

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE**

**Por:**

**LINA MARIA PANTOJA ROSERO  
MILADY ANDREA MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN Y SANIDAD VEGETAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2016**

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE**

**Por:**

**LINA MARIA PANTOJA ROSERO  
MILADY ANDREA MUÑOZ**

**Monografía**

**TRABAJO DE GRADO MODALIDAD DIPLOMADO PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO  
Diplomado Proyectos De Irrigación Y Drenajes De Suelos Agrícolas**

**Asesor**

**Álvaro Castillo Marín I.A.M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN Y SANIDAD VEGETAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2016**

## **Nota de responsabilidad**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva de los autores.

Artículo primero del acuerdo No.324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del  
Director del Proyecto

---

Firma del Jurado

---

Firma del  
Jurado

San Juan de Pasto, \_\_\_\_\_

## **Agradecimientos**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento, primeramente a Dios por ser la fuente de vocación.

A nuestros padres y familia por ser el apoyo, fuente inagotable de lucha, perseverancia, honradez y amor, ejemplo de vida. Porque gracias a ellos estamos cumpliendo un sueño una meta más, porque siempre nos han brindado su apoyo incondicional, a ustedes les debemos lo que somos, Dios los bendiga hoy y siempre.

A la ilustre universidad de Nariño, por habernos brindado la formación académica.

Al nuestros profesores y amigos Álvaro Castillo Marín I.A.M.Sc, Fabio Andres Bolaños, M.Ed. Ing. Mec, Orlando Benavides, I.A.M.Sc.

Por compartirnos sus conocimientos y ayuda incondicional.

A nuestros amigos y compañeros de estudio por su apoyo brindado.

## **Resumen**

El presente trabajo se basa en la recopilación de información relacionada con el sistema de riego por superficie, con el fin de analizar los diferentes aspectos de funcionamiento y la forma de uso para ser aplicado en cultivos que requieran este sistema de riego

Se realizó una revisión integral de literatura que abarca temas generales del riego por superficie, los tipos del sistema de riego por superficie, los parámetros que se debe tener en cuenta para un manejo eficiente del riego y su impacto ambiental.

## ABSTRACT

This work is based on the collection of information related to the surface irrigation system in order to analyze different aspects v RUN and shape of the USO for application to crops that require irrigation system  
general issues of surface irrigation , the types of surface irrigation system , the parameters that you must consider for efficient irrigation management and its environmental impact : A comprehensive literature review was conducted Spanning me

## CONTENIDO

OBJETIVOS.....	11
.1.RIEGO POR SUPERFICIE .....	16
1.1 Desarrollo Del Riego Por Superficie.....	17
1.1.1 Fases del riego .....	17
1.1.1.1 Fase de avance .....	18
1.1.1.2 Fase de almacenamiento.....	19
1.1.1.3 Fase de vaciado o agotamiento paulatino.....	19
1.1.1.4 Fase de receso .....	19
1.1.2 Tiempos Del Riego Por Superficie .....	20
1.1.2.1 Tiempo Del Inicio Del Riego (ti):.....	20
1.1.2.2 Tiempo De Avance (tl) .....	20
1.1.2.3 Tiempo De Corte (tc) .....	20
1.1.2.4 Tiempo De Receso (tr).....	20
1.1.2.5 Tiempo De Vaciado (tv) .....	21
1.1.3 TIEMPO DE CONTACTO (t).....	21
1.1.4 DESEMPEÑO DEL RIEGO POR SUPERFICIE.....	23
1.1.4.1 Variables Fisicas y de Manejo .....	23
1.1.4.2 Infiltración Del Agua En El Suelo .....	23
1.1.4.3 Avance Y Receso Del Frente De Agua .....	28
1.1.4.3.1 Caudal de manejo y caudal unitario .....	29
1.1.4.3.2 Longitud o dimensiones .....	33
1.1.5 TIPOS DE SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE .....	34
1.1.5.1 Riego Por Tablares .....	35
1.1.5.2 Riego por tablares de escurrimiento .....	37
1.1.5.3 Riego Por Fajas .....	39
1.1.5.4 Pendiente en el riego por fajas.....	40
1.1.5.4.1 Caudal en el riego por fajas .....	41
1.1.5.4.2. Riego por melgas en pendiente .....	44
1.1.5.4.3 Riego por melgas rectangulares .....	45
1.1.5.4.4 Riego por melgas en contorno .....	45

1.1.6. RIEGO POR SURCOS .....	46
1.1.6.1 Espaciamiento entre los surcos .....	47
1.1.6.2 Longitud de los surcos .....	48
1.1.6.3 Riego por surcos con pendiente .....	50
1.1.6.3.1 Métodos de derivación de agua en el riego por surcos con pendiente ...	51
1.1.6.3.1.1 Derivación directa .....	51
1.1.6.3.1.2. Derivación mediante una acequia auxiliar:.....	52
1.1.6.3.1.3 Derivación mediante sifones: .....	52
1.1.6.3.1.3 Derivación mediante tuberías portátiles: .....	54
1.1.6.4 RIEGOS POR SURCOS A NIVEL .....	55
1.1.6.5 RIEGO “DE CAREO” EN ZONAS DE MONTAÑA: .....	56
1.1.6.6 PARAMETROS A CONSIDERAR PARA UN MANEJO EFICIENTE DEL RIEGO	56
1.1.6.6.1 Tipo de suelo .....	56
1.1.6.6.2 Capacidad de campo .....	58
1.1.6.6.3 Punto de marchitez permanente .....	58
1.1.6.6.4 Agua útil o aprovechable por las plantas.....	58
1.1.6.6.7 Requerimientos hídricos .....	60
1.1.6.6.8 Uniformidad en la distribución del agua regada .....	61
1.1.7 ESTRUCTURAS DE CONTROL Y DISTRIBUCION.....	63
1.1.7.1. Organización y control de la distribución del agua de riego .....	63
1.1.8 EFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE DEL RIEGO POR SUPERFICIE.	65
2CONCLUSIONES .....	66
3.RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFÍA.....	68

## Lista De Gráficos

Grafico 1. Participación (%) de UPA en el área rural dispersa censada con tenencia de sistema de riego, según el tipo de sistema.....	14
Grafico 2. Fases del riego por superficie.....	19
Grafico 3. Tiempos y fases del riego por superficie .....	21
Grafico 4. Diagrama de avance-receso para un riego por escurrimiento .....	22
Grafico 5. Curva de variación de infiltración del agua en un suelo a medida que pasa el tiempo.....	25
Grafico 6. Hidrograma de entrada y salida.....	30
Grafico 7. Tipos de riego por superficie .....	35
Grafico 8. Uniformidad de distribución del agua filtrada a) situación ideal; b) alta uniformidad; c) baja uniformidad.....	62
Grafico 9. Diseño en riego por superficie relativo a la uniformidad: permitir deficit solo en el ultimo cuarto de la parcela.....	63
Grafico 10. Diseño en riego por superficie relativo a la uniformidad: no permitir déficit en toda la parcela .....	63

## Lista De Tablas

Tabla 1. Caudales para fajas con pendiente de 0,3 %.....	31
Tabla 2. Caudales para tablares. ....	31
Tabla 3. Caudal máximo no erosivo para riego por surcos. ....	32
Tabla 4. Características de infiltración en función del tipo de suelo.....	42
Tabla 5. Longitudes y ancho de melga, caudal por metro de ancho de melga, en función de la textura del suelo y la pendiente .....	43
Tabla 6. Dimensiones recomendadas para melgas .....	43
Tabla 8. Caudal máximo no erosivo según la pendiente del terreno (INIA, 1998).	49
Tabla 9. Longitud máxima de los surcos de acuerdo a la textura del suelo, la pendiente del terreno y la altura de agua a aplicar .....	49
Tabla 10. Tiempo de riego para mojar un metro de suelo de acuerdo a la textura	49
Tabla 11. Caudal del sifón	54

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una revisión bibliográfica acerca del sistema de riego por superficie

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Dar a conocer conceptos generales y los diferentes tipos de riego por superficie mediante la recopilación de información bibliográfica.

.

## INTRODUCCIÓN

El riego por superficie incluye una variedad de tipos de riego que tienen la característica común de que el agua se aplica en la superficie del suelo y se distribuye en el campo por gravedad, de modo que el caudal de riego disminuye a lo largo del campo debido a la infiltración del terreno.

Los métodos por escurrimiento superficial "se usan en más del 85 % de las tierras regadías del mundo ( $\pm 300$  millones ha), en todo tipo de cultivos y en la mayoría de los suelos y de las condiciones topográficas. El 15 % restante se divide en 10% para aspersión y el resto para riego por goteo"<sup>1</sup>.

El sector agrícola realiza el mayor consumo de agua en el mundo y por tanto la agricultura irrigada debe ser eficiente para tener sostenibilidad ambiental y económica. Un parámetro principal para evaluar sistemas de riego es la uniformidad de aplicación de agua en la superficie del área irrigada, reflejándose directamente en "el manejo y desempeño del cultivo, en la calidad y cantidad de los productos, en la eficiencia del uso del agua, en el costo del riego y por tanto de la producción"<sup>2</sup>.

El riego por escurrimiento superficial es particularmente apropiado cuando se cuenta con: buena disponibilidad de agua, pendientes uniformes<sup>3</sup> (comprendidas entre el 0% y 1%), suelos profundos, de texturas medias a finas y cultivos de raíz profunda

Una baja uniformidad de aplicación de agua causa crecimiento desigual de las plantas y en algunos casos contaminación del suelo con sales, lo cual repercute en la degradación del suelo<sup>4</sup>. Esto se relaciona con el exceso de agua en el suelo que causa lixiviación de nutrientes, reducción en la concentración de oxígeno disponible para las raíces y aumento en la incidencia de plagas y enfermedades; además, la escasez de agua aumenta los riesgos de salinización del suelo e inhibe el potencial productivo de las plantas. El movimiento del agua a través de los poros del suelo aumenta la humedad en profundidad, a expensas de las

---

<sup>1</sup> MORÁBITO, José ; SALATINO, Santa; ANGELLA, Gabriel y PRIETO, Daniel. Jornadas sobre "Ambiente y Riegos: Modernización y Ambientalidad". Red Riegos, CYTED y AECID. Guatemala. 2008. p. 3.

<sup>2</sup> SANTOS, Bernardo. "Manual de irrigação 6ª ed." Viçosa, MG: UFV, imprensa universitária (1995) p.5.

<sup>3</sup> Ibid, p. 3.

<sup>4</sup> CUNHA, Francinice; VIEIRA, Faustino ; BORGES, Roberto,; SILVA DE FREITAS, Patrício; DA MESQUITA, Romenique y DE LUCIENE, Xavier. Manejo De Micro-Irrigação Baseado Em Avaliação Do Sistema Na Cultura Do Meloeiro. Revista Caatinga. vol. 21, núm. 3 Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasi. p.44. URL: <<http://www.redalyc.org/pdf/2371/237117546025.pdf>

<sup>4</sup> FAO. Informes de la Fao sobre temas hídricos. Vol, 32.p.

profundidades más superficiales humedecidas inicialmente y mejora la calidad del riego, lo que puede estar en disonancia con la evaluada en la superficie .

“El 70% de la extracción total del agua del planeta es utilizada en la agricultura, con un porcentaje cercano al 85% cuando se consideran solamente los países en desarrollo; aproximadamente 1.260 millones de hectáreas bajo agricultura de secano correspondiente a un 80% total de las tierras cultivadas del mundo) suministran el 60% de la alimentación del mundo, mientras que los 277 millones de hectáreas bajo riego ( el restante 20% de tierras cultivada) contribuyen con el 40% de los suministros de alimentos”<sup>5</sup>. En promedio, los rendimientos por unidad de superficies cultivadas son de 2,3 veces más altos en las áreas regadas que en las áreas de secano. Estos números demuestran que la agricultura bajo riego a tenido, y continuara, teniendo un papel importante tanto en la provisión del suministros de los alimentos en todo el mundo y en todas las actividades relacionadas con la misma

En el mundo y particularmente en Colombia, los sistemas de riego por gravedad siguen ocupando la mayor parte del área bajo riego, Colombia cuenta con una superficie superior a los cien millones de hectáreas, Según los resultados del 3er Censo Nacional Agropecuario, en el 20,4 % de las UPA (Unidades Productoras Agrícolas<sup>6</sup>) del área rural dispersa censada los productores declararon tener sistema de riego para el desarrollo de sus actividades agropecuarias, en contraste con el 79,6 % de UPA sin tenencia de sistema de riego. En los departamentos de Nariño, Antioquia, Boyacá, Cauca y Valle del Cauca se encontró el 50,0 % de las UPA del área rural dispersa censada, con tenencia de sistema de riego. Los departamentos de Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina, Amazonas, Bogotá, Vaupés y Guainía presentaron la menor participación (0,1 %, respectivamente). Por tamaño de la UPA, la mayor participación en tenencia de sistema de riego se registró en UPA de 100 a 500 hectáreas

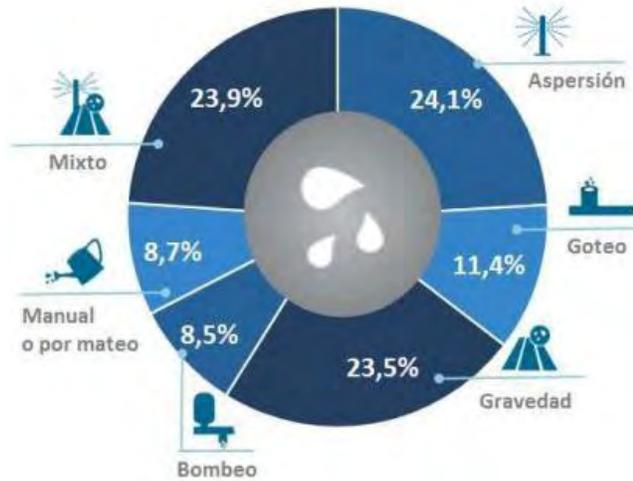
Al analizar los sistemas de riego por tipo, el 3er Censo Nacional Agropecuario<sup>7</sup> encontró que en el 24,1 % de las UPA con tenencia de sistema de riego, se utilizó el sistema de aspersión.

---

<sup>6</sup>DANE, Departamento Administrativo de Estadística Colombia. Censo Nacional Agropecuario Sexta entrega de resultados. 2014. p.6.URL:<<http://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-6-Infraestructura/6-Boletin.pdf>

<sup>7</sup>DANE,Op. Cit. .p. 6

**Grafico 1. Participación (%) de UPA en el área rural dispersa censada con tenencia de sistema de riego, según el tipo de sistema.**



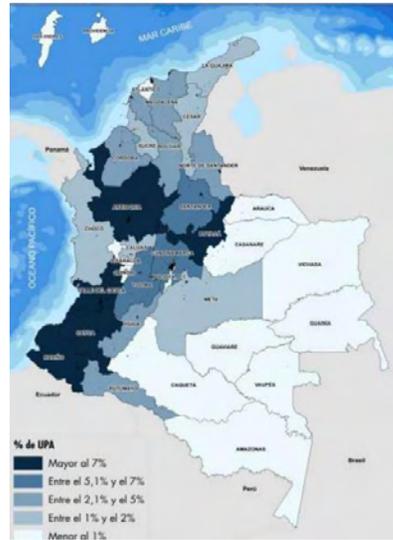
*Fuente: DANE, 2014.*

El objetivo de suministrar la humedad necesaria al suelo para el crecimiento de la planta se conseguía de forma sencilla y los beneficios que se obtenían eran cuantiosos. “Esto hizo que los regadíos se extendieran rápidamente a zonas cada vez más alejadas de los ríos. En la actualidad los sistemas de riego por superficie ocupan el 57% del área regable del territorio nacional”<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup>DANE, Op. Cit. .p. 6

**FIGURA 1. Participación (%) de las UPA el área rural dispersa censada con tenencia de sistema de riego.**



*Fuente: DANE, 2014.*

## 1. RIEGO POR SUPERFICIE

El riego por superficie es el método de riego más antiguo. Agricultores de Egipto, China, India y países de Oriente Medio se sabe que regaban sus tierras, mediante riego por superficie, hace más de 4.000 años. “La civilización de Mesopotamia vivió y prosperó en el valle del Tigris y del Eufrates hace más de 6.000 años y posteriormente desapareció a consecuencia de la salinización del suelo por inadecuadas prácticas de riego y ausencia de drenaje”<sup>9</sup>.

