INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS-IICA

METODOS DE RIEGO

CURSILLO DE DIVULGACION

IICA

Zona Norte

Oficina del IICA en Honduras

1978

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS-IICA-OEA

Metodos de Riego

Cursillo de Divulgación

Oswaldo Chávez C.

Tegucigalpa - Honduras

1 9 7 8

00007503

I N D I C E

Página

Página

Introducción

El presente cursillo de divulgación sólo tiene por fin poner al alcance de los técnicos agrícolas, un modelo que al relacionar el suelo, el agua y las plantas, les permita hacer llegar al hombre común y corriente del campo, conocimientos básicos que unidos a su experiencia de agricultor puedan conducirlos al manejo racional de los recursos suelo y agua.

Se ha dicho que regar es un arte, pero mejor es complementarlo desarrollando físicamente las tierras para que el agua pueda distribuirse de modo uniforme, de tal suerte que el agricultor sea capaz de dar a cada cultivo, la cantidad de agua necesaria para su mejor desarrollo en las diferentes fases de su ciclo vegetativo evitando pérdidas inútiles y ayudando con ello a objetivizar planes de optimización que consisten en aumentar la superficie de cultivo con el mismo volumen de agua considerado como disponibilidad existente.

El temario que se ha incluído para el cursillo resume de modo sinóptico varios conocimientos relativos a las prácticas del riego entre los cuales el suelo, las constantes de humedad, requisito de agua de las plantas etc. son condiciones fundamentales para la interpretación de los distintos métodos de riego y su aplicación,

1. El Suelo

Es el medio físico en el cual las plantas encuentran los nutrimentos necesarios para su vida y entre los cuales está el agua. La cantidad de agua que pueda contener el suelo depende de sus propiedades físicas entre las cuales puede citarse, su textura, estructura, permeabilidad, cohesión, capacidad de retención etc.

1.1 Textura

La textura de un suelo esta determinada por el tamaño de sus componentes sólidos, así en función de éstos puede clasificarse los suelos en:

Suelos arcillosos

Suelos limosos y

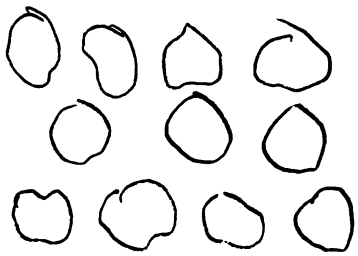
Suelos arenosos

De acuerdo al porcentaje que exista entre uno y otro puede, ampliarse ésta clasificación básica expresándose de modo objetivo en el gráfico No.1.

Los suelos arcillosos tienen sus componentes sólidos con un diámetro muy pequeño y pueden en volumen almacenar gran cantidad de agua.

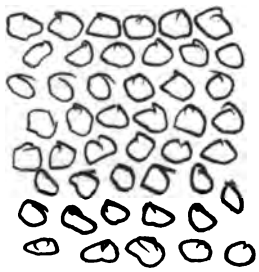
Los suelos limosos tienen componentes sólidos más grandes y en volumen retienen menor cantidad de agua que los suelos arcillosos.

Los suelos arenosos tienen partículas con un diámetro mayor y con con una capacidad para retener agua menor que las dos clases de suelos citados anteriormente.



Suelo Arenoso

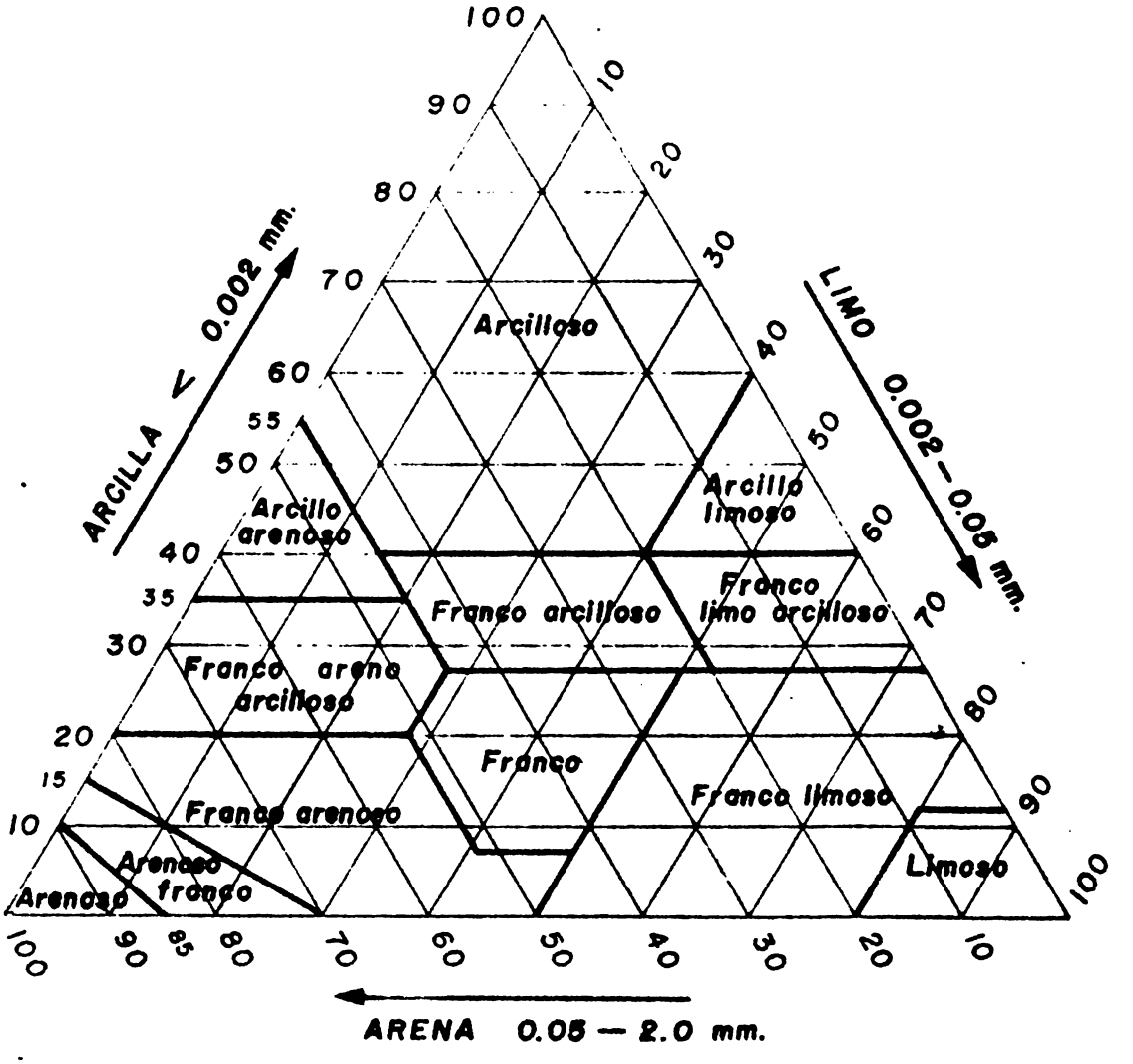
Suelo limoso



Suelo Arcilloso

1.2 Estructura

Deffnese como estructura de un suelo a la particularidad de disposición de sus partículas que le dan origen; así por ejemplo podemos decir que un suelo tiene estructura granular cuando está constituido por partículas en la cual cada una de ellas funciona como si fuese un elemento independiente, corresponde ésta estructura al suelo agrícola o "franco" y en ellos por razón de ésta estructura se favorece la preparación de las tierras, es óptima la capacidad de retención y buena la permeabilidad etc.



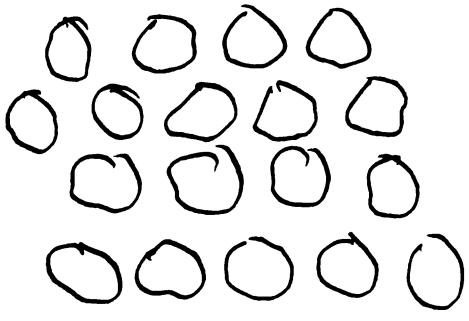
GUIA PARA LA CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGUN LA TEXTURA

Gráfico No. 1

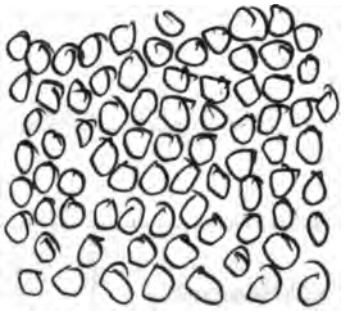
En el caso de la estructura láminar, las partículas de suelo no se independizan y al momento de su preparación para las siembras forman bloques si el suelo está seco. o "champas" si está humedo, es el caso de los suelos arcillosos.

1.3 Permeabilidad

LLamese permeabilidad de un suelo a la propiedad que tiene este de dejarse atravesar por el agua. Es lógico que la textura y estructura de ellos incide para que un suelo sea más permeable que otro; cuando mayor es el diámetro de las partículas más rápido el agua atravesará el suelo (suelos arenosos), en cambio si estas partículas son pequeños el paso del agua será retardado (suelos limosos, arcillosos etc.)



Suelo arenoso Permeabilidad acelerada.



Suelo arcilloso Permeabilidad retardada.

La presencia de materia orgánica en el suelo retarda la permeabilidad.

Existe infinidad de métodos paraevaluar la permeabilidad de los suelos entre ellos se encuentra el ideado por Muntz que consiste en determinar en que tiempo por ejemplo 1 hora, una columna de agua de un cm de diámetro penetra en el suelo, también existen unos aparatos llamdos permeámetros que se fundan en el mismo principio y determinan de modo sencillo la permeabilidad de las tierras.

