

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**METODOLOGIA PARA LA CONDUCCION DE
EXPERIMENTOS CON RIEGO SUPERFICIAL**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
P R E S E N T A
EUGENIO GUTIERREZ CARRILLO
GUADALAJARA, JAL., 1990.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD...

Expediente

Número ..0364/90.....

3 de julio de 1990

C. PROFESORES.

ING. AUPELIO PEREZ CHIZALEZ-DIRECTOR

ING. SALVADOR MENA MUNGUA-ASESOR

ING. ELENO FELIX FRESOSO-ASESOR

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

"METODOLOGIA PARA LA CONDUCCION DE EXPERIMENTOS CON RIEGO SUPERFICIAL"

presentado por el (los) PASANTE (ES) EUGENIO GUTIERREZ CARRILLO

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.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO


ING. SALVADOR MENA MUNGUA

028



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Sección ESCOLARIDAD.....

Expediente

Número .0394/90.....

3 de julio de 1990

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)

EUGENIO GUTIERREZ CARRILLO

titulada:

"METODOLOGIA PARA LA CONDUCCION DE EXPERIMENTOS CON RIEGO SUPERFICIAL"

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

ING. AURELIO PEREZ GONZALEZ

ASESOR

ASESOR

ING. SALVADOR MENA MUNGUIA

ING. ELENO FELIX FREGOSO

ipam

Al contestar este oficio cítese fecha y número

C O N T E N I D O.

	PAG.
PROLOGO	3
INTRODUCCION	4
1 PLANEACION DE LA INVESTIGACION	5
1.1.- MARCO DE REFERENCIA	5
1.2.- TIPOS DE TRABAJO	5
1.2.1.- LINEAS DE INVESTIGACION	6
1.2.2.- ESTUDIO EXPERIMENTAL	6
1.2.3.- PARCELAS DE PRUEBA	6
1.3.- OBJETIVOS	6
1.4.- REVISION DE LITERATURA	7
1.5.- MATERIALES Y METODOS	7
1.5.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL	8
1.5.2.- METODOS DE EVALUACION	9
1.5.3.- SITIO EXPERIMENTAL	10
1.5.4.- TAMAÑO Y FORMA DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL.	10
1.5.5.- NUMERO DE REPETICIONES	10
1.6.- DIAGRAMA DE ACTIVIDADES	11
2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	13
2.1.- PROGRAMA DE ACTIVIDADES	13
2.2.- PREPARACION DEL TERRENO	13
2.3.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	13
2.4.- CARACTERIZACION DE SUELO Y AGUA	16
2.5.- TRAZO EN EL CAMPO	32
2.5.1.- ALTURA DE REGADERAS	33
2.5.2.- SEPARACION DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.	33

2.6.- RIEGOS	35
2.7.- SIEMBRA	39
2.8.- EMERGENCIA	41
2.9.- MUESTREO DE HUMEDAD DEL SUELO	41
2.9.1.- ANTES DE LA SIEMBRA Y A LA COSECHA.	41
2.9.2.- PUNTO DE MUESTREO	43
2.9.3.- FRECUENCIA DE MUESTREO	43
2.9.4.- HORA DE MUESTREO	45
2.9.5.- NUMERO DE MUESTRAS	45
2.9.6.- CAPA DE CONTROL	45
2.10.- CUANTO REGAR	45
2.11.- MUESTREO FENOLOGICO DEL CULTIVO	46
2.12.- APLICACION DE AGROQUIMICOS	46
2.13.- REGISTRO DE DATOS CLIMATOLOGICOS	46
2.14.- VISITAS Y DIAS DE DEMOSTRACION	51
2.15.- TOMA DE FOTOGRAFIAS	51
2.16.- REGISTRO DE LA VARIABLE RESPUESTA	56
2.17.- OBSERVACIONES AUXILIARES	58
3.- ANALISIS Y DISCUSION	53
3.1.- ANALISIS	53
3.2.- DISCUSION	57
4.- CONCLUSIONES	57
5.- PUBLICACION DE RESULTADOS	58
6.- BIBLIOGRAFIA	60

- P R O L O G O . -

El alto costo que adquiere el agua de riego en donde es escasa, hace necesario el establecimiento de normas y metodologías de trabajo que lleven a un mejor uso y manejo de dicho recurso natural, lo cual se puede lograr mediante la investigación.

El presente trabajo tiene como objetivo principal servir como guía auxiliar en la planeación, conducción y análisis de experimentos en riego superficial, a todos aquellos profesionistas y/o estudiantes cuya área de trabajo es la investigación y específicamente con cultivos bajo condiciones de riego superficial.

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

El 94 % de la superficie del territorio Nacional es árido y semi-árido por lo que el agua de riego desempeña un papel primordial en el proceso productivo -- agrícola, ya que con los recursos hídricos disponibles actualmente solo es posible cultivar 5.4 millones de hectáreas; una de las maneras de ampliar ésta superficie consiste en crear técnicas en el manejo del agua y otros insumos, utilizando para ello la experimentación como método.

Las metodologías utilizadas en la experimentación agrícola y uso eficiente del agua de riego, exigen el cumplimiento de ciertos lineamientos para que los resultados que se obtengan sean confiables, y asegurar el logro de los objetivos trazados; un trabajo de investigación de éste tipo debe comprender cinco etapas principales y son:

- 1.- Planeación de la investigación
- 2.- Desarrollo de la investigación
- 3.- Análisis y discusión de resultados
- 4.- Conclusiones
- 5.- Publicación de resultados.

1.- PLANEACION DE LA INVESTIGACION

Esta etapa es la mas importante de la investigación, comprende desde la caracterización del problema hasta la elaboración del Proyecto de trabajo previamente discutido y aprobado.

1.1.- MARCO DE REFERENCIA.

Esto se refiere al reconocimiento, análisis e interpretación de la problemática de producción existente en el Distrito y/o Unidad de Riego, base para planear la investigación.

Para detectar la problemática de producción es necesario conocer los recursos con que se cuenta, su grado de aprovechamiento y alternativas que resulten para mejorarlo.

Es de vital importancia que el investigador y los Jefes de Distrito, operación y desarrollo estén perfectamente de acuerdo en la problemática de producción que presenta el área de riego, ya que de ésto depende el éxito de la investigación.

A fin de que la investigación resulte interdisciplinaria e interinstitucional, es necesario que la planeación y desarrollo del trabajo sea formulada por un comité técnico y sancionada por un comité Directivo.

1.2.- TIPOS DE TRABAJO.

Dependiendo de la intensidad, magnitud del problema y disponibilidad de recursos, se podran planear:

- Líneas de investigación
- Estudios experimentales
- Parcelas de prueba

1.2.1.- Líneas de Investigación

Es un plan de trabajo a varios años y/o lugares que comprende una serie de experimentos, cuyos resultados generalmente son de aplicación mediata.

1.2.2.- Estudio Experimental.

Es aquel trabajo en donde se cuantifican los efectos de los factores de estudio, cuyos resultados-tienen aplicación práctica inmediata.

1.2.3.- Parcelas de Prueba.

Son lotes comerciales, que se establecen para mostrar objetivamente los resultados experimentales-obtenidos.

1.3.- OBJETIVOS.

Los objetivos de la investigación dependen de los problemas que se tratan de resolver los cuales han quedado definidos en la etapa de planeación del -- experimento, pudiendo ser planteados como:

- a).- Preguntas a resolver
- b).- Hipótesis por probar
- c).- Aspectos por estimar

1.4.- REVISION DE LITERATURA.

