



República de Honduras  
Secretaría de Educación

*Bachillerato Técnico Profesional en Agricultura*

# MÓDULO 5



MANUAL DE  
RIEGO Y  
DRENAJE





# Riego y Drenaje



**PROMIPAC**  
Programa de Manejo Integrado  
de Plagas en América Central



Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central "PROMIPAC"

## Manual Riego y Drenaje

### CRÉDITOS:

**Contenido Técnico:** Miguel Briceño, Francisco Álvarez, Ulises Barahona

**Revisión técnico  
pedagógica:**

**Zamorano:** Alfredo Rueda, Ernesto Garay

**Secretaría de Educación:** Héctor Martínez, Vicente Caballero,  
Celia Aída Fiallos López, Renys Abener Torres López, Roberto  
Alvarenga, Felipe Gutiérrez, Mario Antonio Rodríguez, Bernardino  
Padilla

**Edición:** Abelino Pitty, Patricia Valladares

**Producción,  
arte y diseño:** Darlan Esteban Matute López

2012 Escuela Agrícola Panamericana,  
Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria  
El Zamorano, Honduras, Centroamérica

**ISBN: 1-885995-76-8**

### **DERECHOS RESERVADOS**

Escuela Agrícola Panamericana, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, EL Zamorano, Honduras. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central. Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra con fines educativos y no de lucro; sólo se requiere citar la fuente.

Briceño, M.; F. Álvarez; U. Barahona: 2012. Manual de Riego y Drenaje. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 115p.

Septiembre 2012

## PRESENTACIÓN

La transformación de la educación media surge como una necesidad originada en los avances científicos, tecnológicos y de demanda laboral de los últimos tiempos.

Debido a esto, la Secretaría de Educación consciente de las exigencias que impone el mundo actual, ha iniciado dicha transformación a través de un nuevo diseño curricular, destinado a la educación técnica profesional que facilita a los egresados la adquisición de los conocimientos, habilidades y destrezas necesarias para el desarrollo de las competencias requeridas, en el mercado de trabajo y para el acceso a la educación superior.

Tomando como punto de partida esas exigencias del mundo actual, con esta nueva modalidad curricular se han diseñado y elaborado los planes y programas de estudio de quince Bachilleratos Técnicos Profesionales, entre los cuales se encuentra el BACHILLERATO TÉCNICO PROFESIONAL EN AGRICULTURA; y como apoyo al proceso de enseñanza aprendizaje en esta modalidad, el Departamento de Diseño Curricular a través de la Unidad de Educación Media, conjuntamente con la Escuela Agrícola Panamericana mediante el Proyecto PROMIPAC (Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central), han diseñado para docentes y estudiantes el presente material didáctico, el cual ha sido estructurado a partir de los contenidos conceptuales y actitudinales que presentan los planes de estudio de este Bachillerato Técnico Profesional.

La Secretaría de Educación, consciente de la necesidad de dotar con recursos didácticos a los centros educativos, implementa este texto, para fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje, en cada uno de los Institutos que sirve la carrera del Bachillerato Técnico Profesional en Agricultura.

Esperamos que este material llene las expectativas de docentes y alumnos, y se convierta en el instrumento por medio del cual los alumnos adquieran las competencias necesarias, a través del desarrollo de los contenidos curriculares que se presentan en este material.



*PhD. Marlon Oniel Escoto Valerio*  
*Secretario de Estado en el Despacho de Educación*



## PRESENTACIÓN

Uno de los retos que presenta la agricultura, es el hecho de suplir las necesidades de agua que tiene cada uno los cultivos, ya que debido a los fenómenos que se presentan por el cambio climático, los agricultores no tienen la certeza de poder contar con el agua de lluvia necesaria para salir adelante con sus cultivos.

Para lograr un buen desarrollo del cultivo, sin tener el riesgo de fallar en suplir la demanda de agua del mismo, es necesario conocer los distintos factores que se deben tomar en cuenta para establecer un sistema de riego que permita cumplir con los requerimientos del cultivo y lograr un mejor rendimiento en la cosecha. Al mismo tiempo es importante conocer las prácticas de drenaje que son necesarias realizar en nuestros lotes de siembra para evacuar el agua que se acumula por un exceso de lluvia o de riego muy abundante.

Por tal razón PROMIPAC en conjunto con la Secretaría de Educación de Honduras, presentan este manual con el objetivo de fortalecer habilidades en los estudiantes y docentes, sobre manejo de riego y drenajes en los cultivos, para realizar un manejo integrado de los cultivos.

El manual consta de conceptos básicos, aplicaciones teóricas y prácticas, que ayudarán a crear y afianzar el conocimiento sobre la temática. Es importante recalcar que este manual es parte de un conjunto de manuales que darán a los estudiantes conceptos precisos para la toma de decisiones adecuadas en la agricultura.

Esperamos que este material llene las expectativas de los docentes y alumnos, y se convierta en el instrumento por medio del cual los estudiantes adquieran las competencias necesarias, a través del desarrollo de los contenidos curriculares que se presentan en este texto.

PROMIPAC



## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| COMPETENCIA GENERAL   | 13 |
| INTRODUCCIÓN  | 15 |
| UNIDAD I. POTENCIAL HÍDRICO   |    |
| 1. El agua  | 17 |
| 2. Cuenca, sub-cuenca y microcuenca   | 17 |
| 3. Captación de agua  | 19 |
| 3.1. Caudal de una fuente y dotación  | 20 |
| 3.2. Fuente de agua   | 20 |
| 3.3. Cosecha de agua  | 21 |
| 3.4. Aforo: Método volumétrico  | 23 |
| UNIDAD II. PROPIEDADES DEL SUELO Y AGUA   |    |
| 4. Textura  | 26 |
| 4.1. Determinación de la textura de forma manual                                  | 26 |
| 5. Estructura   | 27 |
| 6. Infiltración-capacidad de retención  | 28 |
| 7. Agua en el suelo y estados de humedad  | 28 |
| 7.1. Agua gravitacional   | 28 |
| 7.2. Agua capilar   | 28 |
| 7.3. Agua higroscópica  | 29 |
| UNIDAD III. RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA Y CLIMA                                    |    |
| 8. Introducción   | 30 |
| 9. Evaporación  | 30 |
| 10. Transpiración   | 31 |
| 11. Evapotranspiración (ET)   | 31 |
| 12. Influencia del clima  | 32 |
| 12.1. Temperatura   | 32 |
| 12.2. Humedad relativa  | 32 |
| 12.3. Viento  | 32 |
| UNIDAD IV. NECESIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS                                      |    |
| 13. Cómo determinamos la necesidad de agua de los cultivos                        | 33 |
| 14. Cómo obtenemos la ETo   | 34 |
| 14.1. Método de la pana de evaporación  | 34 |
| 14.2. Pana de Evaporación Clase A   | 34 |
| 14.3. El coeficiente de cultivo (Kc)  | 35 |
| 14.4. Ejemplo práctico para saber qué cantidad de agua aplicar y en cuánto tiempo | 37 |
| 15. Métodos y herramientas para determinar la humedad del suelo                   | 41 |
| 15.1. Tensión de humedad de agua del suelo  | 42 |
| 15.2. Tensiómetro   | 42 |
| 16. Método manual para determinar la humedad del suelo                            | 44 |
| UNIDAD V. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO                            |    |
| 17. Partes de un sistema integrado de riego                                       | 48 |
| 18. Tuberías  | 48 |
| 19. Qué significa el SDR en la tubería  | 49 |
| 20. Fricción  | 51 |

|   |     |
|---|-----|
| 20.1. Pérdida de presión a lo largo de la tubería                                     | 51  |
| 20.2. Pérdida de presión o carga localizada   | 52  |
| 20.3. Velocidades admitidas en las tuberías   | 52  |
| 20.4. Cálculo de una tubería (ejemplo)  | 53  |
| 21. Accesorios de PVC   | 55  |
| 22. Bombas  | 56  |
| 23. Componentes de un sistema de bombeo   | 56  |
| 24. Forma de operación de una bomba   | 57  |
| 25. Tipos de bombas   | 57  |
| 26. Caudal y presión de una bomba   | 59  |
| 27. Válvulas de aire  | 61  |
| 27.1. Secuencia para fabricar la válvula de aire tipo Leo                             | 63  |
| 28. Inyectores de agroquímicos, funcionamiento y operación                            | 63  |
| 28.1. Tanque de fertilización   | 64  |
| 28.2. Inyección en la bomba   | 65  |
| 28.3. Tiempo de inyección de agroquímicos   | 66  |
| 29. Válvulas de paso  | 67  |
| 30. Válvula de alivio   | 67  |
| 31. Reductor de presión   | 68  |
| 32. Manómetro   | 68  |
| 33. Filtros   | 68  |
| 34. Acoples o conectores  | 72  |
| <br>  |     |
| UNIDAD VI. SISTEMAS DE RIEGO MÁS UTILIZADOS   |     |
| 35. El riego  | 74  |
| 36. Goteo   | 74  |
| 37. Clasificación de emisores para riego por goteo                                    | 75  |
| 37.1. Por su instalación en la tubería  | 75  |
| 37.2. Por su comportamiento hidráulico  | 76  |
| 38. Aspersión   | 77  |
| 39. Microaspersión  | 85  |
| 40. Riego por gravedad  | 86  |
| <br>  |     |
| UNIDAD VII. OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIONES DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO    |     |
| 41. Causa y solución de las obstrucciones más frecuentes en los goteros               | 88  |
| 41.1. Obturaciones más frecuentes en el riego por goteo: Causas y soluciones          | 88  |
| 41.2. Partículas sólidas  | 89  |
| 41.3. Arena en la cinta   | 89  |
| 41.4. Incrustaciones por precipitación de sales de hierro (Fe)                        | 89  |
| 41.5. Algas, bacterias  | 89  |
| 41.6. Incrustaciones por precipitación de sales de calcio (carbonatos y bicarbonatos) | 89  |
| 41.7. Partículas de abono   | 90  |
| 41.8. Barro pegado en el exterior   | 90  |
| 41.9. Intrusión de raíces   | 90  |
| 42. Mantenimiento del sistema   | 90  |
| 43. Reparación de fugas del sistema   | 91  |
| <br>  |     |
| UNIDAD VIII. CÁLCULO DE MATERIALES Y CONSEJOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO     | 95  |
| <br>  |     |
| UNIDAD IX. DRENAJE  |     |
| 44. Constitución del suelo  | 103 |

|  |     |
|--|-----|
| 45. Clasificación de los suelos según el grado de drenaje  | 104 |
| 46. Beneficios del drenaje   | 105 |
| 47. Drenaje superficial  | 106 |
| 48. Drenaje subterráneo  | 106 |
| 49. Espaciamiento entre drenes   | 107 |
| 50. Tipos de drenes  | 108 |
| <br>   |     |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 110 |
| <br>   |     |
| ANEXOS   |     |
| Anexo 1. Tabla de ejemplo de pérdida de presión en tubería de PVC  | 112 |
| Anexo 2. Resultado de un análisis de agua para riego   | 114 |
| <br>   |     |
| ÌNDICE DE PRÁCTICAS:   |     |
| Práctica No. 1   | 25  |
| Práctica No. 2   | 45  |
| Práctica No. 3   | 46  |
| Crucigrama para evaluar las unidades I, II y III   | 47  |
| Evaluación Unidad V  | 73  |
| Práctica No. 4   | 87  |
| Sopa de letras   | 93  |
| Práctica No. 5   | 94  |
| Evaluación Unidad VIII   | 102 |
| Evaluación Unidad IX   | 109 |
| <br>   |     |
| ÌNDICE DE FIGURAS Y CUADROS:   |     |
| Fig. 1. Ciclo del agua   | 17  |
| Fig. 2. Cuenca hidrográfica  | 18  |
| Fig. 3. Diagrama de laguna para riego de alivio  | 22  |
| Fig. 4. Triángulo textural modificado  | 26  |
| Fig. 5. Tipo de texturas del suelo   | 27  |
| Fig. 6. Curvas de infiltración, según textura del suelo  | 28  |
| Fig. 7. Intervalo de humedad disponible  | 28  |
| Fig. 8. Estados de humedad y agua en el suelo  | 29  |
| Fig. 9. Esquema de utilización del agua  | 30  |
| Fig. 10. Pana o tanque de evaporación Clase A  | 34  |
| Fig. 11. Disposición del tanque evaporímetro   | 35  |
| Fig. 12. Kc de un cultivo, la necesidad de agua de acuerdo a su etapa fenológica                               | 36  |
| Fig. 13. Ubicación de tensiómetros en el suelo   | 44  |
| Fig. 14. Resumen de las variables del diseño y su interacción para el logro de un planteamiento y diseño final | 44  |
| Fig. 15. Componentes de un sistema de riego por goteo  | 48  |
| Fig. 16. Presión hacia la tubería de acuerdo a la elevación de un tanque                                       | 49  |
| Fig. 17. Partes principales de una bomba   | 57  |
| Fig. 18. Esquema de un sistema riego   | 59  |
| Fig. 19. Curva de operación de un equipo de bombeo   | 61  |
| Fig. 20. Válvulas de aire  | 62  |

|  |     |
|--|-----|
| Fig. 21. Inyector modela A   | 64  |
| Fig. 22. Esquema del tanque  | 64  |
| Fig. 23. Esquema de inyección directa  | 65  |
| Fig. 24. Válvula hidráulica, puede ser manual o de mando eléctrico   | 67  |
| Fig. 25. Hidrociclón   | 68  |
| Fig. 26. Filtro de malla instalado   | 69  |
| Fig. 27. Interior filtro de arena  | 70  |
| Fig. 28. Diagrama de cinta de riego por goteo  | 75  |
| Fig. 29. Relaciones típicas de descarga y presión en goteros   | 79  |
| Fig. 30. Cantidad de agua emitida respecto a la distancia del aspersor   | 78  |
| Fig. 31. Patrón de humedecimiento de un aspersor   | 78  |
| Fig. 32. Traslape de humedecimiento de dos aspersores  | 78  |
| Fig. 33. Diagrama del área del lote  | 80  |
| Fig. 34. Dimensionamiento de la línea principal  | 83  |
| Fig. 35. División de la parcela para fines de riego  | 83  |
| Fig. 36. Relaciones típicas de descarga y presión para microaspersión  | 86  |
| Fig. 37. Suelo sin drenaje y otro con drenaje  | 103 |
| Fig. 38. Suelo con problemas de drenaje  | 105 |
| Cuadro 1. Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño  | 26  |
| Cuadro 2. Coeficientes Kp, en el caso de una Pana de Evaporación Clase A, para diferentes cubiertas y niveles de humedad relativa media, con vientos | 35  |
| Cuadro 3. Valores del coeficiente del cultivo (Kc) para cultivos herbáceos y hortícolas  | 36  |
| Cuadro 4. Relación lectura del tensiómetro–contenido de humedad del suelo  | 43  |
| Cuadro 5. Características de una tubería PVC   | 49  |
| Cuadro 6. Capacidad de conducción de agua de la Tubería PVC por su Diámetro para no sobrepasar las velocidades de diseño                             | 50  |
| Cuadro 7. Valores del Coeficiente de Hazen Williams (C)  | 51  |
| Cuadro 8. Valores del Coeficiente de Perdida de Presión localizada (K)   | 53  |
| Cuadro 9. Materiales para fabricar la válvula  | 62  |
| Foto 1. Presa provisional de madera en un río para aumentar el nivel de almacenamiento   | 21  |
| Foto 2. Presa provisional de piedra y lodo, en río Alubarén, Francisco Morazán, Honduras   | 21  |
| Foto 3. Presas permanentes de cemento construidas en quebradas muy pequeñas  | 21  |
| Foto 4. Laguna para riego de alivio, ubicada al sur de Francisco Morazán   | 22  |
| Foto 5. Borda de tierra, piedra y cemento construida en un vaso natural  | 22  |
| Foto 6. Instalación de tubería para conducción del agua de la laguna hacia las parcelas  | 22  |
| Foto 7. Drenaje de auxilio en la borda de la laguna  | 23  |
| Foto 8. Ganado bovino tomando agua en los alrededores de la laguna   | 23  |
| Foto 9. Colocación de un tubo para aforar la fuente de agua  | 23  |
| Foto 10. Prueba manual de textura  | 26  |
| Foto 11. Tensiómetro   | 42  |
| Foto 12. Tensiómetros colocados a distinta profundida  | 42  |
| Foto 13. Este suelo se encuentra en Capacidad de Campo (CC), el punto óptimo de humedad del suelo  | 44  |
| Foto 14. Tubería de polietileno (PE)   | 55  |
| Foto 15. Tubería LAYFLAT   | 55  |
| Foto 16. Codo de PVC de 90°  | 55  |
| Foto 17. Tee de PVC  | 55  |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| Foto 18.           | Adaptador hembra PVC, roscado por dentro  | 55 |
| Foto 19.           | Adaptador macho PVC, rosca por fuera  | 55 |
| Foto 20.           | Unión universal PVC   | 56 |
| Foto 21.           | Reductor de PVC   | 56 |
| Foto 22.           | Bomba Centrífuga  | 58 |
| Foto 23.           | Bomba sumergible  | 58 |
| Foto 24.           | Equipo de bombeo  | 60 |
| Foto 25.           | Bomba hidroneumática marca Rochfer, de fabricación brasileña, distribuida en San Pedro Sula                     | 60 |
| Foto 26.           | Bomba de diafragma de dos pistones de recorrido horizontal  | 60 |
| Foto 27.           | Válvula de aire de 2 pulgadas   | 62 |
| Foto 28.           | Válvula de aire instalada. Cada válvula de control del paso de agua debe llevar una válvula de aire             | 62 |
| Foto 29.           | Válvula de aire casera tipo Leo (descritos en el cuadro 9)  | 62 |
| Foto 30.           | Inyector de fertilizante Venturi  | 64 |
| Foto 31.           | Tanque o barril de fertilización  | 64 |
| Foto 32.           | Bomba inyectora de fertilizante   | 64 |
| Foto 33.           | Bomba de mochila con motor  | 64 |
| Foto 34.           | Inyección directa del barril por la succión de la bomba   | 65 |
| Foto 35.           | Cultivo de papa, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Cones, Belén, Lempira, Honduras                             | 66 |
| Foto 36.           | Cultivo de maíz, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Consonlaca, Gracias, Lempira, Honduras                      | 66 |
| Foto 37.           | Cultivo de frijol, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Cañada, La Campa, Lempira, Honduras                       | 66 |
| Foto 38.           | A, válvula de compuerta; B, válvula de mariposa y C, válvula de bola  | 67 |
| Foto 39.           | Válvula hidráulica con mando eléctrico  | 67 |
| Fotos 40 y 41.     | Válvulas hidráulicas de alivio  | 67 |
| Fotos 42 y 43.     | Reductor de presión, existen diferentes tamaños de estos reductores   | 68 |
| Foto 44.           | Manómetro de Glicerina  | 68 |
| Foto 45.           | Hidrociclones   | 68 |
| Foto 46.           | Filtro de malla desarmado   | 69 |
| Foto 47.           | Robot o pichingo  | 69 |
| Foto 48.           | Tres filtros de anillos en serie  | 69 |
| Foto 49.           | Anillos que atrapan el sucio del agua de riego  | 69 |
| Foto 50.           | Filtro de arena instalado   | 70 |
| Foto 51.           | Filtro de arena de barril, promocionado por el proyecto de Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores (MCA-EDA) | 70 |
| Foto 52.           | Pasos para realizar el retrolavado  | 71 |
| Foto 53.           | Conector inicial con tubín y conector de tubín a cinta de riego   | 72 |
| Foto 54.           | Conector inicial y empaque  | 72 |
| Foto 55.           | Conector de tubín a doble cinta de riego  | 72 |
| Foto 56.           | Conector de cinta a cinta de riego, para reparaciones   | 72 |
| Foto 57.           | Conector de polietileno o tubín a cinta de goteo  | 72 |
| Foto 58.           | Conector "Tee" para tubín   | 72 |
| Foto 59.           | Conector válvula de tubín a tubín   | 72 |
| Foto 60.           | Conector inicial de PVC a cinta de riego con válvula  | 72 |
| Foto 61.           | Bulbo de humedad del suelo regado con cinta de goteo  | 74 |
| Foto 62.           | Goteros de botón  | 75 |
| Fotos 63, 64 y 65. | Distintos goteros pinchados   | 75 |

|   |     |
|---|-----|
| Fotos 66, 67, 68 y 69. Goteros integrados en el lateral de riego  | 75  |
| Foto 70. Canal de flujo turbulento, para evitar taponamiento del emisor (gotero)  | 75  |
| Foto 71. Curvas a nivel en terrenos con pendientes y levantamiento de camas   | 76  |
| Foto 72. Cultivo de repollo, con crecimiento uniforme, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Cones, Belén, Lempira, Honduras | 76  |
| Foto 73. Pivote Central de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras   | 78  |
| Fotos 74 y 75. Aspersores de impacto marca Rain Bird  | 78  |
| Fotos 76 y 77. Microaspersores en etapa inicial de un cultivo de plátano  | 85  |
| Foto 78. Frutales con riego por microaspersión  | 85  |
| Foto 79. Tramos secos por taponamiento de la cinta de riego   | 88  |
| Fotos 80 y 81. Precipitados de Calcio en el gotero  | 89  |
| Foto 82. Algas en la cinta de riego   | 89  |
| Foto 83. Sales de calcio en la cinta  | 89  |
| Foto 84. Barro en el exterior de la cinta   | 90  |
| Fotos 85 y 86. Limpieza de cinta de goteo   | 91  |
| Fotos 87 y 88. Finales de tubería para limpieza   | 91  |
| Foto 89. Nudo incorrecto al final de la cinta de riego  | 91  |
| Foto 90. Nudo correcto  | 91  |
| Foto 91. Fuga en la cinta de riego  | 92  |
| Foto 92. Reparación de fuga con tubín alambre de amarre   | 92  |
| Foto 93. Reparación de fuga usando un conector de cinta a cinta   | 92  |
| Fotos 94 y 95. Reparación de fugas utilizando neumático de bicicleta o moto   | 92  |
| Foto 96. Perforación de tubería   | 97  |
| Foto 97. Empaque inicial, llamado comúnmente gromet   | 97  |
| Foto 98. Conector Inicial de tubo a polietileno   | 97  |
| Foto 99. Elevadores de polietileno de 16 mm, comúnmente llamados tubines  | 97  |
| Foto 100. Conector de polietileno o tubín a cinta de goteo  | 97  |
| Foto 101. Válvula de aire de 2" armada  | 98  |
| Foto 102. Partes de la válvula de aire  | 98  |
| Foto 103. Válvula de control armada, con filtro y válvula de aire   | 99  |
| Foto 104. Accesorios para armar una válvula de control  | 99  |
| Foto 105. Accesorios para armar una válvula de aire en la válvula de control  | 100 |
| Foto 106. Final de limpieza de tubería  | 100 |
| Foto 107. Accesorios para armar un final de limpieza de tubería   | 100 |
| Foto 108. Aseguramiento de la cinta   | 101 |
| Foto 109. Campos de cultivo con mal drenaje   | 104 |
| Foto 110. Drenaje superficial   | 105 |
| Foto 111. Drenaje superficial eliminando el agua después de una lluvia intensa  | 106 |
| Foto 112. Sistema de drenaje que combina la zanja abierta y tubo enterrado (drenaje subterráneo)                          | 106 |

## COMPETENCIA GENERAL

Producir, procesar y mercadear productos agrícolas, aplicando los conocimientos técnicos de acuerdo a las necesidades del mercado y la sostenibilidad de los recursos naturales.

