34	4 mm.
6.- Anillo de doble cierre	1	25 mm.

Sub Total \$ 50,000.00 x 300

Total \$ 15'000,000.00



ESCUOLA DE AGRICULTORES  
BIBLIOTECA

## 8.8 R E S U M E N

1o.	EQUIPO DE BOMBEO	. . . .	\$	2'500,000.00
2o.	CABEZAL DE DESCARGA	. . . .		1'970,000.00
3o.	LINEA PRINCIPAL	. . . .		2'600,000.00
4o.	LINEAS SECUNDARIAS	. . . .		960,000.00
5o.	CRUCERO DE DIVISORAS	. . . .		480,000.00
6o.	LINEAS DIVISORAS	. . . .		840,000.00
7o.	LINEAS REGANTES	. . . .		15'000,000.00
	GRAN TOTAL	. . . .	\$	<u>24'380,000.00</u>

Debido a la gran variación de precios existentes en nuestros días, este resultado solo considera el costo aproximado de los materiales a la fecha y excluye el de calculo y diseño así como el de mano de obra en la instalación del sistema, ya que estos se aplican en función al volumen de trabajo por realizar y a la ubicación del terreno en que se implante el sistema respecto a la de la Empresa que lo instale.

## CAPITULO IX

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos de las diferentes investigaciones y experimentos realizados en varios países (Sud-Africa, Israel, México etc.), se concluye que las principales ventajas y desventajas del riego por micro-aspersión respecto a los métodos tradicionales de riego, son:

#### VENTAJAS:

- El ahorro en el consumo de agua por la mejora espectacular de la eficiencia de su utilización, especialmente en zonas desérticas yá que esta puede aumentar hasta en un 40% a 80% contra los métodos convencionales.
- Aumentan considerablemente los rendimientos agrícolas no solo en cantidad sino también en calidad.
- La planta no esta sujeta a cambios violentos en la humedad disponible del suelo, por la alta frecuencia de aplicación junto con una adecuada aereación del suelo.
- No es necesario efectuar ningún tipo de nivelación, yá que éste método no presenta pérdidas por escurrimiento y por consiguiente no hay problemas de erosión hídrica.

- Debido al alto control que se ejerce sobre el agua los agro-químicos en solución pueden ser introducidos a la red de riego conectadamente dosificados mediante un equipo especial en función de las necesidades del cultivo en explotación, resultando en el uso óptimo y ahorro de los mismos.
- Se eliminan completamente los canales y asequias de distribución usados en el riego por gravedad y se aumenta la superficie útil.
- Cualquier práctica agrícola, tal como cosecha, control de plagas y enfermedades, deshierbe, fertilización, etc., puede realizarse en el momento oportuno sin interferir con el riego.
- Permite la obtención de cosechas tempranas como consecuencia del control de humedad.
- El volúmen de agua aplicada puede ser controlada en función de la textura del suelo y de la especie vegetal bajo cultivo.
- Evita la lixiviación de los nutrientes del suelo.
- El exceso de sales en los suelos se puede controlar por medio de una lixiviación normal, producida por el mismo sistema ó por otro medio.
- El sistema de riego por micro-aspersión solo es afectada en muy pequeña proporción por el viento cuando los emisores son instalados muy alto sobre el nivel del suelo.



- El crecimiento de plantas no deseables se reduce debido a que solo una fracción de la superficie del suelo es mojada. Así el control necesario para las hierbas es mucho menor que para otros sistemas.
- Bajan significativamente los costos de operación (ahorro en mano de obra) ya que la mayoría de sistemas de micro-aspersión son permanentes y además pueden ser automatizados casi en un 100%.
- Posibilita el uso de agua salina, debido al desplazamiento de las sales a la interface entre la zona humedecida y la seca, quedando estas fuera de la zona radicular con lo cual se reduce el esfuerzo de la planta para obtener agua que bajo condiciones salinas podría resultar en altas presiones osmóticas e intoxicación del cultivo.
- El mantenimiento es relativamente simple, puesto que los jets producen un rocío fácilmente visible y pueden ser observados muchos a la vez desde una distancia razonable. En caso de taponeamiento el emisor puede ser desatornillado fácil y rápidamente para reemplazarlo o limpiarlo.
- Elimina la formación de costras en la superficie de suelos pesados, comunes con aplicaciones de irrigación superficial de baja frecuencia.
- Mejora la penetración de las raíces por el alto promedio del nivel de humedad que es mantenido con éste tipo de sistemas.

