

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

**Estudio Hidrológico de la Unidad de Riego el
Cuarenta del Municipio de Lagos de Moreno,
Jalisco**

T E S I S

Que para obtener el título de:
Ingeniero Agrónomo
p r e s e n t a :
FERNANDO GOMEZ NUÑO

Con cariño a mis padres

A mis maestros:
con buenos recuerdos, respeto y gratitud



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

Mis agradecimientos al Ing. Juan José Hernández Flores y asesores por su valiosa colaboración en la revisión de esta tesis

I N D I C E :

	PAG.
INTRODUCCION .	1
OBJETIVO .	2
REVISION DE LITERATURA.	3
CAPITULO I G E N E R A L I D A D E S . -	9
1.1.- Situación. ✓	
1.2.- Altitud. ✓	
1.3.- Clima. ✓	
1.4.- Precipitación. ✓	
1.5.- Temperaturas. ✓	
1.6.- Evaporación. ~	
1.7.- Vientos Dominantes.	
1.8.- Clasificación de la tierra.	
1.9.- Descripción de la unidad.	
CAPITULO II C O N D U C C I O N D E L A G U A . -	20
2.1.- Topografía.	
2.2.- Area dominada por obras	
2.3.- Características Físicas y Químicas del Suelo.	
2.4.- Cultivos principales.	
2.5.- Características climatológicas.	
2.6.- Red de distribución.	
2.6.1.- Canales principales.	
2.6.2.- Canales laterales.	
2.6.3.- Eficiencia de conducción.	
2.6.4.- Pérdidas por filtración en canales de tierra.	

	PAG.
CAPITULO III	
LA TECNICA DE RIEGO.-	28
3.1.- Relación Agua-Suelo-Planta.	
3.2.- Uso Consuntivo.	
3.2.1.- Factores que influyen en el uso consuntivo.	
3.2.2.- Pérdidas inevitables.	
3.3.- Láminas de Riego.	
CONCLUSIONES .	60
BIBLIOGRAFIA .	61

I N T R O D U C C I O N .

México por sus contrastadas características Ecológicas presenta para la agricultura regiones en donde ésta no puede llegar a desarrollarse a su máximo, sino se implementan las obras tanto de infraestructura como las demás que se requieren para el mejor aprovechamiento de dichas zonas; es necesario por lo tanto construir en este tipo de zonas, presas y bordos que almacenen el agua que resulta ser el elemento vital para una agricultura próspera en donde hay carencias de este líquido, ya sea por la escasa p.p., o por el inadecuado uso de los caudales que lleguen a pasar por estas zonas, tal es el caso del distrito de riego de Lagos de Moreno, Jalisco., denominado El Cuarenta, en donde se captan las aguas del Río Lagos, afluente del Río Verde.

O B J E T I V O .

El presente estudio de la zona de riego "El Cuarenta", tiene por objeto mostrar los recursos disponibles que se tienen y lograr con las recomendaciones que se hacen el máximo aprovechamiento de los mismos.

REVISION DE LITERATURA.

LAS AGUAS METEORICAS.

CLIMATOLOGICAS.- La insolación, la presión atmosférica y la precipitación son los factores meteorológicos que intervienen directamente en la determinación del clima de una región.-

La lluvia es el fenómeno meteorológico que depende totalmente de la temperatura y los vientos y en muchas oportunidades son los accidentes orográficos los que determinan que la precipitación se produzca en determinado lugar.

Los climas se clasifican en dos grandes divisiones, climas solares y climas físicos. Los primeros dependen del sol y de la latitud. Los climas físicos se producen en las regiones en que la energía solar recibida por la tierra es influenciada fuertemente por los accidentes del suelo.

Las características de sequedad y humedad de un clima, están determinados por la cantidad total de lluvia registrada durante el año. Las precipitaciones caracterizan los climas en -- muy húmedos, húmedos, secos y desérticos.

De todas maneras, la temperatura es el factor primordial para la determinación de un clima. La mayor o menor intensidad de los demás fenómenos meteorológicos, dependen de la marcha de la temperatura, la humedad y temperatura son los que determinan las regiones agrícolas, que se relacionan con la índole de la vegetación espontánea.

A estos conceptos de temperatura y humedad están ligados los llamados valores óptimos ecológicos y límites ecológicos, siendo los primeros los índices termo-hídricos que actúan sobre un vegetal durante su desarrollo vegetativo y permiten a la planta su máxima producción económica.

Se entiende por límite ecológico, que puede actuar por exceso o deficiencia, el grado termo-hídrico que coloca al vegetal en el límite compatible con las exigencias económicas del cultivo.

El profesor Martonne dió estos conceptos sobre los índices una expresión numérica y llamó a esta relación "ÍNDICE DE ARIDEZ".

$$I = \frac{m}{t + 10}$$

de donde:

I = Índice

m = Precipitación anual

t = Temperatura media anual.

Con los valores obtenidos el profesor Martonne estableció 6 regiones, que el profesor Conti (1) resumió en la siguiente forma:

- | | |
|------------------|--|
| 1a.- I = 1 a 5 | Regiones desérticas, terrenos áridos sin precipitación. No aprovechable, sin riego para la agricultura. |
| 2da.- I = 5 a 10 | Estepas desérticas con vegetación xerófica - arbustiva y algunos pastos duros. La agricultura solo es posible con riego. |
| 3a.- I = 10 a 20 | Sábanas con pastos relativamente abundantes- |

a veces con árboles. Regiones aptas para pas -
toreo, cultivos de regadío.

4a.- I = 20 a 30 Regiones con vegetación mas variada. Regio -
nes especialmente aptas para agricultura a -
base de cereales tipo trigo y a veces fruta -
les.

5a.- I = 30 a 35 Regiones de pastos tiernos, apropiados para -
toda explotación agrícola sin regadío.

6a.- I = 35 a 40 Regiones ricas en cursos de agua; abundantes
o más bosques, impropias para trigo, aptas para --
cultivos tropicales y exigentes de humedad.

(1) Conti, M. tratado de hidrología agrícola Buenos Aires 1938.

AGUAS SUBTERRANEAS.

LAS CAPAS ACUIFERAS SUBTERRANEAS.- Sobre la existen -
cia cantidad y calidad de aguas subterráneas en una región influ -
yen las condiciones tectológicas, orográficas, hidrográficas y cli -
máticas.

Las capas acuíferas subterráneas han sido una de --
las fuentes de aprovisionamiento de agua de que se ha valido el -
hombre desde la antigüedad mas remota.

La información de la existencia de dichas capas - -
acuíferas se basó, por mucho tiempo y mientras la geología no dió
las bases para el estudio nacional de la hidrología subterránea, -
en los signos exteriores que indicaron su existencia en el subsue -
lo. Dichos signos exteriores son: la existencia de vapores que se
extienden sobre los lugares donde existen capas acuíferas.

De todas maneras los Romanos, basándose en signos -

incierto surtieron de agua numerosas ciudades. La técnica existente en esa época se basó en ideas y principios establecidos por -- Vetrubio y Plineo y se basaron en los signos exteriores. Lucrecio creía que el origen de las capas acuíferas subterráneas era el -- agua del mar que infiltrándose a través de la tierra se purificaba la fuente de los cursos de agua. Descartes expresó la misma -- teoría 18 siglos después.

La explicación de la formación de las capas subterráneas en su verdadero concepto fué dado en el año de 1843 por -- Degousse y otros.

En definitiva debe establecerse que el agua de lluvia que cae sobre la superficie de la tierra y que no es vuelta -- nuevamente a la atmósfera por la evaporación o que no corre por -- la superficie hacia los lugares mas bajos, penetra en el interior del suelo con mayor o menor facilidad según sea el estado físico -- del mismo, dirigiéndose a las capas mas profundas, debido a la acción de la gravedad. El agua que se infiltra en el suelo, se observará que no toda escurre a formar las capas acuíferas pues una parte se mantiene en los horizontes superiores para intervenir en las reacciones químicas del mismo suelo.

RINGERMANN.- Ha encontrado que sobre cien partes de agua caída anualmente en Francia, cincuenta y siete se pierden -- por evaporación y 43 vuelven al mar, de las cuales 26 llevadas -- por los ríos y 17 despues de haberse infiltrado.

Las capas acuíferas subterráneas se dividen en 2 categorías: Capas Freáticas o superficiales y Capas artesianas o -- profundas. Las primeras son aquellas que, alcanzadas por un pozo o perforación, mantiene su nivel estático, y las Capas Artesianas que están sometidas a presión, cuando son alcanzadas por una perforación ascienden por ella, emergiendo a veces sobre la superficie del suelo o manteniéndose debajo de esta superficie; en el -- primer caso se llaman surgentes y en el segundo semi-surgentes.