Para establecer los factores y niveles de estudio es necesario realizar una amplia revisión bibliográfica sobre el tema, lo cual permitirá además:

- a).- Normar criterios de investigación y conocer los avances correspondientes en el área de interés.
- b).- Establecer hipótesis de trabajo.
- c).- Ubicar la investigación respecto a otras ya efectuadas.
- d).- Definir los materiales y métodos a usar.

1.5.- MATERIALES Y METODOS

Esta parte se refiere a la selección de herramientas y metodologías a utilizar para desarrollar el trabajo, y probar la hipótesis propuesta siendo además necesario definir lo siguiente:

- a).- Diseño experimental
- b).- Métodos de evaluación
- c).- Sitio experimental
- d).- Tamaño y forma de la unidad experimental

1.5.1.- Diseño, Experimental.

La experimentación en riegos como en otras áreas, hace uso de los diseños experimentales, con el fin de facilitar la interpretación de los resultados y reducir el error experimental.

El diseño experimental que se utilice depende de los objetivos que se persigan, pero está influido por la dirección y sentido de la variación -- que se presente en el suelo. En la figura 1 se muestran los tipos de variación mas comunes.

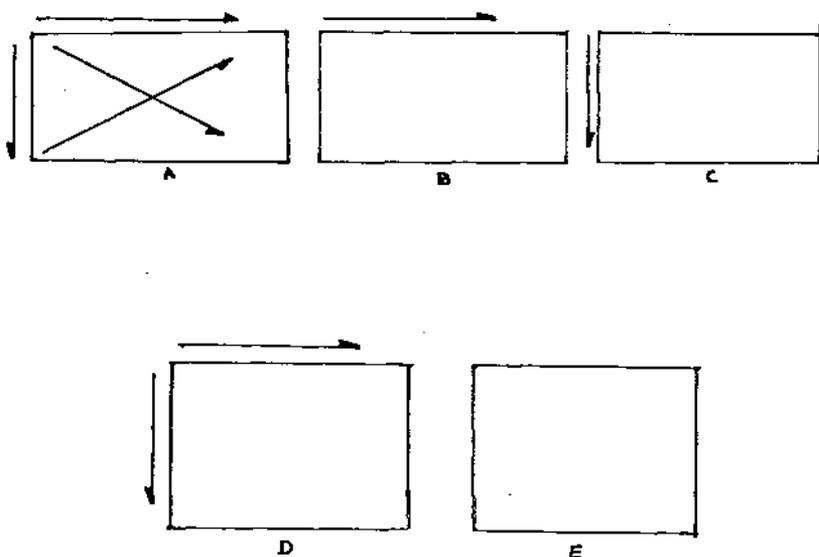


Figura 1 : Dirección y sentido del gradiente de variación.

En el caso "A" se considera un sitio indeseable por carecer de sentido en su variación.

Para los casos "B" y "C" pueden utilizarse bajo un sistema de estratificación o agrupamiento de unidades experimentales.

En este caso se debe utilizar un diseño de tratamiento en bloques al azar, orientando los bloques en sentido perpendicular a la dirección de la variación.

En el caso "D" por el sentido de la variación conviene utilizar un cuadro latino, de tal manera que el sentido de las hileras y las columnas sean perpendiculares a la dirección de los gradientes de variación.

Cuando no existe gradiente como en el caso "E" el suelo se considera homogéneo y se puede utilizar uno completamente al azar.

Cuando se utilice un diseño experimental con varios factores de variación, el arreglo de los tratamientos estará de acuerdo al número, tipo de los factores en estudio y confiabilidad de los resultados esperados en uno u otro factor.

1.5.2.- Métodos de evaluación.

Los métodos de evaluación mas comunes; en investigaciones en riego son:

- Análisis de varianza y comparación de medios
- Regresión y correlación
- Curvas de tendencia

1.5.3.- Sitio Experimental

El sitio seleccionado debe ser plenamente representativo de las condiciones de clima, suelo y agua del área donde se pretenden aplicar los resultados.

El área experimental debe situarse en un lugar donde se asegure el suministro de agua totalmente controlado.

Para promover y facilitar las visitas y días demostrativos, el sitio experimental debe ubicarse en un lugar de fácil acceso, donde no se hayan establecido experimentos con anterioridad; o que haya sido "blanqueado" previamente.

1.5.4.- Tamaño y forma de la unidad experimental.

El tamaño del terreno estará dado por las necesidades específicas del experimento y de las dimensiones de la maquinaria por utilizar, no olvidándose que es preferible sacrificar tamaño, aumentando el número de repeticiones.

Respecto a forma, debe utilizarse aquella que guarde la menor relación perímetro/área. Si se utiliza la rectangular, se debe cuidar que la mayor dimensión siga la dirección de mayor variación del suelo.

1.5.5.- Número de repeticiones.

Estas se definen de acuerdo a la heterogeneidad del suelo; entre mas uniforme sea, menor será su número.

Una vez que se ha definido el anteproyecto, desde la planeación hasta materiales y métodos, es conveniente sintetizarlo como se muestra en el cuadro uno.

CUADRO 1.- CUADRO DESCRIPTIVO DEL EXPERIMENTO.

SUELO	CULTIVO	VARIEDAD	FACTORES EN ESTUDIO	NIVELES	DISÑO EXP.	VARIABLE RESPUESTA.

1.6.- DIAGRAMA DE ACTIVIDADES.

Con el fin de tener en mente la secuencia, Jerarquización y evaluación de actividades durante el desarrollo de la investigación, es conveniente la elaboración de un diagrama de actividades, como se muestra en la figura 2.

2.- DESARROLLO DE LA INVESTIGACION.

Esta etapa es el momento físico de llevar al campo la investigación tal como se proyectó y siguiendo la secuencia que marca el diagrama de actividades.

2.1.- PROGRAMA DE ACTIVIDADES.

En toda investigación es necesario establecer un programa de actividades para controlar sistemática y ordenadamente todos y cada uno de los trabajos programados, además, permitirá al supervisor de experimentación programar sus visitas de supervisión y al investigador adquirir oportunamente los materiales necesarios, este programa debe elaborarse en el formato No. 1.

2.2.- PREPARACION DEL TERRENO.

Una vez definido el lote experimental, se procede a prepararlo de acuerdo a las recomendaciones del campo experimental del INIA más cercano, o bien, bajo el mejor criterio en la región. Las actividades de preparación del terreno deben anotarse en el formato No. 2.

2.3.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

Con el fin de definir el sentido de las regaderas, bloques y parcelas experimentales, una vez preparado el terreno, se hace el levantamiento topográfico del lote experimental, utilizando para su dibujo escala de 1:500, y el formato No.3.

2.4.- CARACTERIZACION DE SUELO Y AGUA.

La toma oportuna de muestras de suelo, agua y el análisis de los mismos es de gran importancia en la interpretación de los resultados y debe cuidarse que sean representativas del terreno experimental.

Cuando el lote experimental, que generalmente es de una hectárea, es homogéneo, deben hacerse de 3 a 4 pozos; en el caso de que sea heterogéneo es conveniente dividir el lote en áreas que posean suelos aparentemente uniformes y efectuar de 5 a 7 pozos, en la parte considerada como más heterogénea. El tipo de barrenas generalmente usadas para el muestreo de suelos son las de caja, tipo California y Orchar.