El riego por superficie consiste en aplicar el agua al suelo por gravedad. Dentro de este sistema de riego se encuentran diferentes tipos para la distribución de agua a la parcela distribuyéndola a lo largo y ancho cubriendo la totalidad o cierta parte de la superficie<sup>10</sup>. El agua se distribuye por gravedad, una vez que el agua llega al punto de la parcela donde será aplicada no se puede suministrarle presión. Al utilizar este sistema de riego el caudal de riego disminuye a lo largo del campo debido a la infiltración del terreno.

Debido a que el agua se distribuye por gravedad hace que no sea necesaria la utilización de estructuras complejas para distribuir el agua por la parcela a regar. Gracias a esto en el sistema de riego por superficie no es necesario bombear agua por encima del nivel de la parcela.

Debido a que este método es uno de los más utilizados en todo el mundo han surgido una gran cantidad de sistemas de riego por superficie. De acuerdo a Fernández et al (2010) el 95% de las tierras en el mundo son regadas por el sistema de riego por superficie, en España baja al 59% y en Andalucía al 42%.

La tendencia actual es el proyecto de sistemas de riego a presión con un mayor control de las condiciones de aplicación (aspersión y goteo), es por ello que el área regada por el sistema de riego por superficie ha disminuido notoriamente.

El riego por superficie se basa en la distribución del agua desde la parte inicial de la parcela donde se aplica el agua llamada cabecera hasta el lugar donde llega después de un determinado tiempo, los tramos de la parcela estarán cubiertos de agua en diferentes intervalos de tiempo. El agua que se infiltra en el suelo dependerá de las características del suelo y del tiempo en que se encuentre en la superficie del mismo. Para obtener una mejor distribución del agua, un factor

---

<sup>9</sup>DANE.Op Cit.

<sup>10</sup> FACI, Jose y PLAYAN, Enrique. Principios básicos del riego por superficie. Hojas divulgadoras. Número 10-11. Zaragoza, Madrid. .p. 31.URL:<  
[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_10-11.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_10-11.pdf)>

importante es la pendiente, sin embargo existen algunos sistemas que no requieren parcelas con pendiente.

El riego por inundación puede ser natural, cuando se aprovecha la elevación del nivel de los ríos; o puede ser artificial, en cuyo caso el hombre sistematiza los terrenos, conduce el agua y los inunda. Así mismo la inundación puede ser continua o intermitente o sea que se riega periódicamente en intervalos de tiempo, para reponer la humedad del suelo.

El riego por superficie<sup>11</sup> es un método que puede aplicarse prácticamente a todo tipo de cultivos, bien sean anuales o leñosos, y con distintos sistemas de siembra o plantación como cultivos en línea, plantaciones arbóreas de diferentes marcos, cultivos que cubren todo el suelo, etc. Se recomienda usar estos sistemas en terrenos con es recomendable utilizar estos con topografías o relieves llanos o con escasa pendiente. Es un método de riego con el cual no se consiguen altas eficiencias

## **1.1 Desarrollo Del Riego Por Superficie**

### **1.1.1 Fases del riego**

En los diferentes tipos de sistema de riego por superficie se puede dar una serie de etapas o fases de acuerdo al movimiento, almacenamiento e infiltración del agua sobre el suelo de la parcela. Según Fernández<sup>12</sup> Estas etapas consisten en:

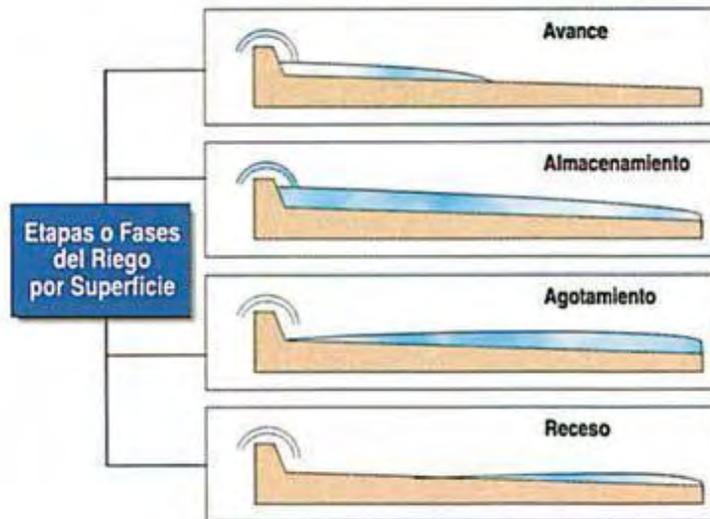
- Fase de Avance del agua sobre la superficie del terreno
- Fase de llenado o Almacenamiento
- Fase de vaciado o Agotamiento paulatino del agua
- Fase de receso

---

<sup>11</sup>FERNÁNDEZ, Rafael; ÁVILA, Ricardo; LÓPEZ, Manuel; GAVILÁN, Pedro y OYONARTE, Nicolás..Riego Por Superficie. Manual De Riego Para Agricultores. Módulo 2. Sevilla. 2010.p.103.

<sup>12</sup>Ibid p103.

**Figura 2. Representación esquemática de las fases del riego por superficie**



Fuente: Riego Por Superficie. Manual De Riego Para Agricultores. Módulo 2.

#### **1.1.1.1 Fase de avance:**

Inicia a partir del momento de ser aplicada, el cual se basa en la distribución del agua sobre la superficie del suelo hasta alcanzar el punto más lejano considerando que ha finalizado el avance cuando todos los lugares a los que debe llegar el agua se hayan mojado, "el avance del agua puede tener una duración muy diversa dependiendo del tipo de sistema de riego por superficie, pero depende de: el caudal aplicado, la pendiente, la longitud del camino que debe recorrer el agua y de la capacidad de infiltración del suelo"<sup>13</sup>. A mayor caudal, mayor pendiente y menor longitud de parcela, menor será el tiempo en que el agua cubra todos los puntos de la parcela y se complete el avance. Lo ideal es que el avance sea rápido para que todos los puntos de la parcela permanezcan mojados con intervalos de tiempo similares aunque se corre el riesgo de erosionar el suelo.

<sup>13</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103.

**Figura 3. Avance del agua en un surco de riego**



Fuente: Principios Básicos del Riego por Superficie

#### **1.1.1.2 Fase de almacenamiento**

Esta fase comienza al momento en que la fase de avance haya culminado y el proceso de aplicación de agua continua, en este momento el agua comienza a almacenarse sobre el suelo y a su vez comienza a infiltrarse, en esta etapa todos los puntos de la parcela ya se han mojado. Se puede decir que esta fase culmina la cortar el suministro de agua, es decir hasta que alcanza el tiempo de aplicación de riego llamado Tiempo de riego.<sup>14</sup>

#### **1.1.1.3 Fase de vaciado o agotamiento paulatino**

Esta fase comienza al momento en el que se corta el suministro de agua a la parcela e inicia la infiltración, ya que esto “hace que el agua que existe sobre el suelo vaya desapareciendo paulatinamente”<sup>15</sup>

#### **1.1.1.4 Fase de receso**

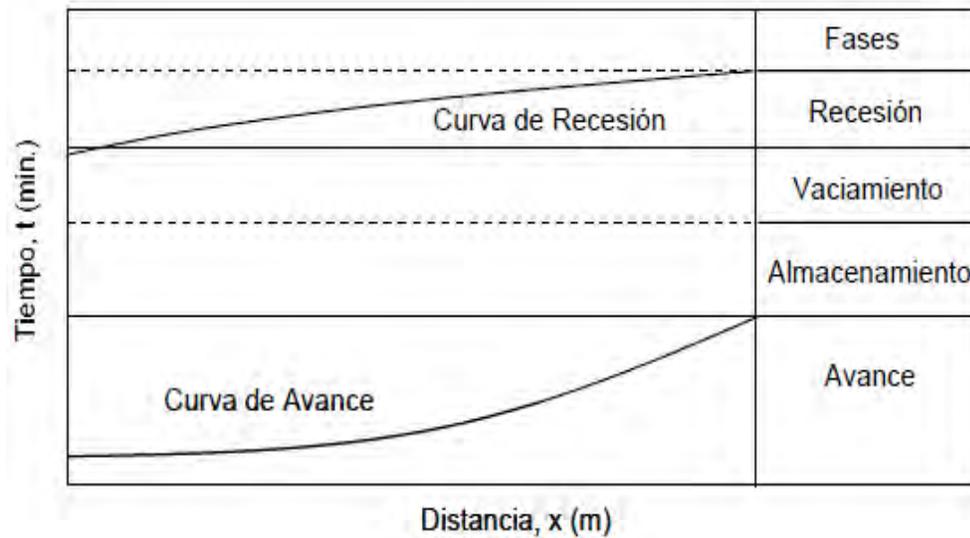
Esta fase comienza al momento en que la parcela esta humedecida pero sin agua en la superficie y se prolonga hasta que el agua desaparece totalmente de la superficie del suelo. Si no hay pendiente el receso se da simultáneamente en todos los puntos de la parcela, de lo contrario inicia en la cabecera y termina a en la cola.

---

<sup>14</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103.

<sup>15</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

**Grafico 2. Fases del riego por superficie**



Fuente: Fases del riego por superficie

En los métodos de riego sin pendiente y sin desagüe al pie las fases de vaciamiento y recesión no se producen, ya que una vez el avance del agua llega al final de la unidad de riego su bloqueo o sierre, determina que esta no tenga salida, almacenándose en lugar de escurrir.

Estas fases separan los procesos hidráulicos y los cuales nos ayudan a la comprensión del movimiento del agua sobre la superficie.

### 1.1.2 Tiempos Del Riego Por Superficie

De acuerdo a Fernández<sup>16</sup> y Faci<sup>17</sup>, las fases de riego están separadas por tiempos característicos, en los que se producen ciertas singularidades del riego. Estos tiempos son:

**1.1.2.1 Tiempo Del Inicio Del Riego (ti):** es el tiempo en el que comienza a entrar el agua.

**1.1.2.2 Tiempo De Avance (tl):** es el tiempo, medido desde que comienza el riego, en el que el agua tarda en llegar a todos los puntos de la parcela.

**1.1.2.3 Tiempo De Corte (tc):** es el tiempo en que deja de entrar el agua.

**1.1.2.4 Tiempo De Receso (tr):** es el tiempo en que toda el agua desaparece de la superficie del suelo. Se mide desde el inicio del riego.

**1.1.2.5 Tiempo De Vaciado (tv):** dentro de este se encuentra el tiempo de infiltración el cual es el tiempo que el agua está en contacto con el suelo durante el

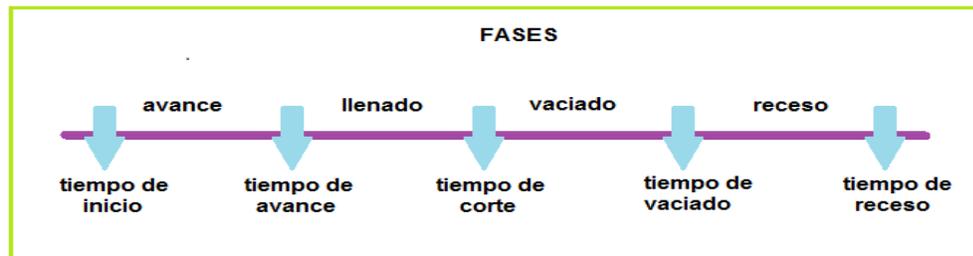
riego y por lo tanto se estará infiltrando en él. Para cada punto, es la diferencia entre el tiempo en que se haya producido el receso y en el que haya llegado el agua en ese lugar. Normalmente es mayor en zonas de cabecera y menor en zonas de cola de la parcela; el tiempo de vaciado es la parte en que el tablar o surco queda al descubierto después de infiltrarse toda el agua.

Así según Faci<sup>18</sup> la duración entre estos tiempos característicos define las fases del riego por superficie:

- Fase de avance: diferencia entre  $t_l$  y  $t_i$
- Fase de llenado: : diferencia entre  $t_c$  y  $t_l$
- Fase de vaciado: diferencia entre  $t_v$  y  $t_c$
- Fase de receso: diferencia entre  $t_r$  y  $t_v$

Las fases de riego se definen como el periodo de tiempo transcurrido entre estos tiempos característicos estas fases se muestran en la siguiente figura:

**Gráfico 3. Tiempos y fases del riego por superficie**



Fuente: Principios Básicos del Riego por Superficie

### 1.1.3 TIEMPO DE CONTACTO (t)

El tiempo de contacto (t)<sup>19</sup> es el tiempo que el agua permanece sobre un punto del campo. Es decir, es el tiempo que va desde el avance hasta el receso en ese punto. Durante este tiempo, hay una lámina de agua sobre el suelo y por lo tanto este agua tiene la oportunidad de infiltrarse en el suelo al ritmo que éste la admita.

De manera bastante habitual el tiempo de contacto se mide en minutos.”Una forma gráfica de representar un riego por superficie es el diagrama de avance-

<sup>18</sup> FACI, Op. Cit p.31.

<sup>19</sup> FACI, Op. Cit p.31.

receso”<sup>20</sup> (Figura 2). En este diagrama se representa en abscisas el porcentaje del tablar que ha sido cubierto por la lámina de agua en la fase de avance o que ha quedado descubierta por la fase de receso, y en ordenadas el tiempo desde el inicio del riego ( $t$ ). En el gráfico se unen con una curva los puntos que tienen las coordenadas correspondientes a los frentes de avance y receso.

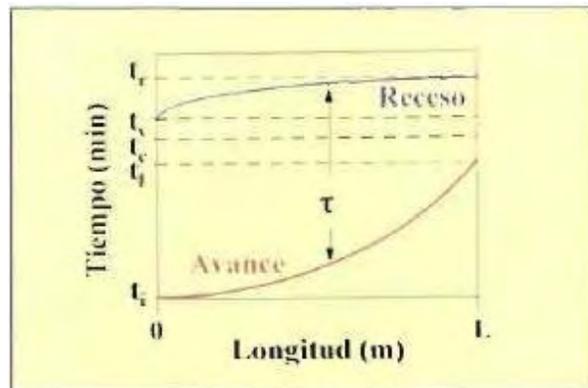
Este diagrama es una herramienta muy útil para el cálculo del tiempo de contacto y para conocer la uniformidad y eficiencia del riego. Para que el riego sea uniforme es necesario que el tiempo de contacto sea similar a lo largo del tablar o surco.

El tiempo de contacto “se calcula como la distancia vertical entre la curva de avance y la de receso”<sup>21</sup>. La curva de infiltración se obtiene a partir de las medidas efectuadas con un cilindro infiltrómetro.