FORMACION DE LAS CAPAS ACUIFERAS:

El Ing. E. Hernutte (1) divide a las rocas desde el punto de vista de la hidrología subterránea en dos grandes categorías: Rocas permeables y rocas impermeables; entendiéndose por roca toda masa mineral consistente o no que forme parte de la corteza terrestre en cantidad apreciable (arenas, granitos, arcillas, etc). Clasifica entre los primeros las tierras turbosas arcillas, calcareas, silicosas, etc; las rocas inconsistentes: arenas, gravas, aluviones, etc: las rocas porosas y entre estas las mas importantes areniscas, rocas fragmentadas, rocas fisuradas, calcareas, esquistos, etc.

Para que exista una capa freática es necesario que se encuentre sobre la superficie un considerable espesor de rocas permeables. La forma de recibir el agua las rocas permeables se diferencia, según la calidad de agua así: las tierras turbosas arcillas calcareas silicosas la reciben por inhibición; las rocas inconsistentes, por relleno de los intersticios que se forman entre las partículas que las constituyen y las rocas porosas, por penetración en las rajaduras, fisuras o hendiduras.

En las rocas calcareas, esencialmente, puede ocurrir el fenómeno de que el agua ensanchando las hendiduras, abra grandes galerías y cavernas subterráneas en las que circulan en ocasiones importantes caudales, a manera de ríos subterráneos.

En fin, el caso general es aquel en el cual el agua de precipitación, cae sobre una superficie de terreno permeable, sobre la que puede existir o no tierra vegetal y penetra en la misma, dirigiéndose hacia las capas profundas por efecto de la gravedad. Cuando esta agua encuentra en su descenso una capa de rocas impermeables sobre la que descansa el terreno permeable, se detiene y extiende, saturando las capas permeables hasta una determinada altura, que varía por incorporación o eliminación de diversas cantidades de líquido.

La determinación de la existencia de capas freáticas es relativamente sencilla pues en el terreno permeable el agua desaparece con cierta rapidez de la superficie, después de la lluvia. En general, puede establecerse que existen terrenos permeables donde no hay aguas superficiales.

También se observa la existencia de lagunas o pantanos en lugares donde existen aguas freáticas, porque los depósitos superficiales pueden hallarse en lugares con terrenos permeables. Esto se debe a la existencia de sales que impermeabilizan el suelo, por la acción ya conocida de las sales de Sodio sobre la arcilla.

El Ing. Hernutte establece las leyes de la hidrología subterránea.

- 1.- En toda región permeable hay agua a una profundidad relativamente pequeña.
- 2.- En toda región impermeable solo se encontrara agua a profundidades relativamente grandes o lo que es lo mismo:
 - a).- En toda región donde son raros los ríos y aguas estancadas, hay aguas freáticas.
 - b).- En toda región donde abundan los ríos y aguas estancadas, no hay aguas freáticas.

(1).- Hernutte, Enrique: Las aguas subterráneas 1918.

C A P I T U L O I
G E N E R A L I D A D E S .

El municipio se encuentra comprendido al Noroeste - de la región, conocida por los Altos en el estado de Jalisco, en-tre las coordenadas;

101° - 36' al 102° - 8" Longitud Oeste.

21° - 3' - 45" al 21° - 51' - 43" Longitud Norte.

y comprendido dentro de las curvas de nivel de 1,500 a 2,000 me-tros sobre el nivel del mar, estando la mayor parte entre los - - 1,700 a 1,900 metros sobre el nivel del mar, e isoyetas de 500 a- 600 m.m. de precipitación pluvial.

1.1.- Situación.-

El distrito de riego de Lagos de Moreno, está situa-do en el extremo Noroeste del Estado de Jalisco, ocupando parte - del municipio de Lagos de Moreno y se encuentra en operación des-de diciembre de 1953, mediante el aprovechamiento de las aguas -- del Río Lagos, afluente del Río Verde, que a su vez descarga en - el Río Santiago.

1.2.- Altitud.-

La altitud de los terrenos regables, varía desde --

1,910 a 1,985 metros sobre el nivel del mar.

1.3.- Clima.-

El clima dominante en la región de acuerdo con la clasificación de THORNTHWAITE, es semi-seco, con primavera seca; semi-cálido, sin estación invernal definida.

1.4.- Precipitación.-

La precipitación media anual de la zona regable es de 545 m.m. y ocurre en un promedio de 65 días al año, estando -- concentrada en los meses de mayo a octubre y siendo notoriamente escasa el resto del año.

M E S E S :	Precipitación Pluvial		
	Máxima:	Media:	Mínima:
Enero	3.8	3.0	1.0
Febrero	0.0	0.0	0.0
Marzo	1.9	0.6	0.0
Abril	0.0	0.0	0.0
Mayo	23.5	15.6	1.0
Junio	68.7	98.0	0.2
Julio	9.4	14.7	0.8
Agosto	28.4	48.9	0.9
Septiembre	49.8	48.8	0.5
Octubre	14.2	8.8	0.8
Noviembre	3.2	3.1	3.2
Diciembre	1.3	0.1	1.5

1.5.- Temperatura.-

La temperatura presenta fuertes variaciones durante el año, siendo la media anual de 20°C. y registrándose una máxima de 38°C. en el mes de mayo y una mínima de 3°C. en el mes de enero.

Debido a que en la región predomina el clima semi-seco, el riego es indispensable para el desarrollo de una agricultura próspera, consiguiéndose hacer cultivos de temporal, que permiten levantar cosechas durante la estación lluviosa uno o dos años de cada cinco, perdiéndose en los años restantes por insuficiencia de las lluvias o por su mala distribución.

M E S E S :	T e m p e r a t u r a °C.		
	Máxima:	Media:	Mínima:
Enero	27.0	13.6	0.5
Febrero	26.0	12.8	0.5
Marzo	31.5	16.7	0.5
Abril	33.0	16.3	2.0
Mayo	34.5	24.6	6.0
Junio	32.0	19.3	9.5
Julio	28.0	19.2	10.0
Agosto	27.0	18.4	11.5
Septiembre	28.0	18.9	9.5
Octubre	29.0	17.8	3.0
Noviembre	28.0	15.3	0.0
Diciembre	26.5	13.3	0.1

1.6.- Evaporación.-

La evaporación media anual varía de 2,000 a 2,200 - m.m. en su mayor parte de 2,200 a 2,400 m.m. en pequeñas áreas localizadas al Norte y Oeste de la región.

La humedad relativa varía de 50 a 60%.

M E S E S :	E v a p o r a c i ó n m. m.		
	Máxima:	Media:	Mínima:
Enero	6.95	4.10	1.09
Febrero	8.02	5.64	3.34
Marzo	9.05	6.94	6.94
Abril	9.64	7.76	5.42
Mayo	10.49	7.49	4.26
Junio	10.91	4.85	0.56
Julio	8.97	6.22	2.10
Agosto	7.11	4.04	1.16
Septiembre	5.53	2.99	0.55
Octubre	6.69	3.92	1.47
Noviembre	7.08	4.01	1.79
Diciembre	7.25	4.30	1.15

1.7.- Vientos Dominantes.-

Vientos dominantes del Suroeste con velocidad de 4- Mts. por segundo en la región sur y dominante del norte, con la misma velocidad en la parte norte de la región.

1.8.- Clasificación de la Tierra.-

Uno de los 126 municipios del Estado de Jalisco, tiene una superficie de 2,655 Km²., con una población de 58,418 habitantes, por Km². La ocupación actual de las tierras es como sigue:

Pastizales:	108,876 Has.
Cultivos de temporal:	30,000 Has.
Cultivos de riego y hu medad:	9,000 Has.
Bosques:	1,000 Has.

La población ganadera:

Ganado vacuno:	100,000 Cabezas.
Ganado equino:	9,600 Cabezas.
Ganado ovino:	15,000 Cabezas.
Ganado caprino:	10,000 Cabezas.
Ganado porcino:	60,000 Cabezas.
Aves:	250,000

1.9.- Descripción de la Unidad.-

Se designan con el nombre de unidades de riego a -- las diferentes zonas agrícolas en las que se encuentra dividido -- el Distrito de Riego; la extensión, características e importancia de éstas, dependen de las condiciones topográficas de la zona.

Presa de Almacenamiento "El Cuarenta".-

Esta unidad cuenta para el buen funcionamiento con una presa de almacenamiento y regularización sobre el Río Lagos, -- que tiene una cuenca de captación de 1,830 kilómetros cuadrados. -- El volumen total almacenado de la presa "El Cuarenta", es de -- 30'000,000 de Mts.³, correspondiendo de éstos, 29'000,000 de Mts.³ -- útiles para riego.

Presa de Almacenamiento.-

El vaso de almacenamiento de esta unidad de riego - está constituido por obras de captación en las que almacena el -- agua de las corrientes naturales que conducen agua blanca y que - es aprovechable en época de estiaje para regar cultivos que se em- prendan en las áreas de riego.