Es aconsejable tomar muestras en los estratos 0-30, 30-60, y 60-90 cm. cuando el suelo es homogéneo en el perfil y por estratos cuando estos se diferencian en un suelo heterogéneo. Las muestras deberán colocarse en bolsas de polietileno doble anexando una etiqueta entre bolsa y bolsa, donde se indique: localización, fecha, cultivo, número de pozo, profundidad y tipo de análisis solicitado. En la fig. 3 se muestra la distribución de pozos para suelos homogéneos y heterogéneos, así como el tipo de barrena a utilizar.

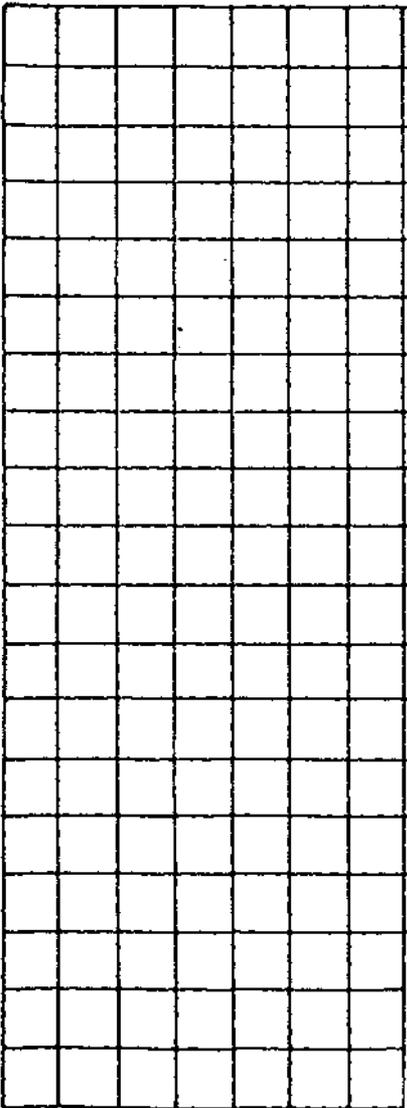
Los frascos donde se depositen las muestras de agua deben estar limpios y enjuagarse con la misma agua de riego de 3-4 veces antes de tomar la muestra definitiva. Al frasco con la muestra se le debe anexar una etiqueta donde se indique: localización, fecha, cultivo por establecer y tipo de análisis.

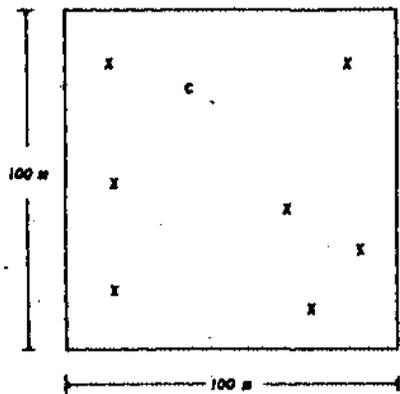
FOR

ENTO _____

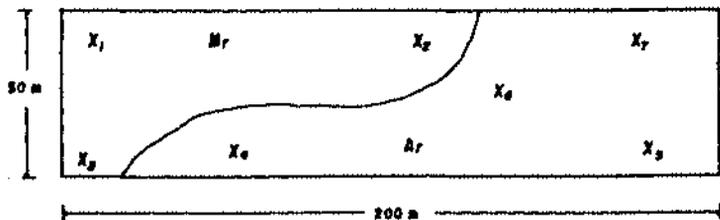
DAD	NOMBRE	FECHA
TO		
0		
0		

A 1:500

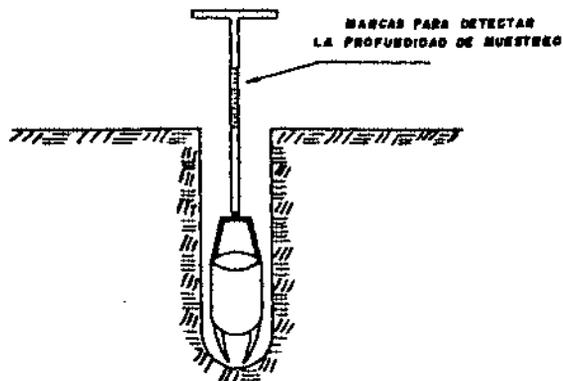




MUESTREO EN SUELO HOMOGENEO



MUESTREO EN SUELO HETEROGENEO



MUESTREO CON BARRENA DE CAJA

Fig. 3 LUGAR Y FORMA DE TOMAR LAS MUESTRAS DEL SUELO

Los resultados del análisis físico y químico del suelo y agua deben ser anotados en los formatos 4, 5 y 6.

Otras determinaciones importantes son: la curva de retención de humedad y si el caso lo amerita la del esfuerzo de humedad e infiltración vertical y horizontal del agua en el suelo.

En muchos distritos de riego no se cuenta con olla o membrana de Presión para determinar la curva de retención, por lo que se presenta la metodología propuesta por Palacios (3) - en 1962.

Esta metodología requiere de:

- Capacidad de campo (cc.) determinada por el método de campo o por el de las columnas de Colman.
- Punto de marchitamiento permanente (PMP) determinado por el método del girasol o el analítico, considerando que:

Se considera que la tensión a la que está retenida el agua a c.c. y p.m.p. es a 0.3 y 15.0 atmosferas respectivamente.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Log Psi} = \frac{K - \log (T_i - c)}{N}$$

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS PROFESIONAL

EUGENIO GOTIERREZ CARRILLO.

Form-4 "DETERMINACIONES FISICAS DEL SUELO"

EXPERIMENTO: _____ CULTIVO: _____ CICLO: _____

Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura	Saturación (%)	Capacidad De Campo (%)	Punto De Marchitamiento (%)	Densidad Aparente (gr/cm ³)	Velocidad Infiltración (cm/hr)	Estructura

OTRAS CARACTERISTICAS: _____

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS PROFESIONAL

EUGENIO GOTIERREZ CARRILLO.

Form - 5 " DETERMINACIONES QUIMICAS DEL SUELO "

EXPERIMENTO: _____ CULTIVO: _____ CICLO: _____

Profundidad (cm)	C. E. (mmhos/cm)	P.S.I. (%)	pH	M O (%)	C I C (meq/100gr)	N O ₃ ppm	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	K (meq/l)	HCO ₃ (meq/l)	CO ₃ (meq/l)	Cl (meq/l)

OTRAS CARACTERISTICAS : _____

FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS PROFESIONAL

EUGENIO GUTIERREZ CARRILLO.