— La tasa de infiltración básica de los suelos no es una limitante por lo que permite su utilización ventajosa en suelos arenosos e infértiles — así como en suelos pesados de tipo arcilloso.

#### DESVENTAJAS:

Es axiomático que, al corresponderle tantas ventajas al sistema de micro-aspersión, existan también algunas desventajas. De otra manera, todos los sistemas de riego serían realizados eventualmente por éste método. Los siguientes son algunos problemas que se presentan en la micro-aspersión:

- Las pequeñas aperturas de los emisores presentan cierta sensibilidad a taparse con materiales orgánicos tales como hojas, raíces, etc. arenas gruesas y materiales coloidales en suspensión con altas concentraciones.
- Suelo seco y formación de polvo durante las operaciones mecánicas debido a que solo parte del total del campo de cultivo recibe agua durante el riego y la mayor parte permanece seca.
- Alto costo inicial en comparación con otros sistemas de riego, por lo que solo es aplicable a cultivos altamente remunerativos.
- Requiere de alta especialización para el diseño, instalación, operación y mantenimiento.

Para este caso específico las observaciones que se recomiendan en el diseño, instalación, operación y mantenimiento del sistema son las siguientes.

\* En función a los resultados del análisis del agua de riego se recomienda mantener limpio el equipo de filtración, así mismo llevar a cabo pruebas mediante el análisis del agua a la salida de los emisores para comprobar la eficiencia de filtrado en función al contenido de Ebro básicamente, de tal forma que si es necesario se adapte un filtro de arena y un hidrociclón (Fig. 13 y 14) antes de la batería de filtros de malla para mejorar el filtrado.

\* En el diseño se recomienda seguir las curvas de nivel para evitar variaciones altas en la tasa de aplicación para emisores no autorregulables.

\* Las líneas de conducción y distribución deberán ir enterradas para protegerlas de los rayos ultravioleta del sol que degradan los materiales plásticos.

\* La apertura y cierre de válvulas deberá realizarse lentamente para evitar el golpe de ariete.

\* En la programación del riego deberá tenerse en cuenta un margen de tiempo para la aplicación de laminas de sobreriego para lavado de sales.

\* La limpieza de los tubos de conducción y distribución se llevará a cabo cuantas veces sea necesario lo cual se detectará cuando se incremente la presión normal de funcionamiento de sistema. Esta limpieza se realizará a presión mediante el cierre de algunas valvulas de cada circuito y/o inyectando aire a presión a la red de tuberías cuidando de no exceder su presión de trabajo.

\* Engrasar todas las uniones móviles y tornillos en el centro de control y cruceros así como pintar de colores claros todas las partes expuestas al ambiente lo cual les dará mayor protección y las hará más visibles, para evitar golpearlas con los implementos agrícolas.

\* En base a los resultados de los análisis realizados se determinó la necesidad de efectuar lavados de sales del suelo así como mantener un nivel de humedad constante para evitar llegar a los límites de solubilidad de los carbonatos y bicarbonatos, por lo que se requieren aplicaciones de mejoradores que contengan calcio en forma de sulfatos para bajar pH. En estos puntos tan importantes se justifica plenamente la utilización de este tipo de sistema de irrigación.

