

## RIEGO Y DRENAJE

Adolfo Avella T. I. A. \*

### I - EL AGUA Y LAS PLANTAS. Funciones y Relaciones, su importancia.

Es importante conocer los principios esenciales de la hidrología vegetal, esto es, de las relaciones entre el agua y la planta como base para comprender lo que bien puede llamarse economía del agua de las plantas. Muchos investigadores se han ocupado de éste tópico en sus diferentes problemas e interrogantes, particularmente en cuanto se relaciona con la oportunidad y eficiencia de la aplicación artificial del agua a la planta. Pueden destacarse los trabajos de Alvim, Crafts, Hagan, Hendrickson, Kosloeski, Kramer, Richards, Weihmeyer, Wedleigh, entre otros.

#### FUNCIONES DEL AGUA EN LA PLANTA:

El agua es indispensable para las plantas ya que interviene en múltiples funciones como lo señalan los autores Kramer y Koslowski, (1960) y otros investigadores:

1. Como constituyente del protoplasma vivo.
2. En la conservación de la turgencia de las células, la que es esencial para el crecimiento, apertura de los estomas, entre otros.
3. Como reactivo en las reacciones químicas, principalmente en la fotosíntesis.
4. En los procesos hidrolíticos.

---

\* Departamento Ingeniería Agrícola, ICA. C.N.I.A. "Tibaitatá".

5. Como solvente de alimentos y sustancias minerales en que se mueven gases y sales en y a través de la planta.
6. Provee hidrógenos para la síntesis de carbohidratos en la función fotosintética.
7. Previene a la planta de los cambios bruscos de temperatura, debido a su alto calor específico.

Las fuerzas intermoleculares entre las moléculas de agua, celulosa, pectina y Lignina indudablemente tienen mucho que ver con el mantenimiento de la estructura de la planta.

#### RELACIONES DEL AGUA EN LAS CELULAS Y LOS TEJIDOS DE LAS PLANTAS.-

Las células de las plantas constan de protoplasma encerrado en una cápsula de paredes más o menos rígidas, permeables al agua y a los solutos. Las membranas citoplasmáticas son diferencialmente permeables.

Existe movimiento continuo de agua de célula a célula y entre célula y su ambiente. Debido a la estructura de las células casi todo el movimiento del agua ocurre por ósmosis. En efecto, Kramer (1959) asegura que existe evidencia de que en los tejidos de las plantas adultas toda o gran parte de la absorción del agua por las células puede explicarse por medio de la deficiencia de presión (DED). La absorción osmótica del agua se traduce en turgencia, la cual es necesaria para la formación de las partes suculentas de la planta tales como hojas, flores y partes apicales de los tallos, lo mismo que para la apertura de las estructuras florales y de los estomas. La apertura y cierre de los estomas, y por lo tanto

la fotosíntesis dependen esencialmente de los cambios de turgencia de las células de cierre. Las hojas marchitas con los estomas cerrados son órganos fotosintéticos inefectivos. Por estas razones el mantenimiento de la turgencia es fundamental para el desarrollo de plantas normales.

El agua en las plantas se mueve de célula a célula a lo largo de gradientes de energía libre decreciente. La energía libre del agua disminuye por la presencia de solutos, por la disminución de la temperatura o de la presión y por la presencia de fuerzas de superficie.

El contenido de agua en los tejidos es extremadamente variable y dinámico. Esta variación depende de la especie vegetal, de la variedad de la planta que se está considerando, del estado del tiempo atmosférico y de la hora del día. Ocurren variaciones con la edad de los tejidos, con la humedad disponible del suelo y con la relación entre absorción y transpiración, es decir, con el balance del agua en la planta (Koslowki, 1960).

#### CONSUMO DE AGUA POR LA PLANTA.-

La planta extrae gran cantidad de agua del suelo en que está plantada, sin embargo, la cantidad de agua consumida para sus funciones metabólicas es relativamente pequeña comparada con la que necesita para abastecer los procesos de la transpiración. La proporción del agua consumida realmente por las plantas y el agua transpirada varía con las especies cultivadas y las condiciones climáticas. En la mayoría de las plantas llega a ser de 1% a 99% respectivamente.

TABLA 1. Distribución de la cantidad de agua que consume una planta en pleno desarrollo (Baldovinos, 1966).

| Empleo  | Consumo |
|---|---------|
| En reacciones de fotosíntesis, síntesis orgánicas y combinación.                        | 0.1%    |
| En hidratación del protoplasma, para mantener el turgor, la estructura y como solvente. | 0.9%    |
| En la transpiración.  | 99.0%   |

La absorción del agua por las plantas es principalmente un proceso pasivo. La velocidad de absorción, a través de las raíces, está determinada preferentemente por la pérdida de agua (en las hojas) siempre que el agua esté fácilmente disponible en el suelo, ya que los déficits internos del agua, transmitidos, a través del xilema, a las raíces, son creados por la transpiración.