El Manual de Suelos del Departamento de Estado de U.S.A. da los si-

guientes valores de permeabilidad para suelos saturados que soportan una carga de 12.7 milímetros de agua.

Cuadro No.1 Valores de permeabilidad

Clase de permeabilidad	cm/hora
Muy lenta (suelos pesados)	0.127
Lenta (arcilla)	0.127 a 0.50
Relativamente lenta	0.50 a 2.00
Media (suelo franco)	2.00 a 6.35
Relativamente rápida	6.35 a 12.70
Rápida (suelo ligero)	12.70 a 25.00
Muy rápida (arena gruesa	Más de 25.00

Cuadro No.2 Valores para la permeabilidad según SCHLICHTER

Clase de suelo	Diámetro medio de las partículas en mm	Permeabilidad en cms/hora
Limo	0.01	0.06
Arena fina	0.04	1.00
Arena	0.20	26.35
Arena gruesa	0.40	105.50

1.4 Cohesión

Llamáse así a la fuerza o tensión que mantiene unida a las partículas del suelo, De ella depende o no que los suelos puedan erosionarse al paso de un caudal.

Si la velocidad del caudal se hace mayor que la fuerza de cohesión

del suelo, se produce la erosión de éste. En suelos arenosos el valor de la fuerza de cohesión es casi cero por tanto con gran facilidad son erosionados aún por corrientes de baja velocidad.

En cambio los suelos arcillosos tienen una fuerza de cohesión de elevado grado y pueden resistir corrientes de significativa velocidad sin erosionarse.

Se entiende que la pendiente de los suelos modifica el grado de erosión que puedan tener, aumentándola a medida que la pendiente va haciendose mayor.

La cohesión es una propiedad de los suelos que debe tenerse muy presente cuando se planifica un regadío, así se tiene que casi siempre los suelos arenosos crean problemas muy serios para regarse por gravedad en cambio se identifican con el método de riego por aspersión.

El siguiente cuadro dado por Deloye y Rebour expresa el valor de la velocidad para las distintas clases de tierras, si se supera éstas, se produce erosión:

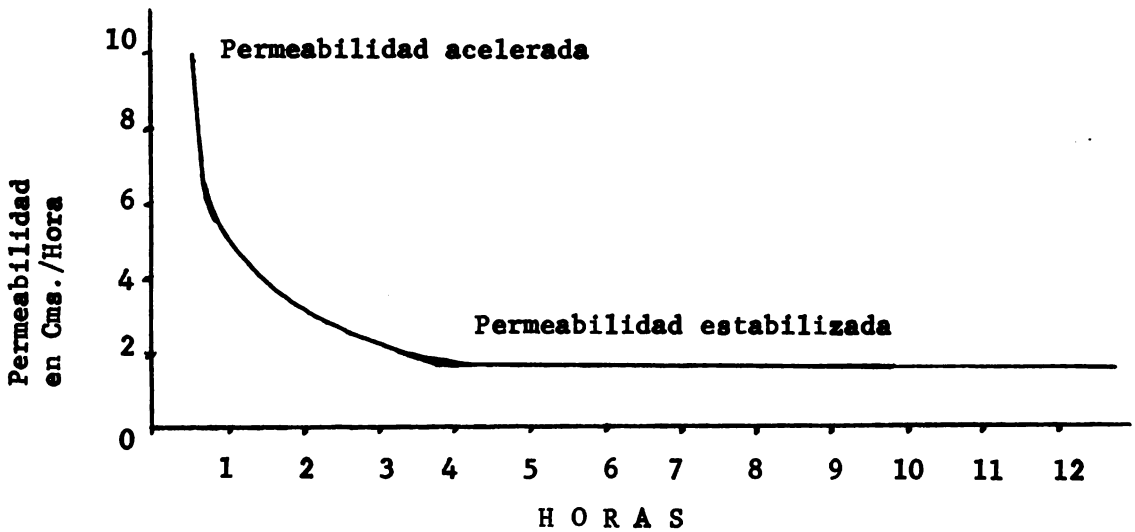
Cuadro No.3 Velocidades permisibles

Naturaleza de las tierras	Velocidades permisibles	
Lodos	0.10	en/Seg.
Arcillas flojas	0.15	"
Arenas	0.30	"
Arena ligera con 15% de arcilla	0.36	"
Limo arenoso con 40% de arcilla	0.54 - 0.60	"
Grava	0.60	"
Arcilla ordinaria	0.75	"
Suelo con 65% de arcilla	0.90	"
Arcilla compacta (dura)	1.80	"
Suelo cubierto con grama	2.00 - 3.00	"
Concreto	4.50 - 6.00	"

1.5 Capacidad de retención del agua

Denomínase también a ésta propiedad física del suelo "poder retentivo" y expresa la cantidad de agua que un suelo puede retener, su valor se indica en volumen.

Cuando se riega un terreno, si este está seco, el agua penetra rápidamente por acción de la permeabilidad y va expulsando el aire que se encuentra entre sus partículas, por acción de la humedad estas partículas se hinchan y disminuye su acción estabilizándose en velocidad, se dice entonces que la permeabilidad se ha estabilizado, ver figura.



Al estabilizarse la permeabilidad, y terminar el riego, el agua continúa aún descendiendo y resumiendo humedad hasta que ésta también se estabiliza; se dice entonces que el suelo ha llegado a su capacidad de campo o capacidad de retención.

Entonces el objetivo del riego es llevar a dicha capacidad el espesor de suelo que ocupan las raíces de los cultivos.

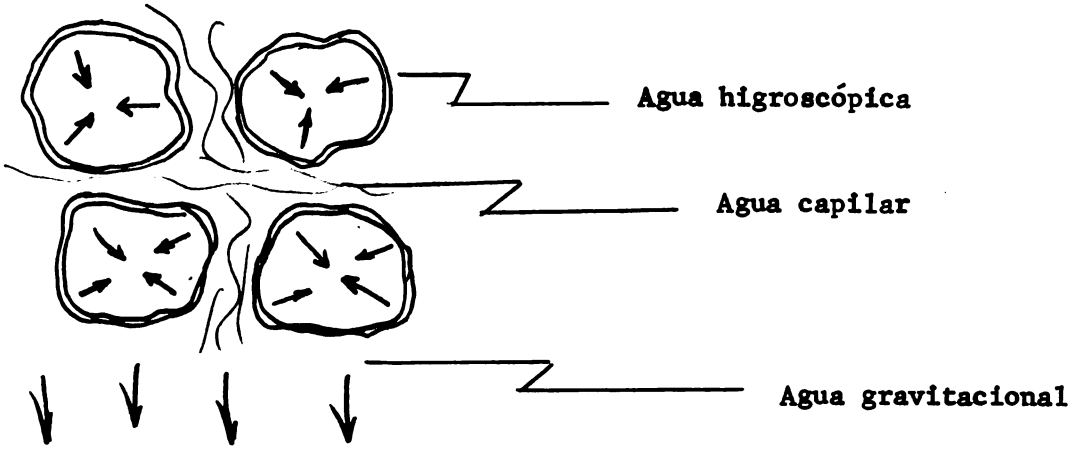
2. El agua del suelo

El agua del suelo puede presentarse bajo tres formas, agua higroscópica, agua capitar y agua gravitacional.

El agua higrocópica es aquella que retienen las partículas del suelo y no puede ser absorvida por las raíces de las plantas. Es una agua que forma parte del complejo suelo.

El agua capitar es aquella que circula en los espacios vacíos existentes entre las partículas y es retenida por la fuerza de tensión de ellas. Es una agua útil porque es absorvida por las raíces.

El agua gravitacional es aquella que no puede ser retenida por la tensión de las partículas y se precipita a niveles inferiores. No es agua aprovechable por las raíces.



3. Constantes de humedad del suelo

Se denomina así a las distintas cantidades de agua existentes en el suelo como consecuencia de su capacidad de retención y a sus efectos para alimentar a las plantas. Estas constantes pueden ser:capacidad máxima de retención o saturación, capacidad de retención o de campo y coeficiente de marchitez.

3.1 Capacidad máxima de retención o saturación

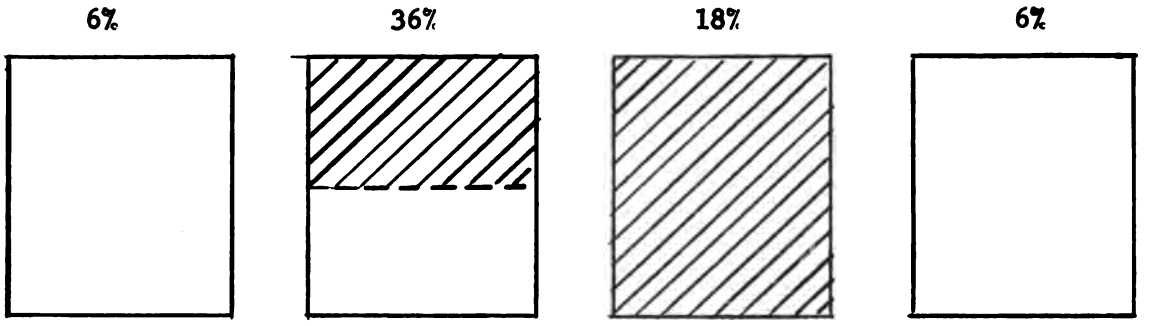
Representa al valor máximo de agua que el suelo puede contener, equivale al punto de saturación. En este estado todos los espacios vacíos del suelo estan ocupados por el agua y el aire ha sido desalojado; sí este estado se mantiene por largo tiempo, las plantas pueden morir por asfixia de las raíces (se exceptua el arroz); pero bajo condiciones normales y existiendo buena permeabilidad interna, este punto de saturación pasa rápido y nuevamente se establece el equilibrio del aire en los espacios libres de las partículas.