\* Para evitar que se aumente el R.A.S. se recomienda aplicar mejoradores tales como, (19) :

MEJORADOR	S U E L O S		
	1	2	3
Yeso	A	A	A
Cl <sub>2</sub> Ca	A	A	A
Azufre	MA	A	AR
Polisulfuro de calcio	MA	A	AR
SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	MA	A	AR
Sulfatos de Hierro y Aluminio	MA	A	AR
Caliza	I	PU	A
Espumas de Azucarera	I	PU	A

#### NOMENCLATURA:

- 1 Suelos que contienen carbonatos alcalinoterreos.
- 2 Suelos practicamente libres de carbonatos alcalinoterreos y PH - mayor que 7.5
- 3 Suelos practicamente libres de carbonatos alcalinoterreos y PH - menor que 7.5
- A Adecuado
- MA Muy Adecuado
- AR Adecuado con restricciones (Peligro de Acidificación); se debe experimentar el mejorador en muestras de suelo, midiendo la acidez resultante.

I Inútil

PU Poco útil

(4) Como guía puramente indicativa se presentan algunas características de materiales fertilizadores convenientes para las prácticas de ferti-irrigación. La elección del material fertilizador es determinada por el pH que prevalece en el suelo y por el efecto particular del fertilizante sobre el mismo. Como la mayoría de los materiales fertilizadores son ácidos, debe tenerse cuidado de que valores desfavorables de pH del suelo no resulten de una continuada ferti-irrigación.

a) Anhidro-amonía. Contiene de 80 a 82% de nitrógeno y es comercializado en cilindros presurizados. La aplicación al sistema de riego es fácil, ya que la amonía puede ser forzada dentro del sistema por su propia presión.

b) Aqua-amonía. Una solución de amonía concentrada conteniendo 27% de nitrógeno y disponible en contenedores de baja presión, también puede ser alimentada dentro del sistema de irrigación por medio de su propia presión. El agua de riego tiene una fuerte afinidad con la amonía. Shaw (1965), reporta que un volumen de agua de riego absorbe alrededor de 1,200 partes de amonía, bajo circunstancias normales. La amonía no debe ser aplicada a aguas de riego que contengan cantidades apreciables de calcio y/o sales de magnesio. En estos ejemplos, la consen

tración de nitrógeno en el agua no debe exceder 110 ppm. . La presencia de excesiva amonía en el agua puede resultar en una precipitación de carbonatos y bloques en el sistema.

c) Nitrato de Magnesio. Disponible en una forma de solución concentrada. Contiene 5.3 a 6.0 % de magnesio y aproximadamente 18% de nitrógeno. Un uso muy extendido y común podría resultar caro. El status de magnesio del suelo es prontamente aumentado manteniendo lo optimo del pH por medio de aplicaciones de cal muerta dolomítica.

d) Acido Fosfórico. La forma concentrada de acido fosfórico, de concentración inestable contiene del 20 al 32.2 % de fósforo, dependiendo del metodo de fabricación. La adición de acido fosfórico al agua crea en el sistema una condición acida y ayuda a limpiar los depositos quimicos del sistema.

e) Cloruro de Potasio. Contiene 50% de potasio. No conveniente su aplicación para riego con aguas salinas o de alta concentración clorhidrica.

f) Fosfato de mono-amonio. Contiene aproximadamente 18% de nitrógeno y 20% de fósforo.

g) Sulfato de Potasio. Contiene 40% de potasio. Conveniente para su uso en la mayoría de aguas de irrigacion. Recomendado para usarse en suelos con pH mas alto que el valor optimo.

h) Sulfato de Magnesio, (Sal Epsom). Una forma de magnesio altamente soluble, contiene de 5 a 9% de magnesio.

(i) Elementos Traza. Elementos traza solubles en agua, tales como sulfato de zinc, sulfato de manganeso y quelatos de hierro, son convenientes para la ferti-irrigación.