Con el objeto de hacer resaltar la importancia que- tiene el volumen que se almacena en esta presa de "El Cuarenta",- se ha elaborado el siguiente cuadro:

A Ñ O S	Volumen Máximo Almacenado Miles M ³ .	Cíclo Agrícola	Has. Físicas Regadas.
1949	10,250.0 Agosto.	1949 - 1950	-
1950	21,101.0	1950 - 1951	2,184
1951	14,089.0	1951 - 1952	1,569
1952	18,127.0	1952 - 1953	2,181
1953	30,185.0	1953 - 1954	2,249
1954	15,600.0	1954 - 1955	1,729
1955	30,625.0	1955 - 1956	2,268
1956	30,625.0	1956 - 1957	2,423
1957	30,625.0	1957 - 1958	2,090
1958	30,625.0	1958 - 1959	1,804
1959	30,625.0	1959 - 1960	1,956
1960	13,629.0	1960 - 1961	1,151
1961	7,885.0	1961 - 1962	861
1962	9,550.0	1962 - 1963	1,140
1963	8,335.0	1963 - 1964	1,196
1964	30,625.0	1964 - 1965	1,912
1965	30,625.0	1965 - 1966	1,905
1966	30,625.0	1966 - 1967	2,205
1967	30,625.0	1967 - 1968	2,152
1968	27,472.0	1968 - 1969	2,475
1969	5,848.0	1969 - 1970	598
1970	24,064.0	1970 - 1971	2,197
1971	30,625.0	1971 - 1972	-

"Aguas Broncas".-

La diversificación de cultivos en esta unidad de riego y motivada por la calma de agosto, se hace necesario el uso de aguas broncas; estas proceden directamente de corrientes hidrológicas como son el Río Lagos, que es aprovechado por agricultores para auxilio de sus cultivos.

Aquí mismo proporcionamos la cantidad de agua que entra por ríos a la presa de "El Cuarenta".

Disponibilidad Hidrológica.-

Un aspecto que debe ser bien analizado y cuantificado cuando se trate de programar el uso del agua para riego o para cualquier otro fin, es la capacidad hidrológica disponible de la fuente de aprovechamiento en un momento dado, ya que de ello depende la cuantía del programa para el período de estiaje durante el cual deberán desarrollar los cultivos que se vayan a emprender y a los que sea necesario proporcionar el agua suficiente para su correcto desarrollo vegetativo y obtener de ellos los máximos rendimientos.

En el presente ciclo agrícola 1971-72 se contó con un almacenamiento de 30,625.0 M³., distribuidos para los siguientes cultivos de:

T R I G O ,

A L F A L F A ,

F R U T A L E S ,

A V E N A .

ENTRADA POR RIOS EN LA PRESA "EL CUARENTA", JALISCO.
EN METROS CUBICOS.

M E S E S :	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Enero	0.0	95.0	0.0	0.0	285.0	0.0	0.0	1,392.0	0.0	0.0
Febrero	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	0.0	2,016.0	0.0	24.0	0.0
Marzo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	253.0	2208.0	0.0
Abril	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3,090.0	23.0	92.0	0.0
Mayo	0.0	6.0	0.0	0.0	520.0	0.0	0.0	420.0	0.0	0.0
Junio	0.0	5,680.0	507.0	1,117.0	3,848.0	186.0	2,293.0	1,120.0	1080.0	1452.0
Julio	195.0	3,058.0	1,590.0	5,966.0	504.0	2,732.0	7,892.0	1,677.0	6521.0	2877.0
Agosto	7,111.0	465.0	862.0	615.0	3,432.0	22,083.6	20112.6	14,512.3	2891.0	105.0
Septiembre	399.0	345.0	5,696.0	1,138.0	16,614.4	13,231.0	4,998.1	70,229.6	3816.0	0.0
Octubre	247.0	0.0	630.0	790.0	6,117.0	13,427.9	2,806.8	5,723.6	48.0	60.0
Noviembre	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diciembre	57.0	0.0	0.0	810.0	0.0	0.0	0.0	81.0	0.0	0.0
S U M A S :	8,028.0	9,649.0	10285.5	10,486.0	31,380.4	51,660.5	43208.5	95,431.5	166800	4494.0

RELACION DE PRESAS EN LA UNIDAD-
DE RIEGO "EL CUARENTA".-

PRESA "EL CUARENTA":

Cortina de tierra con alma de cemento, con una longitud de 480 mts., de largo por 34 mts. de altura; vertedor de de macías con longitud de 184 mts., con capacidad de 2,000 M.3. de carga de 320 mts.

Obra de toma 8, cuenta con 4 compuertas, 2 de operación, 2 de emergencia que se operan a mano y con motor eléctrico, la obra de toma tiene una capacidad de 10 Mts.3.

PRESA REGULADORA "TLACUALECHE":

Se encuentra situada sobre el canal principal, en el K- 24 + 051, tiene bordo de tierra y mampostería; longitud de 865 Mts., de altura 3.60 Mts.; cuenta con 3 compuertas: 1- en la margen izquierda que va al tanque de la calera y el canal principal, 1- al centro y 1- a la margen derecha, su almacenamiento es de 300,000 Mts.3 aproximadamente; el vertedor se encuentra ubicado a la derecha y es de 14 Mts. de ancho.

PRESA REGULADORA "LA CALERA":

Se encuentra localizada en el K- 24 + 611, tiene -- cortina de mampostería y tierra, con una longitud de 407 mts., -- una altura de 3 mts.

PRESA DERIVADORA "1º. DE MAYO":

Se encuentra localizada sobre el K- 9 + 000 y se encuentra sobre el Río Lagos, su estructura consta de 6 pilares de 0.87 por 1.20 mts. de altura.

PRESA DERIVADORA "LA LABOR":

Se encuentra situada en el K- 15 + 500, su estructura consta de 8 pilares de 1.65 por 250 mts. de altura.

PRESA "SAN ANTONIO":

Situada en el K- 25 + 000 y se encuentra sobre el Río Lagos, su estructura consta de 6 pilares de 2.50 por 1.70 y 3.46 de altura, con una longitud de 113 mts.

PRESA DERIVADORA "SAN ISIDRO":

Se encuentra localizada en el K- 29 + 500, presa -- que tiene 70 mts. de longitud y se encuentra sobre el Río Lagos.

Tenencia de la Tierra.-

La totalidad de la tierra regable en el distrito de riego está en posesión de ejidatarios y pequeños propietarios.

Es muy importante tomar en cuenta el tamaño de la parcela de los diferentes grupos de usuarios en el momento de planear la distribución del agua, ya que para lograr una buena realización de un programa, es determinante entre otros factores la capacidad del usuario de obtener créditos para fertilizantes, semi-

llas mejoradas, maquinaria, práctica oportuna de sus cultivos, -- etc. Lo que se puede analizar en función de la extensión territorial que posee cada uno.

CUADRO DE LA DISTRIBUCION DE LA PROPIEDAD DE LA UNIDAD.

Grupo de usuarios por su				Núm. de	Superficie	Hectáreas:	
perficie de sus parcelas				usuarios.	Riego.	Temporal	Total
<u>Antiguos Propietarios:</u>							
De	0	-	5 Has.	118	183.42	1.85	185.27
De	5.1	-	10 "	15	117.85	6.50	124.30
De	10.1	-	20 "	13	177.40	28.75	206.15
De	20.1	-	30 "	9	200.80	24.50	225.30
De	30.1	-	40 "	3	111.00		111.00
De	40.1	-	50 "	2	88.85	4.00	92.85
De	50.1	-	100 "	9	474.80	152.80	627.60
Mayores de	100		"	4	520.75	232.20	754.90
S U M A S :				173	1,876.87	450.60	2,327.47
<u>Ejidatarios:</u>							
De	0	-	5 Has.	197	644.65	31.25	675.90
De	5.1	-	10 "	60	395.00	46.75	441.75
De	10.1	-	20 "				
Mayores de	20		"	1	24.80	22.60	47.40
S U M A S :				258	1,046.45	100.60	1,165.05
TOTAL GENERAL:				431	2,941.32	551.20	3,492.52

SUPERFICIE TOTAL DE RIEGO 100.0 %
 SUPERFICIE PEQUEÑOS PROPIETARIOS 64.6 %
 SUPERFICIE EJIDATARIOS 35.4 %

C A P I T U L O I I

CONDUCCION DEL AGUA.

Generalmente para hacer llegar el agua desde la - - fuente de aprovechamiento a los terrenos de cultivo, es necesario hacerla recorrer grandes distancias, para lo cual se debe tener - un amplio conocimiento de las condiciones que prevalecen en las - zonas de riego, principalmente en lo que se refiere a las del suelo por el que deba hacerse la conducción del agua.

Es muy importante que en toda planeación del correcto uso del agua en las áreas de regadío, se tomen en cuenta entre otros, los siguientes factores:

- a).- Topografía de la zona,
- b).- Area dominada por las obras,
- c).- Características físicas y químicas del suelo,
- d).- Cultivos principales,
- e).- Características climatológicas.

El estudio de los factores anteriores, son determinantes de las características hidráulicas que se deben dar a las obras de riego para que el agua llegue en cantidades suficientes, en el momento que los cultivos la requieran y con las menores pérdidas posibles.

A continuación se dan a conocer los factores anteriormente mencionados:

2.1.- Topografía: Las condiciones topográficas que prevalecen en esta zona de riego son las siguientes:

- a).- Pendiente general 1-5 %.
- b).- Altitud media sobre el nivel del mar 1,900 - - metros.
- c).- Varía de movida a ondulada.