#### DEFICIT DE AGUA EN LA PLANTA. -

La escasez de agua interfiere los procesos de formación de células nuevas, reduce el crecimiento de las plantas y modifica la calidad de los productos que se cosechan.

Siempre que se origina un déficit de agua en el tejido vegetal por transpiración excesiva y absorción lenta por las raíces, las células pierden su turgencia y dejan de crecer.

La deficiencias de humedad producen varios efectos indirectos en el

crecimiento de las plantas:

1. La fotosíntesis se reduce en alto grado generalmente, debido al menor contenido de agua en las células, lo que trae una alta resistencia a la difusión del  $\text{CO}_2$  causada por el cierre estomatal.
2. Se reduce el área de las hojas.
3. Aumenta algunas veces el ritmo de la respiración haciendo que el alimento se consuma con mayor rapidez.
4. Se reduce la absorción de nutrientes.
5. El crecimiento de las raíces se acorta y éstas se hacen permeables al agua y a los elementos minerales.
6. Reducción del crecimiento vegetativo.
7. Interfiere la formación de células nuevas, aumento de tamaño de las células y la diferenciación de los tejidos.
8. Disminuye la velocidad de germinación de las semillas sembradas, ya que está correlacionada con la velocidad de absorción de agua.
9. Slatyer indicó que la influencia de la baja humedad del suelo sobre la transpiración varían grandemente entre plantas y está limitada por condiciones de evaporación, sensibilidad de cierre estomatal y disponibilidad de agua para absorción.
10. Los cambios en metabolismo y asimilación resultantes de EHS+, alteran las cantidades y clase de compuestos encontrados en las plantas.

---

+ EHS: Esfuerzo de Humedad del Suelo.

#### EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL EXCESO DE AGUA.-

Los efectos dañinos causados por exceso de agua en el suelo se deben todos a la falta de aireación del sistema radicular.

Los excesos de humedad producen varios efectos indirectos en el crecimiento de las plantas:

1. La respiración normal (aeróbica) de las raíces se disminuye, por lo tanto, la absorción de agua como de nutrientes queda muy reducida.
2. Se produce una "sequía fisiológica", que tiene los mismos efectos de la deficiencia de agua sobre los procesos fisiológicos de las plantas.
3. En suelos de drenaje deficiente, el sistema radicular de las plantas se desarrolla apenas en la capa superficial, donde las condiciones de aireación son adecuadas.
4. Las raíces que se dirigen hacia las capas saturadas de agua no encuentran condiciones favorables a la respiración y por consiguiente mueren. Entre las plantas que se cultivan existen unas, como el arroz por ejemplo, que poseen adaptaciones especiales para vivir en suelos saturados de agua.

#### FACTORES QUE AFECTAN EL USO DEL AGUA POR LA PLANTA.-

El uso del agua por la planta está influenciado por la temperatura, prácticas de riego, longitud de riego, longitud del período vegetativo, precipitación y otros factores. El volumen de agua transpirada depende en parte de la cantidad de agua disponible, de la temperatura y humedad del aire, del viento, de la intensidad luminosa, del estado de desarrollo

del vegetal y de la calidad de sus hojas.

Muchos de estos factores pueden operar en conjunto ó aisladamente, en forma constante ó fluctuante de año en año y de un lugar a otro. Thorthwaite y Mather (1955) sistematizaron estos factores; Jamison (1956) cita los siguientes factores individuales que afectan la disponibilidad del agua a las cosechas. Estos factores fueron analizados, en su gran mayoria, al estudiar los fenómenos de absorción y transpiración, por lo tanto acá sólo se nombrarán:

#### 1. FACTORES DE LA PLANTA.

##### a) Tipo de Planta.-

1. Resistencia a la sequía;
2. Profundidad de enraizamiento;
3. Densidad radicular;
4. Ramificación y sistema foliar;
5. Vigor de la planta;
6. Especie, variedad;
7. Etapa vegetativa de la planta;
8. Capacidad de reflejar la luz incidente;

##### b) Procentaje de cubierta vegetal.

#### 2. FACTORES CLIMATICOS

Son importantes en las pérdidas de evaporación y transpiración:

- a) Temperatura del aire-hoja;
- b) Humedad relativa del aire;
- c) Niebla;
- d) Nubosidad;

- e) Viento;
- f) Fotoperíodo;
  - 1f. Luz (calidad)
  - 2f. Energía calorífica (intensidad).

### 3. FACTORES DEL SUELO

- a) Tensión de humedad (retención);
- b) Presión osmótica de la solución del suelo;
- c) Esfuerzo de humedad (EHS);
- d) Iones en la solución del suelo;
- e) Relaciones de la conductividad del suelo;
- f) Fertilidad;
- g) Condiciones físicas: relación aire-agua, profundidad efectiva, textura, retención, compactación, estructura, etc.