3.2 Capacidad de retención o de campo

Ya hemos visto a que se refiere esta propiedad física del suelo, pero es bueno recordar para los fines de cálculo de volumen de riego, que corresponde al agua que el suelo puede almacenar después que ha sido saturado de agua y luego dejado escurrir; esto ocurre después de 24 a 48 horas, depende de la textura del suelo. Su valor se expresa en volumen.

3.3 Coeficiente de marchitez

Esta expresado por el volumen de agua que contiene el suelo a partir del cual se produce el marchitamiento de las plantas y pueden morir si no se restituye al suelo las condiciones hídricas necesarias. Pero debe establecerse que jamás el aporte de humedad se hará cuando se alcance éste nivel, sino mucho antes.



Al observar la figura A que representa un suelo en el grado de coeficiente de marchitez, éste teoricamente puede contener un 6% de humedad que como ya se expreso en líneas precedentes,no la cede a las plantas, en esta fase es urgente el riego.

La figura B representa al suelo regado hasta la capacidad de máxima saturación, si su valor en volumen es 30%, el suelo estará conteniendo 36% de humedad porque al 30% se suma el 6% que corresponde al estado A.

Después de 24 a 48 horas el suelo llega a su capacidad de campo o de retención ver figura C y como el agua ha continuado discurriendo hasta ocupar determinado volumen fijado por la textura, alcanza un valor de 18%; entonces en los espacios entre partículas no sólo se encontrará determinada disponibilidad de agua, sino también aire; el suelo bajo estas condiciones le ofrece a las plantas las mejores condiciones para su desarrollo.

Si la humedad indicada en C es extraida por las plantas, día a día irá disminuyendo hasta llevar nuevamente al suelo a su coeficiente de marchitez y a un almacenamiento de agua de 6%. Otra vez será necesario restituirle la humedad para que las plantas continuen su desarrollo normal.

3.4 <u>Capacidad útil o agua aprovechable</u>

En todo suelo el agua aprovechable esta determinada por la diferencia de volumenes entre la capacidad de campo y el coeficiente de

marchitez; ejemplo:

Capacidad de campo o de retención	18%
Coeficiente de marchitez	6
Agua disponible	12%

El porcentaje de agua útil es variable de un suelo a otro depende de su textura; se estima de modo aproximado que en los suelos arenosos éste porcentaje es 6%, en cambio en los suelos arcillosos con 40% de arcilla es aproximadamente de 28%, generalmente es la arcilla aparte de otros componentes, el elemento del suelo que determina el volumen de agua útil,

El cuadro que sigue resume de modo práctico y aproximado los valores de capacidad de campo, coeficiente de marchitez y agua útil para las 3 clases de modelo de suelos.

Cuadro No.4 Contantes hídricos según textura de suelo

Clase de suelo	Capacidad de campo.	Coeficiente marchitez.	agua útil
Ligero o arenoso	15	5	10
Medio o franco	25	10	15
Pesado o arcilloso	40	15	25

4. Almacenamiento de agua en el suelo

La capacidad de cualquier suelo para almacenar agua depende de su capacidad de retención y del espesor de tierra que ocupe el sistema radicular que se desee alcanzar.

La siguiente formula práctica permite el cálculo de éste almacenamiento:

$$Va = \frac{(cc - cm) \times PR \times 10000}{100}$$

Donde:

Va = Almacenamiento que se investiga

cc = Capacidad de campo

cm = Coeficiente de marchitez

PR = Profundidad de las raíces

10000 = Ha, unidad de superficie

Ejemplo:

Cuál es el volumen de agua por hectárea que un suelo puede almacenar durante un riego si se conoce que el cultivo sembrado es maíz con una profundidad de raíces a 0.70 mts, que la capacidad de campo es 22 y el coeficiente de marchitez es 12?

Solución:

$$Va = \frac{(22 - 12) \times 0.70 \times 10000}{100} = 700$$

$$Va = 700 \ m^3$$

La profundidad del sistema radicular de cada cultivo tiene una importancia capital porque esta marcando el horizonte que en realidad debe humedecer el riego, ésta profundidad depende de la clase de planta de las propiedades físicas del suelo etc. El cuadro no.5 que se anexa muestra objetivamente las diferentes profundidades que alcanzan las raíces de los cultivos que se consideran.

Cuadro No.5 Máxima profundidad de la zona efectiva de raíces

	Profundidad (m)		Profundidad (m)
Algodón	0.90 - 1.20	Maíz	0.70 - 0.80
Ajo	0.45	Mashua	0.60
Alfalfa	1.00 - 1.20	Melón	0.70 - 0.80
Avena (grano)	0.70 - 0.75	Olluco	0.60
Avena (pastos)	0.50 - 0.60	Gramíneas Pradenses.	0.40 - 0.50
Maní	0.40 - 0.50	Pecano	1.80
Caña de azúcar	0.90 - 1.00	Papa	0.60
Cebada	0.70	Quinua	0.70
Cañihua	0.70	Remolacha	0.70 - 0.80
Cebolla	0.45	Ray - Grass	1.00
Col	0.55	Sandía	0.60
Coliflor	0.55	Hortalizas	0.60
Camote	0.90	Soja	0.60
Vainita	0.55	Sorgo	0.70 - 0.80
Chala	0.75	Tabaco	0.70 - 0.80
Frutales	0.90 - 1.80	Tomate	0.90
Frijol	0.60	Trigo	0.70 - 0.80
Haba Verde y Seca	0.75	Trébol	0.60
Lechuga	0.30	Viña	1.00
Lupinus	0.75	Zanahoria	0.55

5. Métodos para determinar la humedad del suelo

Es interesante conocer el grado de humedad que contiene el suelo antes de aplicar el riego. Existen infinidad de métodos entre ellos algunos de laboratorio y otros prácticos que se realizan en el terreno.

Entre los primeros podemos citar:

Método de la estufa

Cuadro No. 5 A Estimación del contenido de humedad en el suelo.

Porcentaje de Humedad del suelo, aprovechable por las plantas	Consistencia y apariencia del suelo al presionar un puñado entre la mano; según su textura			
	Gruesa	Liviana	Media	Pesada y muy pesada
0	Seca, suelta, granulada, se escurre a través de los dedos.	Seca, suelta, se escurre a través de los dedos	Pulverulento, seca, a veces ligeramente encostrada, siendo fácilmente desmenuzable.	Dura, compacta, agrietada, algunas veces presenta terrones en su superficio.
50% o menos	Todavía se presenta seca; al presionarla no forma bolas.	Todavía se presenta seca, no forma bolas al presionarla.	Algo desmenuzable, pero se une al presionarla.	Algo blanda, formará bolas al presionarla (1)
50% hasta 75%	La misma textura correspondiente a 50% o menos.	Tiende a formar bola al presionarla, pero rara vez mantiene su forma.	Forma una bola; algo plástico, algunas veces se resbala al presionarla.	Forma una bola y produce una cinta al presionarla entre el dedo pulgar y el índice.
75% hasta la capacidad de campo	Tiende a pegarse ligeramente, a veces forma una bola débil al presionarla.	Forma una bola débil, se rompe fácilmente, no resbala entre el índice y el pulgar.	Forma una bola y es muy dúctil resbala fácilmente si tiene mucha arcilla.	Fácilmente forma una cinta entre los dedos, produce una sensación resbalosa
A la capacidad de campo	Al presionarla, el agua libre no se hace aparente en el suelo, pero queda una huella de la bola en la mano.	Lo mismo que para textura gruesa.	Lo mismo que para textura gruesa.	Lo mismo que para textura gruesa.
Sobre la capacidad de campo.	Aparecerá agua libre cuando el suelo es golpeado en la mano.	Liberará agua al ser amasada.	Liberará agua al comprimirla en la mano.	Se enfanga y el agua libre aparece en la superficie.

(1) Se forman bolas apretando firmemente un puñado de tierra.

Fuente: Manual de Riegos y Avenamiento - Enrique Blair

Uso de tensiómetros
Uso de la resistencia eléctrica etc.

Entre los segundos, se cita como el más práctico aquel que resume Enrique Blair en el cuadro que se anexa.

6. Requerimiento de agua de las plantas

Se denomina así a la cantidad de agua que necesita un cultivo durante todo su período vegetativo para producir determinado peso de materia seca. Dentro de éste consumo también se agrega el agua que se evapora del suelo.

Es lógico asumir que las plantas a través del proceso de transpiración van a constituir la materia seca; al volumen transpirado y al evaporado en conjunto se les llama volumen de evapotranspiración y su estudio se hace integrado.

Debemos establecer la diferencia que existe entre consumo neto por parte de las plantas y consumo por riego. El primer caso ya está definido, pero el segundo viene a ser la suma del primero más las pérdidas que se registran por conducción del caudal,por operación de las obras de riego y por la propia pérdida por aplicación en terreno.

Entonces el consumo por riego puede expresarse por la siguiente fórmula:

$$CR = CN + Pc + Po + PA$$

Donde:

CR = Consumo por riego
CN = Consumo neto
Pc = Pérdidas por conducción de caudal
Po = Pérdidas por operación de obras de riego
PA = Pérdidas por aplicación

6.1 Cálculo del consumo neto

Al consumo neto de agua por parte de las plantas también se le llama

Uso consuntivo (Uc) y puede calcularse por infinidad de métodos, pero los más utilizados en éstos últimos tiempos son aquellos que se apoyan en las variables climatológicas de temperatura, velocidad del viento humedad relativa, horas de sol, luminosidad etc., y relacionan éstas con los llamados factores de cultivo que expresan su valor en función de la etapa de período registrado que haya alcanzado el cultivo.