2.2.- Area dominada por obras:

- a).- Cubierta por obras 3,493 Has.
- b).- Neta regable 2,942 Has.
- c).- Neta que se riega actualmente.
 - c.1.- Promedio de los últimos 5 años 2,022 Has.
 - c.2.- Máxima 2,650 Has.
 - c.3.- Mínima 598 Has.

2.3.- Características Físicas y Químicas del suelo:

- a).- Textura ligera 735 Has.
- b).- Textura media 736 Has.
- c).- Textura pesada 1471 Has.
- d).- Afectada de sales 0.
- e).- Enmontada 0.

2.4.- Cultivos Principales:

- a).- Trigo.
- b).- Alfalfa.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

- c).- Avena. /
- d).- Frutales. /
- e).- Maíz. /
- f).- Sorgo. /

2.5.- Características Climatológicas:

- a).- Clave Thornthwaite.- Dw B'2.
- b).- Descripción.- Provincia de humedad.
D semi-árida vegetación de estepa.
Humedad deficiente en invierno.
Provincia de temperatura B' mesotérmica. Sub--
provincia de temperatura 2, concentración en -
el verano entre 25 y 34 %.

2.6.- Red de Distribución:

La red de distribución la constituye el conjunto de canales y obras de arte construídas para que se domine la totali-dad de la zona de riego. En general, el tipo de canales más gene-ralizados para la distribución del agua de riego, es el de las ex-cavadas en el terreno. La ventaja principal de estos canales de - tierra la constituyen su bajo costo; sin embargo, esa ventaja es-contrarrestada con los siguientes inconvenientes:

- a).- Excesivas pérdidas por filtración.
- b).- Reducida velocidad.
- c).- Gran sección transversal.
- d).- Peligro de roturas motivadas por la erosión o-
por animales que escarban o abrevan en los ca-
nales.

e).- Desarrollo de hierbas acuáticas.

f).- Elevados costos para la conservación y mantenimiento.

2.6.1.- Canales Principales:

El conjunto de canales que sirven para conducir el agua de la presa de almacenamiento a las áreas de regadío, es a lo que se le denomina canales principales.

Los canales principales de esta unidad de riego cuentan con un total de 35 kilómetros, dentro de éstos se encuentran revestidos 2.2 Km.

2.6.2.- Canales laterales:

La red de canales secundarios la constituyen todos aquellos cuya capacidad son menores de la de éstos, dado que su función es hacer conducir un gasto para áreas relativamente menores en comparación con el área total de riego denominada por las obras.

En general la red de distribución en la unidad de riego del Cuarenta en el municipio de Lagos de Moreno, la forman el conjunto de canales principales y secundarios; además es de su importancia considerar las condiciones en que se encuentran las regaderas o acequias a cargo de los usuarios para hacer llegar el agua hasta la parcela, pues si se encuentra en malas condiciones se pierde mucha agua por rotura de estas, o si está muy sucia, pierde velocidad.

P R I N C I P A L E S :			L A T E R A L E S :		
De tierra:	Revestidos:	Total:	De tierra:	Revestidos:	Total:
32,840	2,200	35,040	5,100	-	5,100

2.6.3.- Eficiencia de Conducción:

Es característico, dentro de cualquier sistema de riego, que el volumen de agua que llega a los terrenos de cultivo, siempre es inferior al volumen derivado de las fuentes de origen, las pérdidas de agua que se registran en la red general de conducción, en ocasiones son de tal naturaleza, que adquieren una importancia digna de ser tomada en cuenta, para la planeación del correcto uso del agua disponible. Por lo general, las pérdidas en canales se deben a las filtraciones a través de su perímetro mojado y a las evaporaciones de la superficie libre; éstas en la generalidad de los casos es despreciable, puesto que su magnitud es inferior al error cometido en la medición de los gastos conducidos. Algunos autores estiman que las pérdidas por este concepto, rara vez exceden a una disminución del tirasete de 1.27 cms. en 24 horas.

Entre otros, los factores fundamentalmente determinantes de la magnitud de las filtraciones en los canales; pueden anotarse los siguientes:

- a).- Características del material que constituye el perímetro mojado y su extensión.
- b).- Tirante, velocidad y caudal de agua.
- c).- Niveles freáticos y condiciones de drenaje.
- d).- Acción de la capilaridad y velocidad del agua de filtración.

Lo anterior, ha servido para dar mayor énfasis a la importancia que representa la determinación de la eficiencia de

conducción del agua en canales, ésta se representa relacionando el volumen entregado a los cultivos, con el derivado de las fuentes de origen expresado en porciento. Así por ejemplo si representamos por E_c a la eficiencia de conducción, V_d el volumen derivado y V_e al volumen entregado tenemos:

$$E_c = \frac{V_e}{V_d} \times 100 \quad (1)$$

Con los volúmenes extraídos y entregados a los usuarios en los últimos cinco ciclos agrícolas, se ha determinado la eficiencia de conducción en canales principales y laterales en la unidad de riego de "El Cuarenta", a distintos niveles.

CICLO AGRICOLA 1967 a 1971.

AÑOS :	Volumen recibido control Miles M3.	Volumen entregado a usuarios Miles M3.	Volumen per dido a usuarios Miles M3.	Efic. Cond. %
1967-1968	18,469	12,517	5,951	67.8
1968-1969	22,980	16,758	6,222	72.9
1969-1970	3,149	1,732	1,416	55.0
1970-1971	16,341	12,244	4,096	74.9

2.6.4.- Pérdidas por Filtración en Canales de Tierra:

La estimación precisa de la magnitud de las pérdidas por filtración, es no solo un factor esencial, sino que es -- así mismo, una de las etapas iniciales de los proyectos para evaluar las eficiencias de operación de las unidades de riego.

Puede decirse que el valor de las pérdidas por filtración en canales de tierra depende primordialmente de cuatro -- grupos de factores:

1°.- Del líquido conducido en nuestro caso el agua:

- a).- El gasto conducido, es decir área hidráulica y velocidad de escurrimiento.
- b).- Longitud de la plantilla, el tirante y los taludes.

2°.- Del medio poroso donde tiene lugar la filtración:

- a).- Textura.
- b).- Estructura, éste está sujeto a más variaciones en el transcurso del tiempo, debido a fenómenos de sedimentación de azolves, así como de - solución de sales.
- c).- Altura capilar máxima.

3°.- Factores climáticos:

4°.- Condiciones hidrodinámicas del flujo de filtración.

Existen varios métodos para calcular las filtraciones de los canales de tierra entre éstos el del cálculo del caudal a la entrada y la salida, los medidores de infiltración, el - de estanque o embalsado.

El cálculo de entrada menos salida, que como su nombre lo indica, consiste en calcular los volúmenes en dos secciones de aforo, situadas en los extremos del tramo en cuestión.

Los aforos deben satisfacer dos requisitos esencia-les. El primero consiste en que el aforo sea continuo o bien, que se realice con una frecuencia tal que permita tener en cuenta - - cualquier variación eventual del gasto durante la prueba. El se-gundo requisito es que dichos aforos, en las zonas aguas arriba y aguas abajo, se llevan simultáneamente o, más exactamente, con un desplazamiento en el tiempo, igual al lapso necesario para que el primer volumen aguas arriba pueda ser detectado aguas abajo.

C A P I T U L O I I I

LA TECNICA DE RIEGO.-

La obtención de altos rendimientos en las cosechas, es el producto del equilibrio existente entre el contenido de humedad en los suelos y la capacidad de ser aprovechada por las --- plantas durante el desarrollo de su ciclo vegetativo.

La finalidad que se persigue con la técnica de riego, es proporcionar a las plantas la humedad suficiente y en el - momento que estas la requieran; sin embargo, como son muchos los - factores que afectan el consumo de agua por dichas plantas, se re quiere hacer un análisis de los más importantes para determinar - con la mayor precisión el momento oportuno de aplicar el riego -- con la cantidad estrictamente necesaria.

3.1.- Relación Agua-Suelo-Planta:

La práctica racional del riego hace necesario el -- uso de los conocimientos técnicos relacionados con el agua, el -- suelo y las plantas de cultivo; para tal objeto, se requiere ha- cer hincapié en la importancia que revisten cada uno de estos el- mentos a fin de lograr un equilibrio que satisfaga las pretencio- nes de obtener los mejores rendimientos por unidad de superficie- o de agua aplicada.

El contenido de humedad de los suelos que puede ser aprovechado por las plantas, es una variable que fluctúa desde la

capacidad de campo al punto de marchitamiento permanente; no obstante lo anterior, para fines prácticos se requiere conocer el porcentaje de humedad de un suelo en relación con el peso del suelo seco, esto solo se consigue cuando el suelo ha sido secado en la estufa a temperatura de 110°C., hasta obtener peso constante; así pues, lo anterior puede expresarse en la siguiente fórmula:

$$P_s = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

en la que:

PSH = Peso del Suelo Húmedo.

PSS = Peso del Suelo Seco.