### UNIDAD DE COMPETENCIA

Manejar el proceso de producción agrícola.

### EXPECTATIVAS DE LOGRO:

1. Valorar la importancia de la toma de muestras de agua para el análisis e interpretación de resultados, aforo, sistema de riego a utilizar, intensidad y frecuencia de riego; drenajes, funcionamiento y mantenimiento del sistema de riego.
2. Describir el proceso de toma de muestras de agua para análisis e interpretación de resultados, aforo, sistema de riego, intensidad y frecuencia de riego; drenaje, funcionamiento y mantenimiento del sistema de riego, considerando las medidas de seguridad e higiene.
3. Realizar prácticas de toma de muestras de agua para análisis e interpretación de resultados, aforo, sistema de riego, intensidad y frecuencia de riego; drenaje, funcionamiento y mantenimiento del sistema de riego, aplicando las medidas de seguridad e higiene y salud ocupacional.



# INTRODUCCIÓN



**E**l éxito de la producción agrícola depende de una buena productividad, dotación de productos de buena calidad en forma permanente a los mercados. Bajo los tradicionales sistemas de producción de secano, los productores enfrentan grandes problemas para insertarse en los mercados, ya que su competitividad se ve limitada por la vulnerabilidad de la producción debido a las variaciones de las condiciones climáticas, particularmente de la lluvia.

El reto más importante del sector agrícola rural y agroindustrial es su modernización para lograr su inserción en los procesos de apertura comercial que se desarrollan en la región centroamericana para enfrentar la crisis alimentaria actual. El camino hacia la modernización del sector tiene como premisa fundamental el uso eficiente de los recursos productivos, dentro de los cuales el agua constituye uno de los más importantes por su carácter multisectorial, la diversidad de usos del agua, la convierte en un recurso limitado que demanda un aprovechamiento en forma eficiente cuando se destina a la producción agrícola.

Los avances tecnológicos vinculados al manejo eficiente del agua de riego han experimentado un avance significativo a partir de la creación del sistema de riego por goteo, por la facilidad del control de la aplicación del agua, la economía del recurso, las posibilidades de aplicación de fertilizantes en el agua de riego y un estado más saludable de la planta. En zonas de ladera es particularmente importante por la limitada disponibilidad de agua y el control de la erosión que se produce cuando se utilizan otros métodos de riego. Estas zonas poseen ventajas comparativas ya que se pueden utilizar métodos de riego de baja presión como el goteo que puede ser accionado con una fuente de energía como el desnivel entre la fuente de agua y el terreno a irrigar.

Este manual ofrece a los y las estudiantes la oportunidad de adquirir los conocimientos básicos de los distintos tipos de riego, como el de aspersión, micro aspersión, gravedad y goteo. También ofrece recomendaciones útiles para la planificación, diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de riego.



# UNIDAD I

## POTENCIAL HÍDRICO

### Objetivo:

Conocer la importancia y forma adecuada de la utilización del agua.

### 1. EL AGUA

El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

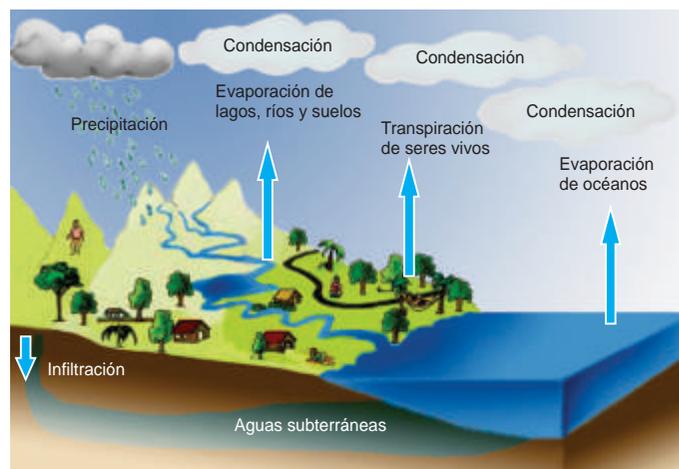


Fig. 1. Ciclo del agua.

[http://www.google.hn/imgres?imgurl=http://1.bp.blogspot.com/\\_l7S\\_t18sao/STq7smxe2ZI/AAAAAAAAOU/70ZJfYraXUK/s400/Ciclo%2Bdel%2Bagua.bmp&imgrefurl=http://geogeneral-unesr-bna.blogspot.com/&usq=\\_\\_5yRsrSmyJDE8YkHi\\_j\\_m28o5RI0=&h=300&w=400&sz=32&hl=es&start=6&zoom=1&tbnid=bhZkvefQ620HFM:&tbnh=93&tbnw=124&ei=VY5mT8rNKWGiQKzmNmIDw&prev=/search%3Fq%3Dciclo%2Bhidrol%C3%B3gico%26hl%3Des%26safe%3Dactive%26biw%3D1080%26bih%3D550%26gbv%3D2%26tbnid%3Disch&itbs=1](http://www.google.hn/imgres?imgurl=http://1.bp.blogspot.com/_l7S_t18sao/STq7smxe2ZI/AAAAAAAAOU/70ZJfYraXUK/s400/Ciclo%2Bdel%2Bagua.bmp&imgrefurl=http://geogeneral-unesr-bna.blogspot.com/&usq=__5yRsrSmyJDE8YkHi_j_m28o5RI0=&h=300&w=400&sz=32&hl=es&start=6&zoom=1&tbnid=bhZkvefQ620HFM:&tbnh=93&tbnw=124&ei=VY5mT8rNKWGiQKzmNmIDw&prev=/search%3Fq%3Dciclo%2Bhidrol%C3%B3gico%26hl%3Des%26safe%3Dactive%26biw%3D1080%26bih%3D550%26gbv%3D2%26tbnid%3Disch&itbs=1)

El agua, ya sea que provenga directamente de la lluvia o de fuentes naturales, es vida para los seres humanos, los animales y la agricul-

tura. Ningún otro elemento es considerado tan vital como ella y su escasez causa problemas de salud, migración y hasta conflictos sociales, por la competencia de este recurso tan importante.

### 2. CUENCA, SUB-CUENCA Y MICROCUENCA

#### ¿Qué es una micro cuenca?

Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Sub cuenca; o sea que una Sub cuenca está dividida en varias micro cuencas. Las microcuencas son unidades pequeñas y a su vez son áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas. También las microcuencas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones para su manejo.

En la práctica, las microcuencas se inician en la naciente de los pequeños cursos de agua, uniéndose a las otras corrientes hasta constituirse en la cuenca hidrográfica de un río de gran tamaño, independientemente de las divisiones entre las propiedades, los caminos, etc. El agua es el elemento

integrador, por lo tanto los cambios en la calidad y cantidad de las aguas de los ríos será el reflejo del comportamiento de todas las personas que habitan la cuenca.



Fig. 2. Cuenca hidrográfica (Fuente: www.kalipedia.com).

### ¿Qué es el manejo de cuencas?

El manejo de cuencas se refiere a la gestión que el hombre realiza a nivel de la cuenca para aprovechar, proteger y conservar los recursos naturales que le ofrece, con el fin de obtener una producción óptima y sostenida para lograr una calidad de vida acorde con sus necesidades. Las actividades que realiza el hombre y sus actitudes, constituyen el eje del manejo de la cuenca es decir, que dependiendo del comportamiento del hombre, una cuenca estará bien o mal manejada.

### ¿Cuál es el papel del recurso hídrico en el manejo de cuencas?

El agua es el elemento integrador para el manejo de cuencas, es por eso que adquiere predominancia el concepto de calidad y cantidad, además de que el agua mantiene un rol estratégico cuando se habla de manejo sostenible o manejo Integral de Cuencas.

### ¿Qué se entiende por desarrollo sostenible?

Se entiende por desarrollo sostenible al que satisfaga las necesidades de las generaciones presentes sin poner en riesgo o sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Este concepto implica tres elementos fundamentales que son:

- El aprovechamiento adecuado de los recursos,
- Una distribución más equitativa de los recursos manteniendo el equilibrio,
- La participación de la población en la gestión y la conservación de la capacidad productiva de los ecosistemas intervenidos a fin de que se mantenga el nivel de producción con características permanentes.

### ¿Qué es el desarrollo sostenible en una cuenca hidrográfica?

Es aquel en el cual se asegura que las poblaciones de estas cuencas, puedan alcanzar un nivel aceptable de bienestar tanto en el presente como el futuro; pero que esto sea además compatible con las condiciones ecológicas y socioeconómicas en el largo plazo.

Esto tiene que ver con el uso adecuado que se le dé al suelo, con el manejo de la vegetación, sistemas de cultivos, cuidado y uso del agua, mantenimiento de la biodiversidad etc. Pero más sencillo puede ser si podemos responder algunas interrogantes como estas: ¿Qué agua tomarán nuestros nietos?, ¿De dónde la tomarán?, ¿Qué calidad tendrá?, o bien interrogantes como estas: ¿Dónde sembrarán nuestros nietos?, ¿Habrá suelo fértil para que siembren? ¿Cuánto lograrán cosechar?, y así se pueden enumerar muchas interrogantes con respuestas muy inciertas.

### 3. CAPTACIÓN DE AGUA

En el sector rural de la zona sur de Honduras la problemática del agua ha sido un problema que se agudiza cada día sobre todo en muchas zonas donde las fuentes de agua son de caudales discretos y los regímenes pluviométricos muy pobres y/o anormales.

Estas fuentes de agua, que son pequeños afloramientos (ojos de agua) quebradas o ríos y se encuentran en algún punto de la cuenca, sufren los efectos del manejo inadecuado de las cuencas y las consecuencias son la falta del vital líquido para muchas comunidades o en su defecto la mala calidad del mismo que conlleva a detrimento de la salud.

#### ¿Cómo se capta el agua en pequeñas fuentes?

Normalmente el agua en las pequeñas fuentes, se capta mediante estructuras sencillas para derivar el agua a través de un sistema de conducción a pequeñas pilas de almacenamiento de donde van hacia puestos públicos o bien a las viviendas de pequeñas comunidades.

#### ¿Dónde se encuentran ubicadas estas fuentes de agua?

Estas fuentes de agua pueden estar ubicadas en la parte alta, media, o baja de la microcuenca con la suficiente altura sobre los puestos de abastecimiento para disponer de la suficiente energía (carga hidráulica) para que el agua pueda llegar sin problemas por efecto de la gravedad.

#### ¿Cuál debe ser el área de protección de una fuente de agua?

El área de protección de una fuente se denomina área suficiente que es la superficie al interior de la micro cuenca necesaria para el mantenimiento de la productividad de la fuente de agua partiendo de lo que establece el reglamento forestal.

La Ley de Aguas de Honduras establece que hay que proteger 250 m alrededor del nacimiento de una fuente de agua.

#### ¿Qué importancia tiene la ubicación de la fuente en la microcuenca?

La ubicación de la fuente de agua en la cuenca (que puede estar en: la parte media alta, parte media, parte media baja, o parte baja) tiene mucha importancia al asignar un factor para estimar los volúmenes infiltrados en el área suficiente a partir de la precipitación. Este factor va desde 0.25 para la parte media alta, hasta un valor de 1.0 para la parte baja.

Lo anterior significa que aún con una misma área, los volúmenes estimados serán diferentes dependiendo del lugar que ocupen en la cuenca y serán mayores a medida que se acercan a la parte baja. Sin embargo esto supone un manejo adecuado de la microcuenca en las partes altas.

### 3.1. Caudal de una fuente y dotación

El caudal de la fuente se refiere a la cantidad de agua en galones que proporciona esta fuente en la unidad de tiempo. Se puede obtener en galones por minuto (GPM) o bien en litros por segundo (L/Seg) y se determina mediante aforos que no es más que medir la cantidad de agua que pasa en un tiempo determinado.

Otro término importante de conocer es la dotación que no es más que la cantidad en galones a la que tendría derecho una persona al día para realizar todas sus actividades normales. Para las zonas rurales se puede establecer una dotación teórica de 32 galones por persona por día.

Conociendo la dotación y el número de personas, es posible estimar la capacidad de la fuente para abastecer de agua a una comunidad. Sin embargo no siempre es posible que una fuente pueda proporcionar la cantidad de agua necesaria, por cuanto la población irá creciendo a medida que pasa el tiempo. Esto evidencia la urgente necesidad de proteger y conservar las fuentes de agua. Las medidas para la protección y recuperación de fuentes de agua son muchas y variadas y dependerán de las condiciones y características del lugar. Por ejemplo la instalación de contadores para el cobro simbólico del agua y educar al usuario para un manejo adecuado.

Es común la implementación de obras de conservación de suelo que ayuden a aumentar la infiltración del agua en el suelo y eviten la erosión como terrazas, barreras vivas y muertas, zanjas de infiltración y la reforestación entre otros. Las actividades agrícolas que se desarrollan en laderas deben considerar prácticas conservacionistas como:

- Sembrar siguiendo las curvas de nivel
- Manejar la cobertura vegetal entre otros.

#### ¿Cuál debe ser el papel de los usuarios del agua?

El agua es de todos y su valor es incalculable dependiendo de las circunstancias, pero también es de todos la obligación de cuidarla y hacer un uso apropiado de ella. Llevar el agua hasta los lugares donde se necesita tiene costos al igual que mantener las estructuras y obras para la protección.

El mayor reto lo tienen las alcaldías municipales como las instituciones locales de mayor importancia, como ser las juntas administradoras del agua (JAA) y los patronatos, aunque generalmente éstas carecen de soporte técnico y financiero. Sin embargo es necesario fortalecer las comisiones ambientales municipales, crear fondos ambientales, y sobre todo fomentar la organización de los usuarios del agua.

### 3.2. Fuentes de agua

La fuente de agua es el sitio que abastecerá nuestro sistema para poder regar nuestros cultivos. Esta fuente es la que nos determinará cuál es el área máxima que puedo regar. En el caso de una naciente de agua o una quebrada con la que regaremos por diferencia de altura, debemos conocer cuál es su capacidad o caudal, a través de un aforo. Si nuestra fuente es un cuerpo de agua más grande como un río y regaremos nuestro cultivo con una motobomba entonces deberemos conocer las especificaciones técnicas de la bomba.

Otras fuentes pueden ser quebradas o ríos que bajan mucho su nivel en verano, en estos casos se construye una represa provisional en una sección angosta de la quebrada o río, con una pendiente de uno a cinco por ciento, se utiliza la piedra y lodo presente en el sitio esta se utiliza para poder aumentar el nivel de almacenaje de la fuente.



**Foto 1.** Presa provisional de madera en un río para aumentar el nivel de almacenamiento.



**Foto 2.** Presa provisional de piedra y lodo, en río Alubarén, Francisco Morazán, Honduras.



**Foto 3.** Presas permanentes de cemento construidas en quebradas muy pequeñas.

Estas pequeñas presas deben desazolverse cada cierto tiempo, ya que por la sedimentación se puede llegar a taponar totalmente la salida de la tubería de conducción.

### 3.3. Cosecha de agua

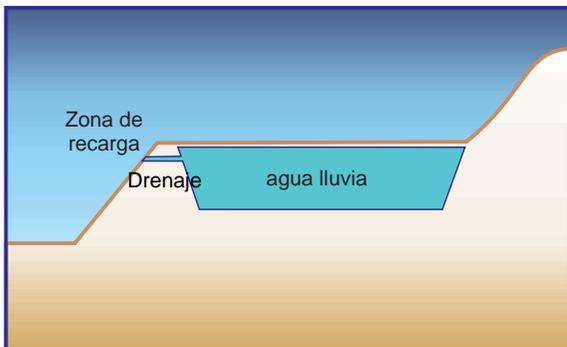
En zonas donde no existen fuentes de agua, se pueden construir pequeñas lagunas para captación de aguas lluvias, este método también es llamado cosecha de agua. Este método se desarrolló para hacer riegos de alivio durante el invierno, ya que es en esta época donde muchos agricultores pierden sus cosechas por las variaciones en la época de lluvias.

Este método permite a los productores tener una reserva considerable de agua para poder realizar algunos riegos, cuando deja de llover por varios días el productor puede abrir las válvulas de paso del sistema y regar con el agua que se almacenó en la laguna después de las primeras lluvias, este método permite a un pequeño productor de zonas secas como el sur de Francisco Morazán poder realizar dos ciclos de cultivo, uno de maíz y uno de frijol, sin riesgo a perder su cosecha por falta de un buen invierno.

También pueden regarse otros cultivos de hortalizas y huertos, el ganado puede tomar agua hasta cierta época cuando el invierno finaliza, puede sacarse un ciclo de pescado si se siembran los alevines al inicio del invierno, incluso en zonas muy secas y con escases de fuentes de agua, la laguna funciona para usos domésticos.



**Foto 4.** Laguna para riego de alivio, ubicada al sur de Francisco Morazán.



**Fig. 3.** Diagrama de laguna para riego de alivio.

El agua sale de la laguna por el método del sifón, generalmente se emplea tubería de dos pulgadas y se puede reducir su diámetro si fuera necesario, el agua baja a las parcelas de riego, las cuales deberán tener un calendario y horario para la utilización del riego de alivio. La organización y cumplimiento del horario es la clave para el éxito o fracaso de estos sistemas de alivio.

Aparte de los dos tubos de drenaje de 10", se deben dejar dos salidas de drenaje de auxilio en los lados de la borda de la laguna para evitar el desbordamiento del agua por encima de la borda, ya que esto la debilita y puede derribarla.

La laguna debe ser construida en un punto más alto de donde estarán las parcelas para regar, si el método de riego es por goteo deberá estar por lo menos a 15 metros de diferencia de altura de las parcelas a regar, considerando la pérdida por fricción en la tubería de conducción. El lugar debe presentar un vaso natural, tiene que tener una pequeña zona de recarga, en la parte más baja de este sitio se construye una borda o talud en forma de media luna y si el terreno no es arcilloso, se debe impermeabilizar el piso y la borda con arcilla, geomembrana impermeable, plástico o cemento.



**Foto 5.** Borda de tierra, piedra y cemento construida en un vaso natural.



**Foto 6.** Instalación de tubería para conducción del agua de la laguna hacia las parcelas.



**Foto 7.** Drenaje de auxilio en la borda de la laguna.



**Foto 8.** Ganado bovino tomando agua en los alrededores de la laguna.

Independientemente de la fuente de agua, se debe colocar una malla en la entrada del tubo que conduce el agua hacia las parcelas, para evitar que se introduzcan, hojas o ramas en el tubo.

Si el abastecimiento del sistema es por bombeo, hay que tener cuidado de que la válvula (el sapo) esté colocado en una posición vertical, que no esté pegando al fondo del reservorio ni fuera del agua. También se deberá instalar una válvula de no retorno (check), cuando se fertiliza directamente de la bomba y la fuente es una laguna o un río. Esto se recomienda para que el agua con el fertilizante no se regrese a la fuente de agua cuando se apaga el motor de la bomba.

### 3.4. Aforo: Método volumétrico

El aforo consiste en medir el caudal que tiene la fuente o la bomba, existen distintos métodos para diferentes situaciones. En esta sección describiremos uno de los más utilizados, exacto y práctico, el método volumétrico. Este método se basa en medir el tiempo que demora en llenarse un balde de un volumen conocido. Al dividir la capacidad del balde (litros) por el tiempo empleado (segundos) se

obtiene el caudal en L/s, como se indica en la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal (L/s)} = \frac{\text{Volumen del balde (litros)}}{\text{Tiempo que demora en llenarse (segundos)}}$$

Como toda el agua se debe recibir en un balde u otro recipiente, este método sirve para medir caudales no muy grandes. Este método es aplicable a fuentes de agua y pequeñas quebradas, es importante que al aforar se recoja toda el agua que fluye por el nacimiento o quebrada, esto se puede lograr colocando sacos vacíos, sacos con arena o tierra en los bordes de la fuente de manera que puedan retener el agua por un tiempo determinado, posteriormente se coloca un pedazo de tubo o manguera por el cual se hace pasar el agua que está estancada por los sacos o piedras.