### IMPORTANCIA DE LA DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA.

La determinación de los requerimientos de agua para las diferentes plantas es de gran importancia especialmente en zonas bajo riego, en regiones áridas y semiáridas. El agua es un factor limitante en la agricultura y su expansión es por ello por lo que la información relacionada con el uso del agua por las plantas es fundamental, necesario en los sistemas de riego y en planeamiento de los programas de Irrigación. Este se basa, en el valor práctico considerable que tiene el saber el uso consuntivo de los cultivos, para la determinación del intervalo entre riegos ó momento en que debe aplicarse el agua, y la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de las cosechas bajo riego. En una palabra, el consumo individual de los cultivos a implantar en una zona dada, permite estimar el área a beneficiar, diseñar las

obras que integran el sistema de riego y programar su operación.

#### REQUERIMIENTOS DEL AGUA POR RIEGO.

El requerimiento de agua por riego es la cantidad de agua necesaria para la producción de la cosecha, excluyendo la precipitación. En otras palabras, es la cantidad de agua que debe ser almacenada en la zona radicular para satisfacer el UC\* del cultivo. El requerimiento bruto de agua de riego incluye el requerimiento neto y las pérdidas que se producen en la distribución y aplicación del agua ó manejo del sistema.

#### PERIODOS CRITICOS DURANTE EL CICLO VEGETATIVO.

La mayoría de los cultivos tienen periodos críticos durante su ciclo vegetativo en los cuales se debe mantener un alto nivel de humedad durante los mismos para lograr mayor productividad. Si hay suficiente humedad para la germinación y desarrollo de un vegetal, los periodos críticos casi siempre se presentan hacia la última parte del ciclo ó sea cuando el cultivo está llegando al punto de ser cosechado. Para pastos el periodo crítico ocurre después del pastoreo ó después del corte si se trata de pastos de corte.

Para formular, diseñar y construir un sistema de riego que tenga éxito, el Ing. de irrigación debe conocer las características de las raíces de las plantas y saber cómo utilizar la humedad. Puesto que, para el buen desarrollo vegetativo se necesita un continuo suministro de humedad, el sistema de riego que se utilice en cualquier cultivo, deberá estar calculado y construído para suministrar la cantidad de agua que se necesita

\* USO CONSUNTIVO

durante el periodo de uso máximo por el cultivo, vale decir, con alta eficiencia volumétrica de aplicación y de distribución.

Para determinar la cantidad de humedad utilizable por el cultivo, se requiere saber hasta qué profundidad puede obtenerla y conocer la norma ó hábito de extracción de la humedad y la rapidez con que la planta la utiliza.

Profundidades radiculares importantes para el cálculo de láminas de riego, en explotaciones ganaderas.

| Cultivos          | Profundidad Radicular |   |      |
|-------------------|-----------------------|---|------|
| Alfalfa           | 1.20                  | a | 1.80 |
| Pastos            | 0.60                  |   |      |
| Pastos forrajeros | 0.90                  | a | 1.20 |
| Maíz              | 0.90                  | a | 1.20 |
| Caña              | 1.00                  |   |      |
| Sorgo             | 0.90                  | a | 1.20 |
| Trébol ladino     | 0.60                  |   |      |

Capacidad provisional de almacenaje de agua en diferentes combinaciones de suelo y alfalfa y pastos (Tomado de Grassi, 1968).

| Tipo de Suelo         | Profundidad Zona Radicular | Disposición de Agua (m.m.) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| A Arena fina          | 1.00                       | 100                        |
| B Franco arenoso fino | 1.00                       | 150                        |
| C Franco limoso       | 1.25                       | 250                        |
| D Franco arcilloso    | 1.00                       | 250                        |
| E Arcilloso           | 0.67                       | 200                        |

## II - LOS FERTILIZANTES Y EL USO EFICIENTE DEL AGUA.

De acuerdo con Tisdale y Nelson (1966), la relación: materia seca producida/agua utilizada, es fundamental en agricultura. Cualquier práctica cultural que promueva el crecimiento de las plantas y uso eficiente de la energía solar en la fotosíntesis, aumentará la producción de materia seca por hectárea y la eficiencia del agua, incluso el riego mismo.

Schofield (1952), publicó un estudio en el cual la fertilización de pradera aumentó tres veces la producción sin alterar la cantidad de agua requerida. Esta observación ratifica que al suministrar suficiente agua, cualquier práctica que aumente la producción, aumentará la eficiencia del uso del agua (WUE).

En otro experimento se ha encontrado que producciones de alfalfa se aumentaron 83% cuando las aplicaciones de fósforo se aumentaron de 144 a 264 Kg. P/Ha. y el suministro de agua se aumentó de 1.800 m.m. a 2200 m.m. La sola fertilización aumentó los rendimientos un 36 y 42% bajo los dos regímenes de riego, respectivamente. El agua sola, produjo incrementos de 29 y 35% para los dos niveles de fertilización, respectivamente.