Estas variables climatológicas son componentes de fórmulas empíricas y de ellas podemos citar las de Grassi, Blaney and Criddle, Christianssen, Hargreaves etc. A modo de ilustración se cita la fórmula de Hargreaves.

$$ET = 17.37 \times K \times d \times T \ (1.00 - 0.001 \ Hm)$$

Donde:

ET = Evapotranspiración real o Uso consuntivo
17.37 = Coeficiente empírico
K = Factor de cultivo
d = Coeficiente mensual de duración del día
T = Promedio mensual de temperatura
Hn = Humedad relativa promedio tomada al medio día

6.2 Dotación de riego

La dotación de agua para cada riego es función de la capacidad de campo del suelo y su coeficiente de marchitez, pero como ya se dijo anteriormente jamás se regará cuando el agua en el suelo llega a este grado, sino mucho antes, entonces ésta dotación debe ser función de la diferencia que exista entre la capacidad de campo y el agua existente en el suelo antes de regar. Así mismo para el cálculo del volumen de riego debe intervenir el conocimiento de la profundidad del sistema radicular.

La fórmula siguiente expresa al cálculo de la dotación de riego:

$$DR = \frac{(c.c. - c.H) \times PR \times 10000}{100}$$

Donde:

DR = Dotación de riego

c.c. = Capacidad de campo

C.H = Humedad existente en el suelo antes de aplicar el riego

PR = Profundidad de las raíces

10000 = Ha. Unidad de superficie

Problema:

Se desea regar un campo sembrado con maíz. Se pregunta cuál será la dotación de riego si al momento de iniciarse,el valor para C.H es 50% más que el CM. Las condiciones de suelo son de textura media o franca.

Solución:

De acuerdo al cuadro No.4 los valores de c.c. y c.m. para un suelo medio franco son: cc = 25 y CM = 10

El problema pide que se riegue cuando c.H es igual a CM + 50% CM, entonces cH = 10 + 5 = 15

Apliquemos la fórmula conociendo que PR = o.70

$$DR = \frac{(25 - 15) \times 0.70 \times 10000}{100} = 700 \text{ m}^3$$

La dotación de riego en éste caso no incluye las pérdidas por conducción en canales, por operación de obras y por aplicación.

6.3 Duración del riego

En capitulos anteriores se ha explicado lo que es permeabilidad y capacidad de campo; de éstas propiedades de los suelos depende la duración del riego, si sus valores son conocidos podemos calcular el tiempo que se necesita para que determinado volumen penetre hasta determinada profundidad.

Los suelos de textura gruesa con poca capacidad, de gran permeabilidad exigen riegos con poco volumen de agua y corto período de duración.

Los suelos poco permeables (suelos francos) con gran capacidad de almacenamiento requieren grandes volúmenes en el riego y mayor tiempo de duración.

Mediante la aplicación de la fórmula siguiente puede calcularse la duración del riego:

$$DUR = \frac{h}{Pe}$$

Donde:

DUR = Duración del riego

h = Volumen de agua por unidad de superficie (Ha) expresado en metros; ejemplo 1200 m^3/Ha = 0.12 mts.

Pe = Permeabilidad o velocidad de infiltración = 0.06 cm/hora

6.4 Frecuencia de los riegos

Llámase frecuencia de riego al intervalo de tiempo que existe entre uno y otro riego es variable de acuerdo a las propiedades físicas del suelo y del cultivo que se este desarrollando.

En realidad no existen métodos fijos que permitan determinar con certeza cual es el momento oportuno para fijar las frecuencias de riego, pero apoyandose en el conocimiento del horizonte radicular que se desea regar, en los coeficientes hídricos y en los valores empíricos de consumo de agua por las plantas, puede estimarse el intervalo entre uno y otro riego.

Ya sabemos que el empleo de las variables climatológicas en fórmulas empíricas, como por ejemplo la de Hargreaves, pueden estimar con gran

aproximación el consumo de agua por mes o día por las plantas, conocido éste y los otros componenetes citados es factible calcular la frecuencia de riego. Veamos un problema.

Problema:

En el distrito de riego de San Juan de Flores, se ha sembrado maíz híbrido. Deseamos conocer que intervalo de tiempo para el mes de Febrero debe existir entre uno y otro riego si se sabe que los valores para los coeficientes hídricos son:

Capacidad de campe	25
Coeficiente de marchitez	10

Así mismo que debemos regar cuando el porcentaje de humedad del suelo es 15 y que el consumo de agua (aproximado) del maíz en el mes citado es de 1300 m^3/Ha. No tomar en cuenta las pérdidas por conducción, operación y aplicación.

Solución:

Apliquemos la fórmula:

$$FR = \frac{(cc - cH) \times PR \times}{100 \times Ucd}$$

Donde:

cc = Capacidad de campo 25

cH = Humedad existente en el suelo antes de aplicar el riego 15

PR = Profundidad de las raíces, en nuestro caso 70 cms ó 700 mms.

Ucd = Consumo diario de agua 1300 m^3/mms/Ha ó 13 cms

13 cm: 30 = 4.3 mms día

FR = Frecuencia de riego.

$$FR = \frac{(25 - 15) \times 700 \text{ mms}}{100 \times 4.3 \text{ mms}} = 16 \text{ días } 6 \text{ horas}$$

Otro método:

a. Cálculo de la capacidad de almacenamiento útil en una hectárea AU.

$$AU = \frac{(25 - 10) \times 0,70 \times 10000}{100} = 1050 \ m^3$$

b. De acuerdo al enunciado del problema, del agua

útil sólo se va a aprovechar el 66.7% antes de aplicar un nuevo riego, luego:

$$1050 \times 66.7 = 700,35 \ m^3$$

c. Conocemos que el consumo diario de agua por la planta en el mes de Febrero es de 4,3 mms, que equivalen a 43 m^3/Ha, luego:

$$FR = \frac{700,35}{43} = 16 \text{ días } 6 \text{ horas}$$

7. Métodos de Riego

Se entiende por método de riego a la acción de distribuir el agua en los campos de cultivo de modo uniforme y en la cantidad necesaria para que los cultivos puedan alcanzar su desarrollo normal.

Existen infinidad de métodos de riego, pero para facilidad didáctica vamos a reunir todo el conjunto en dos grupos tradicionales, el método de riego natural o por precipitación y los métodos de riego artificiales.

7.1 Método de riego natural o por precipitación

Como su nombre lo indica es aquel que corresponde al aprovechamiento directo de la lluvia; si esta fuese oportuna, distribuida uniformemente en función del tiempo y en intensidad o volumen requerido, se tendría el mejor método de riego, pero como estas condiciones distan mucho de la realidad, sólo se considera a éste método como una alternativa convencional.

7.2 Métodos de riego artificales

Representa al conjunto de prácticas que utiliza el hombre para regar los campos de cultivo. A través del tiempo estas se han ido perfeccionando tratando de optimizar el uso de las aguas, de lograr una mejor distribución de humedad y de conseguir la conservación del binomio suelo - agua. Estas prácticas pueden resumirse en los siguientes grupos:

A) Riego por infiltración o surcos
B) Riego por inundación
C) Riego por lluvia artificial o aspersión
D) Riego subterráneo
E) Riego por goteo

A) Método de riego por infiltración o surcos

Es el método de riego más comunmente conocido y utilizado sobre todo en los cultivos que se siembran en hileras. Consiste en hacer circular agua por surcos paralelos consiguiendo el humedecimiento del suelo por infiltración lateral, por gravedad y capilaridad.