Form.- 6 CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

F E C H A														OBSERVACIONES
No.	CONCEPTO	RIEGO	CLASIF.											
1	CE x 10 ⁶ (cmhos/cm)													
2	pH													
3	Ca ⁺⁺ (me/L)													
4	Mg ⁺⁺ (me/L)													
5	Na ⁺ (me/L)													
6	K ⁺ (me/L)													
7	Σ CATIONES (me/L)													
8	CO ₃ ²⁻ (me/L)													
9	HCO ₃ ⁻ (me/L)													
10	SO ₄ ²⁻ (me/L)													
11	Cl ⁻ (me/L)													
12	Σ ANIONES (me/L)													
13	SALES SOLUBLES (ppm)													
14	B (ppm)													
15	SE (me/L)													
16	SP (me/L)													
17	RAS													
18	CSR (me/L)													
19	PSP (me/L)													
20	IP (%)													

LOCALIZACION _____ TEXTURA _____ CULTIVO _____

Donde:

Psi = Contenido de humedad del suelo (%)

Ti = Tensión de humedad del suelo (atm)

K.C.N. = Constantes

Donde:

$$C = -0.000014(P_{scc})^{2.7} + 0.3$$

$$N = \frac{\log(T_{pmp}-C) - \log(T_{cc}-C)}{\log P_{scc} - \log P_{s\ p.m.p.}}$$

$$K = \log(T_{pmp}-C) + N \log P_{s\ pmp}$$

Tpmp = Tensión a punto de marchitamiento permanente

Tcc = Tensión a capacidad de campo

P_{scc} = % de humedad a capacidad de campo

P_{spmp} = % de humedad a punto de marchitamiento permanente

Ejemplo:

$$P_{scc} = 48.2 \quad T_{cc} = 0.3 \text{ atm.}$$

$$P_{spmp} = 25.6 \quad T_{pmp} = 15.0 \text{ atm.}$$

CALCULO DE C

$$C = 0.000014 (48.2)^{2.7} + 0.3 = -0.19$$

CALCULO DE " N "

$$N = \frac{\text{Log } 15 - (-0.19) - \text{log } 0.3 - (-0.19)}{\text{log } 48.2 - \text{log } 25.6}$$

$$N = \frac{1.4914}{0.2748} = 5.43$$

CALCULO DE " K "

$$K = \text{Log } 15 - (-0.19) + 5.43 \text{ log } 25.6 = 8.83$$

En seguida se procede a sustituir valores de tensión en el rango de 0.3 a 15.0 atmósferas y así obtener pares de datos que reflejan la curva de retención de humedad, como se muestra en el cuadro dos.

CUADRO 2.- CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD.

TENSION atm.	Ps %
0.3	48.2
0.5	45.2
1.0	40.9
2.0	36.6
4.0	32.5
8.0	28.7
12.0	26.7
15.0	25.5

Una vez obtenidos los valores de contenido de humedad, - (Ps), correspondiente a cierta tensión (T), y si existen problemas de sales solubles en el suelo, el valor de esfuerzo de humedad del suelo (E.H.S) se determina sumando la tensión y el valor correspondiente al efecto de las sales en el suelo por presión osmótica, utilizando la siguiente ecuación.

$$E.H.S. = T + (CE \times 10^3 \times 0.36)$$

Donde:

E.H.S. = Esfuerzo de humedad en el suelo (atm)

T = Tensión (atm)

$CE \times 10^3$ = Conductividad eléctrica (mmhos/cm a 25°C)

0.36 - Constante de conversión

Este tipo de información, para su control y utilización - son llevados al formato No. 7.

Los datos de infiltración del agua en el suelo son obtenidos a partir de una prueba en el campo. La finalidad de - ésta prueba es determinar posteriormente el tiempo necesario para aplicar una determinada lámina de riego.

Los métodos de campo más conocidos para efectura ésta prueba son los siguientes:

- Doble cilindro
- Entradas y salidas

El primer método es conveniente cuando la información generada será utilizada en el método de riego por melgas y el segundo en surcos.

Cuando se utiliza el método de doble cilindro se recomienda organizar la información según el formato No. 8 y para el de entradas y salidas se propone el cuadro 9.

Con la velocidad de infiltración (cm/hr), tiempo acumulado (hr. ó min.) e infiltración acumulada (Z) se elabora la figura 4.

Con ayuda de la curva de infiltración acumulada (Z), se determina el tiempo de infiltración para cualquier lámina de riego por aplicar, con solo proyectar el valor de la lámina hacia dicha curva y luego hacia el eje del tiempo acumulado.

Esto mismo se puede hacer por integración de la ecuación que refleja la velocidad de infiltración, que es del tipo.

$$I = Kt^N$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración (cm/hr)

t = Tiempo en horas o minutos

Kyn = Constantes de la ecuación

Los valores de K y N se determinan mediante "regresión lineal" (método de mínimos cuadrados), ya que al utilizar logaritmos dicha ecuación se transforma en una recta. Para mayor comprensión en seguida se presenta un ejemplo numérico:

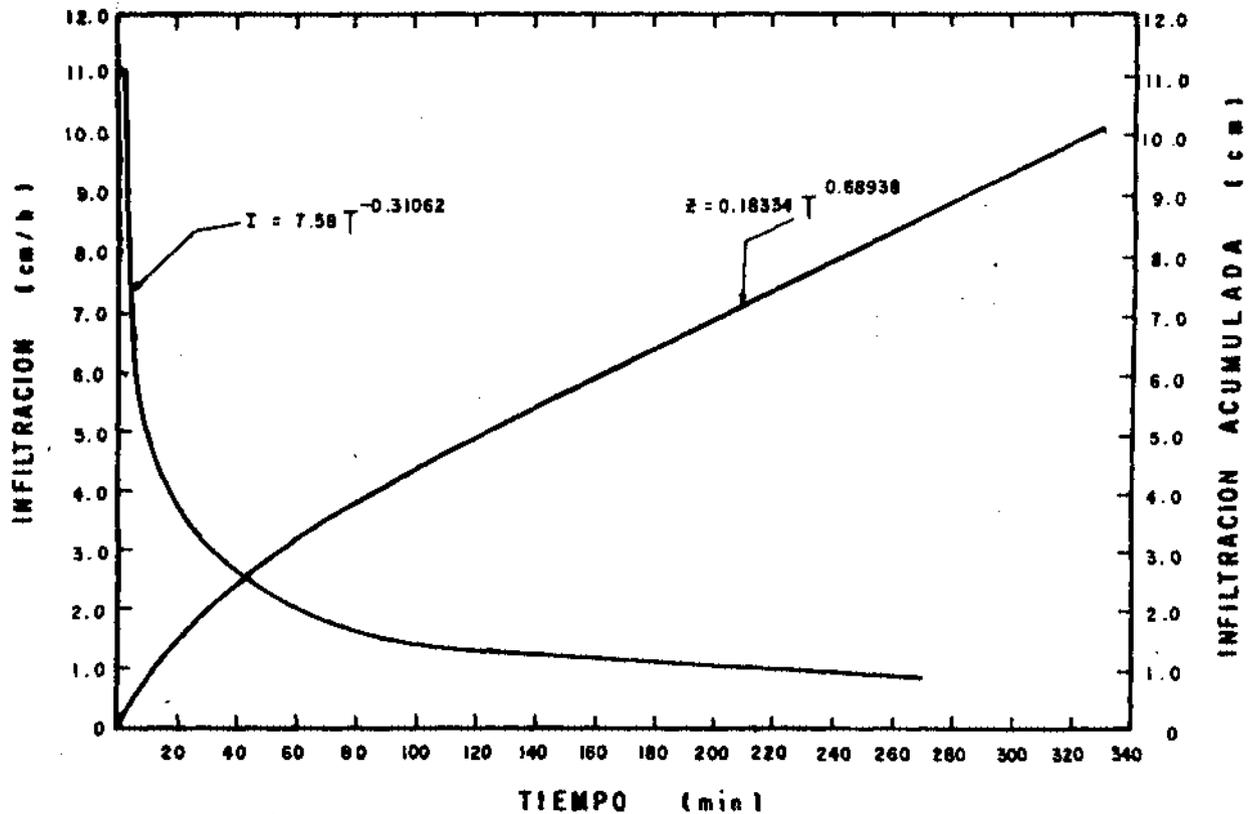


Fig. 4 INFILTRACION DEL AGUA EN EL SUELO

CUADRO 3.- EJEMPLO NUMERICO DE INFILTRACION.