En pastos, se ha comprobado que una combinación adecuada de fertilización nitrogenada con suministro de agua proporciona los mejores rendimientos en cuanto a cantidad y calidad de forraje. Igualmente, se ha encontrado que para producir una cantidad dada de materia seca, existen varias combinaciones de las variables Nitrógeno - Agua que conducen al mismo resultado y que permiten varias alternativas económicas, al incrementar uno y disminuir otro de los dos parámetros de la producción.

De acuerdo con Smika et al (1965), los pastos, bajo condiciones de baja humedad disponible con fertilización nitrogenada, pueden producir tanto como bajo condiciones de un suministro adecuado de agua sin fertilización. El efecto de varios kilogramos de nitrógeno en el crecimiento puede ser equivalente al de varios milímetros de agua, durante el período vegetativo.

Bajo fertilización nitrogenada y riego, se ha comprobado que se incrementa la eficiencia de los fertilizantes y del agua usados. Es decir, se reduce la cantidad de nitrógeno y agua necesarios para producir una unidad de materia seca, lo cual se traduce en mayores beneficios económicos por unidad de área. La interacción N - agua, ha sido altamente significativa en los experimentos que han considerado estos dos factores.

Burton et al (1957), encontraron que dosis adecuadas de nitrógeno redujeron la cantidad de agua usada por kilogramo de materia seca producida en los pastos: Bermuda común, Coastal Bermuda, Suwanee y Bahía. Existe abundante literatura relacionada con el efecto de la irrigación en el contenido de nitrógeno del forraje. Algunos autores (Doss, 1966; Villamizar, 1969), han demostrado que el contenido de nitrógeno en el forraje, con una dosis dada de N, disminuye al aumentar el contenido de humedad del suelo. Esta observación no está en pugna con las anteriores, ni quiero decir que la calidad del forraje disminuya. Lo que sucede es que el efecto general de una adecuada combinación de agua y N es aumentar la producción total de materia seca, con lo cual se obtiene también una producción mayor de proteína cruda por hectárea. Por otra parte, el

contenido de otros nutrientes como K, Ca, P y Mg. aumenta considerablemente, mientras que el contenido de N no varía notablemente. Este fenómeno hace que el contenido relativo de N, como parte integrante del total, aparezca reducido, sin que por esto el forraje disminuya su calidad; ya que hay un efecto compensatorio de una mayor producción total de proteína cruda por hectárea, y una mayor proporción de otros nutrientes esenciales.

#### BIBLIOGRAFIA

Gómez, A.M. 1970. Conferencias complementarias curso sobre Calidad de Agua y Salinidad. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa para Graduados. Mimeografiado.

Villamizar, R.F. 1970. Relación Suelo-planta-agua. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa Pastos y Forrajes. Mimeografiado no publicado.

### III - SELECCION DEL METODO DE RIEGO.

Una de las preguntas que frecuentemente se hacen los agricultores es: Cómo regar sus cultivos. Sin embargo poca o ninguna información obtiene al respecto. Para que los técnicos en este campo de riego puedan ayudarlos, los agricultores deben estar dispuestos a aportar los datos suficientes para llegar a la selección del método de riego adecuado para su finca, con la seguridad de que todo esfuerzo y toda inversión para lograr este objetivo redundará en mayores beneficios y rentabilidad de su tierra.

Los factores que deben tenerse en cuenta son:

#### 1. Factor Social.-

Al beneficio del Agricultor y por conjugación al beneficio de la sociedad es que van dirigidos los esfuerzos que se hacen para tecnificar la explotación de la tierra. Es importante considerar:

- a) Tenencia de la tierra.- La forma de tenencia es la que dá la seguridad de hacer una inversión. El usuario arrendatario de una finca no esta dispuesto a hacer una inversión del mismo orden que si fuera propietario por cuanto los beneficios están limitados por el contrato de arrendamiento y las mejoras se harían a una finca ajena.
- b) Aspiraciones del agricultor.- Esto se relaciona directamente con el grado de educación del agricultor. Aquel que ha tenido oportunidad de estudiar, viajar, etc. tiene mayores aspiraciones y deseos de progresar.

- c) **Tamaño de los predios.**- En áreas de minifundio no puede pensarse en regar por superficie por el grado elevado de desperdicio de terreno que requiere explotación intensiva para que produzca lo suficiente para el sostenimiento y mejoramiento de una familia. Si no queda otro recurso deberá estudiarse detenidamente la relación costo-beneficio para asegurarnos de que el riego por superficie puede llevarnos al fin propuesto. Siempre los canales de conducción y distribución aumentarán el problema social al aumentar la subdivisión de las tierras.