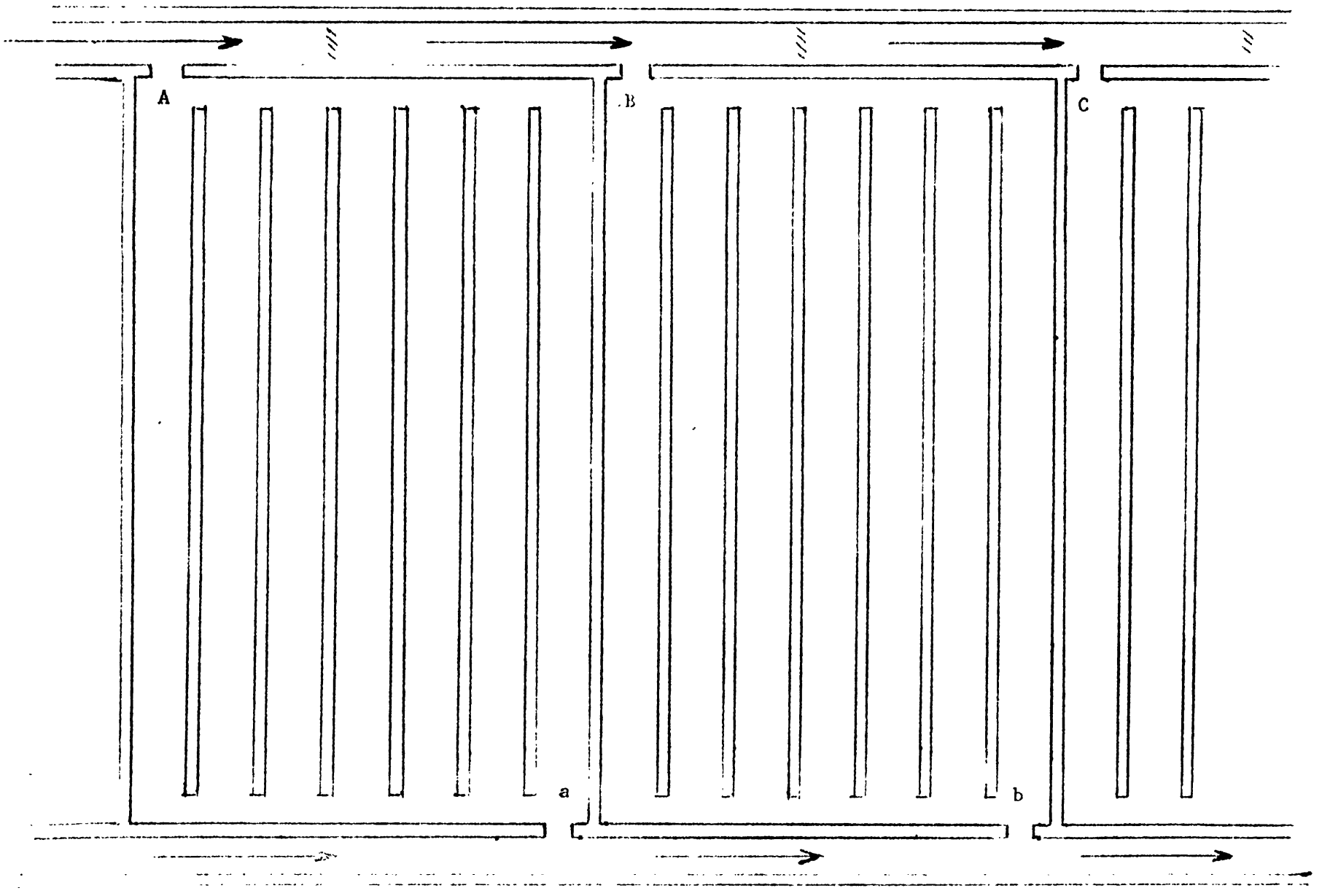
El método de riego por surcos si el terreno esta preparado para que el agua se aplique de ésta manera tendría lso siguientes elementos (ver figura):

a. Acequía regadora que se sitúa en la "cabecera" del terreno y lleva un pequeño bordo o "caballon".
b. Acequía de distribución que es paralela a la acequía regadera
c. Caballones y surcos que son paralelos
d. Pre-evacuador de excedentes situado en el pie o "asiento" del terreno y,
c. Evacuador de excedentes que se haya separado del anterior por un pequeño bordo.

El conjunto de elementos y surcos como el que se observa en la figura recibe el nombre de "unidad de riego" y consta generalmente de 8 a 10 surcos.

El riego de cada unidad es fácil para ello se abre una "boquilla" en A,

Ilustración: Surcados de Riego



el agua ingresa a todos los surcos y provoca su humedecimiento. Efectuado el riego de ésta unidad se cierra A y se procede a regar la unidad siguiente abriendo para tal fin la "boquilla" B y así sucesivamente.

Si se posee un caudal suficiente y regadores con experiencia se pueden regar varias unidades al mismo tiempo.

Los excedentes de riego se evacuan por a y b y pasan al canal evacuador de excedentes.

Mediante este método de riego se consigue una economía de agua, buena penetración de ella al suelo porque previamente se ha removido o arado, facilidad para ciertas operaciones culturales como deshierbo a máquina o con gente,abonamiento etc., no se perjudica la condición física del suelo respecto a su estructura porque no se incorpora mucho elemento fino que podría darle mayor compacticidad, facilidad de acomodar el riego a las irregularidades topográficas del terreno etc. etc.

Es éste el método de riego que se usa en cultivos tales como remolacha, caña de azúcar, maíz, papa, girasol, algodón, soya, frijoles, plantas hortícolas etc. pero debe tenerse presente que la pendiente juega un papel muy importante.

El cuadro No.6 establece la relacion entre longitud de surco, pendiente, permeabilidad según la clase de suelo, para el establecimiento de riego en cultivos tales como maíz, algodón, sorgo etc.

Clase de Suelo	Distancias teóricas de los surcos		
	Separación entre surcos mts	longitud en mts.	Pendiente o/oo
Ligeros a francos	0.90 - 1.00	80-100 - 150	1.5
Fuerte ó arcilloso	1.10 - 1.30	200-300 - 350	3.0

El riego por surcos también es conocido como riego por infiltación, pero en realidad en cualquier método la infiltración está presente.

Los surcos pueden ser variables de acuerdo a la profundidad y ancho; los más utilizados son aquellos de sección triangular y profundos (20 a 30 cms), en ellos es fácil conducir el agua y acelerar el humedecimiento inclusive no exigen que el terreno este perfectamente nivelado. Los surcos anchos y de poca profundidad son especiales para terrenos nivelados pero su manejo es dificil debido a que con facilidad se producen desbordamientos del agua que conducen.

Las llamadas corrugaciones son pequeños surcos que apenas alcanzan profundidades de 5 a 7 cms, es obvio que su uso demanda nivelaciones casi perfectas y amplia experiencia en el manejo del riego.

La duración del riego en los surcos es variable depende de la separación entre ellos, de la textura del suelo, del caudal que se utilice, de la produndidad de humedecimiento etc.

Veamos con un problema como se puede calcular esta duración:

Problema:

Un campo de suelo franco esta sembrado con maíz, los surcos tienen 150 mets. de largo y separados 1.20 mts. entre si; se dispone de un caudal de 25 lts/seg, se sabe que el volumen de agua que debe aplicarse por hectárea es 2500 m^3 y que cada surco debe conducir 1.4 lts/seg; cuál será la duración del riego?

Solución:

a. Cálculo del número de surcos que se pueden regar con 25 lts/seg.

$$ns = \frac{25}{1.4} = 18 \text{ surcos}$$

b. Cálculo del área por regar

$$A = 1.20 \times 18 \times 150 = 3240 \ m^2$$

c. Cálculo del volumen de agua requerido para alcanzar la profundidad de humedecimiento

Apliquemos la fórmula:

$$V = \frac{(cc - cH) \times PR \times 3240}{100}$$

Supongamos:

PR = 0.70 mts

cc = 25

cm = 10

CH = CM + 50% CM

CH = 10 + 5 = 15

$$V = \frac{(25 - 15) \times 0.70 \times 3240}{100} = 227 \ m^3$$

d. Calculamos la duración del riego

Se debe regar 3240 m^2

Se debe aplicar 227 m^3

Se sabe que Q = 25 lts/seg = 90 m^3/hora

$$\text{Duración} = \frac{227}{90} = 2 \text{ horas y } 30$$

B). Método de riego por inundación

Es el método de riego característico para el arroz, pastos. Consiste en cubrir toda la superficie del suelo con agua consiguiendo así un humedecimiento uniforme, pero para ello es fundamental que el suelo reuna ciertas condiciones como tener poca pendiente, ser llanos, sin monticulos

ni hoyos y ciertas prácticas de diseño para que sea factible su aplicación.

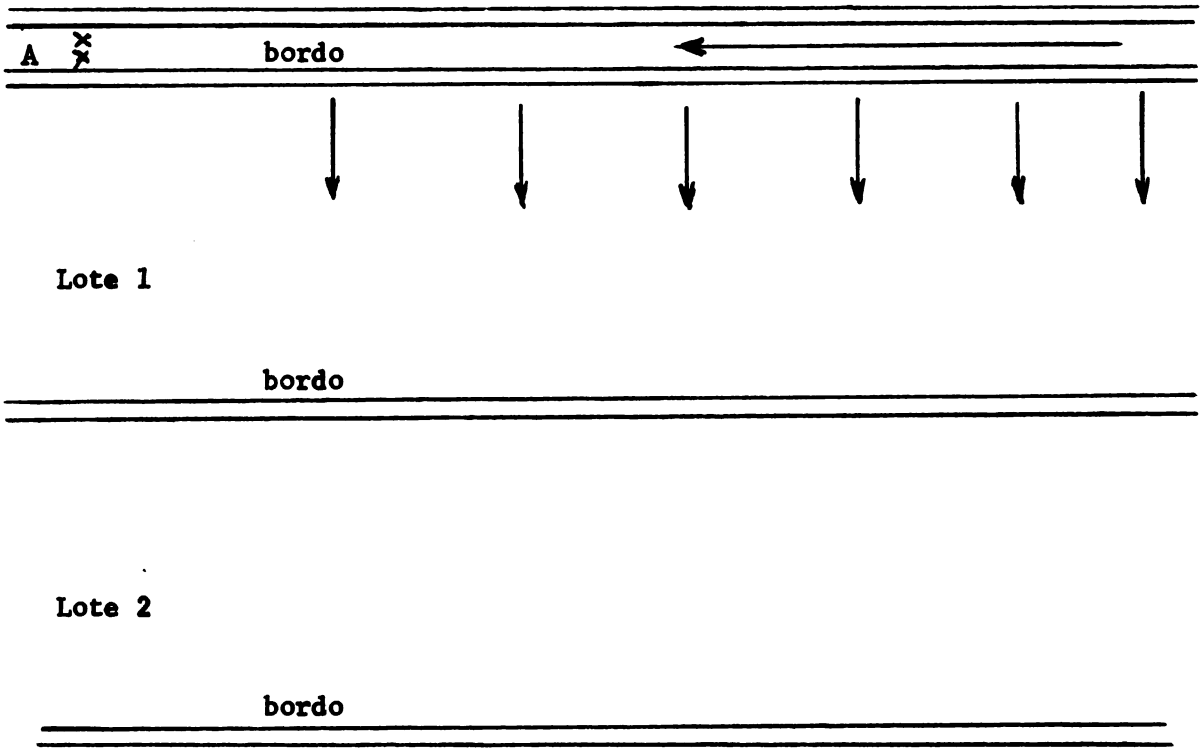
Dentro de este método existen infinidad de modalidades pero en principio las únicas diferencias entre una y otra e por su adaptabilidad a la topografía existente, al caudal que se disponga y a la clase de cultivo que se programe. Las modalidades mas conocidas son:

a. Riego por desbordamiento
b. Riego por fajas
c. Riego por melgas con bordos
d. Riego por bordos de contorno

a. Riego por desbordamiento

Es una de las modalidades de riego más antiguas que se conoce, con el tiempo tiende a desaparecer por el gran desperdicio de agua y porque si no se tiene cuidado con los caudales que se manejen y con la pendiente puede perderse suelo por erosión.