Siendo la humedad aprovechada por las plantas la diferencia que existe entre el % de humedad a capacidad de campo y el respectivo % a marchitamiento permanente; que multiplicándola por la densidad aparente y la profundidad que adquieren las raíces de los cultivos, se obtiene la máxima lámina aprovechable por riego, quedando la siguiente expresión:

$$Ha = \left(\frac{P_s}{cc} - \frac{P_s}{pmp} \right) Da Pr \dots\dots\dots (3)$$

Es recomendable que en épocas de floración, el % de humedad aprovechable no debe ser inferior del 85 al 50% dependiendo del cultivo, pues se considera que en este período las células vegetales están en mayor actividad y requieren estar saturadas constantemente para que funcionen en forma normal, así pues, si se representa por PSA al porcentaje de humedad en el momento de terminar el contenido de humedad actual de los suelos que se van a regar, la lámina de riego que se debe aplicar quedará representada en la siguiente forma:

$$L = (P_{\Sigma c} - P_{s_a}) D_a \times Pr \dots \dots \dots (4)$$

Es obvio que sobra la explicación de los efectos que se producen al mantener los cultivos bajo condiciones constantes - de contenido de humedad del suelo mayores de C.C. y menores que el PMP por lo que solo es recomendable llegar a estos valores en vías de experimentación y no para cosechas remunerativas.

3.2.- Uso Consuntivo.-

Rara vez hay economía de agua de riego cuando ésta - es abundante. Cuando la disponibilidad del agua disminuye o ésta - es escasa y costosa, es más probable que se tomen medidas para su - conservación.

Para lograr la producción máxima con cada unidad de - agua aplicada, debe saberse cuánta hay que aplicar, cuándo se debe aplicar, dónde debe aplicarse y cómo se deben diseñar y operar los sistemas de riego. Por lo tanto es necesario conocer el uso consuntivo (definido como la cantidad de agua utilizada en un área dada - para la transpiración, la formación de los tejidos de las plantas - y la evaporación desde el suelo adyacente), para planear el riego - y los sistemas de drenaje, mejorar las prácticas de riego y tener - una base para establecer los calendarios de riego.

3.2.1.- Factores que influyen en el uso consuntivo.-

Son muchos los factores que afectan al uso consunti - vo. Unos han sido creados por el hombre; otros son naturales. Los - factores naturales más importantes son el clima, los suelos y la - topografía. Entre los factores climatológicos figuran la precipita - ción, la radiación solar, la temperatura, la humedad, los vientos -

y la duración del ciclo vegetativo.

Los factores creados por el hombre suelen poderse controlar por él. Muchos están relacionados con los factores naturales y climáticos. Comprenden la disponibilidad del agua, la cantidad de ésta, la fecha de siembra, la variedad de la especie cultivada, la fertilidad, el espaciamiento entre las plantas, el manejo del agua, las labores de cultivo y las de productos químicos.

Todos los factores citados pueden influir en el desarrollo de las plantas y por lo tanto, en el uso consuntivo. Por esta razón, los usos consuntivos pueden variar de una finca a otra, de ciclo a ciclo y de un día a otro. Cuando las plantas son jóvenes la cantidad de agua usada es pequeña. La cantidad consumida aumenta al ir creciendo la planta, alcanza un máximo en cierto momento del ciclo vegetativo, y después desciende en la época de recolección. Sin embargo, para una producción óptima, en una localidad determinada, un cultivo dado requerirá una cantidad definida de agua durante el ciclo vegetativo.

3.2.2.- Pérdidas inevitables.-

Aparte del agua que se pierde durante las técnicas de aplicación, existen otras muchas pérdidas que no guardan relación con las necesidades de agua. Si se sobrieriegan suelos muy permeables, puede penetrar una cantidad considerable de agua a capas situadas por debajo de la zona radicular, siendo inaprovechable para un uso consuntivo inmediato. Es difícil medir esta pérdida profunda, en relación con la eficiencia de riego y, sin embargo, se proporciona a la parcela y debe tenerse en cuenta.

Cuando existe una cantidad excesiva de sales, tiene que hacerse pasar una cantidad adicional de agua a través del suelo, para lavar las sales y extraerlas de la zona radicular. El lavado es el proceso mediante el cual se eliminan los materiales so

lubles del suelo, haciendo pasar agua hacia abajo. Algunas veces hay que aplicar riegos adicionales para estimular la germinación, en ocasiones para protección contra las heladas.

De acuerdo con la metodología de BLANEY y CRIDDLE para el cálculo de los usos consuntivos, el primer paso es la determinación del ciclo vegetativo de los cultivos a fin de determinar el coeficiente K de cada uno de ellos. Lo anterior está elaborado con base en la siguiente fórmula:

$$UC = KF \dots\dots\dots (5)$$

COEFICIENTE K PARA EL CALCULO DE LOS
USOS CONSUNTIVOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS.

C U L T I V O S :	CICLO VEGETATIVO:	COEFICIENTE K GLOBAL CALCULADO.
ALFALFA	Todo el año	0.874
GARBANZO	30 Nov.- 30 Mar.	0.725
MAIZ	30 Abr.- 30 Ago.	0.839
SORGO	15 Abr.- 10 Sep.	0.746
TRIGO	15 Dic.- 30 May.	0.989

NOTA: Tomado del Memorandum Técnico No. 273, de la Dirección de Estadística y Estudios Económicos.

UC = Uso Consuntivo

K = Coeficiente de uso consuntivo.

F = Factor de temperatura y cuyo valor está dado por:

$$f = p \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right)$$

en que t = a la temperatura media en °C. para el período que se considere

y p = Porcentaje de horas luz para el mismo período con respecto al total del año.

La importancia que tiene la determinación de los consumos de agua por los cultivos para su correcto desarrollo fisiológico, hace necesaria la determinación de los usos consumitivos de todos los cultivos que se practican en esta unidad.

La latitud de este lugar es 21° 30' y a continuación se formará la tabulación correspondiente en donde se anotará la temperatura mensual y el porcentaje de horas luz por día en el mes respecto al total de un año.

M E S :	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C.	PORCENTAJE DE HORAS LUZ. (p)	$\frac{t + 17.8}{21.8}$
Enero	13.5	7.68	1.437
Febrero	15.4	7.22	1.524
Marzo	16.0	8.40	1.552
Abril	18.1	8.55	1.649
Mayo	21.8	9.20	1.819
Junio	22.4	9.07	1.846
Julio	20.3	9.31	1.750
Agosto	20.4	8.94	1.754
Septiembre	19.7	8.29	1.722
Octubre	17.1	8.14	1.603
Noviembre	15.1	7.52	1.511
Diciembre	14.4	7.58	1.478

Con los valores anteriores se calcula la siguiente tabla.

VALOR MENSUAL DE F

M E S :	P	$\frac{t + 17.8}{21.8}$	F
Enero	7.68	1.437	11.03
Febrero	7.22	1.524	11.00
Marzo	8.40	1.552	13.03
Abril	8.55	1.649	14.09
Mayo	9.20	1.819	16.73
Junio	9.07	1.846	16.74
Julio	9.31	1.750	16.29
Agosto	8.94	1.754	15.68
Septiembre	8.29	1.722	14.27
Octubre	8.14	1.603	13.04
Noviembre	7.52	1.511	11.36
Diciembre	7.58	1.478	11.20

T R I G O . -

El ciclo vegetativo de este cultivo comprende los meses de enero a mayo, y tomando en cuenta que el coeficiente empírico de uso consuntivo es:

$$K (\text{Global}) = 0.85$$

Ya teniendo este dato calculamos el uso consuntivo durante su ciclo vegetativo.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO:	
			CALCULADO	AJUSTADO
Enero	13.03	0.33	4.29	2.
Febrero	11.00	0.90	9.90	7.92
Marzo	13.03	1.45	18.89	15.11
Abril	14.09	1.50	21.13	16.90
Mayo	16.73	0.95	15.89	12.71
	67.88		70.10	

$$C = \frac{70.10}{67.88} = 1.03 \quad J = \frac{0.85}{1.03} = 0.82$$

CALCULO DEL USO CONSUNTIVO PARA LOS
CULTIVOS DE LA UNIDAD DE RIEGO "EL CUARENTA"

Para esto se consultaron los memorandums técnicos - números 231 y 290 que publica la Dirección General de Distritos - de Riego.

$$U_c = K F = K F \text{ (FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE)}$$

$$F = P \left(\frac{T + 17.8}{21.8} \right) \text{ de donde:}$$

F = Es el factor mensual de V.c por el porciento de horas luz en el día respecto a total anual.

T = Es la temperatura media mensual en °C.

K = Coeficiente empírico de uso consuntivo.

La latitud de este lugar es 21° 30', a continuación se forma la tabulación correspondiente en donde se anotará la temperatura mensual y el porciento de horas luz por día en el mes -- respecto al total de un año.