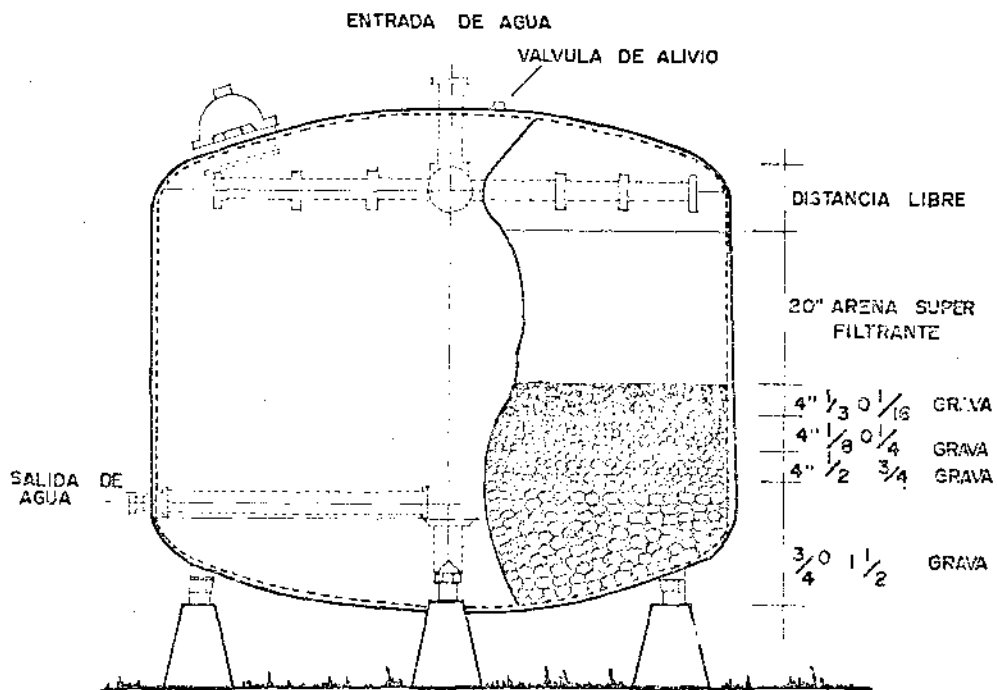


FIG. 13 . FILTRO DE MATERIALES GRADUADOS .

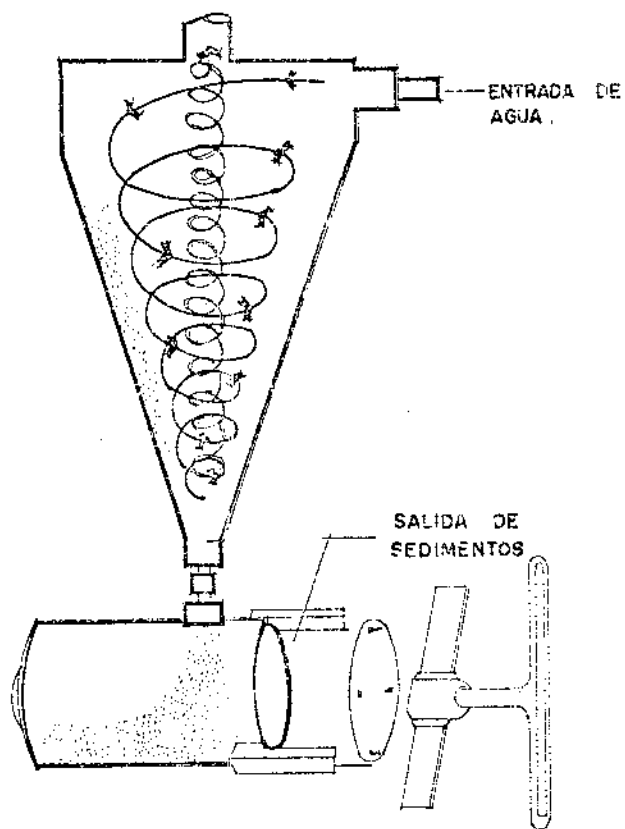


FIG. 14. HIDROCICLON . FILTRO QUE APROVECHA LA FUERZA CENTRIFUGA PARA ELIMINAR LAS IMPUREZAS .