**Foto 9.** Colocación de un tubo para aforar la fuente de agua.

Antes de medir el caudal, se debe esperar a que el agua se estabilice, es decir, que el agua que está saliendo por el tubo es la misma que está entrando, para este propósito, después de colocar el tubo podemos esperar unos 10 minutos antes de medir el caudal. Se debe medir al menos seis veces de la forma como se explica abajo, con estas mediciones se obtiene un promedio del caudal de la fuente.

**Ejemplo:** Si el balde de 5 galones se llena en promedio en 10 segundos, esto indica que el caudal de la fuente es:

1 Galón = 3.785 L, el balde tiene 5 gal x 3.785 L que tiene un galón = **18.92 L**

$$\text{Aplicando la fórmula } \frac{18.92 \text{ L}}{10 \text{ s}} = \mathbf{1.89 \text{ L/s}}$$

Lo podemos expresar también en Litros/minuto, solo lo multiplicamos por 60 segundos que tiene un minuto.

$$1.89 \text{ L/s} \times 60 \text{ s} = \mathbf{113.4 \text{ L/min}}$$

Si multiplicamos este resultado por 60 minutos que tiene una hora el resultado estaría expresado en Litros / hora.

Recordar este dato, ya que será utilizado más adelante en un ejemplo.

$$113.4 \text{ L/min} \times 60 \text{ min} = 6,804 \text{ L/h}$$

Cuando conocemos el caudal por hora de nuestra fuente sabremos en base a diseño:

- Cuanta área puedo sembrar y regar,
- Cuantas horas de riego puedo dar a mi cultivo por hora o por día.
- En cuantos turnos de riego tendré que dividir mi parcela, ya que quien determina todas estas interrogantes es la capacidad de la fuente de agua.

## PRÁCTICA No. 1

### Aforo:

Método volumétrico.

### Objetivo:

Realizar el aforo de una fuente de agua.

### Materiales:

- Balde de 5 galones.
- Pedazo de al menos 1.5 m de manguera negra de 2 pulgadas de diámetro.
- Cronómetro (reloj o celular).
- Sacos vacíos o plástico.
- Pala
- Libreta y lápiz.

### Procedimiento:

Al tener seleccionada la fuente de agua para aforar, se deberá buscar un punto donde el paso del agua sea estrecho, para facilitar el tapado de la corriente. Con los sacos o el plástico se debe tapar el paso del agua y dejar solo el punto donde se colocará la manguera de 2", una vez colocada la manguera cubrirla por encima con los sacos y tierra o lodo, sin tapar la el agujero de la manguera.

Cuando ya se ha logrado retener la mayor cantidad de agua y esta esté pasando solo por la manguera debemos esperar unos diez minutos para que se establezca el caudal, posteriormente se coloca el balde en la salida de agua de la manguera y se marca el tiempo que tarda en llenarse el balde. Se deberán realizar al menos 5 mediciones, estos datos se anotan en la libreta, se obtiene un promedio y con estos datos se saca el caudal de la fuente siguiendo el procedimiento para obtener caudal presentado en esta unidad.

# UNIDAD II

## PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

### Objetivo:

Conocer las principales propiedades del suelo y su relación con el agua.

### 4. TEXTURA

Es el tamaño de las partículas que componen el suelo. De manera más específica, textura es la proporción de arcilla, limo y arena en un suelo.

**Cuadro 1.** Clasificación de las partículas del suelo por su tamaño.

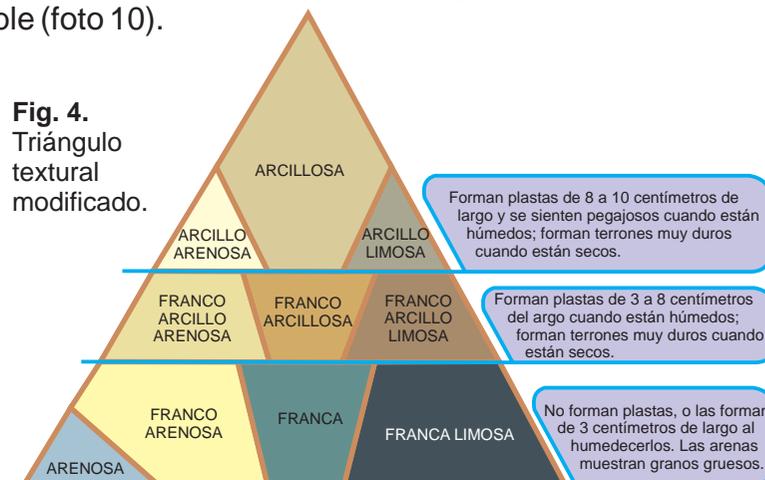
| TIPO         | DIÁMETRO            |
|--------------|---------------------|
| Arena Gruesa | 2.000–0.200 mm      |
| Arena Fina   | 0.200–0.020 mm      |
| Limo         | 0.020–0.002 mm      |
| Arcilla      | Inferior a 0.002 mm |

Existe una herramienta que conocemos como **triángulo textural**, el cual clasifica la textura del suelo en doce clases dependiendo de su porcentaje de arena, limo y arcilla. Esta clasificación se debe hacer con un análisis de laboratorio para obtener resultados bastante precisos.

#### 4.1. Determinación de la textura de forma manual

Existen métodos más sencillos para determinar la textura de un suelo sin complicaciones mayores:

- Piense en un triángulo textural modificado (Fig. 4). Observe que, básicamente, está constituido por suelos con textura **arcillosa**, **franco-arcillosa**, y **franca** (siga el eje vertical del triángulo).
- Tome una porción del suelo y haga una pelota humedeciéndola hasta llegar al punto pegajoso. El punto pegajoso se logra cuando la pelota de suelo no está tan húmeda y se quiebra pegada en la mano, ni tan seca que no se sienta pegajosa. Cuando el suelo esté en su punto, presiónelo entre el dedo pulgar y el índice y trate de formar una plasta lo más larga posible (foto 10).



**Foto 10.** Prueba manual de textura.

- Determine la categoría del suelo en: Categoría textural **arcillosa**, **franco-arcillosa** o **franca**. Esto lo logrará observando si al humedecer el suelo puede formar con sus dedos plastas largas, medianas o cortas. A continuación describimos cada una de ellas:
  - Categoría textural **arcillosa** (arcillo-arenosa, arcillosa y limo-arcillosa) forman plastas largas (8-10 cm);
  - Categoría textural **franco-arcillosa** (franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa) hacen plastas medianas (3-8 cm);
  - Categoría textural **franca** (franco-arenosa, franca, y franco-limosa) forman plastas muy cortas (menos de 3 cm) o no forman plastas;
  - Categoría textural **arenosa** no forman plastas.

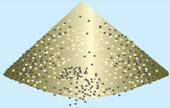
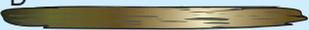
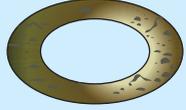
| TIPO             | CARACTERÍSTICAS   | FIGURA  |
|------------------|---|---|
| Arenosa          | El suelo permanece suelto y separado y puede ser acumulado sólo en forma de pirámide.   | A   |
| Arenosa franca   | El suelo contiene suficiente limo y arcilla para volverse pegajoso y se le puede dar forma de bola que fácilmente se deshace.   | B  |
| Franco limosa    | Parecido a arena franca, pero se le puede dar forma enrollándolo como un pequeño y corto cilindro.  | C  |
| Franca           | Contiene casi la misma proporción de arena, limo y arcilla. Puede ser enrollado como cilindro de 15 centímetros de largo aproximadamente, que se quiebra cuando se dobla. | D  |
| Franco arcillosa | Parecido al franco, aunque puede ser doblado en forma de "U" sin excederse y no se quiebra.   | E  |
| Arcillosa fina   | El suelo puede tomar forma de círculo, pero mostrando grietas.  | F  |
| Arcillosa pesada | El suelo puede tomar forma de círculo sin mostrar ninguna grieta.   | G  |

Fig. 5. Tipo de texturas del suelo.

## 5. ESTRUCTURA

Es el tipo de agrupamiento de las partículas del suelo; cómo las fracciones del suelo se agregan entre sí y se clasifican en cuatro formas básicas: de tipo laminar, de bloques, prismáticas y masiva o sin estructura.

## 6. INFILTRACIÓN-CAPACIDAD DE RETENCIÓN

Es el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra. A medida que el agua desciende a niveles inferiores, el volumen del espacio poroso va disminuyendo por lo que la velocidad con la que penetra el agua en el suelo disminuye.

En la figura 6 podemos apreciar que el agua se infiltra a una velocidad mayor en un suelo arenoso (100 mm/h), que en un suelo arcilloso (20 mm/h). Por esta razón, los riegos en suelos arenosos no deben durar mucho tiempo ya que se pierde mucha agua por percolación.

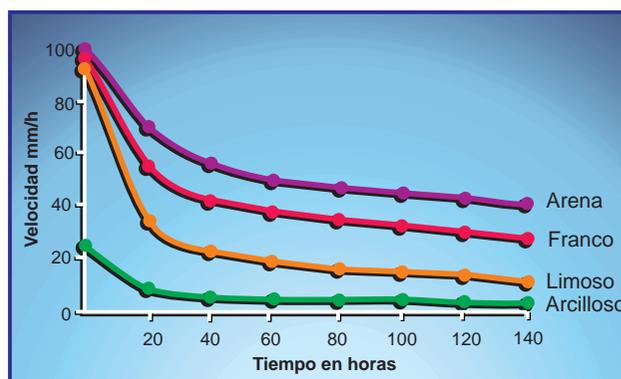


Fig. 6. Curvas de infiltración, según textura del suelo.



Fig. 7. Intervalo de humedad disponible.

Si las partículas son más finas, es decir suelo arcilloso o barroso, la capacidad de retención del agua de ese suelo es mayor y por el contrario las partículas más gruesas, es decir un suelo arenoso puede retener menos agua (figura 7).

Para efectos de riego, las figuras 6 y 7 nos dicen que si tengo un terreno arcilloso el tiempo de riego puede ser mayor que el de un suelo arenoso, pero la frecuencia de riego (el tiempo que transcurre entre un riego y el siguiente), puede ser mayor. En un suelo arenoso el tiempo de riego será más corto, pero los riegos serán más frecuentes.

## 7. AGUA EN EL SUELO Y ESTADOS DE HUMEDAD

### 7.1. Agua gravitacional

Fracción del agua que ocupa los macroporos, saturándolos o no. Esta fracción del agua en el suelo se mueve por la fuerza de la gravedad, la que tiende a desplazarla hacia abajo. Puede temporalmente ser utilizada por las plantas mientras se encuentre en el estrato radicular, pero rápidamente percola y va a alimentar los acuíferos más profundos, también es llamada agua de drenaje. Está retenida por la fase sólida del suelo a tensiones no mayores a un tercio de la atmósfera, no es muy disponible. Podemos decir que el suelo se encuentra en un estado de humedad al cual llamamos **saturación**.

### 7.2. Agua capilar

Es la fracción del agua que ocupa los microporos y que se mantiene en el suelo gracias a las fuerzas derivadas de la tensión superficial del agua; estas fuerzas son conocidas como **adhesión y cohesión**.

La fuerza de adhesión es la que permite la unión entre una partícula y una superficie (molécula de agua y partícula de suelo). La fuerza de cohesión es la que genera la unión entre partículas iguales (molécula de agua con otro igual).

Cuando la fuerza de adhesión supera a la fuerza de cohesión en el suelo, permite que el agua se desplace a través de los poros en forma horizontal y vertical, lo que se conoce como movimiento capilar.

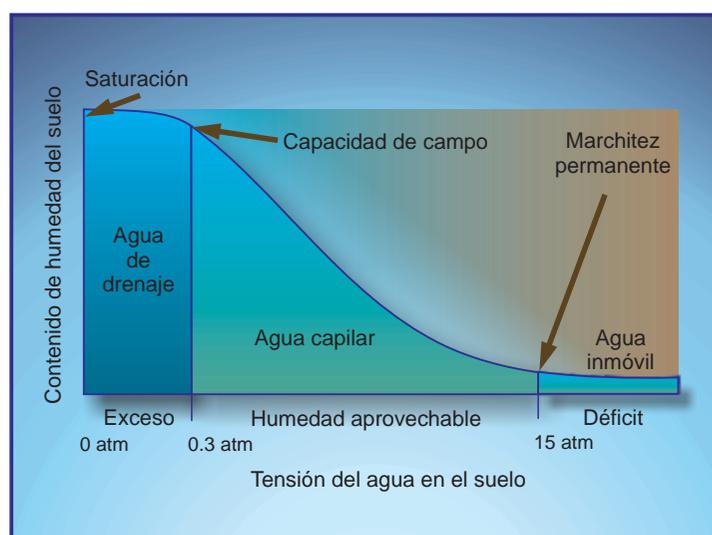
El agua capilar es la que se encuentra a una tensión entre 0.3 y 15 atmósferas (atm) y decimos que el suelo se encuentra a **capacidad de campo**; en este punto las raíces pueden extraer el agua del suelo. En este punto ya ha percolado toda el agua gravitacional y en el suelo solamente se encuentra presente el agua capilar y el agua higroscópica.

### 7.3. Agua higroscópica

Es el agua que se encuentra retenida a una tensión mayor a 15 atmósferas. Esta no está disponible para las plantas ya que las raíces no tienen la capacidad para romper la tensión que existe entre las partículas del suelo y las paredes del poro. Una vez que se ha agotado el agua gravitacional y el agua capilar, que solamente queda el agua higroscópica, decimos que el suelo se encuentra en un estado de humedad conocido como **marchitez permanente**.

Los valores expresados anteriormente en atmósferas (atm), los podemos medir en el suelo con un instrumento llamado tensiómetro el cual se describirá en el Capítulo IV de este manual.

Existe una sección o un margen de seguridad para evitar que el cultivo llegue al punto de marchitez permanente, en este punto la planta sufre un daño que es irreparable, aunque después suministremos agua al cultivo y el cultivo no muera. Las plantas que entraron en ese punto de marchitez permanente no podrán producir una gran cosecha o frutos de excelente calidad ya que sufrieron un daño en su interior durante la etapa de desarrollo o fase vegetativa (Fig. 8).



**Fig. 8.** Estados de humedad y agua en el suelo.

# UNIDAD III

## RELACIÓN SUELO-AGUA-PLANTA-CLIMA

### Objetivo:

Conocer la relación entre los factores climáticos, el suelo y el agua.

### 8. INTRODUCCIÓN

Del agua que es absorbida por la planta, una parte provee el hidrógeno necesario para la materia vegetal, pero la mayor cantidad se usa en la transpiración que es el paso de agua a la atmósfera. Este intercambio de gases se hace por los estomas, estos son pequeños orificios o aberturas microscópicas de las hojas. Los estomas únicamente están abiertos en presencia de suficiente agua, cuando hay escases de ésta simplemente la planta los cierra en una función de autodefensa. Luego de varios días sin agua, podemos llegar al punto de marchitez de la planta que puede ser temporal o permanente, según sea la capacidad de la planta de recuperarse mediante la reposición de agua; en todo caso esta escasez de agua produce lo que llamamos estrés hídrico, mismo que ocasiona una reducción en la producción o incluso la muerte de la planta.

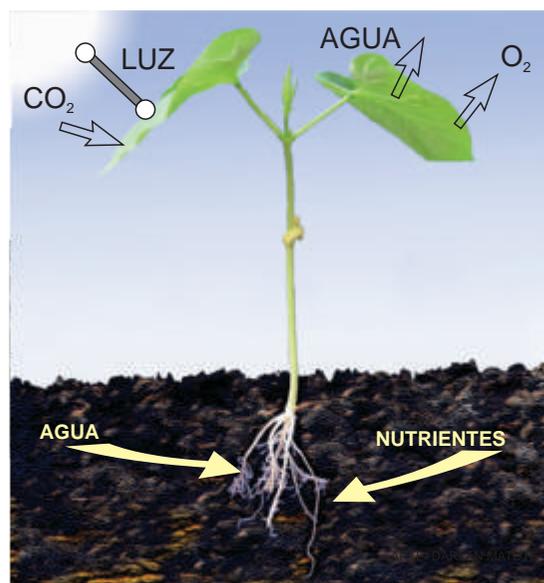


Fig. 9. Esquema de utilización del agua.

El suelo suministra el agua y nutrientes, y la atmosfera la luz y el CO<sub>2</sub>; la planta desprende el O<sub>2</sub> y el agua, actuando aquí principalmente como un medio de paso desde el suelo hacia la atmosfera, y es relativamente poca el agua que se queda en la planta (figura 9).

Este fenómeno del paso de agua a través de la planta, se llama transpiración, además de este fenómeno existe otro componente llamado evaporación, que es la pérdida de agua directamente desde el suelo. La suma de ambos fenómenos se conoce como evapotranspiración (ET) y es el que se considera como consumo total.

### 9. EVAPORACIÓN

Es el proceso por medio del cual un líquido es convertido a vapor de agua y removido de la superficie por evaporación. El agua se evapora de un sinnúmero de superficies tales como ríos, lagunas, lagos, suelos y vegetación húmeda. Se requiere de energía para poder cambiar el estado de las moléculas de agua de un estado líquido a un estado gaseoso. La radiación solar directa y, en menor cuantía, la temperatura del aire, proveen de esta energía. Por esta razón decimos que la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento son parámetros climáticos a considerar en el proceso de evaporación.

Cuando la superficie de evaporación es la superficie misma del suelo, el grado de sombreado que provee el follaje del cultivo, así como la cantidad de agua presente en el suelo son otros factores que hay que tomar en cuenta.

La lluvia frecuente, el riego y el agua que puede ser transportada hacia la superficie de un terreno desde su horizonte inferior y el nivel freático alto, pueden humedecer el suelo. Cuando el suelo es capaz de suplir agua a una tasa que satisfaga la demanda evaporativa, la evaporación de la superficie depende mayormente de las condiciones meteorológicas; sin embargo, cuando el intervalo entre lluvias o riego se vuelve grande, y la habilidad del suelo de suplir agua es muy pequeña, el contenido de humedad en la superficie cae drásticamente y se seca. Bajo estas circunstancias, la limitada disponibilidad de agua ejerce una influencia controlada sobre la evaporación del agua del suelo.

En la ausencia de cualquier suplemento de agua a la superficie del suelo, la evaporación desciende rápidamente y puede llegar a cesar completamente en unos pocos días.

## 10. TRANSPIRACIÓN

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en el tejido vegetal y la remoción de este vapor hacia la atmósfera. Los cultivos, mayormente, pierden este vapor de agua a través de las estomas. El agua, así como algunos nutrientes, es tomada por las raíces y transportada al interior de la planta. La vaporización del agua ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares y el intercambio de gases con la atmósfera es controlado por la apertura de las estomas. Casi toda el agua que ingresa a la planta es transpirada y solamente una pequeña fracción es utilizada por la planta.

La transpiración, al igual que la evaporación, depende de la disponibilidad de energía, del gradiente de presión y del viento, por lo que nuevamente, la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento deben considerarse.

## 11. EVAPOTRANSPIRACIÓN (ET)

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no existe un método sencillo para distinguir entre ambos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en las capas superiores de suelo, la evaporación de un suelo cultivado depende mayormente de la fracción de radiación solar que llega a la superficie. Esta fracción desciende a lo largo del período a medida que el cultivo se va desarrollando y que el follaje sombrea, cada vez más, la superficie de suelo.

Cuando el cultivo está en sus estados primarios, la mayor pérdida es por evaporación directa, pero una vez que el cultivo se ha desarrollado, la mayor pérdida del agua del suelo es por la transpiración. Al momento de la siembra, casi el 100% de la evapotranspiración es por el proceso de evaporación, mientras que en un cultivo desarrollado completamente, cerca del 90% de la evapotranspiración es por transpiración.

La evapotranspiración es definida como la velocidad de evaporación de un manto de hierbas verdes de gran extensión, formado por gramíneas y con una altura uniforme de 8 a 15 cm, en proceso de crecimiento, que cubre por completo el suelo y que dispone de agua suficiente.

La tasa de evapotranspiración generalmente se expresa en milímetros (mm) por la unidad de tiempo que puede ser una hora, día, década, mes o un ciclo de cultivo completo.

Una hectárea tiene una superficie de 10,000 m<sup>2</sup> y un milímetro es equivalente a 0.001 m<sup>3</sup>, una pérdida de un milímetro de agua corresponde a una pérdida de 10 m<sup>3</sup> de agua por hectárea. En otras palabras, un milímetro por día es igual a 10 m<sup>3</sup> por día, en un área de una hectárea.

## 12. INFLUENCIA DEL CLIMA

### 12.1. Temperatura

Es necesario conocer los factores externos que afectan el consumo de agua de la planta, la temperatura es uno de ellos, cuando las temperaturas son altas o calientes las plantas absorberán más agua del suelo, ya que la transpiración en su interior se incrementa, por ejemplo:

El riego para un cultivo de frijol en San Antonio, zona baja de Intibucá (217 msnm), tendrá un manejo diferente al que se le daría al mismo cultivo en El Roblón, Belén, Lempira (1600 msnm), siempre que el manejo sea el mismo al final del ciclo necesitará más agua el frijol sembrado en la zona baja que es más caliente.

### 12.2. Humedad relativa

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo:

Una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%. En relación a nuestros cultivos cuando esta humedad relativa es más alta, la planta pierde agua a un ritmo menor que cuando esta es baja.

### 12.3. Viento

Respecto al riego, lo que debemos saber es que en los días que el viento es más fuerte, nuestro cultivo puede perder agua más rápidamente que cuando hay días con poco viento, el suelo también se puede secar más rápido en los días que la velocidad del viento es mayor.

## NECESIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS

### Objetivo:

Determinar la necesidad de agua de los cultivos y la humedad del suelo.

### 13. CÓMO DETERMINAMOS LA NECESIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS

La evaporación del agua está dada según el sitio o lugar donde la midamos, y ésta depende de factores como: horas luz, temperatura, viento, humedad ambiente, altura entre otros. Los datos de evaporación se pueden obtener de la estación meteorológica más cercana; ésta se determina midiendo la altura de agua perdida en un tanque de agua, en milímetros. Cada milímetro equivale a un litro por metro cuadrado o 10 metros cúbico por hectárea.

La cantidad de agua requerida para compensar la pérdida por evapotranspiración de un campo cultivado, se define como requerimiento de agua del cultivo. Aunque los valores para ETc (evapotranspiración del cultivo) y requerimiento de agua del cultivo son idénticos, el requerimiento de agua del cultivo se refiere a la cantidad de agua que necesita ser suplida, mientras que la ETc se refiere a la cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración. El requerimiento de agua de riego generalmente, se refiere a la diferencia entre el requerimiento del cultivo y la precipitación efectiva. El requerimiento de agua de riego, también incluye agua adicional para el lavado de sales y para la compensación por la no uniformidad de la aplicación del agua.

La ETc puede ser calculada directamente utilizando parámetros climáticos e integrando directamente la resistencia del cultivo, el albedo (fracción de la radiación solar que es reflejada por una superficie; coeficiente de reflejo de la vegetación, generalmente 0.23) y factores de resistencia del aire en el método de Penman Monteith. Como en la actualidad existe una considerable falta de información para diferentes cultivos, se utiliza este método para la estimación de la superficie de referencia para determinar su tasa de evapotranspiración, esto es su ETo.

Coefficientes experimentales, llamados Coeficientes del Cultivo (Kc), son usados para relacionar la ETc con la ETo ya que  $ETc = ETo \times Kc$ . El Kc cambia según el estadio de la planta, es usualmente menor que 1; pero alcanza valores de hasta 1.2 cuando está en floración (Cuadro 2).

Para fines y efectos del cálculo del requerimiento de agua de un cultivo, se utiliza la ecuación presentada a continuación:

$$Etc = ETo \times Kc$$

Donde:

- **ETc= Evapotranspiración del cultivo de interés, expresada en mm/día, mm/mes, mm/semana, etc.**
- **ETo= Evapotranspiración del cultivo de referencia, expresada en mm/día, mm/mes, mm/semana, etc.**
- **Kc= Coeficiente del cultivo**

## 14. CÓMO OBTENEMOS LA $E_{to}$

### 14.1. Método de la Pana de Evaporación

Los valores de evaporación de panas llenadas con agua son fácilmente accesibles. En la ausencia de lluvia, la cantidad de agua evaporada durante un período (mm/día) corresponde con el descenso en la lámina de agua de ese mismo período. Las panas proveen una medición del efecto integrado de la radiación, del viento, de la temperatura y de la humedad en la evaporación ocurrida en una superficie de agua expuesta al ambiente.

Aunque la pana responde de manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, varios factores producen diferencias significativas entre la pérdida de agua desde una superficie de agua y la de un cultivo. El reflejo de la radiación solar desde el agua en una pana poco profunda puede ser diferente del 23% que se asume ocurre en una superficie de referencia de grama.

El almacenamiento del calor en la pana puede ser apreciable y causar evaporación significativa durante la noche, momento durante el cual la mayoría de cultivos no transpira a la misma tasa que lo hace de día. También hay diferencias en la turbulencia, temperatura y humedad del aire inmediatamente arriba de las respectivas superficies. La transferencia de calor a través de los lados de la pana ocurre y puede afectar el balance de energía.

Sin tomar en cuenta las diferencias que existen entre la evaporación de la pana y la evapotranspiración de un suelo cultivado, el uso de las panas para predecir la  $E_{To}$  para períodos de 10 días o más puede estar garantizado. La evaporación de la pana está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empíricamente derivado llamado Coeficiente de la Pana ( $K_p$ ).

$$E_{T_o} = K_p E_{pan}$$

Donde:

$E_{To}$  = evapotranspiración de referencia, en mm/día.

$K_p$  = coeficiente de la pana

$E_{pan}$  = evaporación de la pana, en mm/día.

### 14.2. Pana de Evaporación Clase A

Es un tanque circular (Fig. 10), con 120.7 cm de diámetro y 25 cm de altura. Se hace de hierro galvanizado, calibre 22. Se monta sobre una tarima o plataforma de madera instalada 15 cm sobre la superficie del suelo. El suelo debe quedar a no menos de cinco cm del fondo de la pana, la cual debe quedar nivelada. Se llena con agua hasta 5 cm por debajo del aro superior y no debe bajar a menos de 7.5 cm de éste. El agua debe ser cambiada, por lo menos una vez a la semana, para eliminar la extrema turbidez. Si es galvanizada, se debe pintar anualmente con pintura de

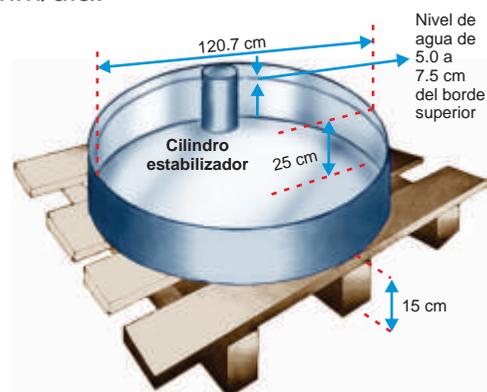


Fig. 10. Pana o tanque de evaporación Clase A.

aluminio. Las panas deben estar protegidas por cercas, para evitar que entren animales a tomar agua. Preferiblemente, el sitio debe estar cubierto de grama, 20 m x 20 m, abierto por todos lados para permitir la libre circulación del aire, ubicado en el centro o en el lado de sotavento de grandes superficies cultivadas.

Las lecturas se toman diariamente, temprano por la mañana, a la misma hora que se mide la precipitación. Las medidas se hacen en un cilindro estabilizador dentro de la pana, cerca de la orilla. Este cilindro es de aproximadamente 10 cm de diámetro y 20 cm de altura con un agujero en el fondo.

**Cuadro 2.** Coeficientes Kp, en el caso de una Pana de Evaporación Clase A, para diferentes cubiertas y niveles de humedad relativa media, con vientos.

| El coeficiente K(tan) según la FAO  |                      |        |                        |            |       |
|---|----------------------|--------|------------------------|------------|-------|
| Tanque evaporímetro colocado en una superficie de forraje verde de poca altura. |                      |        |                        |            |       |
| Distancia a barlovento a la cual cambia la cobertura                            | Velocidad del viento |        | Humedad relativa media |            |       |
|   | (m)                  | Km/día | m/s                    | <40 K(tan) | 40-70 |
| 1   | <175                 | <2     | 0.55                   | 0.65       | 0.75  |
|   | 175-425              | 2-5    | 0.50                   | 0.60       | 0.65  |
|   | 425-700              | 5.8    | 0.45                   | 0.50       | 0.60  |
|   | >700                 | >8     | 0.40                   | 0.45       | 0.50  |
| 10  | <175                 | <2     | 0.65                   | 0.75       | 0.85  |
|   | 175-425              | 2-5    | 0.60                   | 0.70       | 0.75  |
|   | 425-700              | 5.8    | 0.55                   | 0.60       | 0.65  |
|   | >700                 | >8     | 0.45                   | 0.55       | 0.60  |
| 100   | <175                 | <2     | 0.70                   | 0.80       | 0.85  |
|   | 175-425              | 2-5    | 0.65                   | 0.75       | 0.80  |
|   | 425-700              | 5.8    | 0.60                   | 0.65       | 0.70  |
|   | >700                 | >8     | 0.50                   | 0.60       | 0.65  |
| 1000  | <175                 | <2     | 0.75                   | 0.85       | 0.85  |
|   | 175-425              | 2-5    | 0.70                   | 0.80       | 0.80  |
|   | 425-700              | 5.8    | 0.65                   | 0.70       | 0.75  |
|   | >700                 | >8     | 0.55                   | 0.60       | 0.65  |

### 14.3. El coeficiente del cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo es un multiplicador que se llama factor de cultivo representado usualmente por Kc. Dicho factor es exclusivo para cada cultivo. El Kc es usualmente menor que 1, y cambia según el estadio de crecimiento de la planta.

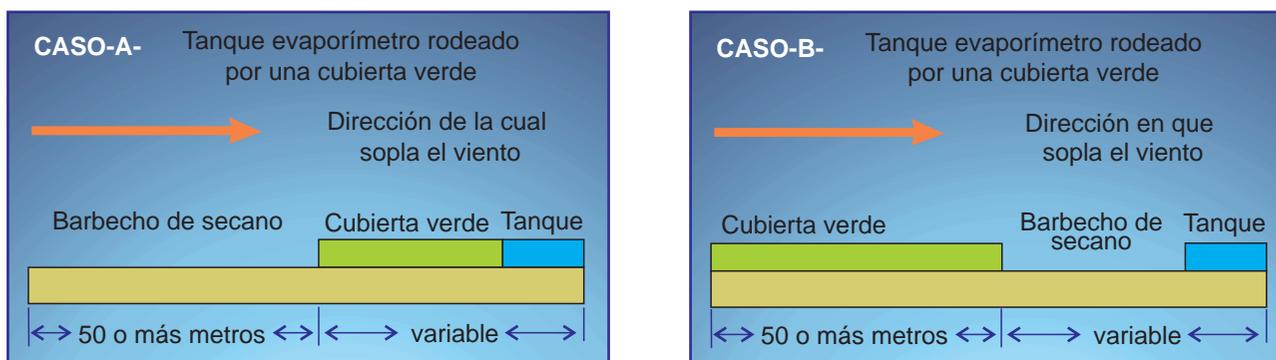
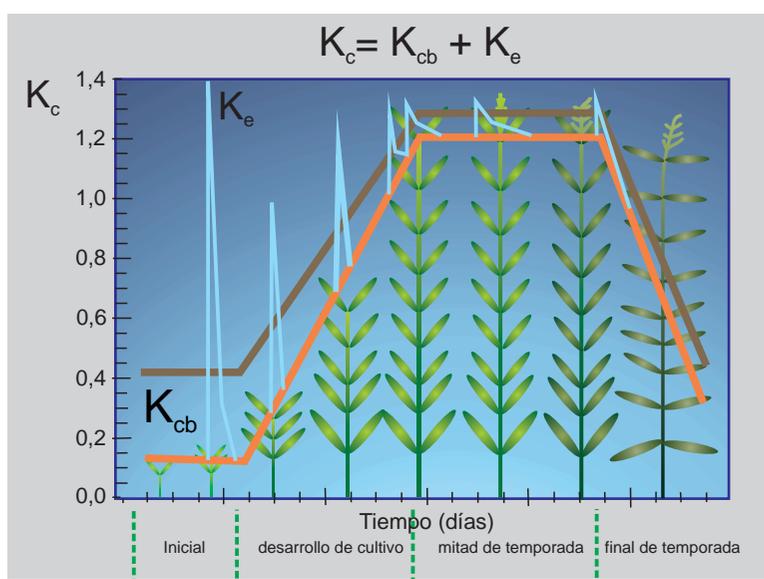


Fig. 11. Disposición del tanque evaporímetro.

La mayoría de los efectos de varios parámetros climáticos se han incorporado ya en la estimación de la ETo. Por lo tanto, si la ETo representa un índice de demanda climática, el Kc varía, predominantemente, junto con las características específicas del cultivo y solo hasta un límite, con el clima. Esto lo que permite es la transferencia de valores estándar de Kc entre localidades y entre climas, por lo que se considera la razón primordial de su aceptación a nivel mundial.



En la figura 12 se puede apreciar que la mayor demanda de agua de los cultivos ocurre en las etapas de desarrollo y en la estación media del cultivo, seguidas por la de maduración, siendo la etapa inicial del cultivo la que requiere menos agua.

En el cuadro 3 se muestran algunos datos de Kc para diferentes cultivos. Para obtener el dato de consumo total de agua deberemos multiplicar el dato de ETo por día por el Kc seleccionado.

**Fig 12.** Kc de un cultivo, la necesidad de agua de acuerdo a su etapa fenológica.

**Cuadro 3.** Valores del coeficiente del cultivo (Kc) para cultivos herbáceos y hortícolas.

| Cultivos*   | Fase del cultivo |            |       |            |
|-------------|------------------|------------|-------|------------|
|             | Inicial          | Desarrollo | Media | Maduración |
| Algodón     | 0.45             | 0.75       | 1.15  | 0.75       |
| Berenjena   | 0.45             | 0.75       | 1.15  | 0.80       |
| Cebada      | 0.35             | 0.75       | 1.15  | 0.45       |
| Girasol     | 0.35             | 0.75       | 1.15  | 0.55       |
| Judía verde | 0.35             | 0.70       | 1.10  | 0.30       |
| Lechuga     | 0.45             | 0.60       | 1.00  | 0.90       |
| Maíz        | 0.40             | 0.80       | 1.15  | 0.70       |
| Melón       | 0.45             | 0.75       | 1.00  | 0.75       |
| Papa        | 0.45             | 0.75       | 1.15  | 0.85       |
| Pimiento    | 0.35             | 0.70       | 1.05  | 0.90       |
| Remolacha   | 0.45             | 0.80       | 1.15  | 0.80       |
| Soya        | 0.35             | 0.75       | 1.10  | 0.60       |
| Sorgo       | 0.35             | 0.75       | 1.10  | 0.65       |
| Tabaco      | 0.35             | 0.75       | 1.10  | 0.90       |
| Tomate      | 0.45             | 0.75       | 1.15  | 0.80       |
| Trigo       | 0.35             | 0.75       | 1.15  | 0.45       |
| Zanahoria   | 0.45             | 0.75       | 1.05  | 0.90       |

\* Existen tablas para todos los cultivos.

#### 14.4. Ejemplo práctico para saber qué cantidad de agua aplicar y en cuánto tiempo

Pensemos en una zona como el Valle del Yeguaré, Francisco Morazán, Honduras a 800 msnm donde, la ETo máxima en abril es de 6.9 mm/día y el coeficiente (Kc), máximo para el cultivo del tomate es de 1.15 en la fase media del cultivo, (Cuadro 4), con la fórmula recomendada por la FAO se tendría lo siguiente:

$$E_{tc} = E_{To} \times K_c$$

Donde:

$$E_{Tc} = 6.9 \text{ mm/día} \times 1.15 \text{ (constante de } K_c) = 7.93$$

Redondeando se tendría 8 mm/día

Entonces 8 mm/día es la cantidad que realmente necesita el cultivo en la etapa de mayor demanda.

Es aconsejable que estos cálculos se hagan más detallados por periodos de una semana hasta 10 días. Al inicio el Kc está en el rango 0.35 a 0.45 (Cuadro 3), esto multiplicado por la ETo, por cada etapa de crecimiento del cultivo, da los requerimientos de agua de la planta. Hay que calcular también los requerimientos de riego.

Para que un cultivo reciba la cantidad necesaria de agua se requiere un poco más de este líquido, lo que se denomina Lámina Bruta de Riego. Esta cantidad depende del sistema que se tenga. La eficiencia de riego indica cuánta agua de la que entrega el sistema al suelo será utilizada por el cultivo que está sembrado. Para el goteo estimamos una eficiencia de riego (Er) del 90 al 95%, con esta eficiencia obtenemos la cantidad de milímetros que debemos aplicar, de la siguiente manera:

$$\text{Requerimiento de Riego (RR)} = E_{Tc} \div \text{Eficiencia de riego} \times 100$$

**Lamina Bruta de Riego (db)**

De donde:

$$\text{RR o db} = 8 \text{ mm (} E_{Tc} \text{)}/90 \text{ (Eficiencia estimada 90\%)} \times 100 = 8.88 = 9 \text{ mm, se deja en número redondo.}$$

Con el dato anterior podemos obtener el volumen de agua por planta (G)

$$G = (\text{db} \div f) \times S_p \times S_l$$

Donde:

**RR o db** = Requerimiento de riego o lámina bruta, que sería 9 mm

**f** = es la frecuencia de riego. En goteo este valor usualmente es 1(uno), lo que significa que se regará todos los días, solo durante el periodo de lluvias puede cambiar esta frecuencia.

**Sp** = es el espaciamiento entre plantas, que sería de 0.35 m, 35 cm

**Sl** = es el espaciamiento entre laterales de riego, que sería de 1.5 m entre lateral

$$G = (9 \text{ mm}/1.0 \text{ días}) \times 0.35 \text{ m} \times 1.5 = 4.72$$

$$G = 4.72 \text{ L/planta/día}$$

Ahora necesito saber ¿cuánto tiempo debo regar para darle a la planta esta cantidad de agua?, a esto se le llama **Tiempo de aplicación (Ta)**:

$$Ta = G / Np \times qa$$

Donde:

**G** = es el volumen de agua por planta, que es 4.72 L/planta/día

**Np** = Puntos de emisión por planta, este se obtiene de la siguiente manera:

- $Np = Sp/Se$

Donde:

- **Sp** = es el espaciamiento entre plantas = 0.35 m

- **Se** = espaciamiento entre goteros sobre el lateral = 0.20 (estamos asumiendo que se tiene una cinta de goteo de 8 milésimas de grosor de pared, con espaciamiento entre goteros de 20 cm).

$$Np = 0.35 / 0.20$$

$$Np = 1.75$$

**qa** = es el caudal nominal del gotero de lateral de riego, asumimos que tenemos una cinta T-TAPE y el gotero tiene una descarga de 0.99 L/h ( $qa = 0.99 \text{ L/h}$ ) por gotero a una presión de trabajo de 10 libras por pulgada cuadrada (PSI).

Entonces el **Tiempo de aplicación de agua** sería:

$$Ta = 4.72 \text{ L/planta/día} / 1.75 \times 0.99$$

$$Ta = 2.72 = 2 \text{ horas con } 45 \text{ minutos}$$

Para efectos prácticos de riego, en un suelo muy arenoso puedo dividir este tiempo de riego en dos, tres o más momentos durante el día, de 1 hora con 22 minutos si lo dividimos en dos turnos, y 55 minutos si lo regamos en tres turnos. Si el suelo a regar es franco, puedo realizar un solo riego de 2 horas con 45 minutos.

Aunque este dato pueda parecer un poco alto, debemos recordar que se obtuvo calculando con el dato más alto de  $E_{To}$ , en uno de los meses más secos, abril, y la fase de cultivo de mayor demanda. En la época de lluvia este valor bajará drásticamente, ya que la precipitación suplirá todo o la mayor parte del requerimiento del cultivo en el día.

Para el mismo cultivo, tomate, pero en el mes de enero, la  $E_{To}$  más baja es 4.8 mm, en una etapa inicial de cultivo con un  $K_c$  de 0.45, resumiendo todos los cálculos del ejercicio anterior nos daría los siguientes resultados:

$$E_{Tc} = 2.16$$

$$\text{Requerimiento de riego (RR) o Lámina Bruta (db)} = 2.4 \text{ mm}$$

$$\text{Volumen de agua por planta (G)} = 1.26 \text{ L/planta/día}$$

$$\text{Tiempo de aplicación de agua (Ta)} = Ta = G \div Np \times qa$$

$$Ta = 1.26 \text{ L/planta/día} \div 1.75 \times 0.99 \text{ L/h}$$

$$Ta = 0.713 \text{ h} = 45 \text{ minutos}$$

Este dato parece bajo, pero recordemos que es una etapa inicial del cultivo donde requiere menos agua y en un mes donde la  $E_{To}$  es más baja que en el verano.

En estos dos ejemplos, no podemos tener una RECETA de 2 horas por día como es común escuchar a muchos técnicos e instituciones que dan recomendaciones de riego a los productores, las fases inicial y final siempre requieren menos agua que la etapa de desarrollo y media del cultivo. Si promediamos a 2 horas de riego por día estaremos aplicando agua de más al inicio y final del cultivo, esto estaría elevando los costos de riego si tenemos motobomba para regar y estaríamos desperdiciando una porción del agua. Debemos recordar que el agua es un recurso natural sumamente valioso para la vida de todos nosotros, para la producción animal y la producción de cultivos.

Por el contrario estaremos dándole menos agua en las etapas intermedias, esto lleva a un estrés de la planta, repercutiendo en la reducción de los rendimientos y calidad de fruto.