Durante la fase de avance la infiltración comienza en cada punto cuando éste es alcanzado por el frente de avance. El gráfico 4 presenta un perfil típico del agua superficial y de la lámina infiltrada durante la fase de avance de un riego por superficie.

La cantidad de agua infiltrada en cada punto de la parcela se puede calcular midiendo el contenido de agua en el suelo antes y después del riego y haciendo la diferencia.

**Gráfico 4. Diagrama de avance-receso para un riego por escurrimiento**



Fuente: Principios Básicos del Riego por Superficie

<sup>20</sup> FACL, Op. Cit p.31.

<sup>21</sup> FACL, Op. Cit p.31.

## **1.1.4 DESEMPEÑO DEL RIEGO POR SUPERFICIE**

### **1.1.4.1 Variables Físicas y de Manejo**

Las variables físicas que determinan el resultado de un evento de riego pueden agruparse en:

- A. variables del sistema, son parámetros físicos propios del sistema y que tienen poco o nada de margen de cambio.
- B. variables de manejo constituyen los parámetros físicos los cuales pueden cambiar de acuerdo a la decisión del usuario

A. Como variables del sistema están:

- a. lamina de riego a aplicar
- b. velocidad máxima del caudal
- c. pendiente del terreno
- d. coeficiente de rugosidad

B. Las variables de manejo son:

- a. caudal de manejo y caudal unitario
- b. tiempo de aplicación
- c. longitud de la unidad de riego

Estas variables determinan la uniformidad y la aplicación del agua sobre la superficie.

La uniformidad de distribución del agua de riego depende de las variables de diseño y manejo (Pereira, 1999; Pereira et al, 2002)

### **1.1.4.2 Infiltración Del Agua En El Suelo**

“La infiltración probablemente sea el proceso que mayor influencia tiene sobre la eficiencia y uniformidad en los métodos de riego por superficie, debido a que representa el mecanismo que trasfiere y distribuye el agua desde la superficie del suelo al perfil del suelo explorado por la raíces de los cultivos. La infiltración depende fundamentalmente de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, afectando los

procesos de avances y receso del agua, y ello es de importancia para estimar el caudal óptimo a derivarse en una parcela bajo riego”<sup>22</sup>

“La infiltración también depende de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo, como el contenido de humedad, de la cantidad de agua que ha recibido en el pasado, de los cambios estructurales en las capas de suelo y de cuánto aire se encuentra atrapado en el suelo”<sup>23</sup>.

Hay varias características que “influyen en la velocidad de infiltración como la textura y estructura del suelo, las grietas, las prácticas de cultivo y la expansión del suelo cuando se humedece”<sup>24</sup>. La infiltración es un parámetro utilizado para el diseño como para la evaluación del desempeño de los métodos de riego.

En el sistema de riego por superficie según las características físicas del suelo y de acuerdo al tiempo en el que el agua se encuentra en contacto con el suelo, el cual se ha definido como tiempo de infiltración el cual se da dentro de la fase de vaciado, el agua se distribuye y cubre el suelo en su totalidad. En el riego localizado la infiltración depende de la cantidad de agua que se esté aplicando.

“El agua se filtra con rapidez en suelos secos; esta velocidad se conoce como la velocidad de infiltración inicial, a medida que el agua sustituye al aire que se encuentra en los poros, el agua de la superficie se filtra a una velocidad menor y finalmente, cuando el suelo se satura de agua, alcanza una velocidad constante, que es la velocidad de infiltración básica”<sup>25</sup>.

---

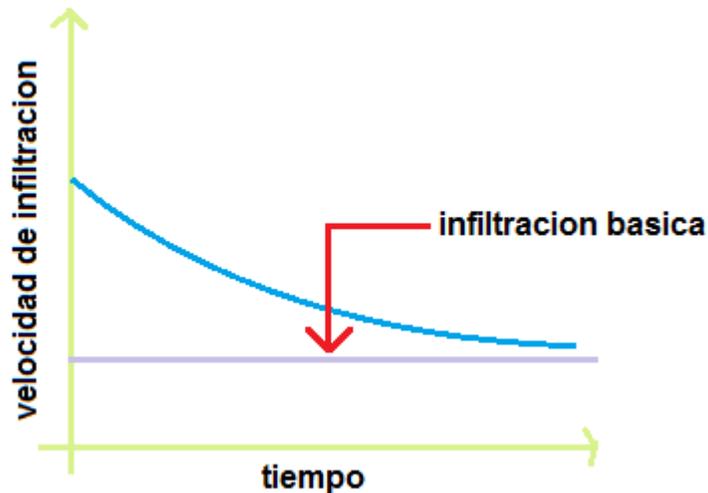
<sup>22</sup>. WALKER, Wynn; PRESTWICH, Clare y SPOFFORD, Thomas. Development of the revised USDA–NRCS intake families for surface irrigation. *Sciencedire*. p. 157. USA 2006. URL <: [https://www.researchgate.net/publication/222815686\\_Development\\_of\\_the\\_revised\\_USDA-NRCS\\_intake\\_families\\_for\\_surface\\_irrigation](https://www.researchgate.net/publication/222815686_Development_of_the_revised_USDA-NRCS_intake_families_for_surface_irrigation)

<sup>23</sup> WALKER, Wynn; Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Irrigation and Drainage Paper p. 45. 1989.

<sup>24</sup> CHEN, Liu. Water infiltration rate in cracked paddy soil. *Geoderma*. p. 117. 2003.

<sup>25</sup> BROUWER, Melissa. Irrigation water management: Irrigation methods. Training manual no 5. FAO Land and water development division, FAO, Rome. p. 16 1998.

**Grafico 5. Curva de variación de infiltración del agua en un suelo a medida que pasa el tiempo**



Fuente: este estudio.

De acuerdo a la textura de los suelos, los arenosos infiltran el agua rápidamente y tienen una mayor infiltración básica. Los arcillosos infiltran muy lentamente incluso al comienzo y “tienen una infiltración básica muy reducida, de ahí que suelen generar problemas de encharcamiento”<sup>26</sup>

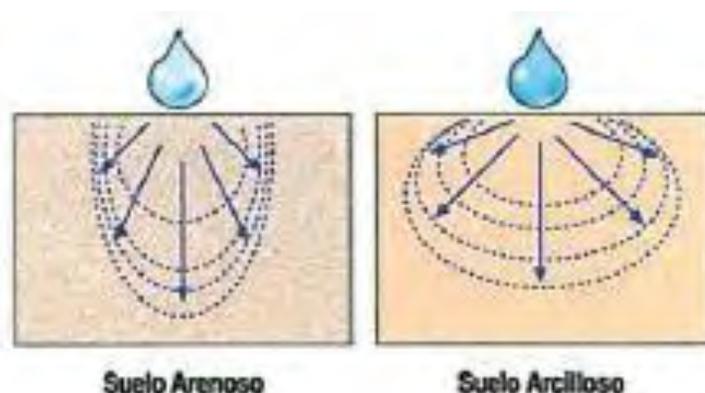
Es importante conocer la forma en que el agua se infiltra según sea la textura del suelo, así pues según Fernández<sup>27</sup> en un suelo arenoso el agua se mueve esencialmente hacia capas profundas, es decir, se produce un movimiento del agua vertical, razón por la cual los suelos arenosos suelen generar filtración profunda con un exceso de agua. Mientras que en los suelos arcillosos el agua se mueve también lateralmente mientras que el movimiento hacia capas más profundas está más limitado, lo que supone que en sistemas de riego por superficie con suelos arcillosos sean necesarios tiempos de infiltración relativamente elevados para conseguir aportar al suelo la altura de agua correspondiente a la lámina requerida, esto es, la lámina de agua que es necesario aplicar con el riego.

---

<sup>26</sup> Ibíd. p. 117.

<sup>27</sup> FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103.

**Figura 4. Patrones de infiltración típicos de suelos arenosos y arcillosos (Faci et al, 1994)**



Fuente : Manual de Riego para Agricultores Módulo 2 Manual de Riego para Agricultores. Riego por Superficie

Generalmente el agua mediante el sistema de riego por superficie el agua se aplica en un extremo, razón por la cual ciertas zonas de la parcela estarán cubiertas de agua por tiempos más prolongados que otros puntos de la parcela por lo que el agua infiltrada será distinta. Generalmente en la zona de la cabecera se infiltra más agua que en cola, y el tiempo que debe durar el riego está en función de la cantidad de agua que requiera el cultivo y de la velocidad con que el suelo infiltra el agua.

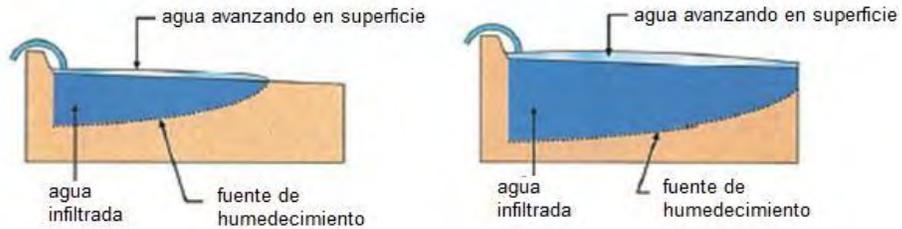
“La velocidad de infiltración es la velocidad con la cual el agua penetra en el suelo. Generalmente se mide con base en la profundidad (en mm) de la lámina de agua que logra penetrar en el suelo en una hora”<sup>28</sup>. Una velocidad de infiltración de 15 mm/hora significa que una lámina de agua de 15 mm que se agrega en la superficie del suelo tardará una hora en infiltrarse completamente

“El frente de humedecimiento es la cantidad de agua infiltrada en cada punto de la parcela; la lámina de agua es la “altura” de agua que se ha infiltrado a lo largo de la parcela”<sup>29</sup>. Esto se observa al observar el perfil del suelo una vez concluido el riego

<sup>28</sup> BROUWER, Op. Cit p. 16

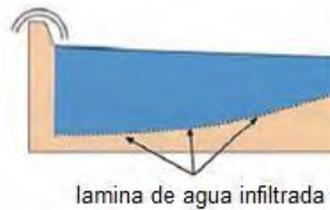
<sup>29</sup> FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

**Figura 5. Perfil del agua infiltrada durante el avance y durante el humedecimiento.**



Fuente: Riego por Superficie. Manual de Riego para Agricultores. Modulo 2.

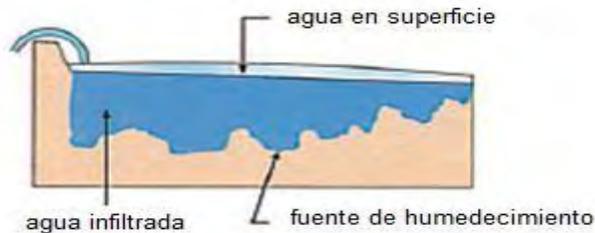
**Figura 6. Lámina de agua infiltrada después de un riego(Fernández et al; 2010)**



Fuente: Riego por Superficie. Manual de Riego para Agricultores. Modulo 2.

La infiltración será distinta incluso dentro de la misma parcela, y aunque se pueda pensar que el frente de humedecimiento es más o menos homogéneo, lo cierto es que la cantidad de agua infiltrada puede ser muy irregular. En realidad en numerosas ocasiones existen zonas de la parcela de riego en las que el cultivo sufre problemas de suministro de agua y la producción final se ve afectada.

**Figura 7. La infiltración se ve afectada por la heterogeneidad del suelo (Fernández et al; 2010)**



Fuente: Riego por Superficie. Manual de Riego para Agricultores. Modulo 2.

Para expresar “la velocidad de infiltración como una función del tiempo”<sup>30</sup> ha sido la ecuación de Kostikov esta expresa la velocidad de infiltración en un punto:

$$I = a \times t^b$$

Dónde:

I: velocidad de infiltración (mm minuto<sup>-1</sup> o mm hora<sup>-1</sup>)

t: tiempo de infiltración (minuto u hora)

a: coeficiente que expresa la velocidad de infiltración a t=1 (mm min<sup>(1+b)</sup> o mm h<sup>(1+b)</sup>)

b: exponente sin dimensiones, siempre es negativo con valores que van de 0 a -1

Para el riego por surcos la infiltración se mide en metros cúbicos por metro de longitud del surco, se debe tener en cuenta la compactación producida por el paso del tractor, los métodos utilizados para medir la infiltración en surcos son:

- **medida del caudal en dos puntos:** se instala dos aforadores de caudal en dos puntos a lo largo del surco y medir el caudal a distintos tiempos de oportunidad. Se hace una diferencia entre El caudal aguas arriba (Q<sub>o</sub>) y el caudal aguas abajo (Q<sub>z</sub>), a esta diferencia se denomina caudal de infiltración (Q<sub>i</sub>) este se expresa en litros por segundo.
- **Surco bloqueado:** se basa en aislar una sección de un surco de 1 m de longitud y realizar una medida del descenso de la lámina. El surco se bloquea con dos planchas metálicas en los extremos. Los surcos adyacentes al ensayado se mantienen llenos de agua para evitar efectos de borde.

#### 1.1.4.3 Avance Y Receso Del Frente De Agua

Como ya se mencionó anteriormente el riego se compone de cuatro fases los cuales son avance, almacenamiento, vaciamiento y recesión.

“El avance del agua depende del tiempo, caudal unitario, pendiente, velocidad de infiltración, rugosidad o aspereza de la superficie de avance y la geometría”<sup>31</sup>. La descripción de “la trayectoria de avance puede aproximarse a una función potencial simple”<sup>32</sup>.

$$X = p \times t^r$$

---

<sup>30</sup>GRASSI, Carlos. Diseño y operación de riego por superficie. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental (CIDIAT). Merida-Venezuela.2000. p. 121.

<sup>31</sup>. GRASSI, Op. Cit p. 121

<sup>32</sup>WALKER, Op. Cit. p. 45.

Dónde:

X: distancia alcanzada por el frente de agua a tiempo t, (m)

t: tiempo de avance (minutos)

p: coeficiente empírico que representa la distancia que avanza el frente del agua en el primer minuto

r: exponente empírico que toma valores menores a 1.

Al analizar el significado empírico de p y de r, se encontró que p depende de la pendiente, el caudal, las características hidráulicas del flujo y la aspereza de la superficie; y r está relacionado con las características físicas del suelo.

#### **1.1.4.3.1 Caudal de manejo y caudal unitario**

El caudal<sup>33</sup> corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar (canal, tubería, etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (litros, metros cúbicos, etc.) por unidad de tiempo (segundos, minutos, horas, etc)

Conocer el caudal de ingreso y el escurrido de la parcela bajo riego, es fundamental para el diseño y optimización del sistema de riego por superficie

El caudal del sistema de riego es importante a lo que se refiere a los tiempos de avance, receso y de infiltración. Esta variable se debe analizar antes de regar para obtener una mejor eficiencia en el riego.

De acuerdo a Fernández<sup>34</sup> se debe tener en cuenta la cantidad de agua que llega a la parcela por el canal o acequia para determinar el caudal de riego, ya que ésta será la máxima cantidad que se podrá aplicar a una unidad de riego, también se deberá tener en cuenta las dimensiones de la parcela y la pendiente

El aforo del caudal puede hacerse en el cauce de distribución o en bocatoma de la finca. Como si también en los puntos de suministro del agua a las parcelas. Al integrarse el hidrograma de caudal de riego con desagüe al pie, el hidrograma de salida puede obtenerse de la misma forma. Hay dos variables a determinar en el hidrograma de entrada y salida, la primera integra las diferencias de ambos hidrogramas<sup>35</sup> siendo una buena medida del volumen total de agua aplicada que

---

<sup>33</sup>BELLO, Marco Antonio. Medición de presión y caudal. Boletín INIA N° 28. Punta Arenas, Chile .p. 21 2000.