## 2. Factores Económicos.-

Se consideran aquellos que pueden estimular al agricultor a invertir por cuanto sintetizan los recursos propios y ajenos a su finca que debe emplear; ellos son:

- a) **Aumento de la producción.**- Desde luego esto trae un aumento de ganancias por el empleo de riego, tanto en épocas normales de siembra como fuera de temporada. Este es quizás el factor más importante por cuanto estimula al agricultor a buscar los otros factores económicos.
- b) **Crédito disponible.**- En la actualidad es fácil obtener crédito para sistemas de riego por aspersión; talvez esto es lo que ha generalizado su uso, pero no siempre es el sistema óptimo ni el más económico. Es necesario para el país conformar un crédito especial para la construcción del sistema de riego a nivel de parcela o de pequeños distritos de riego; esto traería al país la

incorporación de nuevas fuentes de trabajo y mayor producción en áreas que sumadas darían una extensión igual o mayor que las de los grandes Distritos que están en construcción.

- c) Maquinaria disponible.- En la actualidad no se importa ni se produce en el país la maquinaria adecuada y suficiente para la construcción y mantenimiento de los sistemas de riego por superficie a nivel de finca.
- d) Precio o valor del agua.- En este momento este factor es muy favorable si se analiza el valor del agua comparado con los otros costos de producción de los cultivos por temporada y por las altas producciones obtenidas con el uso del agua.
- e) Valor de la tierra.- En nuestro medio es el valor de las fincas lo que generalmente sirve de garantía a los créditos agropecuarios que se pueden obtener. Desde luego a un valor mayor de la tierra corresponderá mayor cupo crediticio y el propietario tendrá mayores deseos de invertir para lograr mayor rentabilidad de su capital representado en tierra y obras.

### 3. Factores Agrológicos.-

Estos se refieren a las características del terreno que se quiere regar.

- a) Topografía.- Esta, con las características del suelo, prácticamente definen el sistema de riego a emplear. Si se quiere llegar con éxito al uso del agua es imprescindible el levantamiento

topográfico de la finca por cuanto de la adaptación del sistema de riego a la topografía se obtiene uniformidad de aplicación del agua, economía de ésta y conservación del suelo.

- b) Características del suelo.- La textura, la estructura y la profundidad efectiva, o sea aquella que pueden alcanzar las raíces de los diferentes cultivos, están íntimamente ligadas a la topografía en cuanto a la selección, uso y manejo del sistema de riego.

#### 4. Factores Agronómicos.-

0 sean aquellos que encierran la relación agua-suelo-planta.

- a) Clase de Cultivo.- En especial se debe tener en cuenta el sistema de siembra y las prácticas culturales complementarias que puedan aprovecharse para la aplicación del agua o que por el contrario la limiten.
- b) Cantidad y calidad del agua disponible para regar.
- c) Retención del agua por el suelo, agua aprovechable por las plantas, velocidad de infiltración y presencia de salinidad.

Como puede verse existe una gran diferencia entre echar agua al ojo y regar técnicamente. Es probable que en ambas formas se obtengan beneficios, pero regando técnicamente estos serán siempre mayores porque hay economía en los gastos, mejores producciones, conservación del suelo, pues el agua se aplica técnicamente para satisfacer las necesidades del cultivo y evitar los daños que éste sufre tanto por falta de agua como por exceso de ella.

#### IV - METODOS DE RIEGO PARA PLANTAS FORRAJERAS .

El primer problema que tienen que atacar los ganaderos es el de conducción de las aguas desde la fuente misma (pozo profundo o artesiano, ríos quebradas) hasta los predios que desean regar. Como para ello requieren indudablemente de la asesoría de los técnicos en la materia, como única forma de que su proyecto resulte eficiente, operable y económico, en este capítulo se supone que él ya ha solucionado el problema de conducción de aguas y se tratará directamente los métodos de riego aplicables a plantas forrajeras.

1. Riego por surcos. - Ver ayuda técnica anexa, del Departamento de Ingeniería Agrícola del I. C. A., por Adolfo Avella Torres, Ing. Agrónomo del Programa de Desarrollo de Recursos de Agua y Tierra. Este sistema es aplicable especialmente para el riego de pasto de corte y maíz forrajero.
2. Corrugaciones. - Los principios generales sobre requisitos indispensables que se deben cumplir al aplicar el riego son los mismos que en el riego por surcos. El sistema consiste esencialmente en pequeños surcos o surcos de poca profundidad espaciados entre 30 y 60 centímetros dependiendo del cultivo (Alfalfa, tréboles, praderas). Deben hacerse para este sistema las consideraciones suficientes sobre clase de suelo, pendiente, etc. para lograr uniformidad en la aplicación. Puede establecerse en terrenos que tengan hasta un 10% de pendiente.