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aguilera Contreras Mauricio y Martínez Elizondo Rene, 1980  
Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmosfera. Ed. Depto. de Enseñanza Invest. y Serv. en Irrig. 2a. Edición, Chapingo, Méx., Págs. 1-2.
- 2.- Ayala Ramírez José Ma., 1984  
Catedrático de la Escuela de Agricultura de la U. de G. - Guadalajara, Jal.
- 3.- Bredell, G.S. and A.P. Vincent 1975.  
Application of Herbicides through a Micro-Jet Irrigation System. Citrus and Subtropical Fruit Journal. May 1975, pp. 17 - 18.
- 4.- Greeff, P.F. 1975.  
Ferti-Irrigation-Application of Fertiliser Materials by Means of Micro-irrigation systems, Part 1. the Deciduous Fruit Grower, August 1975, pp. 213 - 217.
- 5.- Greeff, P.F., 1975.  
Ferti-Irrigation-Application of Fertiliser materials by means of micro-irrigation systems, part 2. the deciduous Fruit grower, September 1975, pp. 240-245.
- 6.- G.S. Bredell and C.J. Barnard 1975.  
Microirrigation of subtropical fruits crops. the citrus and Subtropical fruit journal, May 1975 pp. 5 - 10.

- 7.- G.S. Bredell and C.J. Barnard, 1977. Microjets for macro efficiency. Citrus and Subtropical - Fruit Research Institute Nel- Spruit, Rep. Of South Africa.
- 8.- Hernández García Ramiro, 1977. Plagas y Enfermedades de la Lima en Ayo el Chico y Atotonilco el Alto, Jal., Tesis Prof. No. 424 pág. 4 a 17, 22 y 23.
- 9.- Hiler, E.A. and T.A. Howell, - 1972. Corp. Response to Trickle Irrigation and Surface Irrigation ASAE, 1972 Winter Meeting, Chicago, Illinois, December.
- 10.- Jobling, G.A., 1974. Design Manual of Trickle Irrigation Part. 1, Miscellaneous Publication No.6, New Zealand Agricultural Engineering Institute, Lincoln College, Canterbury.
- 11.- Karmeli, D., L.J. Salazar y W.R. Walker, 1978. Assessing the Spatial Variability of irrigation Water Applications. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, Environmental Protection Agency, Ada, Oklahoma, U.S.A.
- 12.- Karmeli, D. and J. Keller, - 1975. Trickle Irrigation Design. Ha - in Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, Glendora, - California.

- 13.- Karmeli, D y S. W. Smith, 1977. Aerosol Emitters For Trickle Irrigations. Proceedings of - International Agricultural - Plastics Congress, San Diego, California, Abril.
- 14.- Marsh, A.W., C.D. Gustafson S.Davis, R.L.Branson, y R.A. Strohman, 1974. Water Use By Drip and Sprinkle Irrigated Avocados Related to Plant cover, Evaporation - and Air temperature. Proceeding of second International - Drip Irrigation congress pp. - 346 - 350.
- 15.- Menajem Dekel, 1983. Irrigation Consultant of Bermad Irrigation Controls Kibbutz Euron, Post Asharat Israel. Comunicacion Personal. Mexico D.F. Octubre 1983.
- 16.- Morales Bravo Isaac, 1980. Diseño de Riego por goteo. Boletín técnico No.20, Editado por el Depto. de Irrigación de la Universidad Autónoma de Chapingo, Méx., pp. 44 - 45.
- 17.- Palacios Vélez Enrique Cuanto, cuando y como regar me morandum Técnico No.195 Di - recc. Gral. de Distritos y Unidad dos de Riego, SARH.
- 18.- Piña. Davalos Antulio y Arreola Vendree Ezequiel, 1981. Métodos Avanzados de Riego Tomo I, Riego por Goteo Direcc. - Gral. de Obras Hidráulicas e Ingeniería para el desarrollo Rural, SARH, México, D.F.
- 19.- Pizarro Fernando, 1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de suelos salinos. Ed.Agrícola - Española. Cap. 4 y 5.