<sup>34</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

<sup>35</sup>SCHILARDI, Carlos. Desempeño del riego por superficie en el área de regadío de la Cuenca del río Tunuyán superior Mendoza Argentina. Tesis. Maestría en riego y drenaje. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. p 125. 2010.

infiltra el suelo. la segunda, es la infiltración básica del suelo la infiltración básica del suelo se la puede obtener así:

$$V_{inf} = V_{en} - V_{sa}$$

$$f_{\theta} = \frac{Q_{en} - Q_{sa}}{L}$$

Dónde:

$V_{en}$ : volumen entrado ( $m^3$ )

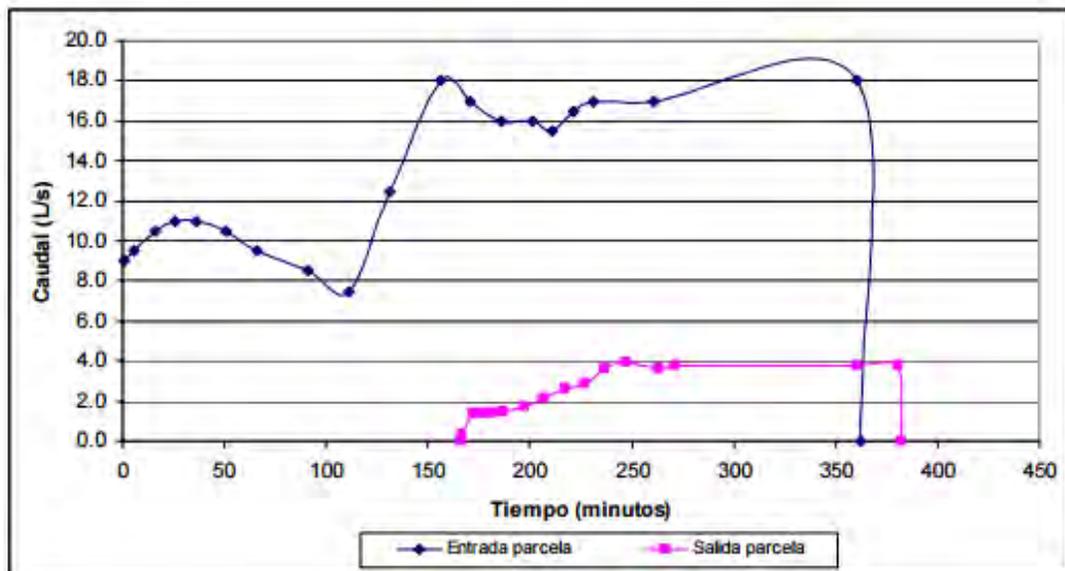
$V_{sa}$ : volumen salido ( $m^3$ )

$V_{inf}$ : volumen infiltrado ( $m^3 s^{-1}$ )

$Q_{en}$ : caudal entrado ( $m^3 s^{-1}$ ,  $L s^{-1}$ )

$Q_{sa}$ : caudal salido ( $m^3 s^{-1}$ ,  $L s^{-1}$ )

**Gráfico 6. Hidrograma de entrada y salida**



Fuente: este estudio

De acuerdo a Schilardi <sup>36</sup> para monitoreo y evaluación del riego a nivel parcelario los más utilizados son los aforadores y vertederos, de los cuales se puede mencionar aforados sin cuello <sup>37</sup>, aforadores trapezoides <sup>38</sup>, vertedero triangular <sup>39</sup>,

<sup>36</sup>SCHILARDI, Op. Cit p.125.

<sup>37</sup>GRASSI, Op. Cit p. 121

<sup>38</sup>ROBISON, Augusto y CHAMBERLAIN, Arthur. Trans. ASAE.1960. Vol 3,num 2. p. 120-124.

vertedero rectangular<sup>40</sup> vertedero Cipolletti <sup>41</sup>el dispositivo debe estar calibrado e instalado correctamente a campo (nivelado).

De acuerdo a la pendiente, dimensiones y características de infiltración de la parcela se determinara el caudal a aplicar. Cuando el caudal no satisface las necesidades del cultivo se deberá replantear el diseño de las parcelas modificando sus dimensiones, orientación y la pendiente<sup>42</sup>para fajas con pendiente de 0.3% y tablares según sean sus dimensiones, se podrían recomendar los siguientes:

**Tabla 1. Caudales para fajas con pendiente de 0,3 %**

Caudales recomendados para fajas con 0.3% de pendiente			
Tipo de suelo	Anchura (metros)	Longitud (metros)	Caudal (litros/segundo)
Arenoso	10-12	50-80	150-300
Franco	10-15	100-200	100-300
Arcilloso	10-15	150-300	50-150

Fuente Manual de Riego para Agricultores Módulo 2 Manual de Riego para Agricultores. Riego por Superficie

**Tabla 2. Caudales para tablares.**

Caudales recomendados para tablares		
Tipo de suelo	Superficie (metros cuadrados)	Caudal (litros/segundo)
Arenoso	600-2500	30-450
Franco	500-7500	15-200
Arcilloso	4000-12000	25-120

Fuente Manual de Riego para Agricultores Módulo 2 Manual de Riego para Agricultores. Riego por Superficie

<sup>39</sup>WALKER, Op Cit. p.45

<sup>40</sup>KINDSVATER, Carl. Discharge characteristics of rectangular thin-plate Weirs.J. Hydraulics Div. ASAE. 1957. USA.p. 1456.

<sup>41</sup> CHAMBOULEYRON Jorge. Riego y drenaje. Técnicas para el desarrollo de una agricultura ragadía sustentable. Universidad Nacional de Cuyo. Ediune. 2005 Tomo II p. 470.

<sup>42</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

El caudal aplicado a los surcos de riego puede ser variable dependiendo de su longitud y pendiente, los caudales no deben ser mayores de 3 litros por segundo, se recomiendan caudales máximos no erosivos, cuyos valores dependen de la facilidad del suelo a ser erosionado y de la pendiente de los surcos

**Tabla 3. Caudal máximo no erosivo para riego por surcos.**

Caudal máximo no erosivo para riego por surcos (litros/segundo)				
Pendiente (%)				
Tipo de suelo	0.1	0.2	0.3	0.5
Suelo muy erosionable	1.1	0.45	0.25	0.12
Suelo poco erosionable	2.15	0.85	0.50	0.25

Fuente Manual de Riego para Agricultores Módulo 2 Manual de Riego para Agricultores. Riego por Superficie

#### 1.1.4.3.1 Pendiente

Es la inclinación que tiene la superficie del suelo con respecto a la horizontal. En riego por superficie, las parcelas pueden o no tener pendiente, de tenerla esta debe ser muy reducida. Es fundamental que la totalidad de la parcela tenga la misma pendiente, que esté bien explanada, ya que de lo contrario el almacenamiento y la infiltración del agua serán alteradas.

La pendiente de la parcela está determinada por la topografía del terreno, por lo que los sistemas de riego por superficie suelen implantarse en zonas de valle que permiten una rápida, fácil y poco costosa explanación del terreno.

La pendiente es uno de los factores responsables de la velocidad del agua cuando avanza y circula a lo largo de la parcela. "A mayor pendiente menor será el tiempo de avance debido a esto los tiempos de infiltración serán más próximos en toda la parcela, siendo más uniforme el agua aplicada"<sup>43</sup>. A mayor pendiente mayor probabilidad de erosión por ello es recomendable que la pendiente en las parcelas no superen el 2%. Cuando la pendiente es superior se orientan los surcos en otras direcciones opuestas a la misma pendiente.

De la pendiente depende la velocidad del agua cuando avanza. A mayor pendiente, más rápido será el avance por lo que los tiempos de infiltración serán más parecidos en toda la parcela y se incrementará la uniformidad del agua infiltrada. Pero influirá en la capacidad erosiva del agua.

<sup>43</sup>SCHILARDI, Op. Cit p.125.

#### **1.1.4.3.2 Longitud o dimensiones**

Para un uso eficiente del agua es preciso tener en cuenta que las dimensiones deberán de ser menores cuanto más ligero o arenoso sea el suelo (y mayor su velocidad de infiltración), con objeto de conseguir completar la fase de avance del agua rápidamente. A medida que la infiltración es menor (suelos más arcillosos) los surcos pueden tener mayor longitud y los tablares y fajas mayor superficie. En estos casos será necesario aplicar caudales elevados lo que puede provocar un serio riesgo de erosión del suelo.<sup>44</sup>

#### **1.1.4.3.2 Tiempo de aplicación de riego**

El tiempo de riego es una variable de diseño y manejo en el riego por superficie, el mismo debe garantizar la aplicación de la lámina de riego objetivo o de reposición<sup>45</sup>.

El tiempo de riego es una variable de diseño y manejo del riego con la que se determina la duración de la aplicación de agua. Dependiendo de la organización de la red de distribución de agua se dispondrá el tiempo máximo de deposición de agua para riego. El tiempo de riego será determinado por las necesidades de agua del cultivo; igualmente, a medida que las dimensiones de las parcelas o longitud de los surcos aumente, el tiempo de riego se deberá incrementar para completar la fase de avance y, en su caso, prolongar el almacenamiento del agua sobre el suelo y permitir que se infiltre la lámina de agua requerida. El tipo de suelo también puede ser un factor a tener en cuenta a la hora de decidir el tiempo de riego.

#### **1.1.5 IDONEIDAD DEL RIEGO EN LA PARCELA**

Para describir el comportamiento del riego incluye los términos "eficiencia" y "uniformidad". No existe un parámetro que sea suficiente para describir el comportamiento del riego, por lo que siempre se valoran varios indicadores a la vez.

De acuerdo a Faci<sup>46</sup> la idoneidad de un riego depende de:

- El incremento del agua almacenada en la zona radicular del cultivo producido por el riego.

---

<sup>44</sup> PLAYÁN, Enrique. Two Dimensional Hydrodynamic Simulation of Basin Irrigation: Analysis of Field Shape Effects on Irrigation Performance ". Tesis Doctoral. Utah State University. 1992 Logan, Utah.p 35.

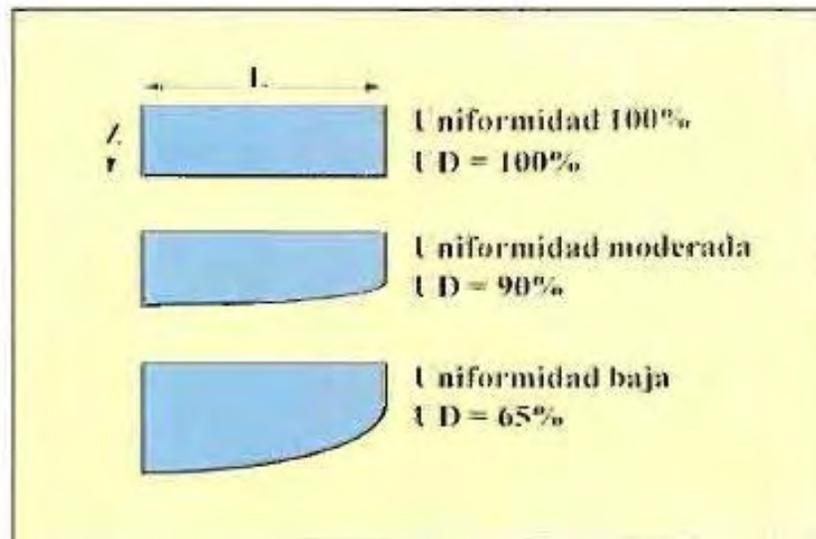
<sup>45</sup>SCHILARDI, Op. Cit p.125.

<sup>46</sup>FACI, Op. Cit p.31.

- Las pérdidas por percolación profunda.
- Las pérdidas por escorrentía superficial (desagüe).
- La uniformidad de la lámina infiltrada.
- El déficit de humedad en el suelo después del riego.

Cuando el proceso de riego implica que todos los puntos reciben la misma dosis de riego La uniformidad del riego sería de un 100% ya que según Facci<sup>47</sup> dice que la uniformidad al igual que la eficiencia de aplicación de riego se expresan mediante índices porcentuales; así la siguiente figura representa 7 casos de uniformidad del riego.

**Figura 8. Distintos casos de uniformidad de riego (Facci et al, 1994)**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

Cuando las plantas que reciben menos agua en una parcela disponen de agua suficiente para los procesos de evapotranspiración implica que hubo una elevada la uniformidad y eficiencia del riego.

<sup>47</sup> Facci, Op. Cit p.31.

### 1.1.5 TIPOS DE SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE

El sistema de riego por superficie tiene variaciones de acuerdo a las necesidades de cada región. Se puede realizar en múltiples condiciones de topografía y distintas disponibilidades de agua gracias a los diferentes tipos de riego por superficie y sus variantes.

En el presente trabajo se mencionaran los tres tipos más representativos los cuales son el riego por tablares, fajas y surcos.

**Grafico 7. Tipos de riego por superficie**



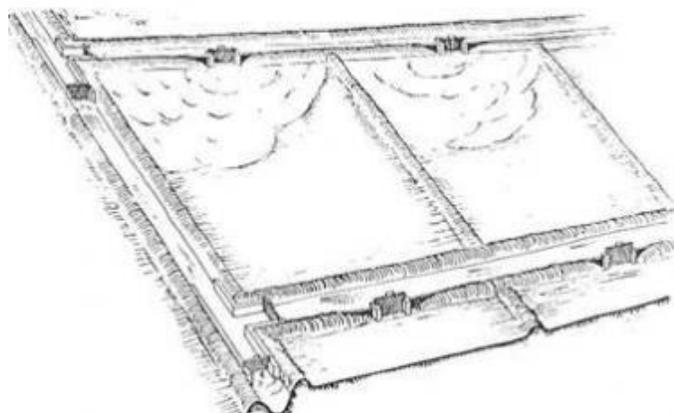
Fuente : Manual de Riego para Agricultores Módulo 2 Manual de Riego para Agricultores. Riego por Superficie

#### 1.1.5.1 Riego Por Tablares

“El riego por tablares es un tipo de riego superficial en el que el agua cubre toda la superficie del suelo<sup>48</sup>”.

<sup>48</sup>AZEVEDO, Ana. Real-time solution of inverse furrow advance problem ". Tesis Doctoral Utah State University. 1992. p. 21.

**Figura 9. Riego por tablares o canteros**



Fuente: Manual De Riego Para Agricultores Módulo 2

El terreno se divide en compartimentos cerrados de forma rectangular o cuadrada, son los denominados tablares o canteros separados por medio de diques o caballones de unos 50 cm de altura; el tamaño de los compartimentos depende del caudal del agua y de la textura del suelo estos oscilan 0,3 y 3 hectáreas, los menores valores corresponden a suelos arenosos. El agua puede aplicarse bien por una sola entrada o por varias<sup>49</sup>.

Los caballones pueden estar abiertos o no según si se permite la escorrentía libre. Las unidades de riego suelen ser de forma rectangular.

El sistema de riego por tablares<sup>50</sup> consiste en aplicar agua sobre una superficie porosa no saturada, en que la capacidad de infiltración es menor que el caudal que se aplica, por lo que el agua va avanzando en superficie y a la vez se va humectando el suelo.