M E S :	TEMPERATURA	PORCIENTO		$\frac{T + 17.8}{21.8}$
	MEDIA MENSUAL °C.	DE HORAS	P	
Enero	13.5	7.68		1,437
Febrero	15.4	7.22		1,524
Marzo	16.0	8.40		1,552
Abril	18.1	8.55		1,649
Mayo	21.8	9.20		1,819
Junio	22.4	9.07		1,846
Julio	20.3	9.31		1,750
Agosto	20.4	8.94		1,754
Septiembre	19.7	8.29		1,722
Octubre	17.1	8.14		1,603
Noviembre	15.1	7.52		1,511
Diciembre	14.4	7.58		1,478

Con los valores anteriores se calcula la siguiente tabla:

M E S :	P	$\frac{T + 17.8}{21.8}$	F
Enero	7.68	1,437	11.03
Febrero	7.22	1,524	11.00
Marzo	8.40	1,552	13.03
Abril	8.55	1,649	14.09
Mayo	9.20	1,819	16.73
Junio	9.07	1,846	16.74
Julio	9.31	1,750	16.29
Agosto	8.94	1,754	15.68
Septiembre	8.29	1,722	14.27
Octubre	8.14	1,603	13.04
Noviembre	7.52	1,511	11.36
Diciembre	7.58	1,478	11.20

A L F A L F A . -

Cultivo perenne, vejeta durante todo el año teniendo un coeficiente empírico de uso consuntivo de K (global) =0.85.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO:	
			CALCULADO	AJUSTADO
Enero	11.03	0.63	6.94	6.31
Febrero	11.00	0.73	8.03	7.30
Marzo	13.03	0.85	11.07	10.07
Abril	14.09	0.98	13.80	12.55
Mayo	16.73	1.08	18.06	16.43
Junio	16.74	1.13	18.91	17.20
Julio	16.29	1.11	18.08	16.45
Agosto	15.68	1.06	16.62	15.12
Septiembre	14.27	0.99	14.12	12.84
Octubre	13.03	0.89	11.60	10.55
Noviembre	11.36	0.78	8.86	8.06
Diciembre	11.24	0.65	7.28	6.62
S U M A S :	164.46		153.37	139.50

De donde:

$$C = \frac{153.37}{164.46} = 0.93 \quad J = \frac{0.85}{0.93} = 0.91$$

FRUTALES . -

Vegetan durante todo el año y el coeficiente empírico de uso consuntivo es de K (global) = 0.70.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO	
			CALCULADO	AJUSTADO
Enero	11.03	0.17	1.87	2.37
Febrero	11.00	0.24	2.64	3.35
Marzo	13.03	0.39	5.08	6.45
Abril	14.09	0.62	8.73	11.08
Mayo	16.73	0.85	14.22	18.05
Junio	16.74	0.96	16.07	20.40
Julio	16.29	0.94	15.31	19.44
Agosto	15.68	0.80	12.54	15.92
Septiembre	14.27	0.53	7.56	9.60
Octubre	13.04	0.30	3.91	4.96
Noviembre	11.36	0.19	2.15	2.73
Diciembre	11.20	0.15	1.68	2.13
S U M A S :	164.46		91.76	116.48

De donde:

$$C = \frac{91.76}{164.46} = 0.55 \quad J = \frac{0.70}{0.55} = 1.27$$

A V E N A . -

Vegeta durante los meses de: diciembre, enero, febrero, marzo y abril. El coeficiente empírico de uso consuntivo - que se adapta es K (global) = 0.85.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO:	
			CALCULADO	AJUSTADO
Diciembre	11.20	0.33	3.69	3.02
Enero	11.03	0.90	9.92	8.13
Febrero	11.00	1.45	15.95	13.07
Marzo	13.03	1.50	19.54	16.02
Abril	14.09	0.95	13.38	10.97
	60.35		62.48	51.21

De donde:

$$C = \frac{62.48}{60.35} = 1.03 \quad J = \frac{0.85}{1.03} = 0.82$$

M A I Z . -

El maíz de primavera - verano, se siembra en abril y se considera el valor del coeficiente empírico del uso consuntivo únicamente hasta julio, siendo éste de K (global) = 0.85.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO	
			CALCULADO	AJUSTADO
Abril	14.09	0.53	7.46	7.46
Mayo	16.73	0.85	14.22	14.22
Junio	16.74	1.05	17.57	17.57
Julio	16.29	0.94	15.31	15.31
S U M A S :	63.85		54.56	54.56

De donde:

$$C = \frac{54.56}{63.85} = 0.85 \quad J = \frac{0.85}{0.85} = 1$$

S O R G O . -

Este cultivo vegeta durante los meses de: abril, mayo, junio y julio, teniendo un valor el coeficiente empírico de uso consuntivo de K (global) = 0.70.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO:	
			CALCULADO	AJUSTADO
Abril	14.09	0.47	6.62	5.95
Mayo	16.73	0.91	15.22	13.69
Junio	16.74	0.97	16.23	14.60
Julio	16.29	0.69	11.24	10.11
S U M A S :	63.85		49.31	44.35

$$C = \frac{49.31}{63.85} = 0.77$$

$$J = \frac{0.70}{0.77} = 0.90$$

P A S T O S . -

Este vegeta durante todo el año y el coeficiente em
pírico de uso consuntivo es K (global) = 0.75.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO	
			CALCULADO	AJUSTADO
Enero	11.03	0.48	5.29	5.07
Febrero	11.00	0.58	6.38	6.12
Marzo	13.03	0.73	9.51	9.12
Abril	14.09	0.84	11.83	11.35
Mayo	16.73	0.90	15.05	14.44
Junio	16.74	0.93	15.56	14.93
Julio	16.29	0.93	15.14	14.54
Agosto	15.68	0.92	15.42	13.84
Septiembre	14.27	0.87	12.41	11.91
Octubre	13.04	0.79	10.30	9.88
Noviembre	11.36	0.68	7.72	7.41
Diciembre	11.20	0.55	6.16	5.91
S U M A S :	164.46		129.32	124.51

De donde:

$$C = \frac{129.32}{164.46} = 0.78 \quad J = \frac{0.75}{0.78} = 0.96$$

H O R T A L I Z A S . -

Este cultivo vegeta durante los meses de: marzo, --
abril, mayo y junio, teniendo un valor el coeficiente empírico --
del uso consuntivo de K (global) = 0.60.

M E S :	F	K	USO CONSUNTIVO	
			CALCULADO	AJUSTADO
Marzo	13.03	0.72	9.38	6.09
Abril	14.09	1.00	14.09	9.15
Mayo	16.73	1.06	17.73	11.52
Junio	16.74	0.85	14.22	9.24
S U M A S :	60.59		55.42	36.00

De donde:

$$C = \frac{55.42}{60.59} = 0.91 \quad J = \frac{0.60}{0.91} = 0.65$$

COEFICIENTE DE USO CONSUNTIVO PARA
DIFERENTES CULTIVOS.

C U L T I V O :	PERIODO DE CRECIMIENTO	COEFICIENTE K
ALGODON	7 meses	0.60 a 0.65
ALFALFA	entre heladas en invierno	0.80 a 0.65
ARROZ	3 a 5 meses	1.00 a 1.20
CEREALES	3 meses	0.75 a 0.85
CITRICOS	7 meses	0.50 a 0.65
FRIJOL	3 meses	0.60 a 0.70
JITOMATE	4 meses	0.70
MAIZ	4 meses	0.75 a 0.85
NOGALES	Todo el año	0.70
PAPA	3 a 5 meses	0.65 a 0.75
PASTOS	Todo el año	0.75
REMOLACHA	6 meses	0.65 a 0.75
SORGO	4 a 6 meses	0.70
TREBOL LADINO	Todo el año	0.30 a 0.85

NOTA: Los valores más pequeños son para regiones --
costeras y las mayores para zonas áridas. Tomando de H. F. BLANEY
Y W. D. CRIDDLE. - Determining water needs from climatological --
data U.S. D. A.- SOIL conservation service SOS - TP - 96.

3.3.- Láminas de Riego.-

La determinación técnica de las láminas de riego lo gradas en función de los climas, suelos y cultivos, tiene como resultado que nos permite conocer el volumen que se requiere para satisfacer las demandas de las áreas bajo riego y que en un momento pueden ser limitadas por las disponibilidades de las fuentes de abastecimiento. Además debe tenerse presente que una considerable cantidad de agua se pierde por la red de conducción antes de llegar a los terrenos de cultivo, lo que da por resultado que se establezcan dos conceptos bastante diferenciados de las láminas de riego:

- a).- Los volúmenes medidos en las obras de abastecimiento y recorren toda la red de conducción para llegar a los terrenos de cultivo, se dividen en el área beneficiada se les conoce como lámina bruta.
- b).- Lámina neta de riego cuando el volumen de agua es medido a nivel parcelario, dividiendo entre la misma superficie beneficiada.

La lámina de agua se calcula con la siguiente fórmula:

la:

$$L = Ps \times Da \times Pr$$

L = Lámina de agua
Da = Densidad aparente
Pr = Profundidad radicular.

De donde:

$$DA = \frac{\text{Peso del suelo seco}}{\text{Volumen.}}$$

Esta varía desde menos 1.0 para suelos orgánicos pa
sa por 1.0 para arcilla y llega al 1.6 para arenas. Los suelos --
francos tienen una densidad de 1.3.