- 20 .- Servicio de Conservación de suelos Depto. de Agricultura de los Estados Unidos de América, 1980. Relación entre suelo-planta-Agua. Manual de Ingeniería - seccion riego pag. 52 - 53. Ed. Diana
- 21 .-Smith, G., 1978. A New Look in Irrigación Systems. Citrus and Vegetable Magazine. Vol. 13, Nov. 1978 - pp. 20 - 21.
- 22 .-S.L. Rawlins and P, A.C. Raats, 1975. Prospects for High-Frequency Irrigation. Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture.
- 23 .- Smith Gordon, 1977. Irrigación Systems Help Reduce Freeze Losses, Citrus and Vegetable Magazine. Vol. 40. pp. 20 and 24.
- 24 .-Torres Ruiz David, 1980. Evapotranspiración Potencial - estimación directa. Depto. de Irrigación de la Universidad - Autónoma de Chapingo, Boletín-técnico No. 10 Mexico, Mex., - pp. 11 - 12.
- 25 .- Tubos Flexibles, S.A. Riegos Modernos, S.A., 1977. ¿Que es Riego por Goteo?, Nahuacalpan de Juárez, Edo. de Méx. Noviembre de 1977.
- 26 .-Walker, W.R., S.W. Smith, y L.D. Geohring, 1976. Evapotranspiración Potential Under Trickle Irrigación Paper 76-2009, presented at American Society of Agricultural Engineering Summer meeting Lincoln, Nebraska. U.S.A.

# SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



COMITE TECNICO ASESOR CUENCA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO  
 LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS Y APOYO TECNICO  
 RESIDENCIA REGIONAL EN GUADALAJARA, JAL.

501

LABORATORIO DE AGUAS  
 ANALISIS DE AGUAS CON FINES DE RIEGO

1405

Muestra No. 2 Fecha Muestreo ..... Fecha Análisis 30-XI/10-XII/84  
 Proyecto: DESCARGA DE FILTROS 13:30 Hrs.  
 Remitida por: ING. SERGIO C. CHACON GUERRA.  
 Municipio: ATOTONILCO EL ALTO, Estado JALISCO.  
 pH ..... 8.4  
 Conductividad Eléctrica en micro-mhos/cm a 25°C ..... 650  
 Conductividad Eléctrica en mili-mhos/cm a 25°C ..... 0.65 (A)  
 Cationes Totales en meq/l ..... 7.9 (B)  
 Iones (Ca + Mg) en meq/l (EDTA) ..... 1.23 (C)  
 Calcio en meq/l (EDTA) ..... 0.66  
 Magnesio en meq/l (EDTA) ..... 0.57  
 Potasio en meq/l (Flamometría) ..... 0.045  
 Sodio en meq/l (Flamometría) ..... 6.6  
 Relación de Adsorción de Sodio (RAS) ..... 8.4  
 Aniones Totales en meq/l = B ..... 5.3  
 Cloruros en meq/l (mhor-Argentometría) ..... 0.21  
 Sulfato en meq/l (Espectrofotometría) ..... 0.20  
 Carbonatos en meq/l (Warder-fenoltaleína) ..... 0.66  
 Bicarbonatos en meq/l (Warder-Anaranjado de Metilo) ..... 7.04  
 Hidroxilos en meq/l (Warder-Cálculo) ..... 0.0  
 Iones (CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>) en meq/l (Cálculo) ..... 7.7 (D)  
 Carbonato de Sodio Residual en meq/l = D-C. ..... 6.47  
 Boro p.p.m. (Espectrofotometría) (Titulación Potenciométrica) ..... 4.3  
 Clasificación del Agua ..... C<sub>2</sub>-S<sub>2</sub>  
 Otras determinaciones .....

Vo. Bo. El Residente

El Encargado del Laboratorio

ING. FLORENTINO SANCHEZ SAMANIEGO. T.O.A.A. MA. DE LA PAZ CORREA M.

Interpretaciones a la vuelta.

b.g p.

ANEXO No. 1

# SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



**SUB-SECRETARIA DE PLANEACION**  
**DIRECCION GENERAL DE PLANEACION**  
**REPRESENTACION JALISCO**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y APOYO TECNICO**  
**DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA SANTIAGO**

Guadalajara Jalisco, **NOVIEMBRE 6** de 19 **84**.