El terreno debe estar completamente nivelado tanto longitudinalmente como transversalmente, La topografía del terreno determinará la forma de los tablares. Si la superficie permite la explanación los compartimentos pueden ser de gran superficie, si la topografía es ondulante se adaptaran a las curvas de nivel y serán de forma y tamaño variado.

---

<sup>49</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

<sup>50</sup>BAUTISTA, Enrique. y WALLENDER, Wyl. Spatial variability of infiltration in furrows . Transof the ASAE .1985.Vol. 28 no3, p:1846.

De acuerdo a Fernandez<sup>51</sup> Este tipo de riego se podrá utilizar con cultivos que toleren encharcamientos sólo temporales, tales como: forrajeras, algodón, maíz, frutales, chopos, etc.

Al estar cerrados, en los tablares no se dispone desagüe superficial por lo que la principal causa de disminución de eficiencia es la filtración profunda. Para evitar este problema el aporte de agua suele cerrarse cuando se completa la fase de avance, o incluso antes, de forma que se aplique la cantidad mínima de agua que permite cubrir toda la superficie del tablar. Una vez completado el avance, el agua se infiltra durante un periodo de tiempo más o menos largo dependiendo de la textura del suelo. Si la pendiente es realmente nula, el agua desaparece al mismo tiempo de todos los puntos del tablar.

Se pueden clasificar en dos grupos según exista pendiente longitudinal o no, denominándose tablares de escurrimiento y de escurrimiento en tablares cerrados, respectivamente. En ambos casos la pendiente transversal es nula.

#### **1.1.5.2 Riego por tablares de escurrimiento:**

Este tipo de riego se caracteriza por que los tablares son de forma rectangular y presentan pendiente longitudinal y un desagüe en la parte inferior.

“El desagüe de las parcelas por su extremo aguas abajo<sup>52</sup>” plantea sin embargo la necesidad de una serie de infraestructuras a nivel de finca que complican el manejo del riego

Este sistema necesita de una red de desagües de colector y deposito los cuales sean los responsables del almacenamiento del agua, el agua del desagüe puede ser bombeada para regar otros tablares.

En el riego por tablares de escurrimiento se pueden distinguir cuatro fases:

1. Fase de avance: se inicia cuando se aplica agua al tablar hasta que el frente de avance llega al final de la parcela.
2. Fase de almacenamiento: dura desde que el agua llega al final de la parcela hasta que se corta el caudal. Esta fase puede no existir si se corta el suministro antes de que el agua llegue al final de la parcela.
3. Fase de vaciado: ocurre desde que se corta el caudal hasta que la altura de agua se hace nula en algún punto de la parcela.

---

<sup>51</sup> Ibid.p. 103

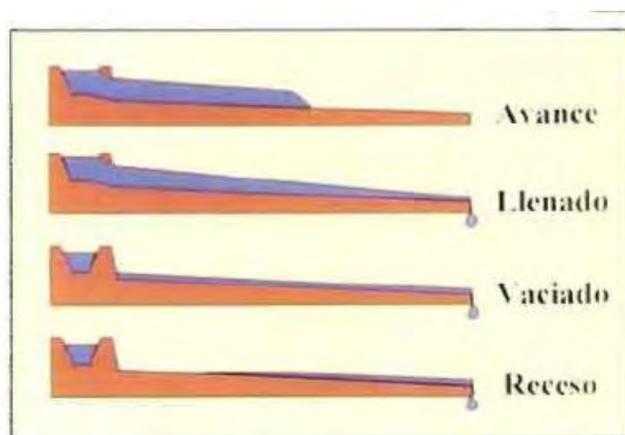
<sup>52</sup>FACI, Op. Cit p.31.

4. Fase de receso: se inicia cuando desaparece el tirante de agua en algún punto de la unidad de riego hasta que desaparece toda el agua de la superficie del tablar.

Se define “el tiempo de contacto total como la diferencia entre el tiempo de receso y el tiempo de avance en un punto de la parcela”<sup>53</sup>, es por tanto el tiempo que el agua está en contacto con el suelo, el cual influye en la cantidad de agua que se infiltra

A continuación se presenta un gráfico con las fases del riego

**Figura 10. Fases del riego por escurrimiento libre (Faci et al, 1994)**



Fuente: Principios Básicos Del Riego Por Superficie

La grafica 4Es un diagrama de avance-receso típico<sup>54</sup> de este tipo de riego; la abscisa del diagrama de avance-receso es la longitud del tablar en lugar del porcentaje del área. Esto es debido a que se puede medir con facilidad la distancia a la que se encuentra el frente de avance del agua desde la tajadera, mientras que en riego por inundación, al ser las parcelas generalmente cuadradas, resulta difícil.

La pendiente del terreno hace que el avance sea más rápido, y por ello generalmente se corta el riego después de completado el avance.

#### **1.1.4.2.1 Riego por escurrimiento en tablares cerrados**

<sup>53</sup>BAUTISTA, y WALLENDER. Op. Cit p.1456.

<sup>54</sup>FACI, Op. Cit p.31.

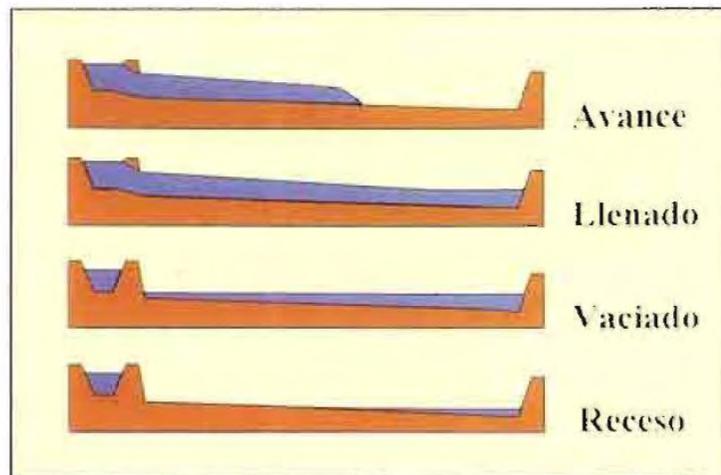
Este tipo de riego consta de tablares alargados, rodeados de caballones en los que hay una pendiente longitudinal y en los que, sin embargo, no hay provisión de desagüe.

En este tipo de riego se puede aprovechar el efecto positivo de la pendiente del terreno para acelerar el proceso de avance y además, no es necesario construir una red de desagüe completa.

En este tipo de riego se corta el agua antes del final de la fase de avance, de acuerdo a Facci<sup>55</sup> el corte es importante para evitar encharcamientos en la parte baja del tablar, por esta razón se debe utilizar pendientes moderadas por debajo del 1%.

En el siguiente gráfico se representan las distintas fases del riego por escurrimiento en tablares cerrados.

**Figura 11. Fases del riego por escurrimiento en tablares.**



Fuente: Principios Básicos Del Riego Por Superficie

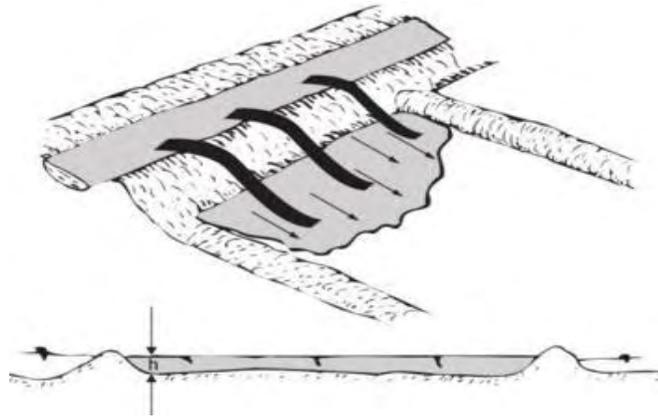
### 1.1.5.3 Riego Por Fajas

Dentro del riego por superficie encontramos el tipo de riego por melgas o fajas estas son de forma rectangular delimitada por camellones de tierra de escasa altura.

---

<sup>55</sup> Ibid , p.31.

**Figura 12. Riego en melga**



Fuente: Principios Básicos Del Riego Por Superficie

Se emplea el riego por melgas en cultivos de una gran densidad de siembra. Los terrenos deben ser llanos y se presta el método para todos los tipos de suelos, siempre que tengan buena velocidad de infiltración y baja erodabilidad.

Las fajas constan de dividir el terreno en franjas rectangulares estrechas las cuales son llamadas fajas o melgas, las cuales están separadas entre si por caballones dispuestos longitudinalmente, generalmente se suelen hacer sequias de abastecimiento en el extremo superior de las fajas y canales de desagüe en el extremo inferior. El agua discurre a lo largo de las fajas formando una lámina delgada que se va infiltrando poco a poco al tiempo que avanza.

La lámina de agua para cubrir el área a regar oscila entre 5 a 15 centímetros. Esto define un cauce muy ancho delimitado por camellones de escasa altura

#### **1.1.5.4 Pendiente en el riego por fajas**

Para obtener uniformidad en desplazamiento de agua, transversalmente debe estar nivelada y longitudinalmente con una pendiente uniforme.

Este tipo de riego por fajas debe tener una pendiente longitudinal uniforme para que haya una distribución uniforme del agua. Según Fernández<sup>56</sup> las pendientes recomendadas están comprendidas entre el 0,2 y 0,5%. En suelos arcillosos se

---

<sup>56</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103.

puede llegar a disponer las fajas casi a nivel (sin pendiente), y en suelos arenosos la pendiente no deberá ser mayor de un 2%; Las fajas no deberán tener pendiente transversal, ello implica que el agua baje, frontalmente. Como esto es muy difícil, a veces se trabaja en forma escalonada. Se toma como máximo un desnivel de 2,5 cm.

En el sentido longitudinal o sea en la dirección del riego, se presentan tres capas al igual que en los surcos, a saber:

- A. 0% de pendiente: sin desagüe al pie y sin efecto de recesión de la lámina.
- B. leve pendiente, entre 0.1 y 0.5 %, con desagüe al pie e importante efecto de recesión de la lámina.
- C. pendiente fuerte, entre 0.5 y 1 %, con desagüe al pie y limitado efecto de recesión de la lámina.

Los bordos normalmente tienen una altura de 20 cm y un ancho variable (50 cm a 2 m) depende del cultivo que se siembre, pues si pasaran equipos por encima deben ser anchos.

#### **1.1.5.4.1 Caudal en el riego por fajas**

El caudal a aplicar puede obtenerse por medio de la ecuación que expresa:

$$q = lp * a$$

Dónde:

q: es el caudal unitario o sea por cada metro de ancho de melga

a: es el área unitaria.

El máximo caudal a aplicar es: en las melgas sin pendiente, lo que pueden contener los bordos; en las melgas con pendiente el máximo no erosivo (60-120 l/s).

De acuerdo a Villalobos<sup>57</sup> En suelos arenosos no es recomendable utilizar este sistema de riego debido a que se pueden dar pérdidas altas debido a la percolación., mientras que en suelos con un tiempo elevado de infiltración se puede llegar a obtener pérdidas de agua debido al elevado desperdicio de agua en forma superficial.

---

<sup>57</sup> Op. Cit. p. 12.

Este tipo de riego se recomienda en suelos con velocidades de infiltración menor a 1,6 cm/h y pendientes alrededor del 0,4%.

Si la topografía del terreno no corresponde a una superficie plana se requiere de trabajos de nivelación.

La anchura de las fajas suele oscilar entre 10 y 20 metros” dependiendo del caudal el cual deberá ser suficiente para cubrir la anchura de la faja<sup>58</sup>; su longitud depende del tipo de suelo, variando entre los 50-80 metros en suelos arenosos hasta los 500 metros en caso de suelos arcillosos.

De acuerdo a Villalobos<sup>59</sup> teniendo en cuenta el tipo de suelo y las dimensiones de la melga el caudal debe ser constante y mayor a 20 litros por segundo.

Según Fernández <sup>60</sup>para fajas con una pendiente del 0.3%, muy usual y recomendada, y en función del tipo de suelo (características de infiltración), pueden ser bastante adecuadas las dimensiones que se presentan a continuación:

**Tabla 4. Características de infiltración en función del tipo de suelo**

Tipo de suelo	Anchura (metros)	Longitud (metros)
Arenoso	10-12	50-80
Franco	10-15	100-200
Arcilloso	10-15	150-300

Fuente: Manual de Riego para Agricultores Módulo 2 Manual de Riego para Agricultores. Riego por Superficie

Para evitar pérdidas por escurrimiento, es recomendable cortar el agua antes de que llegue al final de la melga. De acuerdo a Villalobos<sup>61</sup> en suelos con textura arcillosa se recomienda cortar el agua cuando ha avanzado el 60% de la longitud de la melga; en textura limosa cuando ha alcanzado el 70 y 80% de la longitud de la melga y en suelos arenosos al llegar al final de la melga.

De acuerdo a numerosas pruebas de campo se han realizado unos cuadros y nomogramas para el diseño de las melgas así Villalobos nos presenta la tabla 5 el cual nos da longitudes y anchos de melga, así como el caudal por metro de ancho de melga, en función de la textura del suelo y la pendiente

<sup>58</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

<sup>59</sup>VILLALOBOS.Op. Cit p. 12.

<sup>60</sup>Ibid.p103.

<sup>61</sup>Ibid.p12.

**Tabla 5. Longitudes y ancho de melga, caudal por metro de ancho de melga, en función de la textura del suelo y la pendiente**

Dimensiones y caudales recomendados para melgas					
	suelo	Pendiente (%)	caudal (L/s -m)	ancho (m)	largo (m)
arenoso	infiltración mayor 25 mm/h	0.2 - 0.4	10.0 -15	12 - 30	60 -90
		0.4 - 0.6	8 - 10.0	9 -12	60 - 90
		0.6 - 1.0	5- 8.0	6 - 9	6 -9
limoso	infiltración de 10 a 25 mm/h	0,2 - 0.4	5 -7	12 -30	90 -250
		0.4 - 0.6	4 -6	6 -12	90 - 180
		0.6 -1.0	2 - 4	6	90
arcilloso	infiltración menor a 10 mm/h	0,2 - 0.4	3 - 4	12 - 30	180 - 300
		0.4 - 0.6	2 - 3	6 - 12	90 - 180
		0.6 -1.0	1 - 2	6	90

Fuente: Grassi, 1972

La tabla 6 nos presenta las dimensiones de la melga de acuerdo a la textura del suelo, pendiente longitudinal, lamina de riego y caudal recomendable a aplicar por melga.

**Tabla 6. Dimensiones recomendadas para melgas**

Dimensiones recomendadas para melgas					
textura del suelo	Pendiente (%)	lamina aplicar (cm)	dimensiones		caudal (L/s)
			largo (m)	ancho (m)	
Gruesa	0.25	5	150	15	225
		10	245	15	200
		15	400	15	170
	1.00	5	90	12	35
		10	150	12	70
		15	275	12	70
	2.00	5	60	9	35
		10	90	9	30
		15	185	9	30

Media	0.25	5	245	15	200
		10	400	15	170
		15	400	15	100
	1.00	5	150	12	70
		10	305	12	70
		15	400	12	70
	2.00	5	90	9	30
		10	185	9	30
		15	305	9	30
Fina	0.25	5	400	15	115
		10	400	15	70
		15	400	15	40
	1.00	5	400	12	70
		10	400	12	35
		15	400	12	20
	2.00	5	400	9	30
		10	400	9	30
		15	400	9	20

Fuente: Grassi, 1972

Este tipo de riego Se emplea en cultivos de una gran densidad de siembra, o sea, en los Cereales y forrajeras sembradas "al voleo". Los terrenos deben ser llanos y se presta el método Para todos los tipos de suelos, siempre que tengan buena velocidad de infiltración y baja Erodabilidad. Teniendo en cuenta que, un reducido espaciamiento fraccionaría demasiado el área irrigada, se requiere para este sistema caudales grandes.