LAMINAS APLICADAS A LOS PRINCIPALES CUL
TIVOS DURANTE EL CICLO 1968-1969 (EN CMS.)
REGION DE LOS ALTOS.

C U L T I V O S :	L. DEL U.C.	L. NETA.	L. BRUTA.
ALFALFA	144.8	205.4	285.3
MAIZ	45.7	37.2	48.3
SORGO	58.0	58.4	69.8
TRIGO	58.8	67.7	92.3

TABLA PARA CALCULAR LAMINAS DE RIEGO.

C U L T I V O S :	PROF. RADICULAR.
Alcachofa	1.3
Alfalfa	1.8 a 2.7
Algodón	1.2
Almendras	1.8 a 2.7
Apio	1.6
Betabel	0.9
Calabacita	1.0
Camote	1.2 a 1.8
Cebolla	0.3
Cereales	1.2
Cerezo	1.8 a 2.7
Chabacano	1.8 a 2.7
Chícharos	1.0
Chile	0.9
Ciruelos	1.8 a 2.7
Nogal	3.6 a 5.4
Cítricos	1.2 a 1.8
Col	0.6
Coliflor	0.9
Durazno	1.8 a 2.7
Espárragos	3.0
Espinacas	0.6
Fresa	0.9 a 1.2
Frijol	1.0
Ejotes	0.9
Higos	1.5
Jitomate	1.8 a 3.0
Maíz	1.8
Melón	1.2 a 1.8
Mostaza	1.0
Nabo	0.9
Olivo	1.8 a 2.7
Papa	0.9
Pasto sudán	1.8
Pastos	0.6
Peral	1.8
Rábanos	0.4
Remolacha	1.5 a 1.8
Sandía	1.8
Uvas	2.4
Zanahoria	0.9

OPORTUNIDAD DEL RIEGO.-

Los tres factores que de un modo más decisivo influyen sobre el momento más oportuno de dar un riego son:

- a).- Las necesidades de agua de los cultivos.
- b).- La disponibilidad del agua para riego.
- c).- La capacidad de la zona radicular para almacenar agua.

En los regadíos, las necesidades de agua de cada cultivo durante su período de desarrollo, son de capital importancia para la determinación del momento de riego.

Los cultivos en su período de desarrollo, necesitan continuamente agua, pero la magnitud de sus necesidades varían con la clase del cultivo, edad del mismo, la temperatura y las condiciones atmosféricas, todos ellos factores variables. En cada riego se almacena en la zona no saturada del suelo un volumen de agua suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo, durante un período que oscila entre unos cuantos días y varias semanas y ahí permanece a disposición de las plantas.

La frecuencia de los riegos que deben darse a los suelos de diferentes propiedades, para satisfacer al óptimo las necesidades de los cultivos, es una cuestión a determinar prácticamente. El factor de mayor importancia para establecer la frecuencia y la duración más favorable de cada riego, es la necesidad de agua de cada cultivo.

Con el uso consuntivo diario se determina el intervalo de riego, dividiendo la lámina de agua aprovechable entre el uso consuntivo diario, obtenemos el intervalo de riego; lo ante-

rior puede quedar representado en la siguiente fórmula:

$$I.R = \frac{L}{U.C.} \dots\dots\dots (6)$$

de donde:

L = Lámina de riego en cms.

U.C. = Uso consuntivo diario en cms.

D A	T E X T U R A S	% DE HUMEDAD RESPECTO AL SUELO SECO .	
		C. DE CAMPO	PORCENTAJE DE MAR- CHITAMIENTO %.
1.50 - 1.65	Arena.	5 - 15	3 - 8
1.40 - 1.60	Migajón Arenoso	10 - 20	6 - 12
1.35 - 1.50	Franco	15 - 30	8 - 17
1.30 - 1.40	Migajón Arcilloso	25 - 35	13 - 20
1.20 - 1.30	Arcilla	30 - 70	17 - 40

NOTA: Relación entre las constantes de humedad del suelo para suelos de México.

CONDICIONES LIMITES DE LA HUMEDAD DEL SUELO.-

El desarrollo de la mayoría de los cultivos de regadío, se estimula con la humedad moderada del terreno y se retarda cuando ésta es excesiva o deficiente. Para que las plantas crezcan satisfactoriamente se requiere que exista cierta cantidad de aire en el suelo. De aquí que la inundación excesiva, que satura de agua los poros del suelo expulsando el aire de ellos, inhibe el desarrollo adecuado de las plantas, aún cuando se les suministre agua en abundancia.

Por otra parte, los suelos que tienen poca humedad retienen tan tenazmente la que se les queda, que las plantas deben efectuar un consumo extraordinario de energía para obtener el agua que necesitan.

Si la velocidad de absorción no es lo suficientemente elevada como para mantener la turgencia de los tejidos, se produce entonces una marchitez permanente. Se ha pensado que las plantas crecen más rápidamente para un contenido de humedad intermedio entre estas dos humedades extremas y a este contenido se le llama "Grado Optimo de Humedad".

EFICIENCIA EN LA APLICACION DE AGUA.-

Después de transportar el agua disponible hasta la finca o rancho a través de estructuras y canales, es preciso aplicarla con rendimientos altos. El concepto de rendimiento de la aplicación del agua, surgió de la necesidad de fijar la tensión y de medir el rendimiento con que el agua aplicada o almacenada en la zona radicular de las plantas de manera que pueda ser útil a ella, el grado en que se logra esta aplicación ideal, se ha definido como eficiencia de la aplicación del agua y también como la relación entre la cantidad del agua que se almacena en la zona de las raíces y la cantidad de agua aplicada a la finca. Se expresa de la siguiente manera:

$$Y_a = 100 \frac{W_1}{W_2} \dots\dots\dots (7)$$

de donde:

Y_a = Eficiencia en la aplicación de agua en por ciento.

W₁ = Cantidad de agua que necesita la planta.

W₂ = Cantidad de agua entregada a la finca.

EFICIENCIA DE CONDUCCION.-

El primer concepto que se utilizó para estimar las pérdidas de agua de la unidad de riego fué el de rendimiento del transporte y suministro. La fórmula del rendimiento que sirve para valorar estas pérdidas se expresa como sigue:

$$E c = \frac{V n}{V c}$$

De donde:

E c = Eficiencia de conducción.

V n = Volumen necesario.

V c = Volumen conducido.

EFICIENCIA DE CONDUCCION A DISTINTOS NIVELES DE LOS ULTIMOS CINCO CICLOS AGRICOLAS.-

C I C L O A G R I C O L A 1967 a 1971				
A NIVEL DE UNIDAD	Vol. recibido punto control miles M3.	Vol. entregado a usuarios mi- les M3.	Vol. perdido en conduc. - miles M3.	Efic. de -- condc. %
1967 - 1968	18,469	12,517	5,951	67.8
1968 - 1969	22,980	16,758	6,222	72.9
1969 - 1970	3,149	1,732	1,416	55.0
1970 - 1971	16,341	12,244	4,096	74.9

DETERMINACION DE LA EFICIENCIA EN LA
CONDUCCION Y DISTRIBUCION.-

AÑO:	MESES:	Volumen	Pérdidas por	Pérdidas por	VOLU MEN PA RA RIE GO.
		extraído Cuarenta Miles Mts. 3.	conducción en canal - principal -- 18.6%.	conducción - en canales - laterales -- 10.6%.	
1965	OCTUBRE	0.0	0.0	0.0	0.0
	NOVIEMBRE	83.8	32.1	-.-	51.7
	DICIEMBRE	969.7	185.3	96.7	687.7
1966	ENERO	3,024.0	705.6	328.4	1,990.0
	FEBRERO	591.6	128.0	-.-	463.6
	MARZO	4,387.0	552.8	444.2	3,390.0
	ABRIL	2,440.9	306.2	204.0	1,930.7
	MAYO	3,599.7	665.1	484.8	2,449.8
	JUNIO	474.8	98.5	-.-	376.3
	JULIO	1,124.3	302.0	153.3	669.0
	AGOSTO	0.0	0.0	0.0	0.0
	SEPTIEMBRE	1,394.2	394.0	216.0	748.2
		18,090.0	3,369.6	1,927.4	12,793.0

$$E c = \frac{V d}{V d} \quad \frac{12,793.0}{18,090.0} \times 100 = 70.7$$

$$E c = 70.7$$

E c = Eficiencia de Conducción.

V d = Volumen entregado.

V d = Volumen derivado.

EFICIENCIA PARCELARIA.-

La utilidad que reporta la aplicación de la hidrometría del riego, no solamente se refleja en lo antes expuesto, sino que además permite formular un análisis de los volúmenes entregados a los cultivos, que al relacionarlos con los usos consuntivos nos muestran el grado de eficiencia con que se maneja el agua de riego a nivel parcelario, ésto ha dado lugar a establecer el término de "Eficiencia Parcelaria", que está representada por la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{V. u. c.}{V_e} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

De donde:

E_p = Eficiencia parcelaria.