Conociendo la demanda de agua del cultivo y en cuanto tiempo suplimos esta necesidad, se debe conocer si la fuente de agua tiene un caudal suficiente para cubrir las necesidades de agua del cultivo, por ejemplo, para 1.0 Mz de tomate, **¿puedo regar toda la Manzana de una vez o tengo que dividirla en secciones?**

Siguiendo con el ejemplo de tomate, asumiendo un suelo **Franco** y tomando el dato hipotético del aforo de fuente que se muestra al inicio del manual, en la sección de aforo volumétrico, sabemos que la fuente tiene un caudal de **6,804 L/hr**, entonces:

Necesidad de agua del cultivo:

$$G = 4.72 \text{ L/planta/día}$$

Tiempo de riego para cubrir esta demanda de agua ( $T_a$ ), esto es en cuantas horas regaremos todo el lote sembrado:

$$T_a = 2.72 \text{ h} = 2 \text{ horas con } 45 \text{ minutos}$$

Si dividimos el consumo total de la planta en el día (G) entre el tiempo en que se suple esta demanda ( $T_a$ ), según las características de la cinta de goteo. Obtendremos el consumo de la planta por hora:

$$\text{Consumo de la planta por hora} = \frac{4.72 \frac{\text{L}}{\text{Planta}} / \text{día}}{2.72 \text{ h}}$$

$$\text{Consumo de la planta por hora} = 1.73 \frac{\text{L}}{\text{h}} \text{ por planta}$$

Con estos datos puedo obtener el número de secciones o turnos de riego del sistema:

$$\text{Cantidad de turnos de riego} = \frac{\text{Requerimiento de agua del cultivo} \left( \frac{\text{L}}{\text{h}} \right)}{\text{Capacidad de la fuente de agua} \left( \frac{\text{L}}{\text{h}} \right)}$$

Si conocemos:

**Población de plantas/Mz:**

- Una Mz tiene **7000 m<sup>2</sup>**, es decir **84 m largo × 84 m ancho** aproximadamente, si fuera una manzana cuadrada.
- Distanciamiento entre surco o cama = **1.5 m**
- Distanciamiento entre planta = **0.35 m**
- Número de camas = 84 m de ancho ÷ 1.5 m entre camas = **56 camas**

- Número de plantas por cama = 84 m de largo de cama  $\div$  0.35 m entre planta = **240 plantas por cama**
- Total de plantas por manzana = 56 camas  $\times$  240 plantas por cama = **13,440 plantas/Mz**

**Consumo de agua por planta = 1.73 L/h/planta**

**Requerimiento total de agua del cultivo en 1 Mz:**

13,440 plantas/Mz  $\times$  1.73 L/h/planta = **23,251 L/h/Mz**

**Capacidad de la fuente = 6,804 L/h**

$$\begin{aligned} \text{No. de turnos de riego} &= \frac{23,251 \text{ L/h}}{6,804 \text{ L/h}} \\ \text{No. de turnos de riego} &= 3.42 \\ &= 4 \text{ turnos o secciones, redondeamos al valor más alto} \end{aligned}$$

- El resultado obtenido nos indica que dividiremos la manzana en cuatro turnos de riego y cada turno de riego durará el valor del tiempo de aplicación ( $T_a$ ) = 2 horas con 45 minutos, para regar toda la manzana se necesitan 11 horas, este es el tiempo total de riego.
- Este tiempo de 11 h resulta alto, pero recordemos que estamos regando de una pequeña fuente de agua y por diferencial de altura, con una fuente de agua más grande y un sistema de bombeo este valor bajaría probablemente a la mitad.
- También se tomaron los datos más altos de demanda de agua del cultivo, el mes de abril y la etapa del cultivo con mayor consumo de agua.

Para los cálculos anteriores se asumió un punto de humedad del suelo debajo del margen de seguridad, sin haber lluvia.

Recordemos que el secreto del riego es dotar a la planta en forma intermitente del agua que consume continuamente. Para llegar a suplir esta necesidad de agua es necesario tomar en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente como la frecuencia de riego, turnos de riego, horas de riego, etc.

## 15. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL SUELO

La humedad del suelo es una propiedad física muy importante; en la agricultura es determinante puesto que de ella dependerán muchas de las decisiones que tomemos sobre nuestros cultivos, así como también nos permite conocer el estado en el que se encuentra el suelo y lo que podemos hacer con éste.

El agua del suelo se encuentra en forma de una película que rodea las partículas del suelo. La película es gruesa cuando hay bastante humedad en el suelo y por el efecto de unas fuerzas externas de absorción (absorción por la raíz de la planta y evaporación) disminuye el espesor de la película.

### 15.1. Tensión de humedad de agua del suelo

La tensión de humedad es una medida que sirve para medir la fuerza con la cual está retenida el agua a las partículas del suelo. Cuando aumenta la tensión disminuye el espesor de la película de agua. Es más fácil extraer agua de películas gruesas de humedad, pero es necesaria una tensión elevada para extraer agua de películas delgadas.

### 15.2. Tensiómetro

Un tensiómetro es un instrumento que indica el estado de la humedad del suelo. Nos sirven para evaluar el esfuerzo que deben llevar a cabo las raíces para absorber el agua disponible. El tensiómetro es un tubo alargado que en uno de sus extremos cuenta con una cápsula porosa, generalmente fabricada en cerámica, permitiendo intercambiar humedad entre la tierra y el tubo, así nosotros podamos obtener una medida para poder tomar una decisión.

La unidad de medida comúnmente usada en los aparatos que encontramos en nuestro medio para medir esta tensión es el centibar (cb), o sea, la centésima parte de un bar. Los tensiómetros funcionan en el rango de 0 a 100 cb, que corresponde al 100% de la humedad aprovechable, aproximadamente.



Foto 11. Tensiómetro.



Foto 12. Tensiómetros colocados a distinta profundidad

Los tensiómetros se usan en agricultura, invernaderos, plantaciones frutales, etc. Tienen un empleo más profesional en horticultura comercial, siendo más populares otro tipo de sensores de humedad en jardines particulares, huertos, frutales, etc.

Cómo podemos deducir, un tensiómetro es un aparato muy útil, que manejado de forma adecuada nos indica el momento oportuno para aplicar riego y su duración.

### Funcionamiento

Cuando el tensiómetro es instalado en un suelo seco, la tensión de humedad que ejerce el suelo se transmite a través de los poros de la cerámica (el suelo trata de quitarle agua al tensiómetro) y se produce un vacío dentro del cuerpo del instrumento. Entre más seco esté el suelo, más vacío se produce dentro del tensiómetro. Cuando se aplica un riego, ocurre el fenómeno contrario y el vacío dentro del cuerpo del instrumento disminuye.

Como mencionamos anteriormente, las unidades que se utilizan en tensiometría son los centibares, es decir la centésima parte de un Bar. Si tengo 760 mm de Hg son equivalentes a 1 Atmósfera (atm) y a 1.013 Bares (bar). Un (1) cb es equivalente a 7.5002 mm de Hg. La presión atmosférica a nivel del mar

es de 101.3 cb. Esto quiere decir que el agua que está dentro del cuerpo del tensiómetro antes que empiece a hacer vacío está a una presión positiva de 101.3 cb. A medida que comienza a producirse vacío dentro del tensiómetro la presión positiva va disminuyendo.

**Cuadro 4.** Relación lectura del tensiómetro–contenido de humedad del suelo.

| Lectura del Tensiómetro<br>En centibares (cb) | Condición de humedad del suelo                   |
|---|--|
| 0 a 10  | Saturado por riego reciente                      |
| 10 a 25                                       | Capacidad de campo                               |
| 25 a 50                                       | Humedad intermedia, buena disponibilidad de agua |
| 50 a 80                                       | Debería regarse                                  |

### Instalación y mantenimiento de tensiómetros

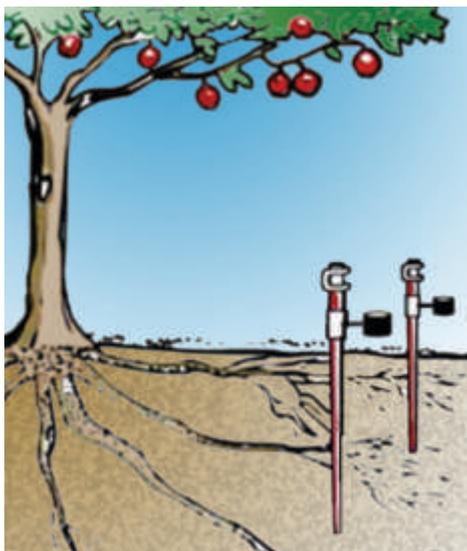
Los tensiómetros son fáciles de instalar y usar.

1. Se rellena el tensiómetro completamente con agua destilada y se coloca la zona de la cápsula porosa en un recipiente con agua destilada a un nivel que la cubra totalmente, sin la tapa rosca superior (para saturar la cápsula) durante 24 horas.
2. Al transportar el instrumento hay que proteger la punta de cerámica de la sequedad del aire con un paño húmedo o similar.
3. Con una barrena se hace un hoyo en el suelo del tamaño aproximado al largo y ancho del tensiómetro.
4. Se introduce un puñado de tierra suelta en el fondo y se coloca el tensiómetro presionando cuidadosamente.
5. Se rellena con tierra alrededor dejando un pequeño alto para evitar apozamientos que interfieran en las lecturas. Dejar al menos 3 cm de espacio entre la superficie de la tierra y la base del tensiómetro.
6. De vez en cuando puede que el tensiómetro necesite ser llenado con agua. Usualmente, bajo condiciones regadas, el tensiómetro se llena por sí mismo cuando el agua de riego se aplica al campo.
7. Si el suelo es blando y está recién regado puede introducirse directamente al suelo presionándolo suavemente para no dañarlo.
8. Una vez instalado, se agrega agua destilada sólo si es necesario, para rellenar y dar ligeros golpes para extraer las burbujas de aire del interior.

Normalmente se deben colocar dos tensiómetros a distinta profundidad en cada punto a controlar, pero es frecuente ver uno solo. En árboles es muy importante el segundo tensiómetro más profundo.

El más superficial de los tensiómetros es el que indica el agua disponible para el cultivo; el más profundo orienta sobre las pérdidas y la evolución de la humedad a lo largo del perfil y se dispone de forma que alcance la profundidad del cultivo y algo más distanciado del emisor.

Es recomendable que el primero este situado a 10 cm del emisor.



**Fig. 13.** Ubicación de tensiómetros en el suelo.

Si es una parcela con distintos tipos de suelos habrá que colocar tantas estaciones de tensiómetros como tipos de suelo haya.

Idealmente el tensiómetro no debe sacarse del suelo durante la temporada de riego.

Es conveniente cambiarlos de lugar, al menos cada 2 años.

### 16. MÉTODO MANUAL PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL SUELO

Este método es muy práctico y uno de los más comunes en áreas pequeñas de cultivo, consiste en tomar con la mano una porción del suelo que estamos regando, podemos tomar de la superficie y también de 30 cm de profundidad para conocer la humedad en estos dos puntos.

Esta muestra la podemos extraer con un tubo Hoffer, con una pala o simplemente con las manos. La porción de suelo que hemos tomado la debemos apretar en nuestra mano y luego abrir la mano, si al abrir la mano la porción de suelo se desmorona o deshace significa que le falta humedad al suelo, si al apretar la porción de suelo se escurre agua por la mano quiere decir que tiene exceso de humedad.

El punto óptimo, el que estará cercano a la capacidad de campo (CC), es cuando al apretar no escurre agua y cuando abrimos la mano la porción de suelo se mantiene compacta o unida, es decir no se desmorona, en este punto el suelo no necesita más agua foto 13.



**Foto 13.** Este suelo se encuentra en Capacidad de Campo (CC), el punto óptimo de humedad del suelo.



**Fig. 14.** Resumen de las variables del diseño y su interacción para el logro de un planteamiento y diseño final. (Tomado de: Nicoll Durman).

## PRÁCTICA No. 2

Desarrollar el cálculo de cuanta agua necesita un cultivo en una etapa fenológica determinada con los datos que se le proporcionan a continuación.

### Objetivo:

Conocer el procedimiento para obtener la demanda de agua de un cultivo

### Materiales:

- Manual de riego
- Cuaderno
- Lápiz
- Calculadora

### Procedimiento:

Seguir el ejemplo de la unidad 4, página 46 de este manual.

## PRÁCTICA No. 3

Determinación del contenido de humedad del suelo, método manual.

### Objetivo:

Realizar el método práctico manual para conocer la humedad del suelo

### Materiales:

- Bote o paila con agua
- 4 Lb de tierra seca.

### Procedimiento:

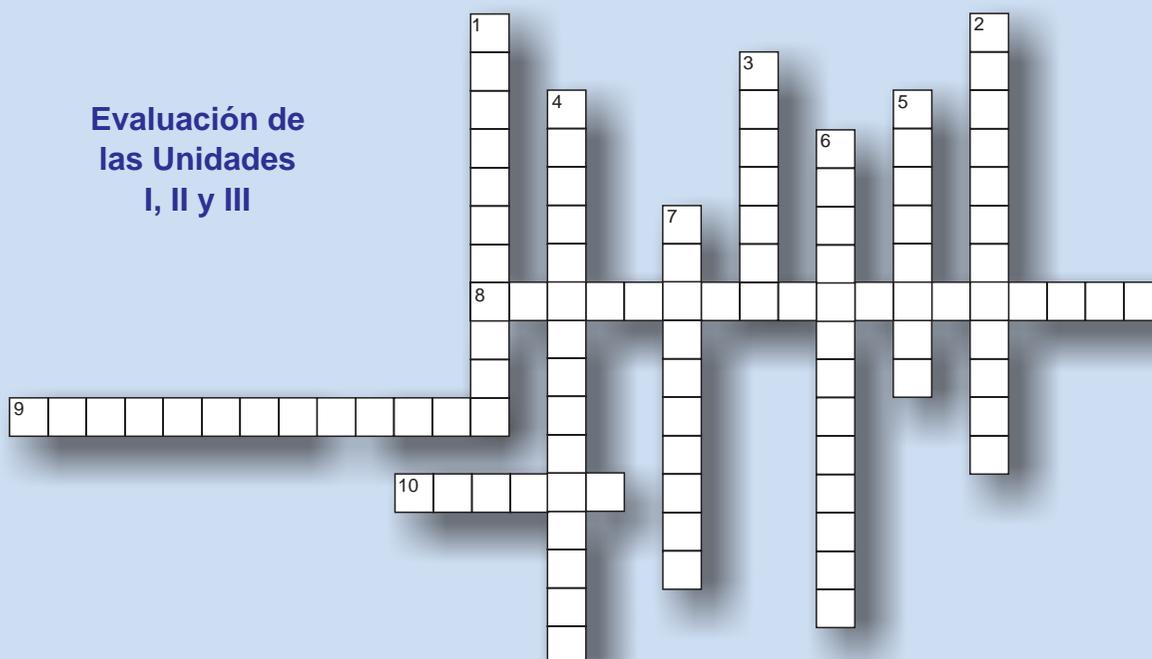
Separar la tierra en tres pequeños bultos, un bulto con tierra seca, el segundo con exceso de agua y la tercera la mojaremos poco a poco hasta llegar a capacidad de campo.

Del primer bulto tomamos una porción de tierra que nos quepa en la mano, la apretamos y abrimos la mano, observaremos que la porción que tomamos se desmoronará, esto nos indica que el contenido de humedad del suelo es bajo y necesita riego.

Luego tomamos una porción del bulto que le agregamos mucha agua y que está muy húmedo, lo apretamos y observaremos como escurrirá agua a través de los dedos y de la mano, esto nos indica que el suelo tiene exceso de humedad y no necesita regarse hasta que su contenido de humedad baje.

Finalmente tomamos tierra de la última porción de tierra y aplicamos poco a poco agua, mientras apretamos la tierra en nuestra mano, cuando podemos apretar y no escurre agua y si al abrir la mano no se desmorona y queda como una plasta solida entonces podemos decir que esta a capacidad de campo. Y este es el punto óptimo de humedad del suelo cuando tenemos un cultivo establecido.

### Evaluación de las Unidades I, II y III



#### Horizontal

8. Es definida como la velocidad de evaporación de un manto de hierbas verdes de gran extensión.
9. En zonas donde no existen fuentes de agua, se pueden construir pequeñas lagunas para captación de aguas lluvias.
10. Se refiere a la cantidad de agua en galones que proporciona esta fuente en una unidad de tiempo determinada.

#### Vertical

1. Es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca.
2. Es el paso del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra.
3. Se refiere al tamaño de las partículas del suelo.
4. Es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.
5. Es la cantidad en galones a la que tendría derecho una persona al día para realizar todas sus actividades normales.
6. Consiste en la vaporización del agua líquida contenida en el tejido vegetal y la remoción de este vapor hacia la atmósfera.
7. Es el tipo de agrupamiento de las partículas de suelo.

# UNIDAD V

## COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

### Objetivo:

Conocer los principales componentes de un sistema de riego por goteo.

### 17. PARTES DE UN SISTEMA INTEGRADO DE RIEGO

Los sistemas de riego están integrados por distintas partes, algunos pueden llevar muchos componentes y otros solo los más básicos, en la figura 15 se muestra un detalle de los componentes que podría tener un sistema de riego.

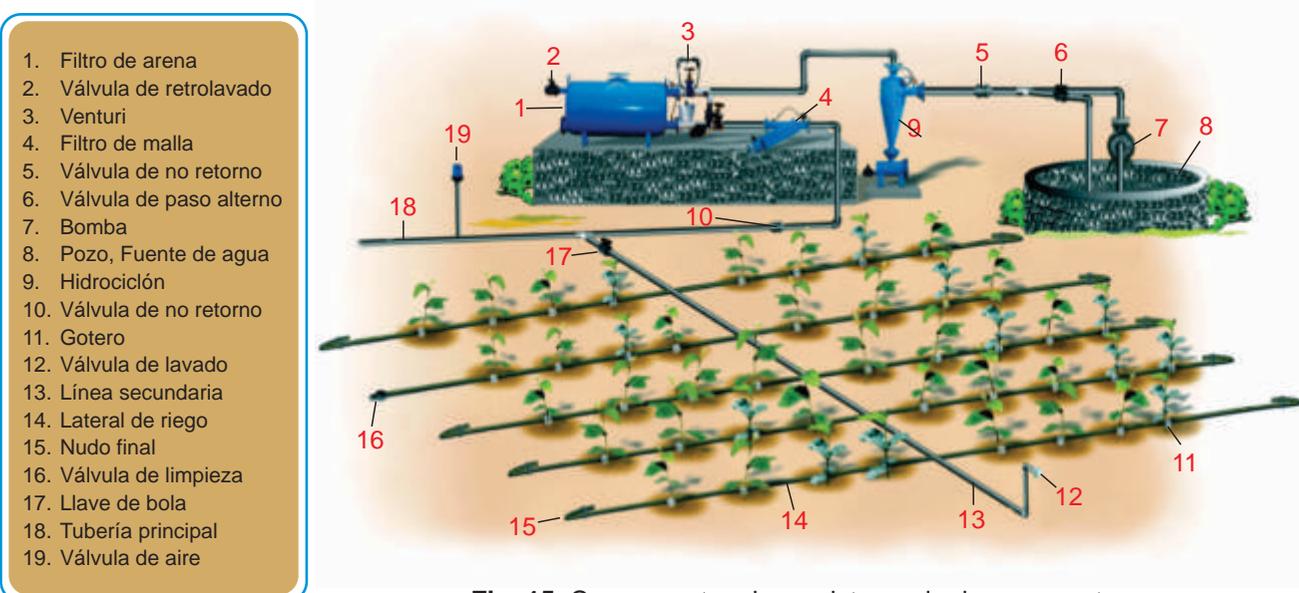


Fig. 15. Componentes de un sistema de riego por goteo.

### 18. TUBERÍAS

Las tuberías para conducción vienen a ser las venas del sistema, por medio de ellas se transporta el agua a los sitios de riego. Existen varios tipos de tuberías, básicamente diferenciados por el material del que están fabricados, siendo la tubería de PVC el más común, por su precio, la facilidad de instalación y su accesibilidad en el mercado a repuestos y accesorios.

Tubería PVC: la tubería PVC se puede encontrar en diámetros desde  $\frac{1}{2}$ " hasta 15", una de las grandes ventajas es su inercia ante casi cualquier líquido, además que sus paredes son bastante lisas y esto hace que las pérdidas por fricción sean pocas. Su duración puede ser varios años, sobre todo si la misma va enterrada.

## 19. QUÉ SIGNIFICA EL SDR EN LA TUBERÍA

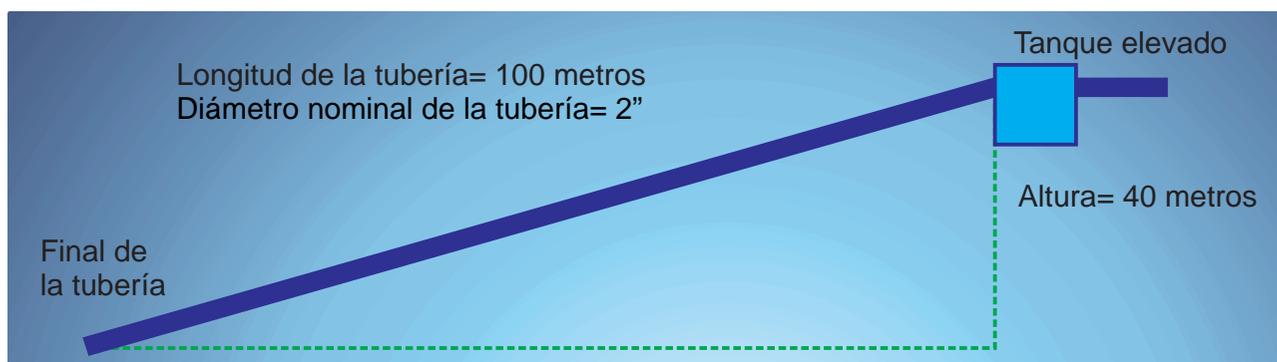
Los SDR más comerciales son el SDR 13.5 para el tubo de 1/2" únicamente, el SDR 21 para el tubo de 3/4", el SDR 26, SDR 41 y SDR 64. Las mismas se seleccionarán según la presión máxima de trabajo del sistema. Toda la tubería PVC conserva el mismo diámetro externo, por tanto no importa el SDR, todas utilizan el mismo tipo de accesorios de PVC.