La eficiencia en el riego por melgas es así mismo elevada; pero como requiere una buena Nivelación, los gastos de instalación del sistema son también elevados.

#### **1.1.5.4.2. Riego por melgas en pendiente**

No es recomendable en cultivos que requieran inundación prolongada. Es conveniente al inicio de la melga dejar un tramo corto (7 a 10 metros) sin pendiente, para que el agua se reparta a todo lo ancho de la faja.

El caudal por unidad de ancho debe ser grande, particularmente inmediatamente después de una operación de labranza, a fin de alcanzar una rápida cobertura de campo.

En suelos arenosos las melgas deben ser más cortas (60-90 metros) y angostas (6 y 9 metros). El riego frecuente y rápido.

En suelos arcillosos las melgas pueden ser más largas (300 metros) y anchas (20-30 metros). El riego distante, lento y con menos agua.

#### **1.1.5.4.3 Riego por melgas rectangulares**

Para el empleo de este método el área a regar debe ser en fajas de forma rectangular delimitadas por camellones de tierra de escasa altura. El ancho de estas fajas denominadas melgas, varía según pendientes entre 5-20 m. y la longitud entre 100-400 m.

El agua fluye cubriendo íntegramente el área a regar con una delgada lámina de agua, entre 5 y 10 cm, un cauce muy ancho, delimitado por camellones de escasa altura. Se emplea para cultivos de una gran densidad de siembra o sea los cereales y forrajes (maíz, sorgo, pastos, soya.). El terreno debe ser plano. Se requiere un gran volumen agua. La pendiente en sentido transversal debe ser cero (0) y la longitudinal entre 0.1, 0.5, 0.6, siendo la óptima 0.2 y la máx 1.5. La altura de los bordos debe ser igual a la suma de la lámina de agua más el bordo libre. Para un total de 20 cm., con taludes 3:1 a 6:1

#### **1.1.5.4.4 Riego por melgas en contorno**

Cuando sea necesario regar por inundación terrenos irregulares, se sigue con los bordos las curvas de nivel y en tal caso, se llega así a las melgas en contorno.

Sin modificar la topografía del terreno es posible trazar bordos siguiendo las curvas de nivel, que delimitan fajas de terreno de ancho variable que se denominan fajas en contorno.

Dicho procedimiento se emplea en condiciones de topografía irregular, con pendiente más o menos importante, livianas o pesadas, de extrema velocidad de infiltración y de baja erodabilidad.

Dado que la práctica de riego por tal método consiste en llamar el recipiente que delimitan los bordos, se requiere un gran caudal para el riego (320 l/s). Al igual que las demás variantes del método por inundación, se lo emplea en el riego de forrajes y cereales, y especialmente en el cultivo de arroz, que requiere inundación permanente.

La eficiencia del riego con este método puede considerársela como regular, y los gastos de instalación y de operación del sistema como medios.

Este método se emplea en arroz generalmente. Son necesarios grandes caudales con el fin de cubrir la superficie en un tiempo reducido. Otros cultivos que se pueden regar por este sistema son: maíz, pasto, y frutales.

#### **1.1.6. RIEGO POR SURCOS**

Este tipo de riego se caracteriza por que la superficie del suelo está ondulada formando pequeños canales a lo largo por los cuales circula el agua de forma independiente, la parcela puede tener una pendiente lateral.

Este tipo de riego constituye una alternativa a inundar toda la superficie del campo con la construcción de pequeños canales a lo largo de la dirección principal del movimiento del agua; El riego por surcos es el método más ampliamente utilizado en el mundo para los cultivos en hilera.

El agua introducida<sup>62</sup> en estos surcos se infiltra a través del perímetro mojado y se mueve verticalmente y lateralmente a partir de entonces para volver a llenar el suelo. Los surcos se pueden utilizar en conjunción con las cuencas y bordes para superar la variación topográfica y la formación de costras

La eficiencia promedio del método de riego por surcos alcanza al 50%, este porcentaje es el que está disponible para las plantas. Para esto se requiere que el suelo este nivelado para evitar encharcamientos (INIA, 1998)

Las variables principales que intervienen en el proceso de riego por surcos son la separación entre surcos, la longitud, el gasto, la pendiente, la conductividad hidráulica, el coeficiente de rugosidad de Manning, la dosis, la humedad inicial del suelo y el producto de las diferencias de tensiones y humedades del suelo.

---

<sup>62</sup>WALKER, Op Cit. p.45

La longitud de los surcos puede llegar a ser de hasta 300 m en ocasiones; generalmente los surcos tienen pendiente longitudinal, aunque son frecuentes también los surcos nivelados a cero pendientes. Los surcos a nivel no suelen permitir escurrimiento<sup>63</sup>, mientras que los surcos con pendiente precisan de un sistema de desagüe similar al necesario para el riego por escurrimiento libre. El agua de riego se vierte a cada surco individualmente, para lo que se suelen usar sifones o tuberías perforadas.

#### 1.1.4.3.1. Forma de los surcos

Normalmente los surcos tienen forma de V, de acuerdo a Caicedo<sup>64</sup> el ancho puede variar entre 10 y 40 cm y la altura entre 5 y 20 cm depende de:

- El caudal disponible: los caudales usados en surcos varían entre 0,2 y 3 litros por segundo.
- El tipo de suelo: el suelo de textura arcillosa el agua se infiltra muy despacio, por lo cual se requiere surcos anchos y superficiales para aumentar el área del suelo a través de la cual el agua pueda ser absorbida más rápidamente, si el surco es muy angosto agua corre muy rápido hacia el final sin que el agua haya tenido tiempo suficiente de infiltrarse.
- Los cultivos

**Figura 13. Izquierda surcos anchos y superficiales en suelos arcillosos; derecha surcos angostos y profundos en suelos arenosos**



Fuente: Recomendaciones para el manejo del riego a nivel predial por el método de surcos.

#### 1.1.6.1 Espaciamiento entre los surcos

<sup>63</sup>FACI, Op. Cit p.31.

<sup>64</sup> CAICEDO, Antonio; MONTENEGRO, Omar; CORREA, Lader y LOZANO, Ramiro. Recomendaciones para el manejo del riego a nivel predial por el método de surcos. 2003 p.42.

El agua se mueve hacia los lados del surco y de forma vertical y hacia arriba para mojar la cresta del surco por capilaridad. En suelos arenosos <sup>65</sup>el movimiento lateral es menor por lo que deben ser menos espaciados al contrario los suelos arcillosos el movimiento lateral es mayor por lo que pueden ser más espaciados.

Tabla 7. Distancia entre surcos adecuada a diferentes profundidades radiculares y texturales de suelo

profundidad radicular (cm)	distancia entre surcos (cm)		
	arenoso	medio	arcilloso
30	15	45	75
60	30	90	150
90	45	135	225
120	60	180	300
150	76	225	375
180	90	270	450

Fuente :INIA Métodos de riego. Catilla divulgativa

### 1.1.6.2 Longitud de los surcos

Este depende de:

- **tipo de suelo:** en suelos arenosos el agua se infiltra rápidamente por tal razón los surcos deben ser cortos si es muy largo presenta pérdidas de agua por percolación, por el contrario en suelos arcillosos el surco debe ser más largos
- **caudal disponible:** entre mayor sea la cantidad del agua por surco mayor debe ser la longitud del surco.
- **Pendiente del terreno:** los surcos deben ser más cortos en terrenos con mayor pendiente.

---

<sup>65</sup>CAICEDO,Op. Cit p.31.

**Tabla 8. Caudal máximo no erosivo según la pendiente del terreno (INIA, 1998)**

Pendiente (%)	Caudal máximo no erosivo (l/seg)
0,25	2,5
0,5	1,25
0,75	0,83
1	0,63
1,5	0,41
2	0,23
3	0,21
5	0,12

Fuente :INIA Métodos de riego. Catilla divulgativa

- **Tamaño y forma del terreno:** Este limita la longitud del surco y depende del largo del lote.
- **Prácticas agrícolas:** Los surcos deberían ser tan largos como sea posible de este modo se requerirán menos canales o acequias de cabecera y canales de drenaje y facilita la mecanización.

**Tabla 9. Longitud máxima de los surcos de acuerdo a la textura del suelo, la pendiente del terreno y la altura de agua a aplicar**

Pendiente (%)	Longitud máxima de los surcos (m)								
	Arenoso			Medio			Arcilloso		
	Altura de agua a aplicar (mm)								
	50	100	150	50	100	150	50	100	150
0,25	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0,50	105	145	180	170	245	300	225	340	380
0,75	80	115	145	140	190	235	175	250	305
1,00	70	100	120	115	165	200	150	230	260
1,50	60	80	100	95	130	160	120	175	215
2,00	50	70	85	80	110	140	105	145	185
3,00	40	55	65	65	90	110	80	120	145
5,00	30	40	50	50	70	85	65	90	105

Fuente :INIA Métodos de riego. Catilla divulgativa

**Tabla 10. Tiempo de riego para mojar un metro de suelo de acuerdo a la textura**

textura del suelo	tiempo de riego para mojar 1m de suelo (horas)
arcilloso	15-25
arcilloso-arenoso	10-15
franco-arcilloso-arenoso	5-10
franco-arenoso	1-5

Fuente :INIA Métodos de riego. Catilla divulgativa

### 1.1.6.3 Riego por surcos con pendiente

Este tipo de riego se caracteriza por que el agua se distribuye por medio de surcos paralelos, el agua se infiltra por el fondo y costados de los mismos. Este tipo de riego es recomendable para cultivos que tienen sensibilidad a encharcamientos<sup>66</sup>, la razón por la cual se evita mojar el cuello de la planta para evitar enfermedades, es debido a que se siembra encima del caballón este es la parte superior del surco, o cuando no se requiere que la zona en la que se desarrollan las raíces se compacte en exceso (patatas, ajos, zanahorias, etc.)

Constituye un tipo de riego donde el agua se distribuye por **surcos paralelos**, de forma que se infiltra por el fondo y costados de los mismos. Agronómicamente, es muy aconsejable para algunos cultivos que son muy sensibles al encharcamiento, ya que al sembrarse sobre los caballones (parte superior de los surcos) se evita mojar el cuello de la planta y que se produzcan ciertas enfermedades. También lo es en los casos en que no se desee que la zona en que se desarrollan las raíces se compacte en exceso (patatas, ajos, zanahorias, etc.)

La distancia entre los surcos debe asegurar el mojado del suelo ocupado por las raíces. De acuerdo a Walker <sup>67</sup>.El movimiento del agua en el suelo depende de la textura: en suelos arcillosos el agua se expande lateralmente con mayor facilidad que en los arenosos, en los que el agua tiende a desplazarse en profundidad. De acuerdo a lo anterior los surcos pueden estar más separados en el primer caso.

<sup>66</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

<sup>67</sup>WALKER, Op Cit. p.45

Los surcos deben tener la misma pendiente en toda su longitud. Por el contrario se pueden originar zonas con falta de agua y otras con exceso, dando lugar a encharcamientos o desbordamientos del agua de un surco a otro. De acuerdo a Fernández<sup>68</sup>. La pendiente más adecuada está comprendida entre el 0.2 y 1%.

Según Fernández<sup>69</sup> Para determinar la longitud de los surcos hay que tener en cuenta dos factores: la eficiencia de aplicación del riego y la economía o coste de realización de dichos surcos.

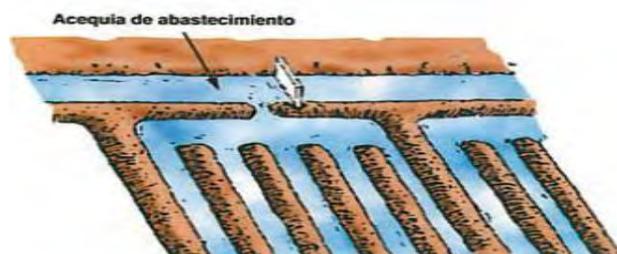
Como regla general se aconseja hacer los surcos tan largos como sea posible con la condición de que no se produzca erosión del suelo y se consiga una eficiencia razonable.

#### **1.1.6.3.1 Métodos de derivación de agua en el riego por surcos con pendiente**

El agua se aplica a cada surco independientemente en la zona de cabecera utilizando diferentes métodos:

**1.1.6.3.1.1 Derivación directa:** el agua va directamente desde la acequia de abastecimiento hasta los surcos.

**Figura 14. Alimentación directa desde una acequia de abastecimiento hasta los surcos**



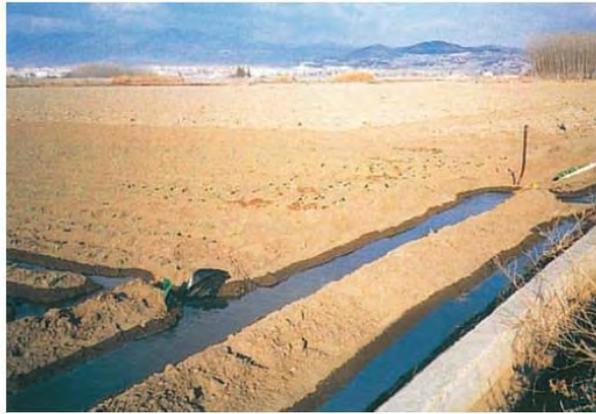
<sup>68</sup> FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

<sup>69</sup> Ibid. p 103.

Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

**1.1.6.3.1.2. Derivación mediante una acequia auxiliar:** es una acequia paralela a la de alimentación que se utiliza para evitar la apertura de varias salidas en esta acequia.

**Figura 15. Alimentación de los surcos por una acequia auxiliar paralela a la de abastecimiento**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

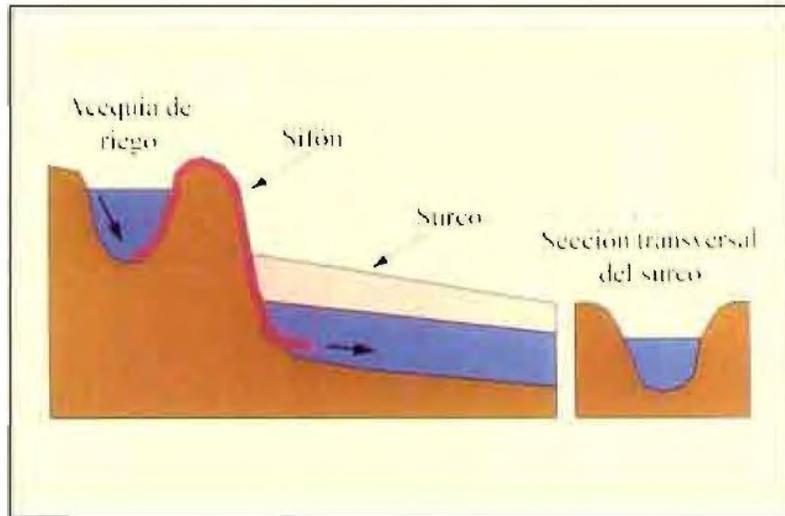
**1.1.6.3.1.3 Derivación mediante sifones:** los sifones son básicamente tubos rígidos o flexibles que pueden estar fabricados en diversos materiales, aluminio, plástico, goma, etc. Con ellos se traspa el agua desde la acequia hasta cada surco individualmente, para lo cual es preciso que la acequia esté más elevada que el surco.