3. Melgas.- Son unidades rectangulares de tierra, limitadas por bordos de 0.20 a 0.30 metros de altura, de 6 a 30 metros de ancho por una longitud variable de acuerdo al tipo y pendiente del suelo, normalmente 150 - 200 mts. El agua avanza en forma continua como en los surcos. La pendiente en sentido transversal debe ser igual a cero. Para su construcción se requiere un trabajo minucioso de nivelación de tierras y apropiado diseño. Se adopta especialmente para el riego de forrajeras como la avena en terrenos de hasta 3% de pendiente y para praderas en suelos hasta de 7% de pendiente. El costo de mantenimiento es bajo y se alcanzan altas eficiencias de aplicación del agua de riego.
4. Melgas en curvas de nivel.- Es quizá el método de riego más adecuado para el riego de potreros; una vez establecido el mantenimiento se reduce a mantener los caballones o bordos en buen estado, para que no haya fugas de agua y se logre una uniforme y adecuada aplicación del agua. Consiste en levantar bordos o caballones siguiendo las curvas de nivel. Debe construirse un bordo cada que el terreno cae o baje entre 5 y 10 centímetros. El agua al ser aplicada queda retenida entre dos caballones, es decir inunda la melga y penetra en el suelo. El tamaño de estas melgas de acuerdo con la topografía del terreno en cuanto a pendiente y uniformidad de ella, lo cual en cierto modo dificulta el cálculo de la lámina de riego a aplicar.
5. Aspersión.- Sistema muy corriente en la Sabana de Bogotá, Valle del Cauca y Valle de Ubaté- Simijaca, Chicamocha (Boyacá). Es muy práctico pero requiere de un diseño adecuado, bien elaborado

para que resulte económico. Generalmente su costo inicial es muy alto comprendido con los sistemas de riego por superficie. Es aplicable a todos los terrenos y a todos los cultivos pero es especialmente indicado para el riego de áreas topográficamente regulares que no permiten la aplicación de métodos superficiales y en suelos muy livianos o arenosos donde el agua superficial no corre y se pierde por percolación profunda.

#### V - ALGUNAS CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE EL RIEGO DE PRADERAS.-

La alfalfa, tréboles y otras leguminosas de raíces profundas requieren riegos frecuentes y livianos después de la siembra y durante el crecimiento. Posteriormente, los riegos deben de hacerse más pesados y menos frecuentes. La alfalfa consume mucha agua y se le debe suministrar suficientemente para obtener un continuo y máximo crecimiento. Sin embargo hay que permitir que agote un alto porcentaje de la humedad aprovechable antes del siguiente riego. Se aconseja regar tan cerca al momento del corte como sea posible para que las plantas inicien inmediatamente el rebrote. El siguiente riego se hará de acuerdo a la necesidad es decir cuando se haya consumido un alto porcentaje de humedad aprovechable. El mayor porcentaje de agua del suelo es tomado por la alfalfa del primer metro del suelo. Un 25% es tomado de 0.90 a 1.20 m. de profundidad, los tréboles de raíz poco profunda deben ser regados con más frecuencia y en menores cantidades que lo recomendado por la alfalfa.

1. Praderas.- Cada día se hace más popular el riego de praderas como fuente económica de forrajes, la superficie del suelo debe conservarse constantemente húmeda durante la germinación y el crecimiento o desarrollo inicial o sea los 18 a 20 días después

de la siembra. Deben darse frecuentes y ligeros riegos durante el período de empujamiento para lograr una máxima producción. El pasto requiere una gran cantidad de agua pero el encharcamiento y la sobreirrigación eliminan las especies deseables.

Es aconsejable dividir el campo por lo menos en 3 parcelas o potreros en tal forma que uno esté en pastoreo, el otro regándose y el tercero en período de desarrollo después del corte. El Pastoreo en rotación evita la compactación del suelo por el pisoteo del ganado en suelo húmedo y se obtiene la mayor producción de forraje.

En general los pastos tienen raíces poco profundas y los riegos a más de 50 centímetros de profundidad desperdician fertilidad y agua por percolación profunda.

#### IV - AGROHIDROLOGIA.

1. Generalidades.- Aún cuando el interés primordial es el de recibir conceptos prácticos de aplicación inmediata, por ser este un tema un poco diferente al área profesional de los interesados, requiere una breve introducción de tipo teórico, para luego pasar con algunas bases a formular criterios de aplicación.

Los fenómenos que envuelven los problemas de riego y drenaje con relación a la explotación agrícola se han denominado RELACIONES AGUA - SUELO - PLANTA.

Agua.- Porque es la materia principal de este curso, causa de beneficio si se emplea como riego ó de problemas cuando se requiere el drenaje.

Planta.- Porque aquello que se haga en la solución de problemas de riego o de drenaje, se hace con el fin de obtener mejores rendimientos de las praderas o de los cultivos.

Suelo.- Por ser el ambiente donde ocurren la mayor parte de los procesos de tipo agro-hidrológico en que hay interés.

A los tres factores anteriores tenemos que sumar la acción incontrolada del clima y la acción racional o irracional del hombre pues es este quien mejora la naturaleza o quien la degrada.