Consiste el método en distribuir el agua uniformemente en el terreno para ello es necesario dividirlo en una serie de secciones o lotes mas o menos paralelos entre sí y de tamaño variable e instalar en la cabecera del terreno una acequia para riego.



Generalmente los lotes tienen un largo de 25 a 50 metros y un ancho de 12 a 30 mts despende ello de la pendiente que en uno u otro sentido tenga el terreno

Para humedecer el suelo se procede de la siguiente manera:

En el punto A de la acequía se ubica una "tapa" que obliga al represamiento de las aguas; éstas una vez que alcanzan la cota del bordo lo sobrepasan y se "desbordan" inundando el lote 1.

Cuando este lote se llena, las aguas sobrepasan al bordo que continúa e inundan 2, así sucesivamente puede ir regandose el área programada.

Poca es la adecuación física que se requiere con ésta modalidad, por tanto la inversión que se haga para su instalación es mínima; si se construyen bordos que continuen a las curvas de nivel puede adaptarse a la topografía existente en el terreno.

Esta modalidad de riego se utiliza en el riego de pastos y de cereales pequeños (trigo, cebada, avena, centeno etc.)

b. Riego por fajas

Esta es una modalidad de riego muy difundida en el mundo porque es apropiado para regar la mayoría de cultivos que crecen compactos como los pastos, algunas leguminosas, cereales pequeños etc.

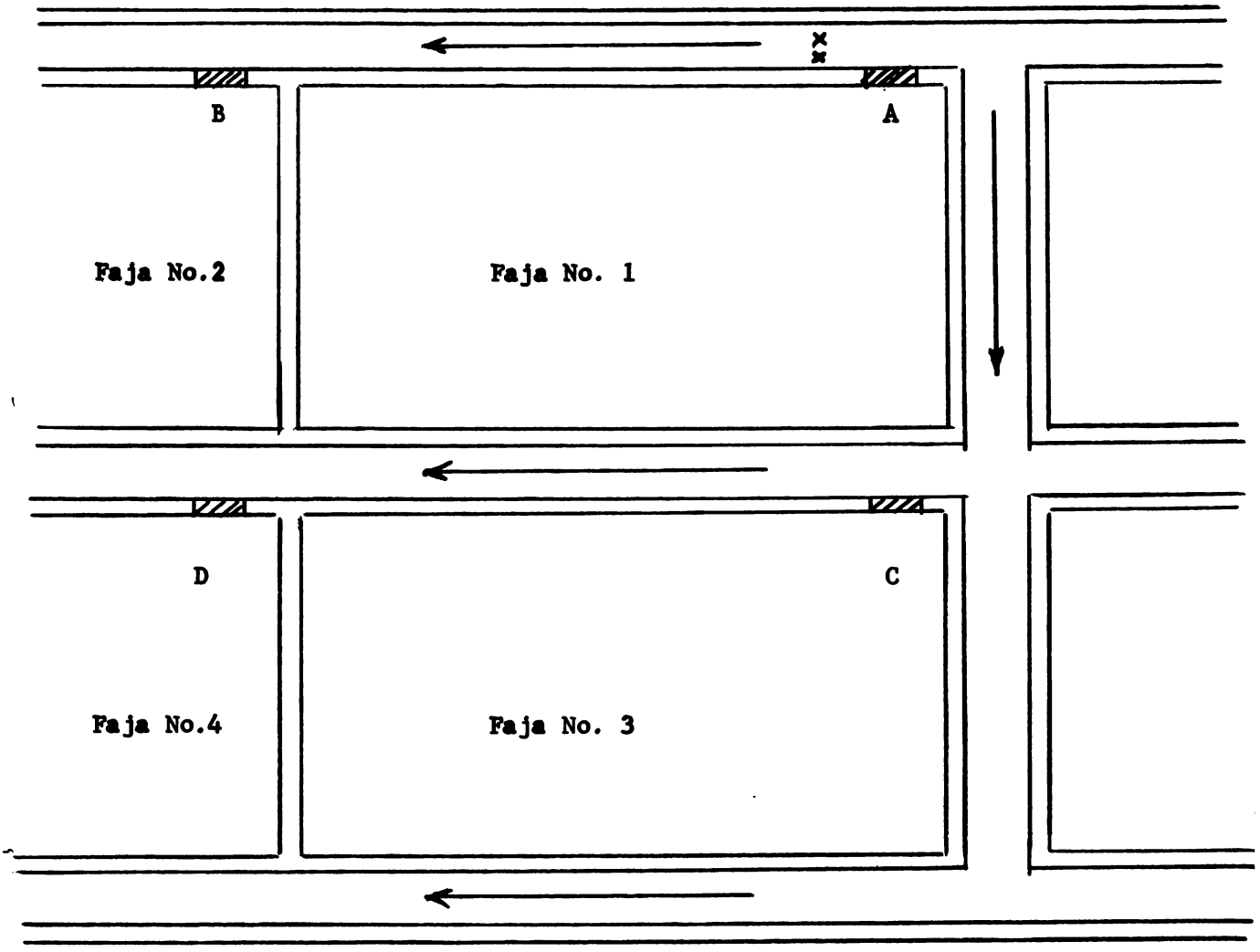
Se adapta a casi todos los suelos pero es preferible utilizarlo en aquellos que tienen una permeabilidad intermedia. No es aconsejable su uso en terrenos arenosos ni tampoco en los arcillosos, exije que la topografía sea plana y con pendientes no mayores del 5%.

El riego consiste en distribuir el agua a partir de un punto o "toma" ubicado en la acequía de cabecera, se requiere contar con volúmenes apropiados de agua para reducir el tiempo de riego. Es necesario adecuar previamente el terreno construyendo fajas de longitudes variable tanto en ancho como en largo dependiendo ésta variación de la textura del suelo, del caudal que se posea, de la pendiente etc.

Las fajas se limitan entre sí por bordos de ancho y altura convencional.

Para regar se procede de la manera siguiente:

En A se pone una "tapa" para que el agua ingrese por la "bocana" respectiva a la faja No.1, una vez que el agua ha alcanzado la lámina de riego programada, se cierra la bocana y se continúa el riego con la faja No.2 colocando para ello otra tapa en B para que el agua pueda ingresar; después que ésta alcanza su altura conveniente se tapa la bocana y se continúa el riego con otra faja y así sucesivamente.



En el cuadro No.7 se presentan las variaciones de tamaño de fajas en función de textura, caudal, pendiente etc.

Cuadro No. 7 Dimensiones de fajas

Caudal utilizado en la faja		Naturaleza del Suelo								
		Ligero permeabilidad 30 cms/hora			Franco permeabilidad 10 cms/hora			Arcilloso permeabilidad 3 cms/hora		
		Dimensiones			Dimensiones			Dimensiones		
Lts/seg	m^3/hora	Ancho mts.	Largo mts.	Superficie m^2	Ancho mts	Largo mts	Superficie m^2	Ancho mts	Largo mts	Superf. m^2
14	50							9	176	1584
28	100				9	106	954	12	265	3180
42	150	8	56	448	11	129	1419	15	318	4770
56	200	9	66	594	13	146	1898			
70	250	10	75	750	14	170	2380			
83	300	11	82	902	15	190	2850			