En el sistema de sifones su funcionamiento se lleva a cabo cuando se llenan de agua dentro de la acequia de riego y se colocan sobre el surco con desnivel suficiente como para que se establezca el flujo<sup>70</sup>. Los sifones son tuberías de plástico o metal rígidos de 30 a 50 mm de diámetro y l a 1,5 m de longitud.

---

<sup>70</sup>FACI, Op. Cit p.31.

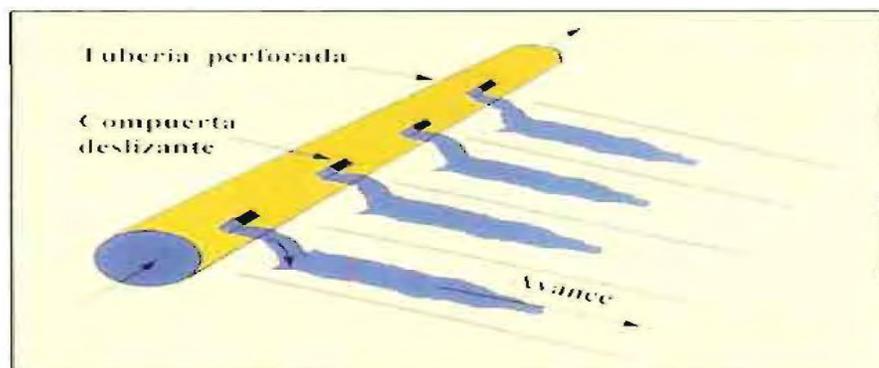
**Figura 16. Sifón empleado para riego por surcos sección transversal de un surco.**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

La figura 17. Presenta un esquema del funcionamiento del sistema. Una tubería de distribución de plástico o aluminio (de 100 a 250 mm de diámetro) conduce el agua de riego a una presión que no suele exceder 1 m de columna de agua. En el costado de la tubería, pequeñas compuertas deslizantes permiten abrir o cerrar el flujo a cada surco a la vez que permiten una cierta regulación del caudal de entrada.

**Figura 17. Tubería perforada con compuertas deslizantes empleadas en el riego por surcos**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

Es un sistema indicado para suelos de mala estructura en los que el contacto con el agua de riego produce costras que inducen compactación y reducen el intercambio gaseoso del suelo

De acuerdo a Facci<sup>71</sup> la fase de avance es corta en comparación con la de llenado. Las fases de vaciado y receso son particularmente cortas debido a que en el riego por surcos el volumen de agua superficial por unidad de área es muy pequeño en comparación con el riego en tablares.

Según Fernández<sup>72</sup>El caudal que descarga cada sifón depende de su diámetro y de la diferencia de altura entre acequia y surco, denominada carga del sifón. El diámetro de los sifones puede ser muy variable dependiendo de la práctica habitual de cada zona pero suelen estar comprendidos entre los 20 y los 60 milímetros. En la siguiente tabla se indican el caudal que puede suministrar un sifón según su diámetro y la carga:

**Tabla 11. Caudal del sifón**

Caudal aproximado del sifón (litros por segundo)				
Carga (centímetros)				
Diámetro (milímetros)	5	10	15	30
20	0.2	0.26	0.32	0.37
30	0.42	0.6	0.73	0.84
40	0.75	1.1	1.3	1.5
50	1.2	1.43	2.0	2.33
60	1.7	2.4	2.9	3.4

Fuente: Manual De Riego Para Agricultores Módulo 2 Riego Por Superficie

**1.1.6.3.1.3 Derivación mediante tuberías portátiles:** Suelen ser de aluminio, PVC o polietileno. Estas tienen unas salidas con una distancia de separación igual a la distancia de separación de los surcos. Estas salidas pueden ser orificios con un diámetro, de acuerdo con el caudal que se desea obtener, o compuertillas regulables.

<sup>71</sup>FACI, Op. Cit p.31.

<sup>72</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

**Figura 18. Alimentación de los surcos por tubería rígida portátil. Los plásticos en cabecera protegen de la erosión en la zona de impacto del chorro**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

**Figura 19. Tubería flexible de polietileno con compuertas regulables**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

#### **1.1.6.4 RIEGOS POR SURCOS A NIVEL**

Este tipo de riego se usa cuando la topografía es irregular por lo cual los surcos se hacen aprovechando las pendientes más suaves o sea siguiendo las variaciones de la pendiente, de modo que los surcos corten las pendientes fuertes.

En este tipo de sistema de riego, los surcos se realizan dentro de un tablar.

Con este tipo de sistema de riego lo que se consigue es:

- Eliminar la escorrentía característica del riego por surcos en pendiente.

Al estar el agua canalizada por los surcos se puede aplicar una dosis de riego inferior a la necesaria para el riego de un tablar, importante para los terrenos con poca capacidad de retención de agua.

El caudal<sup>73</sup> que entra en cada surco es diferente. El agua excedente de los surcos que han completado su avance rápidamente retornará por los surcos contiguos desde cola a cabecera. Con esta práctica se evitan encharcamientos localizados y se puede conseguir una buena uniformidad en la distribución del agua infiltrada, siempre que la parcela haya sido nivelada adecuadamente.

#### **1.1.6.5 RIEGO “DE CAREO” EN ZONAS DE MONTAÑA:**

Se trata de una acequia que corre casi a nivel sobre una ladera y tiene pequeñas salidas por las que el agua fluye escurriendo ladera abajo. Es un riego poco eficiente y uniforme, pero no requiere ninguna sistematización del terreno y permite incrementar considerablemente el rendimiento de las praderas con muy poca inversión. Se utiliza donde se dispone de agua abundante. Si no se controlan bien los caudales se pueden producir serios problemas de erosión.

#### **1.1.6.6 PARAMETROS A CONSIDERAR PARA UN MANEJO EFICIENTE DEL RIEGO.**

##### **1.1.6.6 1Tipo de suelo**

De acuerdo a Jaramillo<sup>74</sup>“El suelo es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor, de material terroso, no consolidado, que se

---

<sup>73</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103.

<sup>74</sup>JARAMILLO, Diego; y GONZÁLEZ, Luis. El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1994 p.88 .

forma en la interface atmósfera – biosfera – litosfera, El suelo es un medio poroso formado por partículas sólidas y por poros (que pueden contener agua, aire o ambos a la vez) de forma que cuando el agua está en contacto con él se desplaza de unos poros a otros en todas las direcciones”.

El suelo proporciona el almacenamiento de agua, nutrientes y aire a las plantas para su normal desarrollo, el suelo tiene unas características o propiedades físicas que inciden en la selección del método de riego<sup>75</sup>, este es indispensable para la programación de la aplicación de riego.

El tipo de suelo y sus características físicas son elementos determinantes de la calidad o resultado del riego, como ya se había mencionado anteriormente la cantidad de agua que se infiltrara dependerá de la capacidad del suelo en los diferentes puntos de la parcela, el tipo de suelo influye directamente en la distribución del agua en la parcela.

El suelo de acuerdo a los contenidos de arena, limos y arcillas se clasifican en livianos, medios y pesados. “Los suelos de textura arenosa se caracterizan por su baja capacidad para retener el agua, razón por la cual el riego se debe aplicar frecuentemente con intervalos entre riego y riego de 3-5 días; estos suelos presentan bajos contenidos de nutrientes y alta tasa de infiltración”<sup>76</sup>. Los suelos de textura francos tienen mayor capacidad de retención de agua, la frecuencia de riego oscila entre 5-8 días; los suelos de textura arcillosa poseen mayor cantidad de nutrientes, su capacidad de infiltración es muy baja y su capacidad de retención es alta por lo que generalmente se encharcan, los intervalos de riego son cada 10 días.

**Figura 20. Relación entre la textura del suelo y velocidad de infiltración del agua**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

La variación en la parcela se debe, entre otros motivos, a la presencia de poros de distinto tamaño, grietas en suelos expansibles, canales realizados por animales o

<sup>75</sup> Caicedo, Op. Cit p.45.

<sup>76</sup> Caicedo, Op. Cit p.45.

provocados por raíces muertas o caminos preferenciales debido a la estructura del suelo.

De acuerdo a Fernández <sup>77</sup>Los suelos con velocidad de infiltración baja o muy baja pueden ser recomendables para regar tablares porque en ellos no se genera escorrentía, pero el tiempo de riego deberá ser alto para permitir que el suelo infiltre el agua necesaria para satisfacer la lámina requerida. Si un suelo arenoso o con velocidad de infiltración alta se riega mediante tablares, será preciso aplicar caudales muy grandes para permitir completar el avance del agua desde cabecera hasta cola en un tiempo prudencial; en cualquier caso es muy probable que en zonas próximas a cabecera la cantidad de agua perdida por filtración profunda sea elevada, disminuyendo así la eficiencia de aplicación del riego. Regar por surcos en pendiente o por fajas en suelos con baja velocidad de infiltración implicará generar gran cantidad de escorrentía, por lo que es recomendable su empleo en suelos más ligeros aunque sea preciso aplicar caudales más elevados.

#### **1.1.6.6.2 Capacidad de campo**

Esta depende de la textura del suelo y se define como la cantidad de agua almacenada en un suelo después de ser saturado y drenado libremente<sup>78</sup>. Se expresa como porcentaje de humedad, en suelos arcillosos los valores de capacidad de campo son altos, mientras que para suelos arenosos los porcentajes son bajos.

#### **1.1.6.6.3 Punto de marchitez permanente**

Es “el grado de humedad del suelo que rodea la zona radicular de la vegetación, tal que las fuerzas de succión de las raíces es menor que las de retención del agua por el terreno”<sup>79</sup> (fuerzas capilares de los poros más pequeños). Cuando la planta no puede absorber toda la demanda de agua se alcanza el punto de marchitez temporal, cuando ya no puede absorber agua del suelo alcanza el punto de marchitez permanente

#### **1.1.6.6.4 Agua útil o aprovechable por las plantas**

---

<sup>77</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

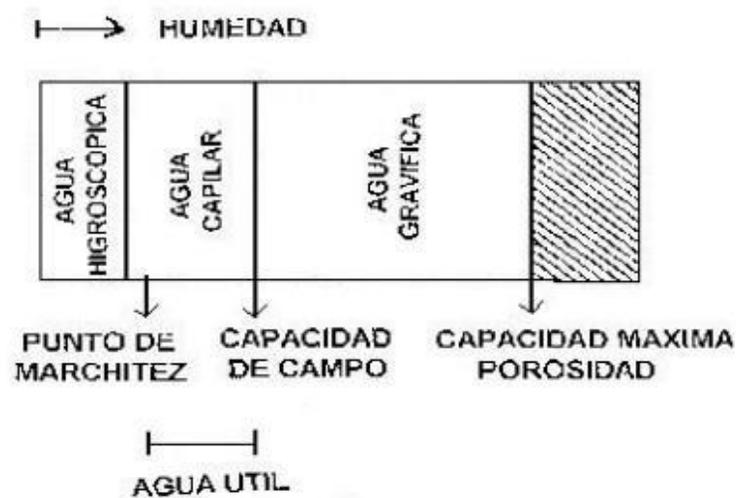
<sup>78</sup> CAICEDO, Op. Cit. .p.45.

<sup>79</sup> IMFIA. Agua en el suelo. capítulo III. Curso de hidrología e hidráulica aplicadas. Udelar. 2009 10 p.

Es el agua utilizable por la planta. Es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez (permanente) (IMFIA, 2009)

Se puede expresar en valores de porcentaje de humedad (%) o también como milímetros de agua por cada centímetro de profundidad del suelo (mm/cm)

**Figura 21. Agua útil, humedad punto de marchitez**



Fuente: Agua en el suelo. capítulo III

#### 1.1.6.6.5 Densidad aparente

Se define como la masa de suelo por unidad de volumen ( $\text{g. cm}^{-3}$  o  $\text{t. m}^{-3}$ ). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso<sup>80</sup> Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente<sup>81</sup> varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expándete

<sup>80</sup> KELLER, T.; HÅKANSSON, I. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. Geoderma 2010 .p. 154: 398-406.

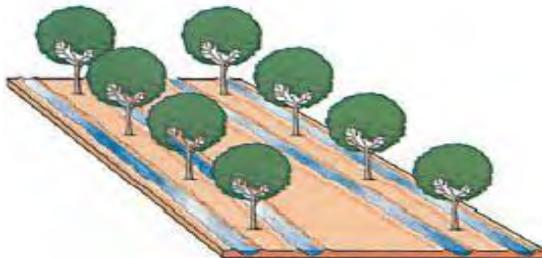
<sup>81</sup> Taboada, M; Alvarez, C. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 2008. p 45.

#### 1.1.6.6 Cultivo y tipo de riego

La elección del tipo de riego depende de numerosos factores relacionados con la geometría y topografía del terreno, disponibilidad de agua, etc., sin embargo debe tenerse muy en cuenta el tipo de cultivo que se va a regar.

El riego por surcos<sup>82</sup> se puede aplicar a cultivos arbóreos con dos surcos por fila y cuando el cultivo es todavía joven y cultivos sembrados en línea este se adapta a maíz, algodón, remolacha, tomate, lechuga, girasol e incluso a otros de alto valor económico como fresa o melón.

**Figura 22. Representación esquemática de un riego de cultivos leñosos aplicando el agua mediante dos surcos de árbol.**



Fuente: Agua en el suelo. capítulo III

Los riegos por tablares y por fajas se utilizan eficazmente para regar cultivos hortícolas, arbóreos y especialmente cultivos forrajeros densos que ocupan la totalidad de la superficie del suelo como alfalfa o praderas.

Cuando se pretende regar cultivos arbóreos mediante un riego por superficie, puede emplearse cualquier tipo si el cultivo en cuestión no es sensible al encharcamiento.

#### 1.1.6.6.7 Requerimientos hídricos

El sistema deberá ser capaz de satisfacer la cantidad de agua que requiere el cultivo.

---

<sup>82</sup>Caicedo . Op Cit .p.45.

Las necesidades de agua del cultivo están definidas por la evapotranspiración <sup>83</sup>(En, en la que se cuantifican de forma conjunta la influencia de las condiciones climáticas (evapotranspiración de referencia, ETr) y las características del cultivo (coeficiente de cultivo, Kc).

Para el cálculo de la evapotranspiración suelen usarse valores de evapotranspiración de referencia medios (normalmente mensuales), así como valores de coeficiente de cultivo aproximados para cada cultivo y fase de desarrollo.

Para tener en cuenta las variaciones que pueden producirse de un año a otro en los valores de evapotranspiración de referencia, la ET máxima calculada debe multiplicarse por 1.1. El valor resultante será la ET que se considerará en el diseño de la instalación y suele denominarse evapotranspiración de diseño <sup>84</sup>

#### **1.1.6.6.8 Uniformidad en la distribución del agua regada**

Debido a que en las parcelas no existe homogeneidad en el tipo de suelo lo cual conlleva a que los tiempos de infiltración sean variables aunque la cantidad de agua suministrada sea igual, la uniformidad en la distribución del agua filtrada no va a ser del 100%.

En el riego por superficie el agua se aplica por un extremo por lo que la parcela estará cubierta de agua en diferentes tiempos como ya se mencionó anteriormente en las fases del riego por superficie. Debido a esto el agua infiltrada tendrá mucha variabilidad en todo el campo.