Todo esto se ha dado en llamar AGROHIDROLOGIA definida como: todos los aspectos del agua (en sus diversas formas) en relación con la agricultura incluyendo las medidas del hombre para dominar el agua.

2. Ciclo Hidrológico.- El agua presente en la naturaleza se encuentra desarrollando un ciclo en forma óptima por la acción de la energía solar, de todas las superficies libres de agua o de la tierra, el agua líquida se transforma en vapor y éste a su vez en la atmósfera forma nubes, las cuales al condensarse se precipitan nuevamente hacia la superficie terrestre en donde al caer puede infiltrarse a través del suelo aún profundamente o escurrir superficialmente.

3. Agrohidrología del Llano.- La Tabla 1 presenta los datos de precipitación mensual para Puerto López y la evapotranspiración calculada por la fórmula de Hargreaves.

Tabla 1. Lluvias y evapotranspiración mensuales en Puerto López

| M e s e s  | Precipitación media<br>de 4 años (mm.) | Evapotranspiración<br>(Heargreaves)mm. |
|------------|--|--|
| Enero      | 44                                     | 175                                    |
| Febrero    | 37                                     | 150                                    |
| Marzo      | 276                                    | 167                                    |
| Abril      | 470                                    | 86.8                                   |
| Mayo       | 488                                    | 86.2                                   |
| Junio      | 636                                    | 72.3                                   |
| Julio      | 572                                    | 118.5                                  |
| Agosto     | 475                                    | 143.5                                  |
| Septiembre | 422                                    | 100.0                                  |
| Octubre    | 347                                    | 100.0                                  |
| Noviembre  | 223                                    | 90.0                                   |
| Diciembre  | 117                                    | 149.0                                  |

Estos datos medidos y calculados sirven simplemente como orientación pero muestran claramente:

- a) El problema no es falta de riego.
- b) Es más importante el drenaje.
- c) Se carece de datos suficientes para un estudio de balance hidrológico de la región.

4. Balance de Agua.- La cantidad de agua que debe ser drenada de una región puede estimarse de la fórmula.

$$D - I + R + S - E$$

D - Exceso de agua a ser drenada.

I - Cantidad de agua de riego

R - Lluvia

S - Suplemento de agua subterránea

E - Evapotranspiración.

El concepto básico es el equilibrio hidrológico entre las cantidades de agua que se abastecen y las cantidades que se almacenan o dejan el área en consideración.

**RECARGA - DESCARGA - CAMBIO EN ALMACENAMIENTO.**

Se puede aplicar para cualquier tamaño de área, sobre cualquier longitud de tiempo y para un ciclo hidrológico completo o parte de él.

Ecuación del Balance de Agua.-

1. Sobre la tabla de agua  $R + I + C = E + O + H_o + P \Delta h$
2. Bajo la tabla de agua  $H_i + P = H_o + C + p \Delta h$
3. Columna de suelos total  $R + I + H_i + B_i = E + O + H_o + p \Delta h$

En que  $O$  = Escorrentía superficial que sale del área

$\Delta S$  = Cambio en el contenido de humedad del suelo

$P$  = Percolación

$H_i$  = Agua Subterránea que ingresa.

$H_o$  = Agua subterránea que egresa.

$H_i$  = Agua subterránea ascendente que ingresa.

$C$  = Capilaridad.

$p \Delta h$  = Cambio en el nivel de agua subterránea siendo  $p$  la porosidad efectiva del suelo.

CONCLUSION:

Del análisis de los datos de precipitación y de evapotranspiración y considerando que la primera por su magnitud es la fuente principal de recarga, la escorrentía superficial será la principal fuente de descarga, siendo importante considerar el aspecto de drenaje superficial para evitar problemas a los cultivos.

VII - DRENAJE.

1. Definición. Drenaje agrícola es la remoción de excedentes de agua en las superficies de los terrenos o del agua

freática de debajo de la superficie para crear condiciones favorables a la producción de los cultivos.

2. Beneficios del Drenaje.-

- Mejor aireación de la zona radicular.
- Desarrollo de microorganismos favorables (Bacterias).
- Acequibilidad de nutrientes.
- Elevación de la temperatura del suelo.

3. Factores que lo afectan.-

Generales:

- Topografía
- Geología
- Obstrucciones y obstáculos hechos por el hombre.
- Suelos y área colindante.

Del Sitio:

- Ausencia de una depresión o boca de salida del sitio que permita que las aguas se evacuen.

- Pendiente mínima o nula que no permite el flujo superficial del agua.
- Suelos estratificados o de baja permeabilidad.
- Obstrucciones como carreteras, diques, puentes o alcantarillas deficientes.
- Barreras naturales.
- Drenaje subsuperficial deficiente.

## MÉTODOS DE DRENAJE

Existen numerosos métodos tanto superficiales como subterráneos que permiten atacar los problemas de drenaje de diferente orden de magnitud, lo cual corresponde al dominio de ingenieros civiles y agrícolas, interesando para el caso sólo aquellas medidas de orden práctico que puedan ser aplicadas inmediatamente.