T (min)	LOG. T	I	LOG. I
3	0.4771	8.28	0.9180
4	0.6021	7.08	0.8500
7	0.8451	5.26	0.7209
13	1.1139	4.02	0.6042
23	1.3617	3.05	0.4843
38	1.5798	2.37	0.3747
63	1.7993	1.90	0.2788
93	1.9685	1.35	0.1303
123	2.0899	1.42	0.1523
190	2.2788	0.96	- 0.0177
250	2.3979	0.90	- 0.0458
310	2.4914	0.88	- 0.0555

$$\log T = 19.01, \quad \log I = 4.394, \quad (\log T) (\log I) = 4.271$$

$$\log t = 1.584 \quad \log i = 0.366 \quad \frac{(\log T) (\log I)}{n} = 6.96$$

$$(\log T)^2 = 35.527 \quad (\log I)^2 = 2.949$$

$$\frac{(\log T)^2}{n} = 30.115, \quad \frac{(\log I)^2}{n} = 1.609$$

$$(\log t)^2 = (\log T)^2 - \frac{(\log T)^2}{n} = 35.527 - 30.115 = 5.412$$

$$(\log i)^2 = (\log I)^2 - \frac{(\log I)^2}{n} = 2.949 - 1.609 = 1.340$$

$$\log t \log i = \log T \log I - \frac{(\log T) \log I}{n} = 4.271 - 6.960$$

$$= - 2.689$$

$$n = \frac{\log t \log i}{(\log T)^2} = \frac{-2.689}{5.412} = -0.497$$

$$\log K = \log \bar{I} - N \log \bar{T} = 0.366 - (-0.497) 1.584$$

$$\log K = 1.1532$$

$$K = \text{Antilog } 1.1532 = 14.23$$

$$r^2 = \frac{(\log t \log i)^2}{(\log t)^2 (\log i)^2} = \frac{(2.689)^2}{(5.412)(1.340)} = 0.99$$

La ecuación de infiltración finalmente queda:

$$I = 14.23 T^{-0.497}$$

Es conveniente efectuar una prueba de movimiento lateral del agua en el suelo, sobre todo en aquellos suelos de -- gran contenido de materia orgánica; dicha prueba se desarrolla de la siguiente manera:

Localizado el lote experimental, se efectúa un cajete, de 3-4 metros cuadrados, cuyos bordos deben ser semejantes -- en forma y tamaño a los que limitan la parcela experimental; en seguida se le aplica una lámina de riego suficiente para llevar a capacidad de campo el perfil de suelo -- considerado en el experimento.

Pasados de 3-5 días se hace un corte transversal y se toma la máxima distancia alcanzada por el agua, a partir del -- bordo límite.

El doble de la máxima distancia, será la separación que deberá existir entre parcelas experimentales.

2.5.- TRAZO EN EL CAMPO.

Con el número de factores y niveles en estudio y el levanta

miento topográfico del lote experimental (curvas de nivel) se define el sentido de regaderas, bloques y unidades experimentales, como se muestra en la figura 5.

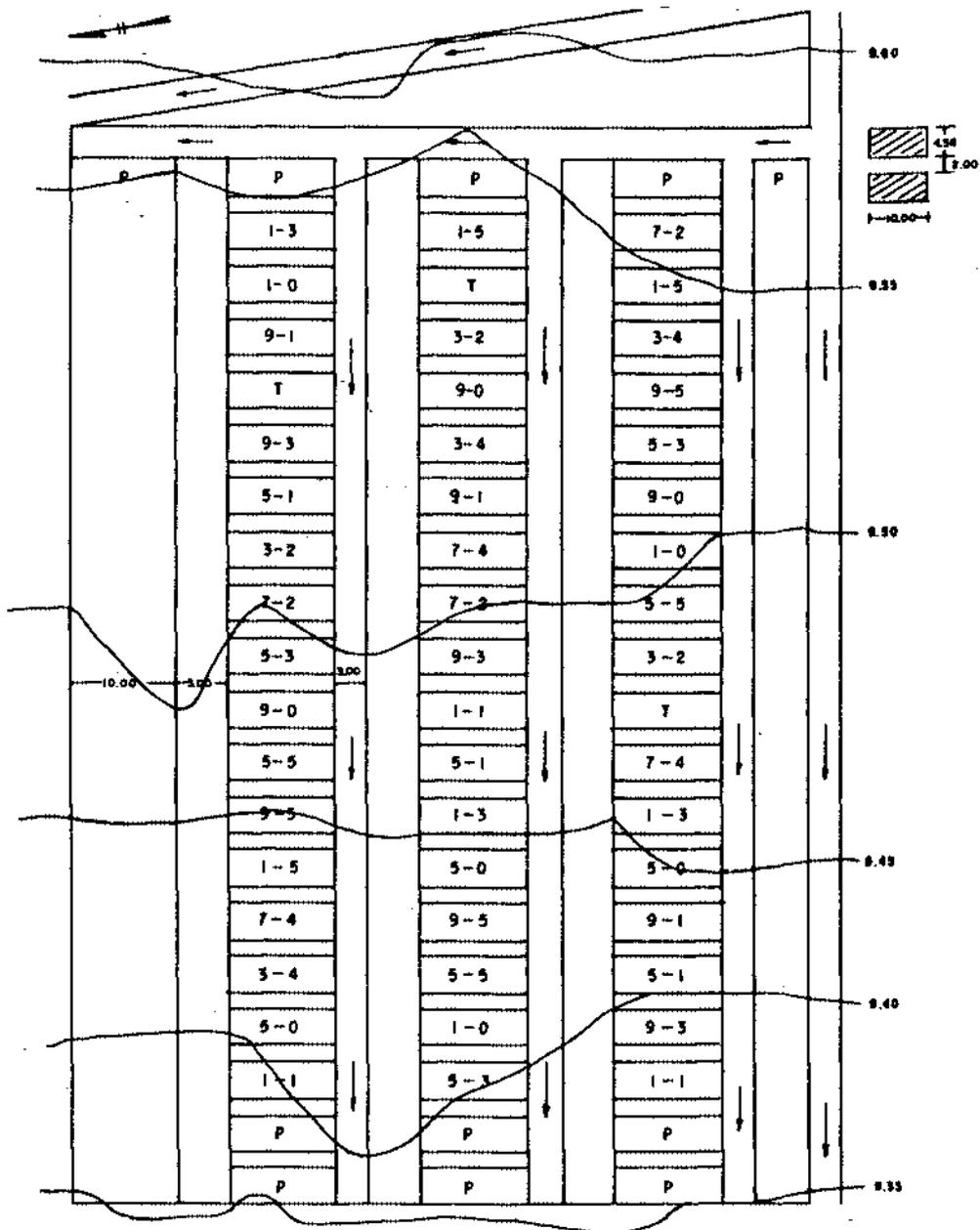
Con la finalidad de evitar el efecto de corrientes de aire seco sobre el experimento y conservar el microclima, existente, es conveniente que el lote experimental se rodee de protecciones, dentro de las cuales se pueden hacer observaciones complementarias que satisfagan las inquietudes del investigador. Aguas abajo de las regaderas que se encuentran a lo largo de las repeticiones, deben existir protecciones de desagüe; cuyo fin es recibir el agua de las regaderas durante y después del riego, y así evitar en algo el efecto de orilla en la cabecera de la Unidad experimental.

2.5.1.- Altura de regaderas.

La altura de las regaderas deberá ser tal que se asegure la operación de los sifones en descarga libre, procurando que no sean tan altas que demanden mucha mano de obra.