$V.u.c$ = Volumen del uso consuntivo que requieren --
los cultivos durante su ciclo vegetativo.

V_e = Volumen entregado a los cultivos.

C U L T I V O :	U.C. Cm.	L.N. Cm.	E. P.
TRIGO	53	68	0.77
VARIOS	40	70	0.57
MAIZ	14	18	0.77
VARIOS	40	42	0.95
ALFALFA	71	88	0.80
FRUTALES	63	72	0.88

NOTA: En el maíz se considera el uso consuntivo de un mes debido a que se le aplica un solo riego.

La eficiencia parcelaria, como quedó representada - en la ecuación (8), es la relación que existe entre el volumen-determinado por el uso consuntivo y el servicio a los cultivos en forma de riego, multiplicando por la cantidad de agua que es aprovechada por las plantas para satisfacer los requerimientos de la-evotranspiración o que es almacenada en la zona radicular y que - solo es consumida por los cultivos, siendo aportada a dicha zona- mediante el riego.

EFICIENCIA DE RIEGO.-

La eficiencia de riego se define como el producto - que resulta de multiplicar la eficiencia de conducción por la eficiencia parcelaria, representándose por la siguiente ecuación:

$$E_r = E_c \times E_p$$

Como ya se vió anteriormente que la eficiencia de - conducción está representada por:

$$E_c = \frac{V_c}{V_d} \times 100 \text{ y que la parcelaria por:}$$

$$E_p = \frac{V_u \cdot c}{V_e} \times 100 \text{ tenemos que:}$$

$$(E_r = \frac{V_e}{V_d} \times 100) (\frac{V_u \cdot c}{V_e} \times 100)$$

Quedando finalmente:

$$E_r = \frac{V_u \cdot c}{V_d} \times 100 \dots \dots \dots (9)$$

Puede decirse que es esta última ecuación la que en realidad se conoce como la que representa la eficiencia de riego, ya que nos reporta el porcentaje total del agua que se pierde desde el momento de derivarla de la fuente de origen o de abasteci-miento hasta que las plantas la utilizan para los procesos de la-
evotranspiración.

E F I C I E N C I A D E R I E G O .

M E S :	Volumen para riego 100 % Mls. M3.	Pérdidas en regaderas. 25 %	Agias de retorno 20 %.	Parcelación pro-funda. 20 %.	Evaporación. 3 %.	Volumen Neto Mls. M3.	Has. Fijas Regadas	Lámina Neta Cms.
OCTUBRE	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
NOVIEMBRE	51.7	12.9	1.0	10.3	1.5	26.0	27.0	9.6
DICIEMBRE	687.7	171.9	13.8	137.5	20.6	343.9	232.0	10.5
ENERO	1,990.0	497.5	39.8	398.0	59.7	995.0	970.0	10.2
FEBRERO	463.6	115.9	9.3	92.7	13.9	231.8	334.0	6.9
MARZO	3,390.0	847.5	67.8	678.0	101.7	1,695.0	1,635.0	10.4
ABRIL	1,930.7	482.7	38.6	386.1	57.9	965.4	1,058.0	9.1
MAYO	2,449.8	612.5	49.0	490.0	73.5	1,224.8	1,066.0	11.5
JUNIO	376.3	94.1	7.5	75.3	11.3	188.1	184.0	10.2
JULIO	669.0	167.3	13.4	133.8	20.1	334.4	238.0	14.0
AGOSTO	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
SEPTIEMBRE	784.2	196.1	15.7	156.8	23.5	392.1	285.0	13.8
	12,793.0					6,396.5		

$$E r = \frac{V a}{V e} \times 100 = \frac{6,396.5}{12,793.0} = 50$$

E r = 50 %.

De donde:

E r = Eficiencia del riego.
V a = Volumen aprovechado.
V e = Volumen entregado.

NOTA: Las láminas utilizadas en los meses de julio y agosto, se suben de lo normal por ser los riegos de auxilio en tiempo de lluvias y no se contabilizaron los volúmenes perdidos que quedaron en los canales.

EFICIENCIAS EN EL CICLO AGRICOLA 1971-1972.

M E S :	EFICIENCIA:	EN EL MES %	HASTA LA FECHA
NOVIEMBRE-71.	RED MENOR	83.3	83.3
	RED MAYOR	77.3	77.3
	EN EL RIO	-.-	-.-
	EN EL DIST. RIEGO	64.4	64.4
	EN EL DIST. TOTAL	64.4	64.4
DICIEMBRE-71.	RED MENOR	86.9	85.8
	RED MAYOR	71.0	72.8
	EN EL RIO	-.-	-.-
	EN EL DIST. RIEGO	61.7	62.5
	EN EL DIST. TOTAL	61.7	62.5
ENERO-72.	RED MENOR	89.7	87.9
	RED MAYOR	84.6	78.8
	EN EL RIO	-.-	-.-
	EN EL DIST. RIEGO	75.9	69.2
	EN EL DIST. TOTAL	75.9	69.2
FEBRERO-72.	RED MENOR	89.2	88.4
	RED MAYOR	83.1	80.4
	EN EL RIO	-.-	-.-
	EN EL DIST. RIEGO	74.1	71.1
	EN EL DIST. TOTAL	74.1	71.1
MARZO-72.	RED MENOR	90.0	88.9
	RED MAYOR	84.1	81.5
	EN EL RIO	-.-	-.-
	EN EL DIST. RIEGO	75.8	72.5
	EN EL DIST. TOTAL	75.8	72.5
ABRIL-72.	RED MENOR	90.5	89.5
	RED MAYOR	85.5	82.8
	EN EL RIO	-.-	-.-
	EN EL DIST. RIEGO	77.1	74.1
	EN EL DIST. TOTAL	77.1	74.1

M E S :	EFICIENCIA:	EN EL MES %	HASTA LA FECHA
MAYO-72.	RED MENOR	86.7	89.0
	RED MAYOR	86.0	83.3
	EN EL RIO	-.-	-.-
	EN EL DIST. RIEGO	74.5	74.2
	EN EL DIST. TOTAL	74.5	74.2
JUNIO-72.	RED MENOR		89.0
	RED MAYOR		83.3
	EN EL RIO		-.-
	EN EL DIST. RIEGO		74.2
	EN EL DIST. TOTAL		74.2

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

1.- Se hace necesaria una adecuada nivelación de -- los terrenos, para lograr mayor eficacia en la distribución del - agua, así como una mayor rapidez en esta maniobra.

2.- Deben establecerse y darse a conocer los inter- valos de riego adecuados a cada cultivo, ya que actualmente el -- agricultor no sabe el espaciamiento que debe haber entre un riego y el siguiente.

3.- Actualmente la eficiencia de riego que se tiene en la unidad es de un porcentaje variable, debido a esto en que - los años de buen temporal se ha llegado a tener en algunos meses - hasta del 90%, sin embargo para que esta eficiencia tuviera un -- porcentaje constante y aceptable, es necesario que cuente con ca- nales de distribución revestidos.

4.- Se hace necesario también, que los cultivos por establecerse en dicha zona sean los adecuados al tipo de clima y - suelo con que se cuenta, y entre los que se pueden adaptar, trigo, alfalfa, avena, sorgo, maíz; pudiéndose adaptar el cártamo y gira - sol, frijol, soya.

5.- Por los porcentajes obtenidos en la eficiencia - del riego que es una de las unidades mejor manejadas dentro del - distrito No. 13 del Estado de Jalisco.

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

ARCHIVO TECNICO DE LA UNIDAD DE RIEGO EL CUARENTA

BALANCE HIDROLOGICO ENTRE EL
AGUA DISPONIBLE Y LA DEMANDA
DE UN DISTRITO DE RIEGO.

MEMORANDUM TECNICO No. 502.
1972.

COEFICIENTE K PARA EL CALCULO
DE LOS USOS CONSUNTIVOS.

MEMORANDUM TECNICO No. 273

CONTI M.

TRATADO DE HIDRAULICA AGRICOLA
BUENOS AIRES 1938.

DETERMINING WATER NEEDS FROM
CLIMATOLOGICAL DATA U.S. D.A.

H.F. BLANE Y W.D. CRIDDLE,

EVALUACION DE LAS PERDIDAS -
POR FILTRACION EN CANALES DE
TIERRA.

MEMORANDUM TECNICO No. 278.
1970.

HERNUTTE ENRIQUE

LAS AGUAS SUBTERRANEAS 1918

ISRAEL W. ORSON

PRINCIPIOS Y APLICACIONES -
DEL RIEGO. ROVERTE, S. A. -
1963.

PALACIOS VELEZ ENRIQUE ING.

CUANTO, CUANDO Y COMO REGAR
MEMORANDUM TECNICO No. 195.
1965

LOS DISTRITOS DE RIEGO

C.E.C.S.A. - 1962

TRUEBA CORMEL SAMUEL ING.

HIDRAULICA C.E.C.S.A. - 1968

USO CONSUNTIVO DE AGUA

MEMORANDUM TECNICO No. 281-
1970.