**Nombre:** ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ **Localidad:** ATOTOMILCO EL ALTO.

**Estado:** JALISCO. **Municipio:** \_\_\_\_\_

## ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS

ANEXO No. 2

Número de muestras	1	2	3	4	X
Profundidad (cm)					
Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	2.399	2.447	2.405	2.223	
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.290	1.230	1.633	1.825	
Capacidad arcillosa (%)	45.07	45.57	42.16	47.38	
Porcentaje de humedad permanente (%)	24.102	24.369	22.545	25.337	
Agua aprovechable (%)	20.968	21.201	19.615	22.043	
<b>T</b> <b>P</b> <b>C</b> <b>L</b> <b>M</b> <b>A</b>					
Arena (%)	27.23	23.26	33.25	29.28	28.09
Arcilla (%)	49.44	51.44	45.44	45.44	47.84
Limo (%)	23.58	25.28	21.23	25.28	23.76
Clasificación textural	R	R	R	R	
Clasificación textural para el cultivo (A/B/C)	52.00	55.30	66.00	72.00	
Calcio (me/100g)	51.75	19.55	19.55	19.55	
Magnesio "	11.50	12.65	12.65	12.65	
Sodio "	0.782	0.823	0.897	0.851	
Potasio "	0.402	0.529	0.345	0.897	
Materia orgánica (%)	1.93	2.00	2.28	1.35	
Cond. del. Elec. equivalente de saturación (me/100g)	0.17	0.16	0.14	0.20	
Cond. de intercambio catiónico en el suelo (me/100g)					
pH en agua rel. (1:2)	7.5	7.3	7.6	7.6	
<b>S</b> <b>O</b> <b>L</b> <b>E</b> <b>S</b>					
Calcio (me/litro)	0.80	0.80	0.80	1.00	
Magnesio "	0.20	0.20	0.20	0.40	
Sodio "	0.20	0.60	0.40	0.60	
Potasio "					
Carbonatos "	0.00	0.00	0.00	0.00	
Bicarbonatos "	0.80	0.30	0.80	1.00	
Cloruros "	0.50	0.50	0.40	0.40	
Sulfatos "	0.40	0.30	0.20	0.60	
Borex P.S.I. (ppm)	0.20	0.20	0.10	0.10	
<b>P</b> <b>R</b> <b>O</b> <b>C</b> <b>E</b> <b>S</b>					
pH (Extracto de sal)					
Fósforo aprovechable (ppm)					
Carbonato de calcio (%)					
Nutrientes totales (%)					

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS.  
COMPLETO 1231 bg.p.
EL RESIDENTE DEL LABORATORIO.

O.S.B. JOSE GUADALUPE NOLLA BALBORI.

ING. FRANCISCO RODRIGUEZ SAMARIEGO.



# SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



SUB-SECRETARIA DE PLANEACION  
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION  
REPRESENTACION JALISCO

LABORATORIO DE SUELOS Y APOYO TECNICO  
DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA SANTIAGO

Guadalajara Jalisco, NOVIEMBRE 6 de 1984.

Nombre: ING. EDUARDO RODRIGUEZ DIAZ Localidad: ATOTONILCO EL ALTO.

Estado: JALISCO. Municipio: \_\_\_\_\_

## FERTILIDAD

ANEXO No. 3

DETERMINACION	UNIDADES	METODO				
			1	2	3	4
Materia Orgánica	%	Walkley Block	1.93	2.00	2.28	1.86

NUTRIENTES						
Calcio	ppm	Morgan	Med-Alt	Med-Alt	Med-Alt	Med-alto
Potasio	"		BueNo	BueNo	Bajo	Muy Rico
Magnesio	"		Alto	Alto	Alto	Alto
Manganeso	"		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Fósforo	"		Medio	Medio	Medio	Medio
Nitrogeno Nítrico	"		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Nitrogeno Amónico	"		Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
pH 1:2		Potenciómetro	7.5	7.3	7.6	7.6

COMPLETO 1231

b.g.p.

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS.

EL RESIDENTE DEL LABORATORIO.

133



















F.B. JOSE GUADALUPE MEJIA BALMORI.

ING. FLORENTINO SANCHEZ SAMANIEGO.