**Cuadro 5.** Características de una tubería PVC.

| SDR  | Diámetro Nomina | Peso l(Kg) | Diámetro (pulgadas) |         | Presión de trabajo (PSI) | Presión de Rotura (PSI) |
|------|-----------------|------------|---------------------|---------|--------------------------|-------------------------|
|      |                 |            | Interno             | Externo |                          |                         |
| 13.5 | 1/2"            | 0.886      | 0.716               | 0.840   | 315                      | 1000                    |
| 17   | 2"              | 5.720      | 2.095               | 2.375   | 250                      | 800                     |
| 17   | 2 1/2"          | 8.382      | 2.537               | 2.875   | 250                      | 800                     |
| 17   | 3"              | 12.423     | 3.088               | 3.500   | 250                      | 800                     |
| 17   | 4"              | 20.536     | 3.970               | 4.500   | 250                      | 800                     |
| 21   | 1 1/2"          | 3.001      | 1.719               | 1.900   | 200                      | 630                     |
| 21   | 2"              | 4.689      | 2.149               | 2.375   | 200                      | 630                     |
| 21   | 2 1/2"          | 6.871      | 2.601               | 2.875   | 200                      | 630                     |
| 21   | 3"              | 10.183     | 3.166               | 3.500   | 200                      | 630                     |
| 21   | 4"              | 16.832     | 4.072               | 4.500   | 200                      | 630                     |
| 26   | 1 1/2"          | 2.448      | 1.754               | 1.900   | 160                      | 500                     |
| 26   | 2"              | 3.825      | 2.193               | 2.375   | 160                      | 500                     |
| 26   | 2 1/2"          | 5.578      | 2.655               | 2.875   | 160                      | 500                     |
| 26   | 3"              | 8.308      | 3.230               | 3.500   | 160                      | 500                     |
| 26   | 4"              | 13.733     | 4.154               | 4.500   | 160                      | 500                     |
| 32.5 | 1 1/2"          | 2.025      | 1.783               | 1.900   | 125                      | 400                     |
| 32.5 | 2"              | 3.086      | 2.229               | 2.375   | 125                      | 400                     |
| 32.5 | 2 1/2"          | 4.522      | 2.698               | 2.875   | 125                      | 400                     |
| 32.5 | 3"              | 6.702      | 3.284               | 3.500   | 125                      | 400                     |
| 32.5 | 4"              | 11.079     | 4.224               | 4.500   | 125                      | 400                     |
| 41   | 3"              | 5.349      | 3.330               | 3.500   | 100                      | 315                     |
| 41   | 4"              | 8.843      | 4.280               | 4.500   | 100                      | 315                     |
| 51   | 4"              | 7.275      | 4.336               | 4.500   | 80                       | 250                     |
| 64   | 3"              | 3.513      | 3.388               | 3.500   | 63                       | 200                     |
| 64   | 4"              | 5.718      | 4.360               | 4.500   | 63                       | 200                     |

Norma Hondureña, Comisión Interinstitucional de Normalización, CAPRE-ADESAPA. 07-1/1999 (dejar este cuadro en una sola página)

En el siguiente ejemplo podemos ver que si tenemos un tanque elevado a 40 m sobre el nivel del suelo, entonces la presión que se ejerce al final de cualquier tubería de conducción es de casi 57 PSI.



**Fig. 16.** Presión de la tubería de acuerdo a la elevación de un tanque.

EL cálculo se hace de la siguiente manera, aplicando una regla de tres directa:

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ metro columna de agua} = 1.42 \text{ PSI} \\
 &40 \text{ metros columna de agua} = x \\
 &X = \frac{40 \times 1.42}{1} \\
 &X = 56.7 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

Esta presión es correcta no importando el diámetro de la tubería, ni el material, ni el recorrido o distancia, siempre y cuando el agua no esté en movimiento, como por ejemplo, con la válvula al final de la tubería cerrada.

**Cuadro 6.** Capacidad de conducción de agua de la Tubería PVC por su Diámetro para no sobrepasar las velocidades de diseño.

| Diámetro<br>Pulgadas (mm) | Caudal en m <sup>3</sup> /h<br>1.9 metros/seg | Caudal en GPM<br>6 pies/seg |
|---------------------------|---|-----------------------------|
| 1" (25)                   | 3.4   | 15                          |
| 2" (50)                   | 13  | 58                          |
| 3" (76)                   | 30  | 130                         |
| 4" (101)                  | 54  | 232                         |
| 6" (152)                  | 120   | 520                         |
| 8" (203)                  | 178   | 775                         |

Fuente: Manual técnico de tubería Durman, empresa que fabrica y vende materiales de PVC y riego.

En este ejemplo, vemos que existe una tubería de PVC con un diámetro nominal de 2". Si usamos el Cuadro 6, podemos ver que el diámetro interno de esta misma tubería, con un SDR de 32.5, es 2.229". Bajo esas condiciones, el caudal (Q) máximo que podría transportar esa tubería, dadas las condiciones del diagrama, se muestra en el siguiente cálculo:

$$\begin{aligned}
 &H_f = 0.090194 \times \left(\frac{100}{C}\right)^{1.852} \times \frac{D^{1.852}}{Q^{4.866}} \\
 &17.3 \text{ PSI en 100 pies de tubería} = 0.090194 \times \left(\frac{100}{150}\right)^{1.852} \times \frac{2.229^{1.852}}{Q^{4.866}} \\
 &Q = 210.5 \text{ galones por minuto}
 \end{aligned}$$

Partiendo de que el objetivo de un sistema de riego es sacar provecho de esa ganancia de presión para operarlo, entonces limitamos la velocidad dentro de la tubería a que no sea mayor a 1.5 m/s, tal como mencionamos anteriormente. Existen tablas desarrolladas a través de la ecuación de Hazen & Williams, que nos indican, de manera rápida y sencilla, los caudales que se pueden manejar eficientemente en los diferentes diámetros de tubería.

## 20. FRICCIÓN

### 20.1. Pérdida de presión a lo largo de la tubería

Es la pérdida de presión ocasionada por el movimiento del agua a lo largo de la tubería, es constante, para un mismo diámetro y es la principal pérdida de presión en la mayoría de los proyectos de conducción del agua.

A continuación se presenta la Ecuación de Hazen–Williams, para calcular la pérdida de presión a lo largo de las tuberías:

$$V = 0.355 \times C \times D^{0.63} \times J^{0.54}$$

$$Q = 0.2788 \times C \times D^{2.63} \times J^{0.54}$$

$$J = 6.806 \times \frac{1}{D^{1.17}} \times \left(\frac{V}{C}\right)^{1.852}$$

$$J = 10.646 \times \frac{1}{D^{4.87}} \times \left(\frac{V}{C}\right)^{1.852}$$

Donde:

Q = caudal, m<sup>3/s</sup>

V = velocidad media, m/s

D = diámetro del tubo, m;

J = Pérdida de carga o presión unitaria, m/m

C = Coeficiente que depende de la naturaleza de la pared interna del tubo (material y estado).

**Cuadro 7.** Valores del Coeficiente de Hazen Williams (C)

| TIPO DE CONDUCTO             | C         |
|------------------------------|-----------|
| Acero corrugado              | 60        |
| Acero galvanizado            | 125       |
| Tubos de cemento             | 130 a 140 |
| Hierro fundido, nuevo        | 130       |
| Hierro fundido, viejo        | 90 a 100  |
| Plásticos y polietileno (PE) | 140 a 145 |
| PVC rígidos                  | 145 a 150 |

## 20.2. Pérdida de presión o carga localizada

Siempre que ocurren cambios en la dirección del flujo de agua o en la velocidad, habrá una pérdida de presión localizada, proveniente de la alteración de las condiciones del movimiento, estas pérdidas localizadas se sumarán a las pérdidas debidas a la fricción ( $h_{f, it}$ ).

$$H_f = h_{f, it} + h_{f, loc.}$$

Estas pérdidas son ocasionadas por accesorios como: curvas, registros o válvulas, tees, cambio de dirección, codos, etc.

Esta pérdida se puede calcular por la ecuación:

$$H_{f, loc} = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

$h_{f, loc}$  = Pérdida de presión o carga localizada, m;

K = Coeficiente del accesorio que causa la pérdida de presión;

V = Velocidad del agua en la tubería, m/s.  $V = \frac{Q}{A}$

g = Aceleración de la gravedad: 9.81 m/s<sup>2</sup>

## 20.3. Velocidades admitidas en las tuberías

En las tuberías que elevan agua la velocidad del agua dentro de la tubería puede variar de 0.6 a 2.4 m/s, los valores más usados se encuentran entre 1 y 2 m/s.

**Cuadro 8.** Valores del Coeficiente de Perdida de Presión localizada (K).

| Accesorios que ocasiona la pérdida de presión localizada | K    |
|--|------|
| Ampliación gradual                                       | 0.30 |
| Boquillas  | 2.75 |
| Compuerta abierta  | 1.00 |
| Controlador de caudal                                    | 2.50 |
| Codo de 90 grados  | 0.90 |
| Codo de 45 grados  | 0.40 |
| Curva de 90 grados                                       | 4.40 |
| Curva de 45 grados                                       | 0.20 |
| Curva de 22 ½ grados                                     | 0.10 |
| Entrada normal en canal                                  | 0.50 |
| Entrada de borda   | 1.00 |
| Existencia de pequeñas derivaciones                      | 0.03 |
| Unión  | 0.40 |
| Medidor Venturi  | 2.50 |
| Reducción gradual  | 0.15 |
| Registro de ángulo, abierto                              | 5.00 |
| Registro de gaveta, abierto                              | 0.20 |
| Registro de globo, abierto                               | 1.00 |
| Salida del tubo  | 1.00 |
| Tee, pase directo  | 0.60 |
| Tee, salida lateral                                      | 1.30 |
| Tee, salida bilateral                                    | 1.80 |
| Válvula de pie (sapo)                                    | 1.75 |
| Válvula de retención                                     | 2.50 |
| Velocidad  | 1.00 |

#### 20.4. Cálculo de una tubería (ejemplo)

Para un sistema de riego se necesita conducir un caudal de 30 litros/segundo, a una distancia de 2 Km., el tubo será de hierro fundido usado, y en la cual serán instalados una curva de 45 grados, una curva de 90 grados, un registro de gaveta, y una válvula de retención.

Determinar el diámetro de la tubería y la pérdida de presión correspondiente.

Para una tubería de 5" (cinco pulgadas), a velocidad del agua será:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.030 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi \times (0.125)^2}{4}} = 2.445 \text{ m/s} \text{ la velocidad está alta.}$$

Para una tubería de 6" (pulgadas), la velocidad del agua sería:

$$V = \frac{0.030 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi (0.150)^2}{4}} = \mathbf{1.698 \text{ m/s}}$$

Esta velocidad está dentro de los límites usuales.

La pérdida de presión para este diámetro será:

1. La pérdida de presión, a lo largo de la tubería, aplicando la ecuación de Hazen-Williams, se obtiene por el cuadro del coeficiente  $C = 100$ .

$$J = 10.648 \times \frac{1}{(0.15)^{4.87}} \times \left( \frac{0.03}{100} \right)^{1.852} = 0.03275 \text{ m/m.}$$

$$h_{f_{it}} = 2000 \text{ m} \times J$$

$$h_{f_{it}} = \mathbf{65.51 \text{ m}}$$

2. Pérdida de carga o presión localizada:

$$h_{f_{loc}} = K \frac{V^2}{2g}$$

Por el cuadro del coeficiente  $K$  se tienen los siguientes valores:

Curva de 45 grados = 0.2

Curva de 90 grados = 0.4

Registro de gaveta = 0.2

Válvula de retención = 2.5

Salida del tubo = 1.0

$$h_{f_{loc}} = (0.2+0.4+0.2+2.5+1.0) \times \frac{1.698^2}{2 \times 9.81} = \mathbf{0.63 \text{ m}}$$

3. La pérdida de carga o presión total será:

$$H_f = 65.51 + 0.63 = \mathbf{66.14 \text{ m}}$$

**Respuesta:**

Se puede usar un diámetro del tubo de 6" (pulgadas), con el cual la pérdida de presión será de 66.14 m, y la velocidad media del agua será de 1.698 m/s.

Además del PVC existen tuberías en hierro y aluminio; pero su costo está muy por encima del PVC y su utilización está limitada para aquellas situaciones que aplican, también se puede trabajar con tubería de polietileno y Layflat.



**Foto 14.** Tubería de polietileno (PE).



**Foto 15.** Tubería LAYFLAT.

**21. ACCESORIOS DE PVC**



**Foto 16.**  
Codo de  
PVC  
de 90°

Codos. Se utilizan cuando hay cambios de dirección en la tubería de conducción o para instalar filtros, sistema de fertilización o bombeo. Existen codos de 45 grados y de 90 grados esto indica el grado de inclinación del ángulo del codo.

Son un accesorio que tiene la forma de la letra **T** de allí su nombre, tiene tres orificios para insertar la tubería. Se utilizan para armar las válvulas, filtros o derivar ramales de una línea de conducción.



**Foto 17.** Tee de PVC.



**Foto 18.**  
Adaptador  
hembra PVC,  
roscado  
por dentro.



**Foto 19.**  
Adaptador  
macho PVC,  
rosca  
por fuera.

Los adaptadores hembra y macho parecen tapones, pero no son cerrados, sus dos extremos son abiertos, un extremo es liso y el otro es roscado. Se utilizan para unir la tubería con un accesorio que tenga rosca, como un filtro o una válvula de aire. Existe una diferencia entre adaptadores hembra y macho, la forma de reconocerlos es recordar que el macho tiene la rosca por fuera y el hembra tiene la rosca por dentro.



**Foto 20.**  
Unión  
universal  
PVC.

Uniones universales o uniones tope, son parecidas a los adaptadores pero sus dos extremos son lisos, llevan una rosca en la parte media del accesorio, esta se puede roscar y desenroscar. Se utilizan en los sistemas cuando queremos retirar la bomba, filtros u otros componentes de la tubería donde están instalados.

El reductor es liso por fuera y por dentro tiene la apariencia de tener incrustado otro accesorio más pequeño. Los reductores de PVC, los utilizamos cuando pasamos de un diámetro de tubería o accesorio mayor a un diámetro menor, como de un tubo de 3 pulgadas a uno de 2 pulgadas.



**Foto 21.** Reductor de PVC.

## 22. BOMBAS

Un equipo de bombeo se compone de motor y bomba, los motores pueden ser a combustión o eléctricos. Los sistemas de bombeo difieren mucho según sean la fuente de agua a utilizar, así un equipo de bombeo para un pozo perforado tiene una configuración diferente a una que será utilizada para succionar de un reservorio a cielo abierto, pero en esencia mantiene sus dos partes esenciales bomba + motor.

El sistema de bombeo es prácticamente el corazón del sistema de riego, es utilizada para impulsar un volumen de agua en un tiempo determinado (caudal) con una fuerza  $x$  (presión). Cada sistema de riego tiene un requerimiento específico de caudal (GPM, galones por minuto) y presión (PSI, libras por pulgada cuadrada), estos datos se obtienen del diseño hidráulico y es el último dato que se obtiene.

Lo ideal es que el equipo de bombeo se compre basado en los datos de diseño y no diseñar en base a un equipo ya comprado, pues muy probablemente este no tendrá las especificaciones necesarias o adecuadas.

## 23. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE BOMBEO

- **Tubería de succión.** Es la tubería por donde se moviliza el agua desde la fuente hasta llegar a la carcasa.
- **Carcasa.** Es el lugar donde llega el agua después de pasar por la succión. Su función es la de contener el agua que es impulsada por el rodete para que aumente la presión.
- **Rodete.** Conocido también como impulsor; con la ayuda de las aletas o álabes ayuda a crear la fuerza centrífuga que impulsa el fluido que llega a la carcasa.
- **Cañón de descarga.** Dirige el fluido a la salida del sistema.
- **Caja de rodamiento.** Contiene el eje de la bomba, que es impulsado por el motor.

- **Sello.** Va colocado en el eje de la bomba. Evita la entrada de aire al eje de la bomba y el calentamiento del eje de rotación.

## 24. FORMA DE OPERACIÓN DE UNA BOMBA

El rotor o impulsor de la bomba puede ser movido por un motor de combustión interna o por un motor eléctrico. Al moverse el impulsor crea una fuerza centrífuga que impulsa el agua desde el ojo del impulsor hacia las paredes de la carcasa, en la cual es conducida hasta llegar al cañón de descarga.

Antes de encender el motor, se debe crear un vacío dentro de la carcasa, esto se realiza mediante una bomba de vacío o llenando la carcasa con agua (cebado). Al encender el motor de la bomba, genera una fuerza centrífuga que desplaza el agua dentro del carcasa hasta el cañón de descarga. Esto genera que la presión dentro de la carcasa sea menor que la presión dentro del tubo de succión, por lo que la columna de agua que empuja la presión atmosférica puede ocupar ese espacio en el tubo. De esta manera la impulsión y llenado es continuo.

La función de las bombas es impulsar el agua que llega al ojo de succión. La introducción del fluido a la succión se da por el empuje que ejerce la presión atmosférica, la cual a nivel de mar es equivalente a 10.33 metros de columna de agua o 14.7 PSI.

Antes de encender el motor de una bomba debemos asegurarnos que el nivel de aceite del motor está lleno y preguntar al proveedor si la bomba es autocebante o se tiene que cebar antes de encenderla. Hay que revisar continuamente el aceite del motor y las bujías para realizar los cambios oportunos y que el equipo pueda tener una vida útil más prolongada.

## 25. TIPO DE BOMBAS

Las bombas se dividen en dos grande grupos:

- Desplazamiento positivo: Son utilizadas para mover líquidos viscosos.
  - ? Bomba de engranajes
  - ? Bomba de pistones
  - ? Bombas émbolo
- Dinámicas: Son las que operan en forma rotativa produciendo un movimiento centrífugo del líquido; son las más utilizadas para riego.
  - ? Bombas centrífugas

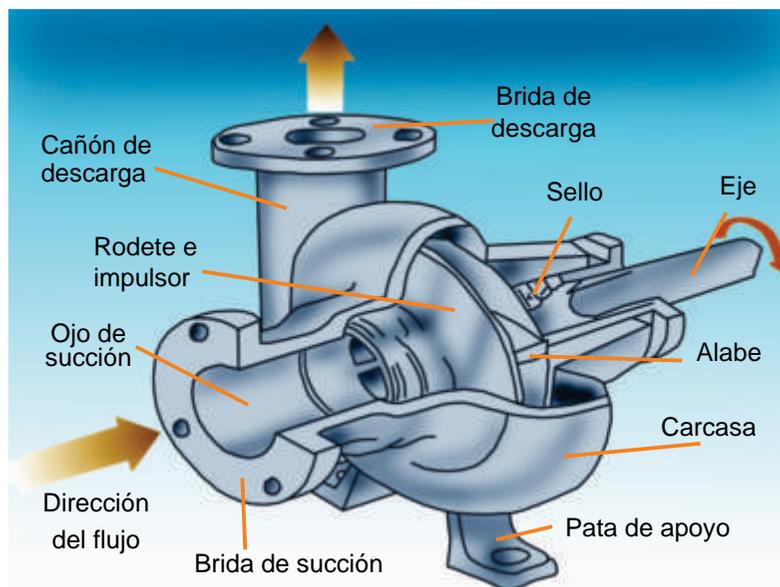


Fig. 17. Partes principales de una bomba.

- **Impulsor abierto**
- **Impulsor cerrado**
- **Sumergibles**
- **Axiales**
- **Rotatorias**

Entre las bombas más utilizadas tenemos las bombas centrífugas y rotatorias.

- **Centrífugas.** Operan con base en el principio de la fuerza centrífuga. Si se coloca un impulsor dentro de agua y los hacemos girar, el agua saldrá impulsada por los álabes del impulsor. A medida que más agua es expulsada por los álabes, más agua sigue llegando al centro del impulsor por ser esta una zona de menor presión, manteniendo así un flujo continuo sin variaciones de presión.



Foto 22. Bomba Centrífuga.

- **Bombas centrífugas con impulsor abierto.** Estas bombas se caracterizan por tener unido los álabes al eje de giro y se mueven entre dos paredes laterales.

Se utilizan mucho en aguas arenosas y o con un alto contenido de sólidos suspendidos.

- **Bombas centrífugas con impulsor cerrado.** Los álabes de este tipo de bombas se encuentran ubicados entre dos paredes laterales. Esto evita fugas en el sistema. Generan mayor presión que las anteriores.
- **Bombas sumergibles.** Son sistemas en los cuales las bombas van sumergidas en el fluido, evitando de esta manera el cebado de la bomba ya que el impulsor siempre va a estar rodeado de líquido.

Estas bombas comúnmente se utilizan en pozos evitando de esta manera todos los problemas de succión, que son el principal problema de las bombas centrífugas.

- **Bombas Axiales.** Se utilizan para mover grandes volúmenes de agua. No trabajan con presiones altas. Son utilizadas en acuicultura para llenar estanques en donde lo primordial es mover grandes volúmenes de agua, sin preocuparse por la presión con la que van empujar el agua.



Foto 23. Bomba sumergible.

- **Rotatorias.** Transporte directo de un fluido de un lugar a otro. El agua entra a la carcasa por una disminución de presión generada por los elementos rotatorios de la bomba. Una vez que el agua llega a la cavidad es arrastrada por la propia rotación de los elementos rotatorios, hasta ser expulsada por el cañón de descarga. Las bombas más comunes son las de engranajes. El tamaño de la bomba y la velocidad de rotación determinan la capacidad de manejo de flujo de la bomba.

## 26. CAUDAL Y PRESIÓN DE UNA BOMBA

Hay diversidad de diseños de bombas que funcionan a diferentes presiones y caudales. Para calcular la presión o carga necesaria de la bomba, para que el sistema de riego trabaje de una forma eficiente, se debe considerar todos los obstáculos que el agua va a presentar al ser transportada de un punto A un punto B, esto se conoce como **carga dinámica total**.