Fuente: El Riego, M. Deloye - H. Rebour Pag. 103

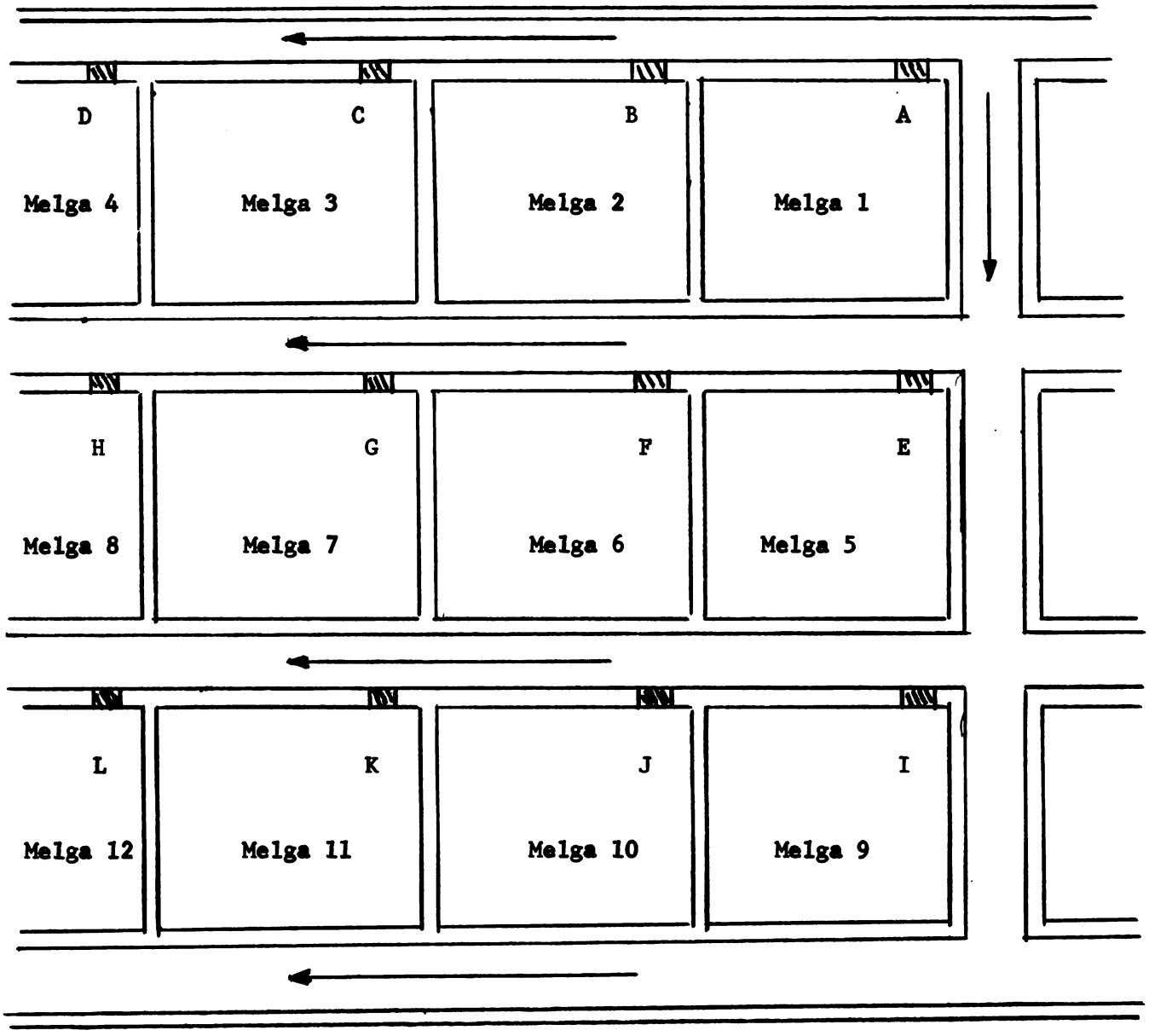
c. Riego por melgas con bordos

Es esta una de las modalidades de riego por inundación mas eficiente, pero exige condiciones especiales del suelo, volumen de agua disponible, clase de planta, topografía, textura del suelo etc.

Esta modalidad consiste en dvidir el terreno en una serie de melgas rectangulares o cuadradas por medio de bordos paralelos y equidistantes e instalar una red de riego que permita el rápido humedecimiento del terreno y de la distribución del agua . Tanto ésta modalidad como la vista anteriormente requieren que el terreno esté bien nivelado y con las estructuras de riego debidamente instaladas y calculadas.

El riego por melgas es común en los cultivos de pastos (alfalfa), cereales de grano pequeño etc.

Es obvio que para regar cualquiera de las melgas será suficiente hacer ingresar el agua por las bocanas respectivas y luego que hayan alcanzado la lámina de riego prevista taparlas y continuar luego con el riego de las que sigan.



d. <u>Riego por bordos de contorno</u>

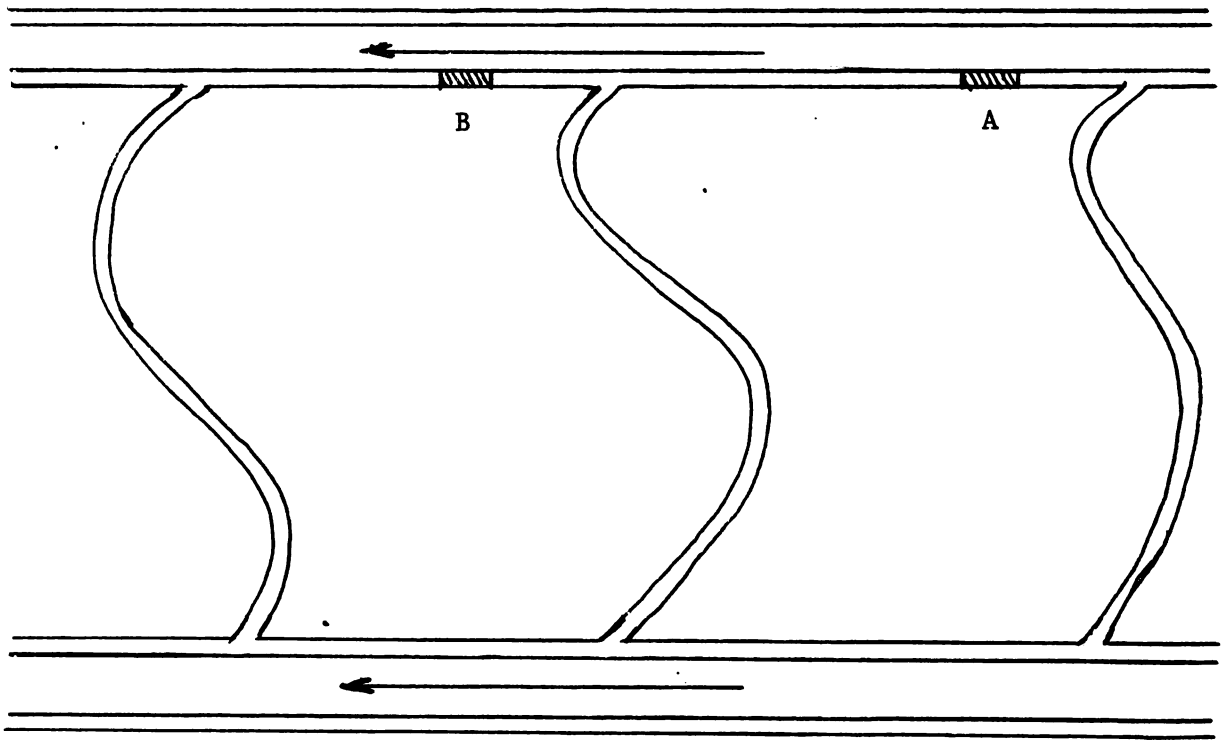
Es la clásica modalidad de riego utilizada en el cultivo de arroz. El método consite en construir bordos siguiendo las curvas de nivel

de tal suerte que el terreno en el sentido longitudinal este a nivel, pero entre curva y curva debe existir una mínima diferencia de cota. A veces en las áreas comprendidas entre curvas cuando las longitudes son excesivas se acostumbra a seccionarlas para facilitar las labores de cultivo y de riego.

La separación entre bordos es función de la textura del suelo, topografía, caudal de riego disponible, pendiente etc.

Cuando el suelo tiene textura media este método puede utilizarse en el riego del algodón, maíz, soya etc.; pero con la condición que el agua no permanezca inundandolos por más de 12 horas.

Para regar por éste método basta abrir una "bocana" en la acequía que limita al área cultivada y luego cerrarla cuando el agua haya alcanzado la altura conveniente.



e. Riego por aspersión

Este método es conocido también con el nombre de riego por lluvia artificial, sus primeras prácticas se remontan allá por el año de 1930.

Es un método de alta eficiencia en su aplicación y de gran difusión en los países que fabrican los elementos básicos para su uso. En países de sub-desarrollo su empleo tadavía esta limitado a agricultores amantes de tecnología innovadora que siempre representan a mínimas áreas dentro de toda el área cultivada que se riega.

Su práctica es recomendada en terrenos de alta permeabilidad, en suelos con topografía irregular, en medios donde el agua es escasa y donde la fertilidad del suelo esta enmarcada en un horizonte superficial.

Muchos argumentan que la instalación de este método demanda una fuerte inversión inicial en equipos e inclusive que su operación y mantenimiento es muy costosa. Así mismo que en zonas ventosas, la distribución del agua es irregular; en fin su elección antes de tomar una decisión debe analizarse concretamente con los aspectos indicados. Sin embargo toca ser radical y recomendar su uso cuando la topografía del terreno no acepta otro método de riego y cuando la textura ligera del suelo obliga a su aplicación.

Todos los cultivos menos el arroz pueden regarse por aspersión y para su uso se necesita el siguiente equipo:

Motobomba
Tuberias de distinto diámetro
Aspersores
Personal adiestrado

Las tuberias pueden ser de ubicación fija, semifija y móviles.

Para la aplicación del riego porpiamente dicho y para el cálculo del volumen/hectárea es necesario tomar en cuenta los pasos que se indican:

Frecuencia de riego
Intensidad de lluvia
Presión en los aspersores

La frecuencia de riego depende de las propiedades físicas del suelo, de las condiciones climatológicas, de la clase de planta etc.

La intensidad de lluvia también es función del suelo, de la clase de planta porque la profundidad de humedecimiento que debe alcanzarse depende de la profundidad que alcancen las raíces.

La presión en los aspersores es un paso importante para el éxito del riego, su valor depende del cuidado que se haya tenido en la instalación de todo el equipo, del modo como quiera hacerse el riego, de la naturaleza física del suelo, del tamaño y clase de cultivo, de las condiciones climatológicas, del volumen de riego a aplicarse por hectárea etc.

La presión de los aspersores se expresa en atmosferas y para tal fin se indican los siguientes valores:

Alta presión	más de 5 atm.
Media presión	de 3 a 5 "
Baja presión	Menos de 3 "

Es obvio que los volúmenes que se deseen utilizar por hectárea son función de la presión que se seleccione, pero un método de riego por aspersión sólo es económico cuando por hectárea no se gastan volúmenes superiores a 400 m^3, por tanto la presión que se dé a los aspersores debe ajustarse a la descarga tope de éste parámetro.