2.5.2.- Separación de las Unidades Experimentales.

A partir del movimiento lateral del agua en el suelo y la maquinaria por utilizar, se define la separación entre unidades experimentales de tal manera que no halla aportación de agua de una unidad a otra.



No. DE RIEGOS POR COSECHA

1^{ra} 1 3 5 7 9
 2^{da} 1 2 3 4 5

P: PROTECCION
 T: TESTIGO

Fig. 5 DISTRIBUCION Y TRAZO DE LOS TRATS. EN EL CAMPO

2.6 RIEGOS.

Antes de aplicar el riego de germinación o de pre-siembra, el cual se debe efectuar con sifones, se deben calibrar estos; el material necesario para dicha calibración es el siguiente:

- Sifones.- Una muestra del 10 % del total a utilizar.
- Sifonómetro
- Cronometro
- Recipiente de volumen conocido

La secuencia es como sigue:

- 1.- Se coloca el sifón a una carga determinada (como se muestra en la figura 6).
- 2.- Se mide la carga hidráulica con el sifonómetro
- 3.- Se mide el tiempo (T) en que se llena el recipiente de volumen conocido (V)
- 4.- Se calcula el gasto hidráulico del sifón con esa carga (h) en base a la siguiente fórmula:

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

- 5.- En dos columnas se registran los valores de la carga hidráulica (h) y el gasto (Q)
- 6.- Se coloca el sifón en otra carga y se siguen los pasos anteriores, procurando manejar las cargas suficientes dentro del rango de operación.
- 7.- Con las dos columnas de datos (cargas hidráulicas y gastos) se efectúa una regresión lineal similar a

la que se utilizó en el caso de velocidad de infiltración y se determina la ecuación con la que se elabora la curva de calibración como lo muestra la figura 7.



Figura 6.- Calibración de sifones.

Una vez que se han calibrado los sifones es aconsejable - efectuar una prueba de riego con el fin de definir el gas to experimental.

La prueba consiste en probar diferentes gastos en lotes - de igual dimensión y forma que las unidades experimentales, escogiendose aquel que refleje una mejor distribución del- agua en el suelo, tanto lateral como longitudinalmente y - sin que provoque erosión del mismo (figura 8).

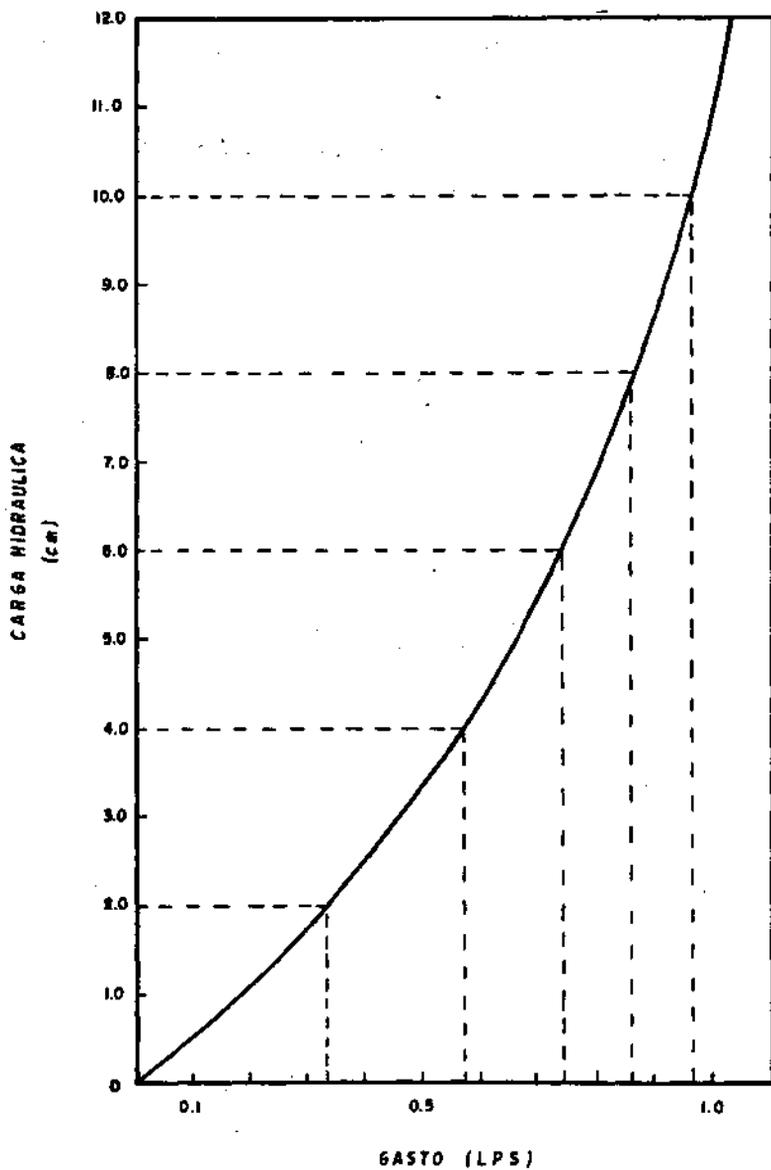


Fig. 7 CURVA CARGA HIDRAULICA - GASTO PARA SIFONES DE ALUMINIO DE 1 7/8" DE DIAMETRO

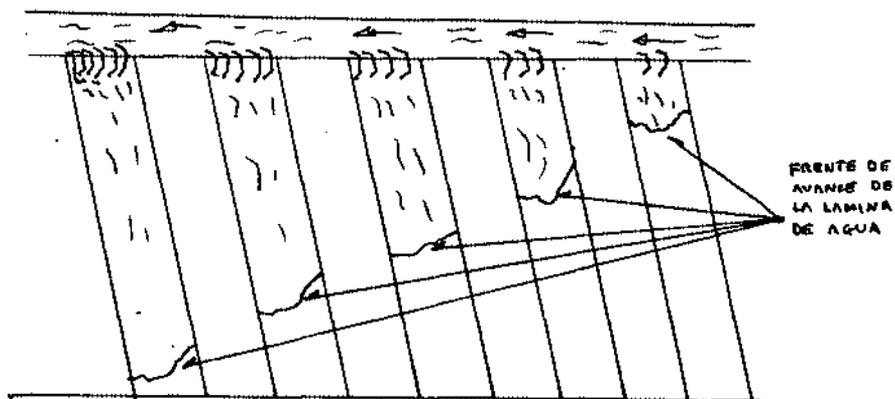


Figura 8.- Croquis de pruebas de riego

Al momento de aplicar los riegos, es aconsejable utilizar vertedores de demasias aguas abajo de la unidad experimental por regar, con el fin de solo controlar la carga hidráulica a través del tiempo de riego (figura 9).

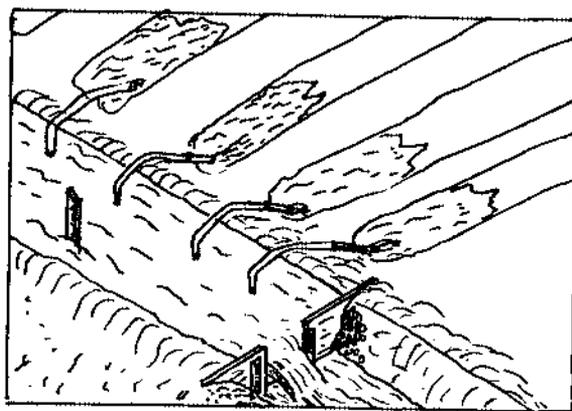


Figura 9.- Control de la carga hidráulica.