La carga dinámica total comprende los siguientes puntos:

- **Altura estática de succión,** Es la altura que va desde el nivel de agua, hasta la mitad del ojo de succión.
- **Altura dinámica de succión,** Son las pérdidas de presión que se dan por fricción en la succión.
- **Altura estática de descarga.** Altura entre la mitad del ojo de succión al punto más alto del sistema de bombeo.
- **Altura dinámica de descarga.** Son todas las pérdidas de presión que se dan por fricción a lo largo de todo el sistema, hasta llegar al último emisor.
- **Presión de operación.** Es la presión con la que funcionan los emisores.

Un equipo de bombeo se compone de motor y bomba, los motores pueden ser a combustión o eléctricos. Los sistemas de bombeo difieren mucho según sean la fuente de agua a utilizar, así un equipo de bombeo para un pozo perforado tiene una configuración diferente a una que será utilizada para succionar de un reservorio a cielo abierto, pero en esencia mantiene su dos partes esenciales bomba + motor.

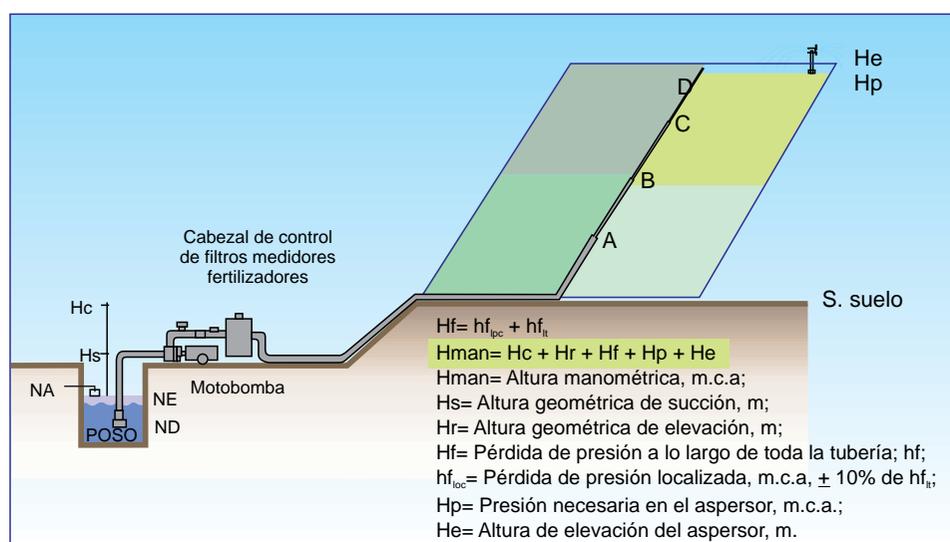


Fig. 18. Esquema de un sistema de riego.

Cuando la succión de la bomba está en una microcuenca, naciente de agua o río se debe recordar colocar una válvula de no retorno, esto se hace para proteger el cuerpo de agua que sirve como fuente, de no instalar esta válvula, cuando se realizan fertilizaciones por el sistema de riego, utilizando la succión de la bomba, el agua con fertilizante regresa a la fuente cuando se apaga la bomba.

Existe en el mercado otro tipo de equipo de bombeo, son las bombas hidroneumáticas, estas tienen una rueda hidráulica sobre la cual cae el agua. El peso del agua la hace girar, transmitiendo el movimiento a una bomba de diafragma que crea la presión de bombeo.

Esta bomba no genera presión para riego con goteo o aspersión, se debe enviar el agua a un reservorio o tanques elevados a una altura que nos permita accionar el tipo de sistema de riego que tenemos.

Las ventajas de esta bomba es que puede trabajar 24 hrs al día, no consume energía eléctrica ni combustible, por lo tanto no contamina el ambiente y a lo largo del tiempo es una inversión barata.

Para tomar la decisión de implementarla en un proyecto comunitario o recomendársela a un grupo de productores, se deben de hacer varias consideraciones técnicas, las cuales deben de hacerse a un técnico de la zona o de alguna institución que tengan experiencia con el uso de este equipo.



Foto 24. Equipo de bombeo.



Foto 25. Bomba hidroneumática marca Rochfer, de fabricación brasileña, distribuida en San Pedro Sula.



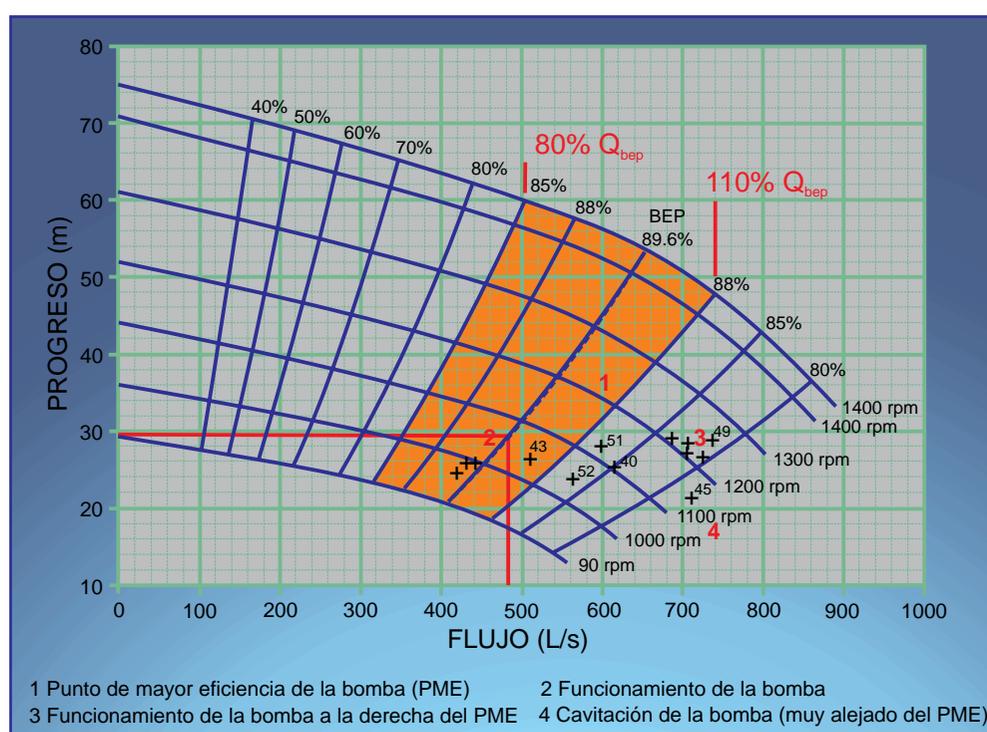
Foto 26. Bomba de diafragma de dos pistones de recorrido horizontal.

Para determinar los requerimientos de bombeo conlleva una serie de cálculos, pero en esencia el caudal a mover se obtendrá de calcular la demanda total de cultivo, y basados en la lamina a reponer diaria, las horas disponibles para el bombeo y el área total.

La bomba debe ser capaz de proporcionar la presión requerida de trabajo del emisor, vencer las pérdidas por fricción en la conducción, lograr vencer la presión que ejerce la diferencia de altura de la bomba al punto más alto del terreno.

Todo esto son cálculos que resultan del diseño hidráulico del sistema y que conjuga, caudal, presión de trabajo, pérdidas por fricción y velocidad del agua.

Para la selección del equipo de bombeo se utilizan lo que se conoce como **curva de la bomba**, gráfico que nos proporciona la información acerca de el comportamiento de una bomba x con un motor y; en cuanto a los cambios de caudal y presión (Fig. 19).



**Fig. 19.** Curva de operación de un equipo de bombeo. (Pasarlo a español)

La cantidad de caballos de fuerza de un motor únicamente son el indicativo de la potencia del mismo, pero por si mismo no proporciona información eficaz para determinar si puede funcionar en nuestro sistema de riego.

### Las pérdidas o disminución de rendimiento de una bomba pueden ser:

- Hidráulicas, debido a pérdidas de carga al escurrir el líquido.
- Mecánica, debido a rozamientos mecánicos.
- Filtración, debido a que una pequeña cantidad de agua se filtra desde el lado de alta presión hacia el lado de baja presión.

## 27. VÁLVULAS DE AIRE

Inevitablemente, en los sistemas de riego a presión, se va tener burbujas de aire atrapadas en la red de tuberías, el aire atrapado puede ser tan perjudicial que inclusive puede ocasionar ruptura de tuberías:

- Restricción del flujo de agua en la tubería
- Aumento en las pérdidas por fricción, ocasionadas por un aumento de la velocidad del agua.

- Obstrucción completa del paso de agua.
- Ruptura de las tuberías por un aumento en la presión.

Es por eso se debe eliminar del aire, para eso existen las llamadas válvulas de aire o eliminadoras de aire. Hay en gran variedad de marcas y formas de trabajo, pero todas usan el mismo principio. Las válvulas deben ser colocadas en el campo en sitios con cambios de elevación, cambios bruscos de dirección en la tubería, salida de la estación de bombeo, salida de la estación de filtrado y a la entrada de los lotes. El diámetro de la válvula de aire puede ser hasta un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) del diámetro de la tubería donde se instalará, por ejemplo, una válvula de aire de 1 pulgada, (Figura 20), puede ser usada en una tubería de hasta 4 pulgadas de diámetro sin ningún problema, con la salvedad que se tienen que utilizar accesorios, como reductores para llegar de 4 a 1 pulgada.

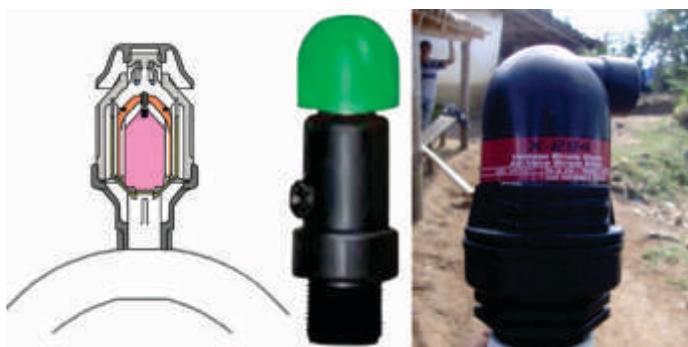


Fig. 20. Válvula de aire.

Foto 27. Válvula de aire de 2 pulgadas.



Foto 28. Válvula de aire instalada. Cada válvula de control del paso de agua debe llevar una válvula de aire.

A continuación se describe una válvula de aire hechiza, promocionada por El proyecto de Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores (MCA-EDA). A esta válvula se le denomina tipo **LEO**, ya que Leopoldo Aguilar es el nombre del técnico de este proyecto, que tuvo la idea de modificar la válvula de aire tipo **Garrote**.

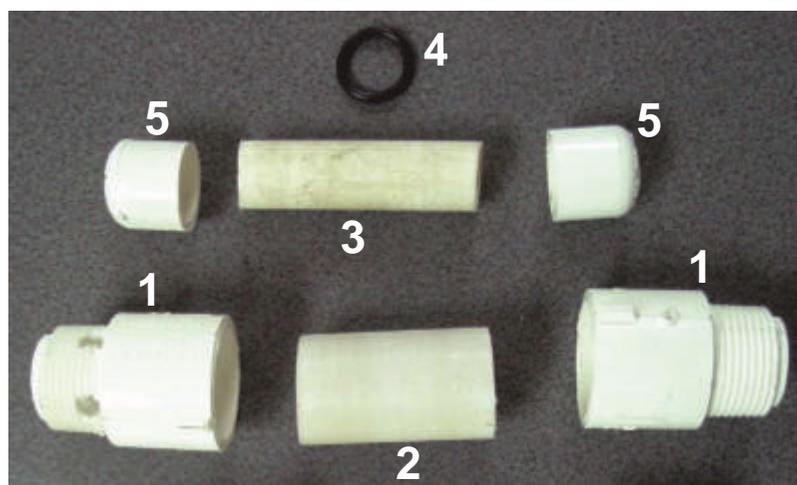


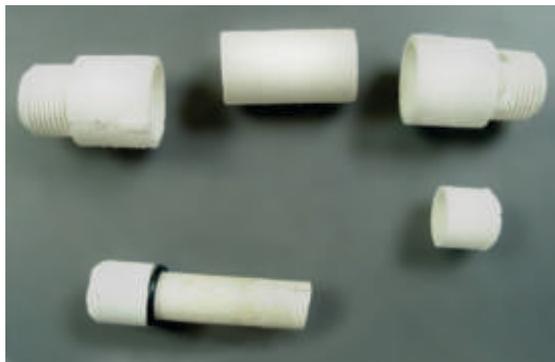
Foto 29. Válvula de aire casera tipo Leo (descritos en el cuadro 9).

Cuadro 9. Materiales para fabricar la válvula.

| No. | Material  | Cantidad |
|-----|---|----------|
| 1   | Adaptador macho de 1" $\varnothing$ con rosca               | 2        |
| 2   | Tubo PVC de 1" $\varnothing$ , 5 cm de largo                | 1        |
| 3   | Tubo PVC de $\frac{1}{2}$ " $\varnothing$ , 7.5 cm de largo | 1        |
| 4   | O-Ring, (empaquetado) de 1" $\varnothing$                   | 1        |
| 5   | Tapón liso de $\frac{1}{2}$ " $\varnothing$                 | 2        |
| 6   | Pegamento para PVC  | 1/4      |

### 27.1. Secuencia para fabricar la válvula de aire tipo Leo

Siga la numeración de los accesorios y de los pasos.



**Paso 1.** Introduzca el empaque (4) en el tubo de 1/2" (3), posteriormente introduzca un extremo del tubo en uno de los tapones lisos (5).



**Paso 2.** Introduzca el tubo con el empaque y el tapón que armó (Paso 1), en uno de los adaptadores macho (1).



**Paso 3.** Haga pasar por el adaptador macho (1), el extremo del tubo (Paso 1) que no tiene tapón, posteriormente coloque el segundo tapón (5) en el extremo del tubo.



**Paso 4.** Finalmente introduzca el tubo de 1 pulgada (2) en ambos adaptadores macho (1).

Una vez armada la válvula, puede ser instalada en una T que tenga un adaptador hembra, solo se enrosca el extremo del adaptador macho colocando un poco de teflón en la rosca y está lista para su funcionamiento.

### 28. INYECTORES DE AGROQUÍMICOS, FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN

Hoy en día el uso de sistemas de riego para la aplicación de fertilizantes o agroquímicos es muy común, sobre todo en los sistemas de riego por goteo. Para la aplicación de agroquímicos a través del sistema de riego se pueden emplear varios métodos, los más comunes, son los inyectores tipo Venturi a las bombas inyectoras.

**Inyectores tipo Venturi:** este tipo de inyectores son muy baratos y fácil de instalar, no requieren potencia o energía extra, pues utilizan la misma presión del sistema. Este método consiste en la instalación de un aparato llamado inyector tipo Venturi que como su nombre lo indica utiliza el efecto de un tubo Venturi para que con la diferencias de presión y velocidades en el flujo a través del mismo, se crea un vacío y este produce succión.



Foto 30. Inyector de fertilizante Venturi.



Modelo A  
(3/4" x 0.9) + (3/4" x 0.5)

Fig. 21.  
Inyector  
modelo A.

La principal desventaja de este método, es que se requiere del empleo de presión de trabajo adicional a la normal requerida por el sistema, y esta debiera ser tomada en cuenta al momento de calcular el equipo de bombeo. Se requiere de aproximadamente un 15% a 20% de presión extra.

### 28.1. Tanque de fertilización

Son depósitos herméticos, de metal o de plástico reforzado, conectados al cabezal de manera que solo circula por él, una fracción del caudal, los caudales que entran y salen (del tanque) son iguales.

Presentan el inconveniente que la concentración de fertilizante dentro del tanque va disminuyendo con el tiempo de riego, así al inicio se tendrá una concentración alta, pero al ir ingresando el agua de riego al tanque e ir saliendo con el fertilizante diluido, este irá disminuyendo al continuar el riego; la cantidad de fertilizante que sale del tanque por unidad de tiempo, dependerá del caudal que sale y de la concentración en ese instante (al avanzar el riego, la concentración irá disminuyendo), por este motivo, el uso de este equipo ha ido disminuyendo, pero resulta útil, cuando se fertiliza un solo sector de riego, mas no cuando hay varios sectores a regar con el mismo equipo.



Foto 31. Tanque o barril de fertilización.

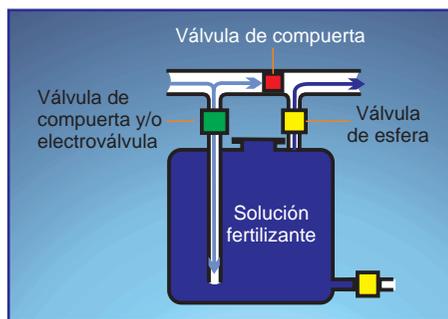


Fig. 22. Esquema de un tanque de fertilización.

Foto 32.  
Bomba  
inyectora de  
fertilizante.

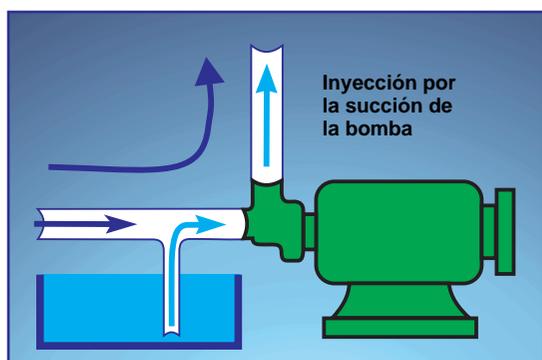


Foto 33. Bomba de mochila con motor.

El fertilizante también se puede inyectar con una bomba de mochila con motor cuando no se tiene disponibilidad de otros equipos. La inyección se hace después de la bomba, si la hay, pero siempre antes del filtro. Se instala un conector con válvula individual en el tubo, se conecta la manguera con un “tubín” o manguera ciega a la boquilla de descarga de la bomba de mochila, posteriormente se abren las válvulas de paso de agua y se inyecta el fertilizante que está en la bomba de mochila.

### 28.2. Inyección en la bomba

Este método consiste en la introducción de la solución fertilizante al sistema, aprovechando la succión generada por la bomba que da presión a todo el sistema, esto implica que el punto de inyección de fertilizantes debe estar antes de la bomba (a diferencia de los anteriores que están conectados al sistema después de la bomba), esto implica que los fertilizantes disueltos, pasarán a través de la bomba, lo cual puede presentar un riesgo, pues pueden corroer el material de que está hecha la bomba, en estos casos es recomendable usar una bomba especial que permita circular agua con productos disueltos, sin dañarse, también se puede preguntar a la compañía en la que compramos la bomba si hay repuestos, para remplazar los impulsores cuando se dañen. Hay que considerar que la reducción de la vida útil de la bomba puede pasar de 8 a 5 años, en este periodo de tiempo la bomba ya estará pagada si se obtiene buena rentabilidad en cada ciclo de cultivo.



**Fig. 23.** Esquema de inyección directa.



**Foto 34.** Inyección directa del barril por la succión de la bomba.

Cuando aplicamos el fertilizante por el sistema de riego obtenemos una gran ventaja ya que la planta lo asimila mejor y más rápido cuando el fertilizante está en una forma líquida, esto nos da una fertilización más uniforme que el método manual aplicando a cada planta, el resultado de realizar el fertirriego es desarrollar plantas más uniformes y con mejor producción.

Con cualquiera de estos sistemas de inyección de fertilizantes anteriormente mencionados, se pueden aplicar productos biológicos para el cultivo a través del sistema de riego, como hongos entomopatógenos *Trichoderma* sp., *Beauveria* sp., *Bacillus* sp., para control de hongos del suelo, nematodo *Heterorhabditis bacteriophora*, para control de gallina ciega y otros más. Se puede hacer la inyección del nematodo antes o después del filtro ya que pasan sin ningún problema por un filtrado de hasta 200 mesh.

### 28.3. Tiempo de inyección de agroquímicos

El tiempo de inyección dependerá del tiempo de riego que esté programado, una recomendación es aplicar el agroquímico durante 90 al 100% del riego.

Al inicio aplicar agua durante 5 minutos - inyectar el agroquímico - 5 minutos solo agua al final del riego.

Con esta proporción se pretende dejar un tiempo de llenado de las cintas y el último tiempo es para lavado del producto fuera de las cintas de riego. Pero entre más tiempo se emplee para aplicar el agroquímico, mejor distribuido quedará en el suelo y cubrirá el volumen total de raíces que tiene el cultivo.

En las fotografías siguientes se muestran tres cultivos con riego por goteo y fertirriego.



**Foto 35.** Cultivo de papa, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Cones, Belén, Lempira, Honduras.



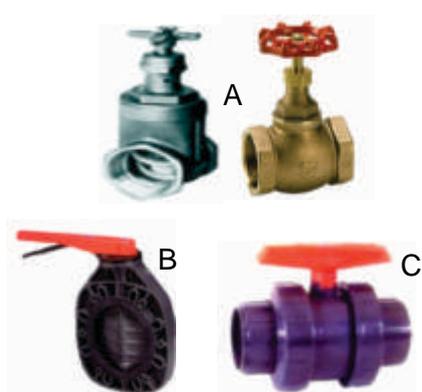
**Foto 36.** Cultivo de maíz, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Consonlaca, Gracias, Lempira, Honduras.



**Foto 37.** Cultivo de frijol, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Cañada, La Campa, Lempira, Honduras.

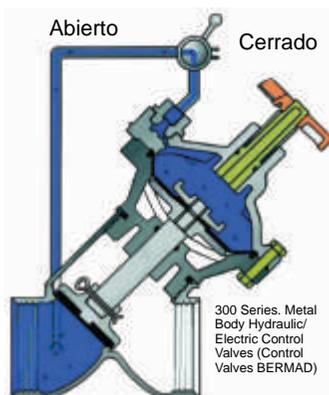
## 29. VÁLVULAS DE PASO

Las válvulas se asemejan a las llaves que hay en los baños, pilas o lavamanos, solo que son de un diámetro de salida mayor. Son utilizadas para sectorizar el sistema de riego, pueden utilizarse diferentes tipos de válvulas para cubrir esa función, entre las más conocidas son las válvulas de compuerta, válvulas de bola, válvulas de mariposa, todas estas anteriores de apertura u cierre mecánico, y están además las válvulas hidráulicas, mismas que son más precisas y pueden cumplir varias funciones, pero también su costo es más elevado.