El riego por aspersión puede realizarse bajo las siguientes modalidades:

a. Con aspersores rotatorios que sobrepasan al follaje

Esta modalidad siempre es la que se recomienda porque permite alcanzar mayores distancias laterales con la lluvia, porque se facilita una mejor distribución de la humedad, por el poco movimiento que se planea para el equipo reduciendo su costo de operación etc., El único porblema que puede atribuirsele es la distribución irregular de la lluvia cuando sopla viento.

b. Con aspersores rotatorios que no sobrepasan al follaje

Esta modalidad no es tan buena porque debe trabajar con bajas descargas de lluvia, porque sus chorros a veces son interrumpidos por la vegetación dificultándose la uniformidad de humedad, porque es díficil su operación nocturna, porque demanda mucha mano de obra en su operación debido a los continuos cambios que debe hacerse con el equipo originados por el corto alcance lateral de los chorros. Tal ves la única ventaja que pueda aceptarsele es que no lo afecta el viento.

c. Con aspersores tipo cañon o pistola

El empleo de ésta modalidad es poco recomendable porque el equipo de aspersores debe trabajar a alta presión lo cual lo encarece, además porque la presión de trabajo requiere disponer de grandes caudales. Su única ventaja sería su radio de acción.

Existen infinidad de combinaciones entre tuberias y número de aspersores para reducir la demanda de mano de obra en la operación de riego así como los cambios continuos del equipo de lluvia a nuevas posiciones, a modo de referencia se citan los siguientes:

i. Distribución de aspersores en triangulo equilatero
ii. Distribución de aspersores para avance en cuadrado
iii. Distribución de aspersores para avance en cuadrado pero el lado del cuadrado es igual al radio del chorro etc. etc.

La diferencia entre uno y otro se funda principalmente a parte de lo anteriormente indicado en lograr uniformidad de humedecimiento evitando el exceso de áreas superpuestas.

d. Riego por goteo

Consiste este método moderno de riego en aplicar directamente en la zona radicular la cantidad de agua que las plantas necesitan durante todo su desarrollo vegetativo.

La ventaja de este método es su gran economía de agua ya que sólo se humedece el área correspondiente al sistema radicular,también por la ausencia de malezas lo cual es lógico debido a la falta de humedad en el resto del terreno no ocupado por los cultivos.

Su desventaja es su alto costo de instalación y la obligatoriedad de programar cultivos de alta rentabilidad que puedan retornar la inversión.

El equipo para regar por goteo costa de los siguientes componentes:

i. Mecanismo de bombeo y filtro
ii. Tuberías principales para conducir el agua a las parcelas de riego.
iii. Tuberías de distribución para llevar el agua al pie de las plantas.
iv. Boquillas de goteo con abertura regulables.

Teniendo este método de riego un costo inicial tan elevado no es aplicable a la realidad de Honduras, por esto sólo de modo general se ha indicado en que consiste.

e. Riego subterráneo

Es éste otro método de riego con costo de instalación muy alto y sólo factible de aplicar en terrenos que reunan condiciones especiales para este fin. El riego consiste en humedecer el terreno de abajo

para arriba aprovechando la propiedad de capilaridad de los suelos. El agua tiene que conducirse por tuberías que se ubican a determinada profundidad y por ellas circula el agua a determinada presión; para que el riego pueda ser efectivo es necesario que en el sub suelo existe un horizonte impermeable y que la textura del suelo sea intermedia.

8. Desarrollo físico de las tierras para su riego y drenaje (evacuación de excedentes.

El desarrollo físico de las tierras consiste en llevar al predio a óptimas condiciones de explotación mediante la construcción de una eficiente red de riego y drenaje y una nivelación definida en función de la textura del suelo, de la pendiente y clase de cultivo.

Dentro de éste capítulo de sistematización de tierras una de las etapas más importantes es la nivelación de la tierra y su fin es lograr un mejor aprovechamiento del agua y una buena conservación del recurso suelo. Un suelo nivelado le proporciona a los cultivos una superficie uniforme y en ella es posible que las plantas reciban el mismo grado de humedad no sólo en cantidad sino también en el mismo período de tiempo.

Si un terreno ha sido cultivado antes de someterse a la práctica del riego es probable que las labores de desarrollo físico se simplifiquen, pero sí no fuese así entonces habrá que seguir las siguientes etapas para poner al terreno en las mejores condiciones de desarrollo de las plantas; de facilidad de riego y de que la humedad pueda distribuirse regularmente alcanzando la profundidad que se busque. Estas etapas son:

a. Destronque de montes y malezas
b. Labores de junta y quema
c. Emparejamiento y pasaje de rastras
d. Nivelación del terreno de acuerdo al método de riego seleccionado y,
e. Construcción de obras para riego y drenaje.

a. Destronque de montes y malezas

Esta clase de trabajo cuando el monte está constituido por árboles y arbustos

gruesos se realiza con tractores bulldozers y cuando sólo existen arbustos pequeños y malezas entonces pueden extraerse con gente conplementándose con tractores de ruedas. Si el material extraído es negociable como madera o como leña y carbón entonces estos ingresos adicionales pueden en parte cubrir los gastos de esta etapa.

b. Labores de junta y quema

Es la etapa que complementa a la anterior y como su nombre lo indica tiene por fin reunir en montones o grupos todo el material extraído para luego quemarlo y dejar asi listo el terreno para su emparejamiento. Es conveniente realizar después de ésta junta y quema un "repase" para eliminar las malezas y arbustos que puedan obstaculizar la preparación de la tierra.

c. Emparejamiento

Como su nombre lo indica en ésta etapa se busca rellenar o emparejar todos los hoyos que tenga el terreno como consecuencia del destronque. Se hace para facilitar el trabajo posterior de nivelación y se emplean bulldozers, traillas y emparejadoras Land Plane de tiro por tractor.

Siempre es conveniente después de éste emparejamiento realizar en todo el terreno "pasajes cruzados" de rastra preferible con discos de diámetro superior a las 28" y con bordes dentados.

Es posible que después de ésta labor resulten en el terreno infinidad de raíces y pequeños troncos, su recolección puede hacerse con gente o bien con un rastrillo de tiro por tractor y luego quemarlos.

d. Nivelación del terreno

Cuando se programa un método de riego por aspersión éste tipo de trabajo no se realiza pero si el terreno ya preparado va a programarse para su riego por infiltración o por inundación entonces se hace necesario su estudio y ejecución porque estos métodos de riego sólo son aplicables cuando el terreno se ha adecuado para que el agua pueda distribuirse y manejarse con facilidad.

La clase de cultivo, la naturaleza física del terreno y la pendiente son principalmente los factores que deciden la nivelación que debe seguirse; así los cultivos que se riegan por surcos como la caña de azúcar, remolacha, sorgo, maíz, girasol, papa, algodón, soya, frijoles, plantas hortícolas etc. Exigen que el suelo se nivele dentro de parámetros de pendiente entre 1.5 a 3°/oo siendo óptima aquella de 2°/oo. Si el terreno fuese arcilloso esta pendiente puede aumentarse hasta el 5°/oo . En cambio los cultivos como el arroz, los cereales menores y algunas leguminosas exigen que el terreno sea plano casi a nivel; pero con los pastos puede aceptarse pendientes mucho mayores porque el aparato vegetativo de ellos al "tupir" el suelo le da las características necesarias de protección ante la erosión que pueda ocasionarle las escorrentías producidas por la lluvia o por riegos mal manejados.

Existen infinidad de métodos de nivelación y combinaciones de ellos, a modo de referencia se cita los siguientes:

Método clásico de perfiles
Método de las cuadrículas compensadas
Método de los perfiles medios
Método de los mínimos cuadrados

Cualquiera de ellos puede ser seleccionado, pero es condición tener presente que para que estos resulten económicos debemos respetar las magnitudes en volumen de movimiento de tierra/ha que la experiencia ha recomendado; estas magnitudes son:

Nivelación económica	150 - 350 m^3/Ha
Nivelación media	350 - 700 "
Nivelación pesada	Más de 700 "

Cualquier cálculo de movimiento de tierra que sobrepase los 500 m^3 por Ha resulta anti económico y en esos casos es preferible analizar la concurrencia del riego por aspersión o preferible no nivelar el terreno.

e. <u>Obras para riego y drenaje</u>

Es lógico que luego de nivelar el terreno de acuerdo al método de riego

establecido debe diseñarse el conjunto de obras hidráulicas que favorezcan la conducción y distribución de las aguas, entre ellas citaremos los canales de riego estructuras de derivación de aguas, obras de toma, alcantarillas, saltos hidráulicos, sifones invertidos, partidores de caudal o "punta de diamante", medidores de caudal etc. etc. Cada una de ellas obedece a consideraciones específicas de diseño y a costos variables.

9. Bibliografía

El Riego Planificación y Prácticas - Angel Trisoldi

El Riego .- - M. Deloye y H. Rebour

Colección Ingeniería de Suelos - Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de U.S.A.

Manual de Riegos y Avenamiento - Enrique Blair

Proyecto de Sistematización de Tierras, Granja Agrícola, Nataima, Colombia. - Oswaldo Chávez C.

Diferentes Métodos de Riego, Proyecto Tolima No.5, Colombia. - Oswaldo Chávez C.

28/7/89

Chávez C. Oswaldo.

AUTHOR

Métodos de riego Cuesillo de Di-
vulgación.

TITLE

DATE DUE	BORROWER'S NAME
24 AGO 1982	María Teresa Ramírez
28/7/89	Teroneeso Vilas