Una vez que los sifones están operando, la carga hidráulica de operación se mide, ya sea con un sifonómetro (a) o bien con una manguera de hule transparente y una regla -- graduada (b) como se muestra en la figura 10.

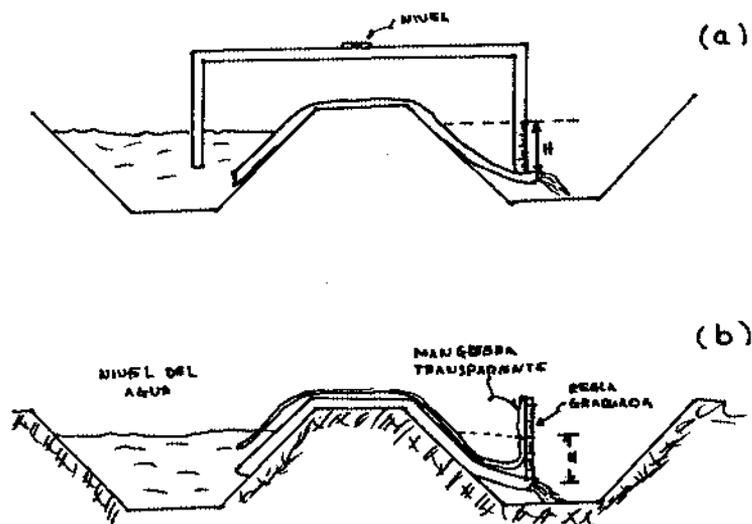


Figura 10.- Medición de la carga hidráulica.

2.7.- SIEMBRA.

Esta etapa debe estar de acuerdo a las recomendaciones del campo experimental mas cercano del INIA, en cuanto al cultivo, variedad, fecha y densidad de siembra y fertilización, los cuales se anotarán en el formato 10.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS PROFESIONAL

EUGENIO GOTIERREZ CARRILLO.

Form-10 "REGISTRO ACTIVIDADES DE LA SIEMBRA"

EXPERIMENTO: _____ CULTIVO: _____ CICLO: _____

CONCEPTO	UNIDAD	OBSERVACIONES
VARIEDAD		
PORCENTAJE DE GERMINACION		
DENSIDAD DE POBLACION		
CANTIDAD DE SEMILLA		
FECHA DE SIEMBRA		
FECHA DE TRASPLANTE		
FORMA DE APLICACION		
TIPO DE SIEMBRA		
METODO DE SIEMBRA		

SECCION: _____

INVESTIGADOR: _____

2.8 EMERGENCIA

Una vez que el cultivo haya emergido, conviene determinar la densidad de ésta y expresarla en %. Para que los resultados sean confiables dicho valor no debe ser menor que 80 %.

En cultivos de cobertura, esta determinación debe hacerse antes que comience a ahijar.

2.9 MUESTREO DE HUMEDAD DEL SUELO.

Por ser ésta la parte medular de toda investigación en riegos, es esencial la concientización de todo el personal de la brigada que participará en el desarrollo de la investigación.

Para el control de humedad y cálculo de láminas de riego, se usa el formato 11.

2.9.1.- Antes de la Siembra y a la cosecha.

Con el fin de determinar el consumo de agua por el cultivo independientemente de la cantidad -- aplicada, se debe efectuar un muestreo de humedad del suelo antes de la siembra y a la cosecha, cuando menos 1.5 mts. de profundidad; esto es -- importante sobre todo en aquellos lotes en donde existe humedad residual en los estratos bajos -- correspondiente a ciclos de cultivo y/o lluvias anteriores.

Las investigaciones en donde un factor de estudio es "etapas fenológicas", al término de cada una -- de ellas es conveniente hacer lo mismo, con el -- fin de determinar la evapotranspiración de cultivo por etapas.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS PROFESIONAL

EUGENIO GÓTIERREZ CARRILLO.

FORM. II CONTROL DE HUMEDAD Y CALCULOS DE LAMINAS DE RIEGO

PROFUNDIDAD (cm)	Nº BOTE	PSH + BOTE (gr.)	PSS + BOTE (gr.)	P H ₂ O (gr.)	P BOTE (gr.)	PSS (gr.)	PS (%)

PROFUNDIDAD (cm)	Nº BOTE	PSH + BOTE (gr.)	PSS + BOTE (gr.)	P H ₂ O (gr.)	P BOTE (gr.)	PSS (gr.)	PS (%)

PROFUNDIDAD (cm)	Nº BOTE	PSH + BOTE (gr.)	PSS + BOTE (gr.)	P H ₂ O (gr.)	P BOTE (gr.)	PSS (gr.)	PS (%)

PROFUNDIDAD (cm.)	C. C. (%)	PS PROMEDIO (%)	D A P (gr./cm ²)	L R A (cm)	TRATAMIENTO
					Nº DE RIEGO
					LAMINA POR APLICAR (cm)

2.9.2.- Punto de muestreo.

El lugar de muestreo, dentro de la unidad experimental deberá estar de acuerdo al tipo de cultivo y método de riego utilizado cuando es cultivo de cobertura en melgas o corrugaciones, se hará en aquel lugar que guarde las características medias de cubierta vegetativa.

Los cultivos en hileras por melgas y cama melonera, se hará dentro de la hilera de plantas, mientras -- que cuando es por surcos el muestreo se hará en el lomo del mismo.

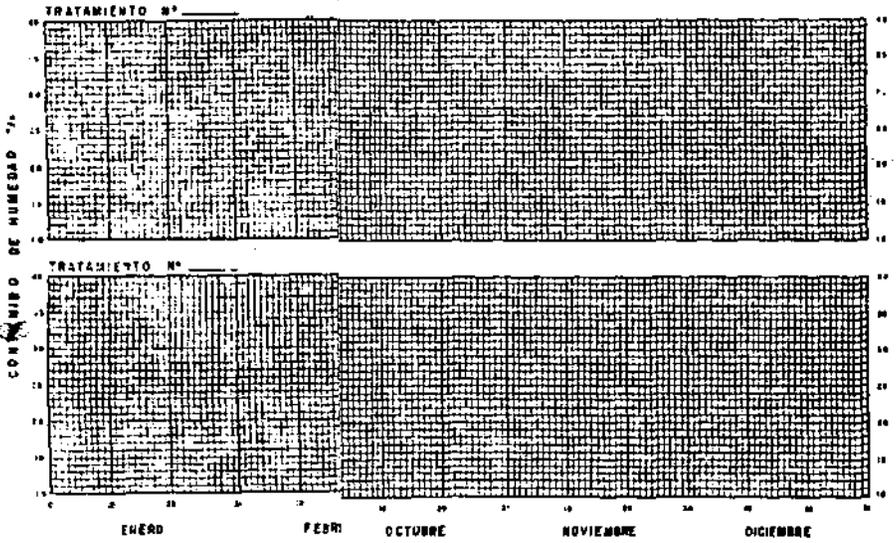
2.9.3.- Frecuencia de muestreo.

El muestreo se hará cada tercer día y a medida que se acerca el momento de riego de acuerdo a los tratamientos en estudio, conviene muestrear diario.