Impreso en el Centro de Edición y Difusión

# ESPECIFICACIONES MICROJET

## ANEXO No. 4

	Presión Kg./cm. <sup>2</sup>	Descarga L.P.H.	 40°	 90°	 180°	 180° x 8	 270°	 280°	 300°	 360° x 12	 360° x 15	Velocidad M/seg. 1.4 Kg.-cm <sup>2</sup>	Área MF 350°	Precipitación cm/hora 360°
			 Diám. Mts.	 Radio Mts.	 Radio Mts.	 Radio Mts.	 Diám. Mts.	 Diám. Mts.	 Diám. Mts.	 Diám. Mts.	 Diám. Mts.			
Base Negra	.70	15.50	1.46	.91	1.40	.48	2.62	2.40	1.70	2.25	1.88	--	3.97	.381
Diám. de	1.00	18.15	2.10	1.28	1.61	.70	2.90	2.71	2.40	2.68	2.37	--	5.55	.330
Orificio	1.40	21.55	2.55	1.73	1.80	1.15	2.95	3.01	2.83	3.16	2.92	13.15	7.86	.279
.762 mm.	1.75	25.00	3.05	2.10	2.00	1.55	3.05	3.14	3.38	3.35	3.05	--	8.78	.279
Base Azul	.70	30.30	2.10	1.28	1.67	1.24	3.05	2.43	2.31	2.50	2.37	--	5.45	.609
Diám. de	1.00	34.05	3.20	1.76	1.79	1.76	3.35	3.01	3.10	2.90	2.65	--	6.56	.508
Orificio	1.40	37.85	3.85	2.07	2.04	2.13	3.68	3.56	4.20	3.41	3.13	12.97	9.15	.406
1.01 mm.	1.75	42.75	4.50	2.40	2.16	2.28	3.90	4.26	4.38	4.05	3.50	--	12.85	.330
Base Verde	.70	39.75	2.40	1.58	1.86	1.40	3.56	3.10	3.26	3.35	2.98	--	8.78	.457
Diám. de	1.00	49.20	3.55	2.19	2.00	1.82	3.87	3.50	3.53	3.84	3.68	--	11.56	.431
Orificio	1.40	56.00	4.80	2.31	2.46	2.13	4.11	3.74	4.08	4.41	4.08	12.30	15.26	.355
1.27 mm.	1.75	62.45	5.35	2.68	2.60	2.46	4.23	3.96	4.44	4.93	4.75	--	19.05	.330
Base Roja	.70	60.20	2.70	1.98	1.82	1.58	4.57	3.20	2.92	3.74	3.68	--	11.00	.558
Diám. de	1.00	73.80	3.95	2.40	2.20	2.10	5.02	3.68	3.50	4.54	4.63	--	16.09	.457
Orificio	1.40	86.70	5.20	2.52	2.59	2.31	5.57	4.35	4.05	5.45	5.51	13.20	23.31	.381
1.52 mm.	1.75	98.00	5.95	2.83	2.74	2.68	5.72	4.60	4.54	5.88	6.30	--	27.01	.355
Base Blanca	.70	113.55	2.90	2.22	1.95	2.55	5.24	3.65	2.80	3.35	3.50	--	8.78	1.270
Diám. de	1.00	141.95	4.70	2.49	2.31	3.26	5.76	4.14	3.93	4.20	4.75	--	13.87	1.016
Orificio	1.40	164.30	5.90	2.98	2.50	4.11	6.27	4.61	4.44	4.72	6.00	18.39	17.48	.939
1.77 mm.	1.75	181.30	6.70	3.23	2.89	4.60	6.85	5.12	4.90	5.88	6.58	--	27.00	.685
Rocío	.70	13.60	--	--	--	--	--	--	--	1.31	--	--	--	--
Base	1.00	14.75	--	--	--	--	--	--	--	1.40	--	--	--	--
Amarilla	1.40	7.80	--	--	--	--	--	--	--	1.34	--	--	--	--
	1.75	19.70	--	--	--	--	--	--	--	1.40	--	--	--	--