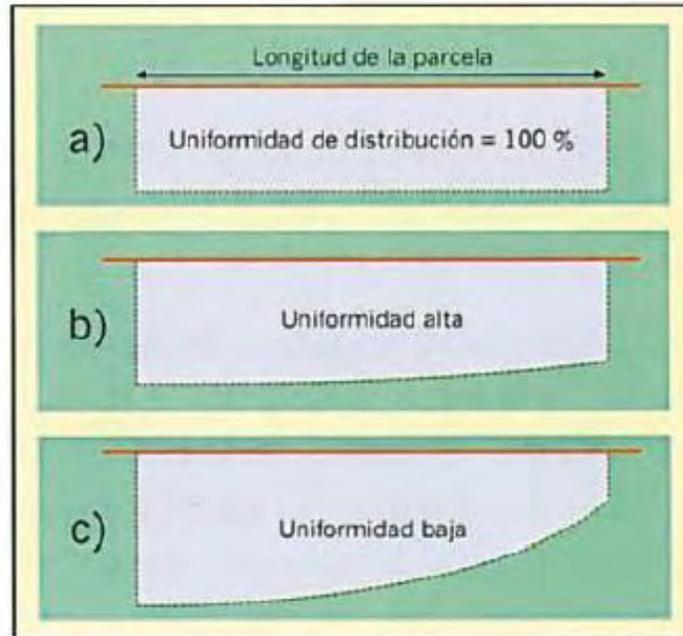
La lámina de agua infiltrada no será homogénea en la parcela, por lo que en las zonas cerca de la cabecera se infiltrará una mayor cantidad.

---

<sup>83</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

<sup>84</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

**Grafico 8. Uniformidad de distribución del agua filtrada a) situación ideal; b) alta uniformidad; c) baja uniformidad.**



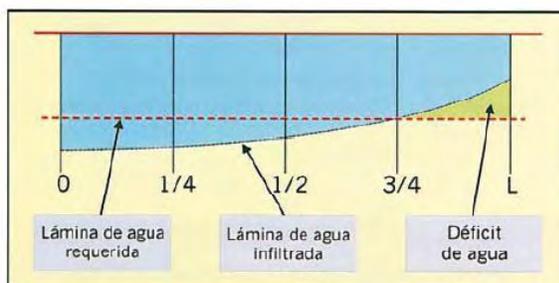
Fuente: Fuente: Agua en el suelo. capítulo III

De acuerdo a Fernández<sup>85</sup> suelen existir zonas dentro de la parcela que reciben exceso de agua con respecto a la lámina requerida y se genera filtración profunda, mientras que otras tienen déficit o falta de agua. A efectos de diseño del sistema, suelen establecerse dos criterios para satisfacer la lámina requerida consistente en:

- permitir que se produzca déficit sólo en la cuarta parte de la longitud de la parcela, la más próxima a cola.
- satisfacer la lámina requerida en toda la longitud de la parcela, es decir, no permitir déficit.

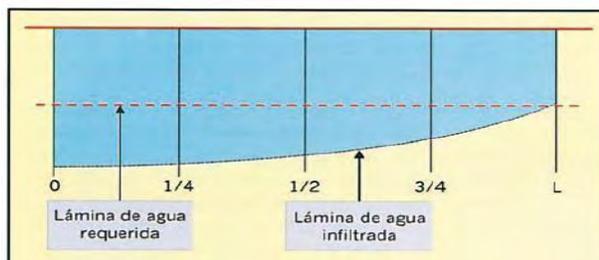
<sup>85</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

**Grafico 9. Diseño en riego por superficie relativo a la uniformidad: permitir deficit solo en el ultimo cuarto de la parcela**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

**Grafico 10. Diseño en riego por superficie relativo a la uniformidad: no permitir déficit en toda la parcela**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

Al Lograr una elevada uniformidad en la distribución del agua implica que las plantas reciban cantidades similares y se evite al máximo la existencia de zonas con menor producción.

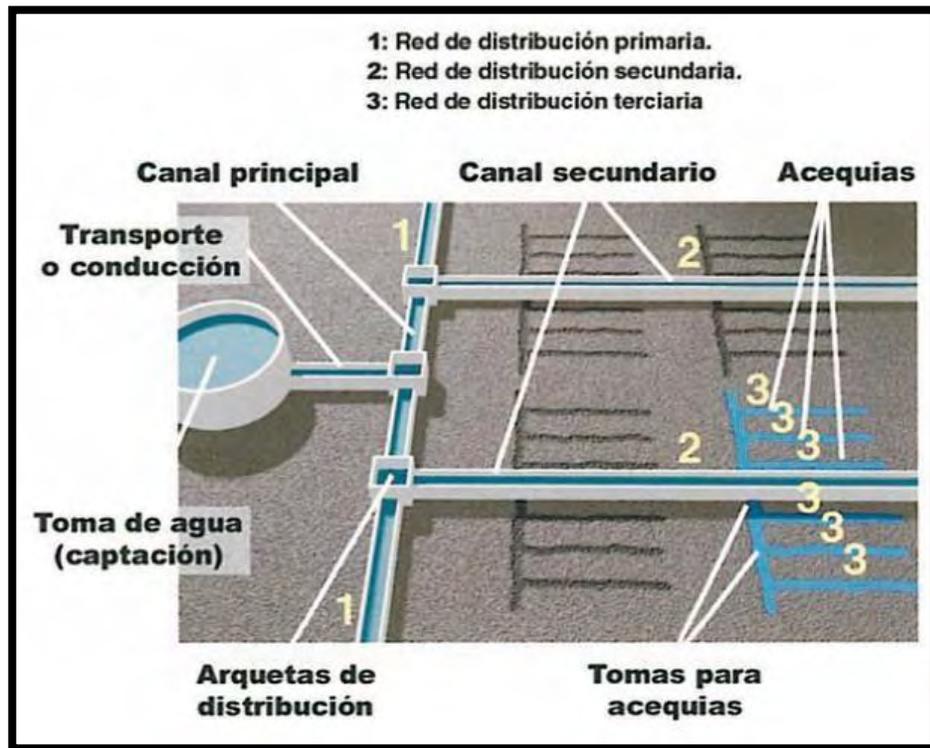
### 1.1.7 ESTRUCTURAS DE CONTROL Y DISTRIBUCION.

#### 1.1.7.1. Organización y control de la distribución del agua de riego

El agua circula dentro del sistema de distribución de la cual derivan otra red de conducciones secundarias que reparten el agua a las parcelas mediante tomas a

través de las cuales se podrá abrir o cortar el paso del agua haciendo de esta manera el control del caudal y tiempo a regar.

**Figura 23. Esquema de una red de distribución típica en un riego por superficie**



Fuente: Principios Basicos Del Riego Por Superficie

De acuerdo a Fernández <sup>86</sup>Pueden existir diferentes formas o niveles de derivación del agua de riego mediante tomas:

- Tomas para acequias o canales: el agua pasa de unos canales a otros mediante tomas que desvían el agua a zonas donde se encuentran las unidades de riego. el agua pasa a otro canal de menor tamaño. Controlado por la comunidad de regantes
- Tomas directas para parcela: el agua pasa a la parcela desde una acequia o canal. controlado por el propio agricultor.

<sup>86</sup>FERNÁNDEZ, Op. Cit p.103

Es necesario utilizar las arquetas de distribución para repartir el agua desde una acequia a otras acequias o directamente a parcela. Tendrán tantas salidas como parcelas a regar, deben permitir controlar el caudal de salida. Los partidores permiten dividir el caudal de una acequia o canal en un número de partes iguales o diferentes. Debería fomentarse el uso de las redes de desagüe dentro de la comunidad de regantes, con el fin de recoger el agua de escorrentía y conducirla de forma adecuada hasta ser vertida en los cauces naturales o ser reutilizada para el riego de parcelas situadas aguas abajo.

### **1.1.8 EFECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE DEL RIEGO POR SUPERFICIE**

Un regadío por superficie tiene infraestructuras para su funcionamiento. Entre ellas están:

- A. obras de captación de agua
- B. embalses
- C. redes de canales y acequias
- D. redes de caminos
- E. redes de desagües.

El riego de superficie tiene un impacto bajo pero este impacto se produce en un área geográfica amplia.

Este sistema puede producir problemas medioambientales como:

- alteración del régimen hidrológico de los ríos
- sobreexplotación de acuíferos
- alteración de las zonas húmedas naturales
- aparición de capas freáticas próximas a la superficie del suelo
- salinización de suelos
- salinización de aguas y deterioro de su calidad
- erosión del suelo
- tierras abandonadas.

Los problemas ambientales producidos por el manejo incorrecto del riego de superficie se derivan del riego excesivo, que produce pérdidas de agua por percolación profunda y por escorrentía superficial esto último generando degradación del suelo.

## 2. CONCLUSIONES

- El riego x inundación es bien eficiente cuando son grandes extensiones, siempre y cuando esté bien nivelado y se cuente con el caudal suficiente. A pesar de ello se debe tener en cuenta que si se inunda demasiado, acarrea problemas de inundación ocasionando problemas fitosanitarios a las plantas y si se corta el riego anticipadamente las plantas no tendrán la cantidad suficiente de agua requerida.
- El riego por surcos es muy aconsejable agronómicamente para algunos cultivos que son muy sensibles al encharcamiento, ya que al aplicarse el agua corre atreves de las hojas, ramas, penetrando directamente a la raíz y en el momento del corte esta se infiltra permitiendo no encharcamiento.
- Las tuberías más utilizadas para el riego por surcos con pendiente mediante la derivación mediante tuberías portátiles, por su bajo costo y fácil manejo, son las de polietilendo.
- El riego por surcos alternos permite obtener mayor eficiencia y mayor productividad del riego.
- Una aplicación de gran interés, tanto en el riego por surcos como en el riego por escurrimiento libre es la utilización de la técnica de recorte de caudal, que consiste en la disminución del caudal de riego una vez completada la fase de avance.
- La red de distribución del agua de riego es imprescindible, debería fomentarse el uso de las redes de desagüe dentro de la comunidad de regantes, con el fin de recoger el agua de esorrentía y conducirla de forma adecuada hasta ser vertida en los cauces naturales o ser reutilizada para el riego; así se disminuyen las pérdidas de agua, problemas de encharcamientos, y se favorece el paso de maquinaria y la realización de otras operaciones de cultivo.

### 3. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar inicialmente un análisis de suelo, tiempo de infiltración, cultivos a manejar y qué tipo de sistema de riego se va a manejar, para tener en cuenta los periodos y frecuencias de riego.
- De acuerdo al cultivo tener en cuenta sus periodos de fertilización y controles fitosanitarios para según lo anterior determinar las épocas de aplicación de riego.
- Se deben hacer evaluaciones del riego para conocer la eficiencia del el, medir el caudal de riego y cuantificar los volúmenes de riego aplicados; teniendo en cuenta el cultivo con que se va a trabajar

## BIBLIOGRAFÍA

AZEVEDO, Ana. Real-time solution of inverse furrow advance problem ". Tesis Doctoral Utah State University. 1992. p. 21.

BAUTISTA, Enrique. y WALLENDER, Wyll. Spatial variability of infiltration in furrows . Transof the ASAE .1985.Vol. 28 no3, p:1846.

BROUWER, Melissa. Irrigation water management: Irrigation methods. Training manual no 5. FAO Land and water development division, FAO, Rome. p. 16 1998.

BELLO, Marco Antonio. Medición de presión y caudal. Boletín INIA N° 28. Punta Arenas, Chile .p. 21 2000.

CAICEDO, Antonio; MONTENEGRO, Omar; CORREA, Lader y LOZANO, Ramiro. Recomendaciones para el manejo del riego a nivel predial por el método de surcos. 2003 p.42.

CUNHA, Francinice; VIEIRA, Faustino ; BORGES, Roberto,; SILVA DE FREITAS, Patrício; DA MESQUITA, Romenique y DE LUCIENE, Xavier. Manejo De Micro-Irrigação Baseado Em Avaliação Do Sistema Na Cultura Do Meloeiro. Revista Caatinga. vol. 21.p.21

CHAMBOULEYRON Jorge. Riego y drenaje. Técnicas para el desarrollo de una agricultura ragadía sustentable. Universidad Nacional de Cuyo. Ediune. 2005 Tomo II p. 470.

CHEN, Liu. Water infiltration rate in cracked paddy soil. Geoderma. p.117. 2003.

DANE, Departamento Administrativo de Estadística Colombia. Censo Nacional Agropecuario Sexta entrega de resultados. 2014. p.6. URL:<[http://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-6-Infraestructura/6-Boletin.pdf](http://http://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-6-Infraestructura/6-Boletin.pdf)>

FACI, Jose y PLAYAN, Enrique. Principios básicos del riego por superficie. Hojas divulgadoras. Número 10-11. Zaragoza, Madrid. .p. 31. URL:<[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1994\\_10-11.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1994_10-11.pdf)>

FAO. Informes de la Fao sobre temas hídricos. Vol, 32.p. Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, Brasi.p.44. URL:<<http://www.redalyc.org/pdf/2371/237117546025.pdf>>

FERNÁNDEZ, Rafael; ÁVILA, Ricardo; LÓPEZ, Manuel; GAVILÁN, Pedro y OYONARTE, Nicolás. Riego Por Superficie. Manual De Riego Para Agricultores. Módulo 2. Sevilla. 2010.p.103.

GRASSI, Carlos. Diseño y operación de riego por superficie. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental (CIDIAT). Merida-Venezuela. P. 121. 2000

JARAMILLO, Diego; y GONZÁLEZ, Luis. El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 1994 p.88

KELLER, T.; HÅKANSSON, I. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. Geoderma 2010 .p. 154: 398-406.

KINDSVATER, Carl. Discharge characteristics of rectangular thin-plate Weirs. J. Hydraulics Div. ASAE. 1957. USA.p. 1456.

MORÁBITO, José ; SALATINO, Santa; ANGELLA, Gabriel y PRIETO, Daniel. Jornadas sobre "Ambiente y Riegos: Modernización y Ambientalidad". Red Riegos, CYTED y AECID. Guatemala.2008. p. 3.

PLAYÁN, Enrique. Two Dimensional Hydrodynamic Simulation of Basin Irrigation: Analysis of Field Shape Effects on Irrigation Performance ". Tesis Doctoral. Utah State University. 1992 Logan, Utah.p 35.

ROBISON, Augusto y CHAMBERLAIN, Arthur. Trans. ASAE. 1960. Vol 3, num 2. p. 120-124.

SANTOS, Bernardo. "Manual de irrigação 6ª ed." Viçosa, MG: UFV, imprensa universitária (1995) p.5.

SCHILARDI, Carlos. Desempeño del riego por superficie en el área de regadío de la Cuenca del río Tunuyán superior Mendoza Argentina. Tesis. Maestría en riego y drenaje. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. p 125. 2010.

TABOADA, M; ALVAREZ, C. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 2008. p 45.

VILLALOBOS, Roberto. Efecto del potencial mátrico del suelo en el crecimiento del cultivo de estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). 2005 . Bogota. p. 12.

WALKER, Wynn; PRESTWICH, Clare y SPOFFORD, Thomas. Development of the revised USDA–NRCS intake families for surface irrigation. *ScienceDirect*. p. 157. USA

2006. URL <[https://www.researchgate.net/publication/222815686\\_Development\\_of\\_the\\_revised\\_USDA-NRCS\\_intake\\_families\\_for\\_surface\\_irrigation](https://www.researchgate.net/publication/222815686_Development_of_the_revised_USDA-NRCS_intake_families_for_surface_irrigation)

WALKER, Wynn; Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. Food and Agricultural Organization of the United Nations. *Irrigation and Drainage Paper* p. 45. 1989.