El formato 12 se utilizará para controlar el régimen de humedad del suelo y así determinar el "cuando" regar de acuerdo al tratamiento en estudio. En este formato es conveniente utilizar el color verde para marcar el nivel de capacidad de campo, el rojo para el nivel crítico ó momento de aplicar el riego, el azul para marcar el riego y el negro para marcar los contenidos de humedad en punto, de acuerdo a la fecha.

R A

BRILLO.



2.9.4.- Hora de muestreo.

Es aconsejable evitar los muestreos antes ó después de la hora que normalmente se hace, para no generar errores en la determinación del "cuando" y "cuanto" regar siendo ideal hacerlos de 7- a 8 de la mañana.

2.9.5.- Número de Muestras.

El número de muestras, por tratamiento y por repeticiones, estará de acuerdo a la heterogeneidad del suelo capacidad de trabajo, calidad de los resultados esperados, etc.

2.9.6.- Capa de control

Se le llama capa de control, al estrato del perfil del suelo, en base al cual están definidos los tratamientos de riego y al que se le determinará el régimen de humedad, con la frecuencia programada.- Su profundidad dependerá de: objetivos, texturas del suelo profundidad radicular del cultivo, etc.

2.10.- Cuanto regar.

La cantidad de agua por aplicar en cada riego, será la necesaria para llevar a capacidad de campo el perfil de suelo considerado. Para determinar el consumo de agua por el cultivo se recomienda el formato 13 y para llevar el control de los riegos-

(fechas, láminas e intervalos) el formato 14.

2.11.- MUESTREO FENOLOGICO DEL CULTIVO.

Es recomendable llevar un registro exacto de la fenología del cultivo para determinar la influencia del régimen de humedad del suelo sobre su fisiología, debiendo hacerse cuando menos al inicio y termino de los principales etapas, tomando como base un cierto número de plantas previamente marcadas al azar, dentro de la unidad experimental. Se anexa el formato 15 para la toma de datos fenológicos, en algunodero, pudiendo elaborar otros, según el cultivo y tipo de investigación.

2.12.- APLICACION DE AGROQUIMICOS.

La dosis y tipo de agroquímicos deben ser de acuerdo a las recomendaciones del campo experimental mas cercano del INIA. Es importante que el cultivo en ningún momento de su ciclo vegetativo tenga problemas de deficiencias nutricionales, plagas ó enfermedades, para poder evaluar la influencia del régimen de humedad del suelo sobre el rendimiento.

El formato 16 se utiliza para llevar el registro de aplicación de agroquímicos.

2.13.- REGISTRO DE DATOS CLIMATOLOGICOS.

Con el fin de correlacionar el consumo de agua por el cultivo con la evaporación que se presenta en tanques standard tipo "A" y así poder recomendar programas de riego en base a la evaporación, es conveniente tomar-

este parámetro además de temperatura y precipitación, los cuales se registran en el formato 17.

2.14.- VISITAS Y DIAS DE DEMOSTRACION.

Es necesario organizar este tipo de actividades por dos razones fundamentales:

- 1.- Dar a conocer la investigación que se realiza
- 2.- Captar información y experiencia de los visitantes, por ésta razón el experimento siempre debe estar con sus canales y regaderas limpias, letreros e indicadores adecuados y todo el equipo de trabajo en su lugar.

2.15.- TOMA DE FOTOGRAFIAS.

Desde el inicio de las actividades de investigación, hasta el final de la misma, se requiere llevar un historial gráfico, con fotografías a color, blanco y negro y transparencias de los aspectos mas relevantes del desarrollo del cultivo. Por conveniencia, se deben tomar por duplicado.

2.16.- REGISTRO DE LA VARIABLE RESPUESTA.

Por ser la cosecha la etapa de la investigación mas importante, se recomienda mucha cautela en esta actividad, así como su registro.

Con el fin de evitar efecto de orilla, es conveniente cosechar y registrar solo la parcela útil representativa de cada tratamiento.

Ademas, de registrar el rendimiento del cultivo en ton/ha. También debe hacerse en ton/m³. e ingreso neto, utilizando para ésto el formato 18.

Para determinar el ingreso neto por tratamiento y para -- programar los futuros presupuestos de investigación con -- mas certeza, se recomienda llevar un record de actividades y su costo, como se muestra en los formatos 19 y 20.

2.17.- OBSERVACIONES AUXILIARES.

Las observaciones por pequeñas que sean, son las que explican el porque de determinada respuesta del cultivo al efecto de los tratamientos, por lo que se recomienda que se lleve una libreta de anotaciones (Bitácora) donde se registren dichas observaciones.

Cuando estas observaciones de respuesta están fuera -- de la lógica del investigador, es conveniente realizar mesas de trabajo con el grupo colaborador, para analizarlas y dar explicación a las mismas.

3.- ANALISIS Y DISCUSION.

3.1.- ANALISIS.

Una vez organizadas las variables respuesta, según el -- formato 18, se procede a efectuar el análisis estadístico, según el diseño experimental y de tratamientos -- utilizado y los objetivos trazados.

3.2.- DISCUSION.

Esta parte es donde se muestra la capacidad técnica de observación, análisis y deducción del investigador.

Esta etapa puede considerarse como el puente que une a los resultados con las conclusiones. Tiene como objetivos principales los siguientes.

- 1.- Interpretar y comentar los resultados obtenidos y averiguar las causas posibles que originaron tales resultados.
- 2.- Aclarar y justificar las limitaciones que se tuvieron para el desarrollo del trabajo.
- 3.- Consignar las diferencias encontradas con relación a otros experimentos e indicar las posibles aplicaciones prácticas y teóricas que pudieran tener los resultados obtenidos.

4.- CONCLUSIONES.

De manera general, las conclusiones se basan en hechos comprobados de resultados, ya sean positivos o negativos, las cuales deben ser breves y exactas y citarse en orden de importancia.

Las conclusiones son consideradas como las innovaciones y aportaciones que hace a la ciencia la investigación realizada.

5.- PUBLICACION DE RESULTADOS.

La tarea técnica o científica no termina hasta que los resultados son publicados.

Las publicaciones pueden hacerse sin mayor problema si se ha llevado con todo cuidado y orden los formatos que se han indicado a través de esta guía.

Los tipos de publicación que se deben hacer son:

- 1.- Informes a oficinas centrales.
- 2.- Memorando técnico
- 3.- Trabajos en forma de ponencia (científica)
- 4.- Boletín Regional.

Por los objetivos de éste escrito, solo se hablará de los informes a oficinas centrales y artículos científicos.

Para el primer caso, deberán hacerse bajo la misma estructura que muestra el memorándum técnico No. 345 de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Los artículos científicos deben elaborarse con la siguiente estructura:

- 1.- Título
- 2.- Nombres, Titulos Académicos y Cargo de los autores.
- 3.- Introducción

- 4.-Revisión de literatura
- 5.-Materiales y métodos
- 6.-Resultados y discusión
- 7.-Conclusiones.
- 8.-Literatura citada
- 9.-Agradecimientos

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

- Hernández y C 1981 Riego con sifones CENAMAR-SARH
- Menendes A.M. 1978 Normas para escribir artículos técnicos y científicos S.A.R.H. I.N.I.A. Unidad de divulgación técnica.
- Palacios V.E. 1962 Fórmula para obtener la curva - de humedad de un suelo en función de la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente. Mem. Ier. Congreso Nacional de la Ciencia del suelo P.P. 394-404 Méx.D.F.
- Reyes C.P. 1979 Diseño de experimentos agrícolas I.T.E.S.M. Monterrey, N.L. Méx.
- S.A.R.H. 1978 Los distritos y unidades de riego en cifras.