1. Drenaje superficial.- Se basa principalmente en desarrollar la pendiente de los cauces artificiales o naturales y dar cierta conformación a los terrenos logrando que el agua fluya sin causar erosión hacia los cauces dispuestos.

2. Reconocimiento.-

- Areas problema (después de lluvias, pantanos, vegetación semilacustre, plagas, zancudos, proximidades de diques, carreteras, etc.).
- Topografía del área.
- Puntos de posible evacuación o descarga.
- Fuentes de la recarga.
- Características de los suelos.
- Condiciones de funcionamiento de drenes naturales o artificiales y posibles causas de mal funcionamiento.

3. Conformación de terrenos y adecuación.-

Nivelación.- En muchos de los casos la nivelación de tierras que consiste en conformar el suelo con una pendiente uniforme en uno o ambos sentidos, puede ser la solución al problema de

drenaje superficial. Su ejecución depende de la rentabilidad de la tierra, de su valor, y del costo de la nivelación. En general se estima que es una labor muy cara aún para terrenos que son susceptibles de explotación intensiva.

**Acamado.** - Consiste en conformar el terreno entre zanjás en tal forma que el suelo en el centro quede levantado entre 12 a 20 cms. con relación al borde de la zanja. Las zanjás deben ser paralelas siguiendo el sentido de la pendiente del terreno siendo esta de 0, 1 a 1,5 por ciento. Tienen forma de U con un ancho de 8 cms. y profundidad de 12 a 20 cms. lo cual permite el paso de los tractores sin problema.

La longitud de las zanjás y camas varía entre 100 a 300 metros dependiendo de la pendiente y clase de suelos y el espaciamiento entre zanjás de 6 a 30 metros. Del borde de las zanjás hacia el centro de las camas queda una franja cuya pendiente transversal es del orden de 8 a 1. De acuerdo a la longitud escogida deberá hacerse zanjás transversales al sistema que recojan el agua y la lleven fuera del campo; estas zanjás serán también poco profundas y con taludes de 8 a 1 que permiten el paso libre de la maquinaria y su aprovechamiento al ser sembradas con pastos. El acamado es fácil de conformar haciendo pasar el tractor arando repetidas veces de modo que el desplazamiento del suelo que produce el arado va acumulando la tierra hacia el centro de la cama. Este sistema es muy conveniente para pastos de corte en surcos o corrugaciones siguiendo el sentido de la pendiente.

Al azar.- Simplemente consiste en unir las depresiones del terreno donde ocurren encharcamientos por medio de zanjias amplias y poco profundas más o menos de 20 a 25 cms. de profundidad y taludes de 8 a 1 para permitir el paso de la maquinaria. Estas zanjias deben salir a un drenaje secundario que a su vez desemboca en un drenaje principal, artificial o natural.

#### INTERCEPTORES O TRANSVERSALES.-

Son zanjias del mismo tipo con una base o ancho de fondo mínimo de 20 cms., taludes 8 a 1 y profundidad mínima de 20 cms., construidos transversalmente a la pendiente del terreno. Recogen el agua de escorrentía entre zanja y zanja y a su vez deben desembocar a otro drenajes que faciliten la evacuación del agua. La distancia entre zanjias varía de 30 a 45 mts. de acuerdo a la pendiente del terreno pues se adaptan a suelos con pendientes de 0,5 a 4,0%; deben construirse tan rectos y paralelos como la topografía lo permita.

#### DESVIADORES.-

Consiste en zanjias paralelas que cumplen la misma función de los drenes transversales pero que pueden hacerse en uno de los sentidos del campo teniendo en cuenta que éste no debe tener una pendiente definida en ninguno de los sentidos y la superficie está accidentada por pequeñas depresiones y morros. Se construyen con las mismas especificaciones de los interceptores con un espaciamiento hasta de 200 mts. y puede dársele al terreno pendientes hacia una de las zanjias o hacia las dos que lo limitan. Como siempre deben de tener fácil evacuación y son muy apro-

piadas para praderas artificiales. Las depresiones y morros deben suprimirse usando niveladora agrícola.

#### ZANJAS DE CAMPO.-

Es un sistema que combina drenes paralelos con un espaciamento entre 60 y 200 mts. sin ninguna conformación del terreno para borrar depresiones sino que éstas se conectan a los drenes paralelos por medio de zanjás al azar.

#### FACTORES DE CONSTRUCCION.-

- Buscar la época más seca del año para realizar las labores.
- Si el terreno permanece inundado drenarlo por medio de bombeo y proceder.
- Usar equipo corriente en lo posible como tractores agrícolas con cuchilla niveladora de alce hidráulico, arados y zanjadoras.
- Consultar el gusto, conveniencia y criterio del agricultor o ganadero propietario del terreno.