**Foto 38.**

A, válvula de compuerta;  
B, válvula de mariposa y  
C, válvula de bola.



**Fig. 24.** Válvula hidráulica, puede ser manual o de mando eléctrico.



**Foto 39.** Válvula hidráulica con mando eléctrico.

La válvula hidráulica permite restringir el paso de agua o una porción del caudal en la tubería, se puede utilizar para reducir el caudal y por ende la presión, con el propósito de regar o fertilizar un sub-lote con un área de riego pequeña y así proteger las cintas de una ruptura por exceso de presión.

## 30. VÁLVULA DE ALIVIO

Esta válvula garantiza que si en un determinado momento la presión aumenta bruscamente dentro del sistema (las tuberías), la válvula expulsará la presión para proteger el sistema y evitar rupturas de la tubería o daño a la bomba.



**Fotos 40 y 41.** Válvulas hidráulicas de alivio.

### 31. REDUCTOR DE PRESIÓN

Al momento de instalarlos hay que colocarlos según sea el flujo de agua, la flecha deberá quedar en la misma dirección del flujo del agua. Estos reductores se instalan en las tuberías secundarias, las que alimentan a los cabezales de riego donde están conectadas las cintas, son de distinto tamaño y pueden reducir presiones muy altas desde 180 PSI reducen a 15 a 20 PSI.

Estos reductores se utilizan cuando tenemos una tubería que conduce un caudal elevado de agua y por condiciones topográficas irregulares de un terreno, como una ladera, la parcela que se regará tiene turnos de riego muy pequeños o los laterales de riego son muy cortos. Con estos reductores de presión logramos bajar la presión a un nivel adecuado que no causará daño a la cinta de riego por exceso de presión.



Fotos 42 y 43. Reductor de presión, existen diferentes tamaños de estos reductores.

### 32. MANÓMETROS

Son aparatos que nos ayuda a medir la presión en diferentes puntos del sistema y con eso poder controlar mejor el buen funcionamiento. Los más utilizados son los manómetros de glicerina, pues brindan una buen precisión, estos vienen graduados en diferentes rangos. Los rangos más utilizados son: 0-30 PSI que se utiliza para medir presión en la cinta de goteo, 0-100 PSI, 0-160 PSI y 0-200 PSI son otros manómetros.



Foto 44. Manómetro de Glicerina.

### 33. FILTROS

Los filtros son equipos que se instalan en los sistemas de riego para eliminar impurezas del agua y que pueden obstruir la salida del agua a través de los emisores. Existen cuatro tipos de filtros y estos son: Filtros separadores de arena o hidrociclones, filtros de malla, filtros de discos y filtros de arena.

**Filtros separadores de arena:** también son conocidos como hidrociclones, son utilizadas para separar sólidos pesados del agua, usualmente separa arena. Son utilizadas cuando se está extrayendo agua de pozos perforados, pues esta es muy limpia y únicamente se requiere eliminar la arena y piedrecillas que la bomba extrae de las paredes del pozo. Utiliza el principio de centrifugación para separar los sólidos al centro del filtro y que estos caigan por gravedad al colector.



Fig. 25. Hidrociclón.



Foto 45. Hidrociclones.

**Filtros de malla:** utiliza como elemento filtrante una malla con una dimensión y cantidad de orificios definidos, sirven para eliminar sólidos en suspensión. Existen modelos que pueden limpiarse automáticamente o de limpieza manual. Las mallas vienen graduadas en MESH, unidad que se refiere a la cantidad de orificios por pulgada cuadrada. La graduación más comúnmente utilizada es el de 120 MESH, 140 MESH y 200 MESH, dependiendo de la calidad de filtrado que se requiera para el emisor. Son bastante utilizados en sistemas de riego por aspersión.



**Fig. 26.** Filtro de malla instalado.



**Foto 46.** Filtro de malla desarmado-

Comúnmente la malla del filtro es metálica, no se debe utilizar cloro para su limpieza, solo cepillo dental (no de metal) y agua.

**Filtros de anillos:** Se utilizan para eliminar limo, arcilla y material orgánico en suspensión. Funciona haciendo pasar el agua por plásticos ranurados que se encuentra juntos a lo largo del filtro, para el retrolavado se separan los discos. Son bastante eficientes y con una buena calidad de filtrado. Son muy utilizados en sistemas de riego por goteo.

Al momento de instalar el filtro de anillos debe colocar el filtro en la posición correcta según sea la dirección del flujo del agua.

Todos los filtros tienen una flecha indicando colocar el filtro en la misma dirección hacia donde fluye el agua en la tubería. Para su limpieza utilizar cepillo y agua con cloro a 200 ppm, durante toda la noche.



**Foto 47.** Robot o pichingo.



**Foto 48.** Tres filtros de anillos en serie.



**Foto 49.** Anillos que atrapan el sucio del agua de riego.



Fig. 27. Interior filtro de arena.

Para su limpieza se pueden instalar válvulas para realizar un retrolavado, que se puede hacer todos los días, también se puede llenar el filtro con agua y se agrega hipoclorito de calcio para limpiar la arena, para un filtro de 24 pulgadas de diámetro, se utilizan 2 lb de hipoclorito y se deja durante dos días. Se recomienda sacar la arena una vez al año para lavarla.

### Retrolavado

El retro lavado de los filtros es una labor simple cuando se tiene 2 filtros, pero con uno es un poco más complicado. Por esta razón es que a continuación se les hace una descripción de los pasos a seguir para el procedimiento correcto del retrolavado con un solo filtro, (CDA Fintrac).

Estos son los siguientes pasos para realizar el retro lavado con un solo filtro:

1. **Abrir la válvula N° 3.** Esta es la que descarga el agua sucia de retrolavado cuando el agua entre por abajo en el filtro.
2. **Cerrar la válvula N° 5.** Para no dejar pasar agua al lote, uno para que no pase agua sucia y dos para que haya suficiente presión para realizar el retrolavado.
3. **Abrir la válvula N° 4.** Con esta válvula permitimos que el agua que viene de la bomba entre al revés en el filtro. ¿Por qué? Por eso se llama retrolavado porque lavamos la arena del filtro metiendo el agua al revés para que levante el sucio que ha recogido la arena y este vuelva a quedar limpia. Necesitamos buena presión para que la arena se mueva y suelte el sucio, pero no demasiada presión para que botemos la arena por la válvula N° 3.
4. **Cerrar la válvula N° 2.** Esto evita que el agua entre por encima del filtro logrando así que el agua empiece a entrar al revés (por abajo) iniciando el retrolavado. El retrolavado debe de durar 2 minutos más después de que empiece a salir clara el agua que sale por la válvula N°3 después de haber cerrado la válvula N° 2.

Para su limpieza utilizar cepillo y agua con cloro a 200 ppm, durante toda la noche.

**Filtros de arena:** En este caso el agua se hace pasar a través de un tanque lleno de arena. Son muy eficientes removiendo materia orgánica, limo y arcilla, han sido ampliamente utilizados en el riego, su principal desventaja es su costo alto.

Una vez al año esta arena debe sacarse del filtro para lavarla con cloro. Esta arena puede durar unos 5 años, al ser necesario el reemplazo se puede comprar en empresas que se dedican al riego o equipos para piscinas.



Foto 50. Filtro de arena instalado.



Foto 51. Filtro de arena de barril, promocionado por el proyecto de Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores (MCA-EDA).

Ya terminamos de realizar el retrolavado así que ahora tenemos que dejar el filtro funcionando normalmente. Para esto debemos seguir otra secuencia para no ir a introducir sucio a la tubería de distribución y la cinta. Seguir los pasos a continuación:

1. **Abrir válvula N° 6.** Con esto empezamos a descargar agua que viene de la bomba y por aquí vamos a sacar el sucio que introducimos por abajo del filtro. Tenemos que acordarnos que no usamos agua filtrada para realizar el retrolavado. Normalmente en un sistema de filtrado tenemos 2 o más filtros y lo que se hace es usar el agua filtrada que sale de un filtro para retro lavar el otro.
2. **Abrir válvula N°2.** Para que el agua vuelva a entrar por arriba del filtro.
3. **Cerrar válvula N°3.**
4. **Cerrar válvula N° 4.** Al cerrar estas dos válvulas el filtro ya está trabajando filtrando el agua de riego. Pero como dijimos anteriormente tenemos que eliminar el sucio que metimos por abajo al filtro. ¿Cuánto tiempo? El mismo tiempo como cuando sacamos el sucio por arriba.
5. **Abrir válvula N° 5.** Ya con el filtro limpio por encima y por abajo dejamos que el agua empiece a fluir hacia el lote de riego.
6. **Cerrar válvula N° 6.** Con esto volvemos a tener el sistema de riego trabajando normalmente.

En general un buen sistema de filtrado es de mucha importancia, sobre todo hoy en día cuando la tendencia es a utilizar emisores más pequeños y por ende con una demanda de agua de mejor calidad.

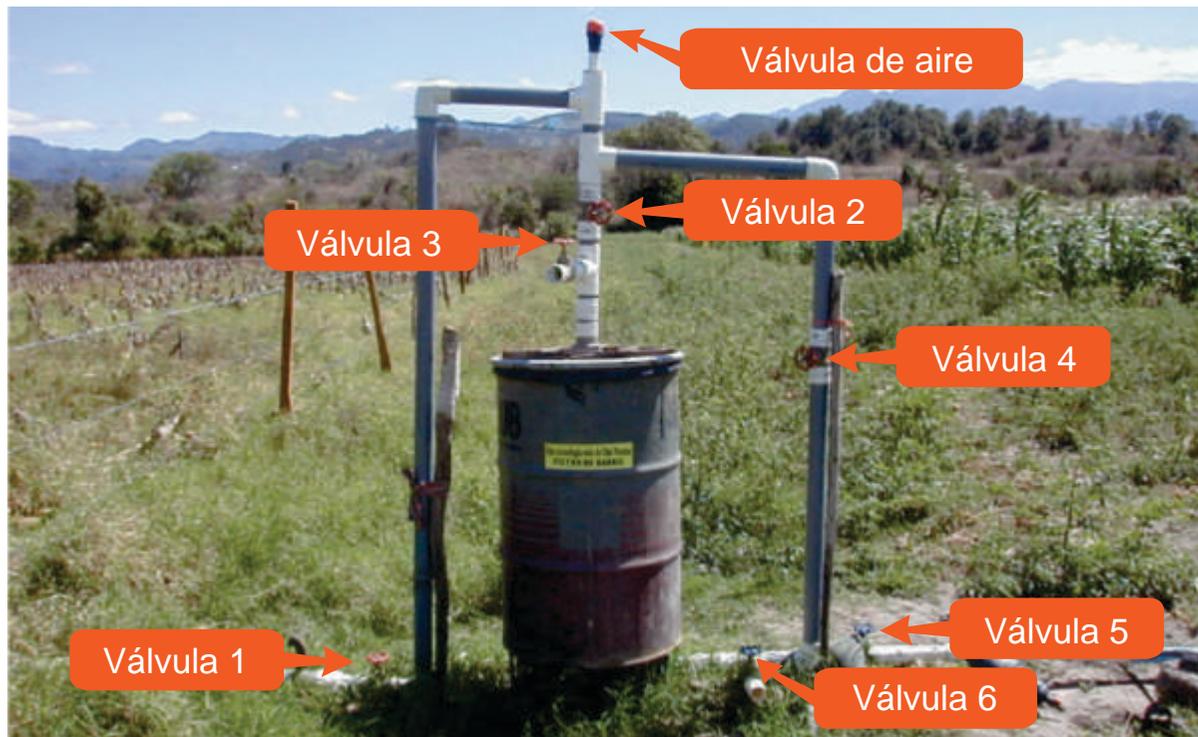


Foto 52. Pasos para realizar el retrolavado.

### 34. ACOPLES O CONECTORES

Los acoples, comúnmente llamados conectores son uniones, como su nombre lo indica unen dos componentes del sistema como ser:

- Unión entre la tubería y el polietileno (o tubín).
- Unión entre el tubín y la cinta de riego.
- Unir la cinta de riego.



**Foto 53.** Conector inicial con tubín y conector de tubín a cinta de riego.



**Foto 54.** Conector inicial y empaque.



**Foto 56.** Conector de cinta a cinta de riego, para reparaciones.



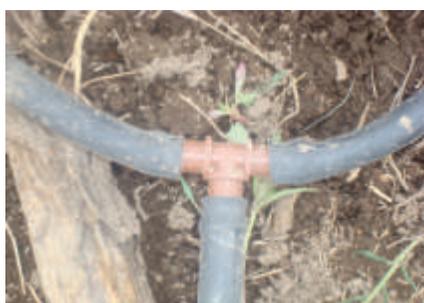
**Foto 55.** Conector de tubín a doble cinta de riego.

Este se utiliza cuando la cinta ha sido cortada o perforada, también cuando se está instalando la cinta de riego y se acaba el rollo de cinta a mitad de la cama o surco y tenemos que iniciar el siguiente rollo, este conector une los dos extremos de la cinta de riego.



**Foto 57.** Conector de polietileno o tubín a cinta de goteo.

Este conector une el polietileno o tubín que viene del conector inicial con la cinta de riego, el lado más angosto y con los tres anillos, se inserta a presión en el tubín y en el lado que trae la tuerca roscada se coloca el extremo de la cinta de riego y se la da vueltas a la tuerca de polietileno para que quede bien asegurada la cinta.



**Foto 58.** Conector "Tee" para tubín.



**Foto 59.** Conector válvula de tubín a tubín.



**Foto 60.** Conector inicial de PVC a cinta de riego con válvula.

Este conector puede ser del tipo que se inserta directamente en la tubería y conecta a la cinta, pero también están los que conectan del polietileno o tubín a cinta de riego. En ambos casos, la utilidad de estos conectores es que gracias a la válvula que trae cada uno, un lote de riego se puede dividir en varias partes, esto se hace cuando tenemos poca disponibilidad de agua o cuando la pendiente del terreno es pronunciada, como cuando se instala un sistema de riego por goteo en laderas.

### Evaluación Unidad V

Enumere diez partes de un sistema de riego.

- 1) \_\_\_\_\_
- 2) \_\_\_\_\_
- 3) \_\_\_\_\_
- 4) \_\_\_\_\_
- 5) \_\_\_\_\_
- 6) \_\_\_\_\_
- 7) \_\_\_\_\_
- 8) \_\_\_\_\_
- 9) \_\_\_\_\_
- 10) \_\_\_\_\_

## SISTEMAS DE RIEGO MÁS UTILIZADOS

### Objetivo:

Conocer los sistemas de riego más utilizados haciendo énfasis en el riego por goteo.

### 35. EL RIEGO

El riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento. Se utiliza en la agricultura y en la jardinería.

El elemento más importante de un sistema de riego es el **emisor**, ya que afecta directamente los criterios de diseño posteriores. Los emisores son estructuras que reducen la presión prácticamente a cero, aplicando de esta manera el agua a la forma de una gota en la superficie del suelo o asperjada en finas gotas con microjet y microaspersores o más grandes como los aspersores. Los emisores varían en tipo y modelo, desde tubos perforados, microtubos, de inserción y bandas perforadas, a complicados diseños. Los microaspersores y aspersores son de tipo rotativo, fijos o de jet. En general, la clasificación de los sistemas de riego localizado se basa en el tipo de emisor utilizado.

### 36. GOTEO

Método que logra un humedecimiento directo del suelo por medio de fuentes de agua puntuales distribuidas en la parcela y caracterizadas por tener una baja descarga, generalmente entre uno y diez L/h/metro. Se humedece únicamente una pequeña parte de la superficie total del suelo, regulando así el desarrollo del sistema radicular.

La presión de operación del emisor oscila entre 5 y 15 PSI y el caudal que entregan los emisores es función de la presión en la línea, normalmente en goteo varía entre 2 a 10 litros por hora. El término se aplica, específicamente, para describir aquellos métodos en los cuales pequeños volúmenes de agua son aplicados directamente al suelo a intervalos cortos empleando:

- Emisores puntuales instalados a un espaciamiento fijo sobre laterales de pared delgada.
- Cintas de goteo con salidas múltiples a corta distancia una de la otra.

El agua se conduce desde el depósito o la fuente de abastecimiento a través de tuberías y en su destino se libera gota a gota justo en el lugar donde se ubica la planta. El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona

húmeda restringida a un espacio concreto que funciona en vertical y horizontal, formando lo que se ha venido en llamar, por su forma, **bulbo de humedad**.



**Foto 61.** Bulbo de humedad del suelo regado con cinta de goteo.

### 37. CLASIFICACIÓN DE EMISORES PARA RIEGO POR GOTEO

#### 37.1. Por su instalación en la tubería

**En línea:** Son aquellos que se instalan cortando la tubería e insertando el gotero. El agua circula por el interior del gotero, que forma parte de la conducción.

**Sobre la línea (goteros de botón o goteros pinchados):** Se instalan en la tubería en un orificio realizado con un equipo de perforación, estos goteros se pueden colocar en tuberías de distintos diámetros.



Foto 62. Goteros de botón.



Fotos 63, 64 y 65. Distintos goteros pinchados.

En Honduras existen este tipo de sistemas, llamados de baja presión, ya que funcionan con una altura mínima de 1 a 1.5 m, se han utilizado para frutales o para pequeños huertos familiares con áreas de 50 – 400 m<sup>2</sup>, este tipo de riego es muy apropiado para pequeños productores que tienen poca agua y no cuentan con una tubería principal desde una fuente de agua que pueda proporcionar la presión adecuada para accionar un sistema de riego convencional. En Honduras los distribuyen las empresas **R y M (Netafin)** y **DICONSA**, ambas compañías tienen sistemas similares, la diferencia entre ellos es el emisor ya que uno es un gotero sobre la línea y el otro es integrado. Estos sistemas tienen un costo accesible para pequeñas áreas de cultivo.



Fotos 66, 67, 68 y 69. Goteros integrados en el lateral de riego.

**En integración o integrados:** Estos goteros se insertan en una tubería de polietileno durante el proceso de extrusión de la misma, con distintos espaciamientos (30 cm, 50 cm, etc.) y distintos caudales, van termosoldados en el interior. En ocasiones, los diámetros de las tuberías con goteros integrados son diferentes a los usuales, lo que obliga a utilizar elementos de conexión especiales.

**Cintas de riego:** Otra clase de riego por goteo es la cinta de riego, esta es una tubería integral de paredes delgadas con orificios en la misma cinta o goteros termosoldados en su interior.



Foto 70. Canal de flujo turbulento, para evitar taponamiento del emisor (gotero).



Fig. 28. Diagrama de cinta de riego por goteo.

En cualquiera de los casos anteriores, debemos tomar en cuenta no exceder los 100 m de longitud del lateral de riego cuando es un terreno plano (1%) de pendiente. Si es en ladera y el terreno posee muchas variaciones de pendiente, se tendrá que evaluar establecer un largo máximo de 50, 60 u 80 m, según sea cada caso. Cuando trabajamos con riego por goteo en terrenos de ladera es indispensable que levantemos camas para establecer los cultivos, esto permitirá que la cinta esté sobre una superficie con pendiente más uniforme y no haya tanta variación entre la descarga de los goteros.

También podemos utilizar válvula conector individual para cada lateral de riego, con el objetivo de poder sectorizar el riego en nuestro lote. Esto nos permitirá tener un mejor coeficiente de uniformidad de riego, es decir habrá menos variación entre el agua que sale de los goteros en todas las cintas instaladas. Esta uniformidad de riego es importante para lograr establecer cultivos uniformes, esto se logra suministrando casi la misma cantidad de agua y fertilizante a todas las plantas.

La distancia entre los goteros depende en gran medida de la textura del suelo. Cuanto más arenoso sea el suelo, más juntos deben estar los goteros a lo largo de la cinta, si el suelo es arcilloso los goteros pueden estar un poco mas separados. Por ejemplo para un mismo cultivo como tomate, si el suelo es arenoso será recomendable utilizar un espaciamiento entre gotero de 20 cm, pero si el suelo es arcilloso podría utilizar un distanciamiento entre gotero de 30 cm. Esto se hace por lo explicado en la sección II del suelo, referente a textura, infiltración y capacidad de retención de agua. Las propiedades físicas de cada terreno son distintas y deberán ser tomadas en cuenta antes de decidir las características de nuestro sistema de riego. Para cultivos con espaciamiento corto, como la cebolla, es necesario utilizar un espaciamiento de gotero corto, como por ejemplo, un espaciamiento de 10 cm entre gotero.

### 37.2. Por su comportamiento hidráulico

**Normales o estándares:** son goteros que cuando mayor sea la presión más caudal de agua arrojan. Este tipo de goteros a su vez pueden ser de conducto largo, laberinto, orificio.

**Autocompensantes:** Mantienen el caudal más o menos constante, aunque varíe la presión de entrada dentro de un determinado rango de presiones, al que se denomina intervalo de compensación. Son indicados para lugares donde hay grandes diferencias de presión debidas a desniveles topográficos, como en las zonas de ladera o a grandes pérdidas de carga.



**Foto 71.** Curvas a nivel en terrenos con pendientes y levantamiento de camas.



**Foto 72.** Cultivo de repollo, con crecimiento uniforme, parcela PROMIPAC y Visión Mundial, Cones, Belén, Lempira, Honduras.

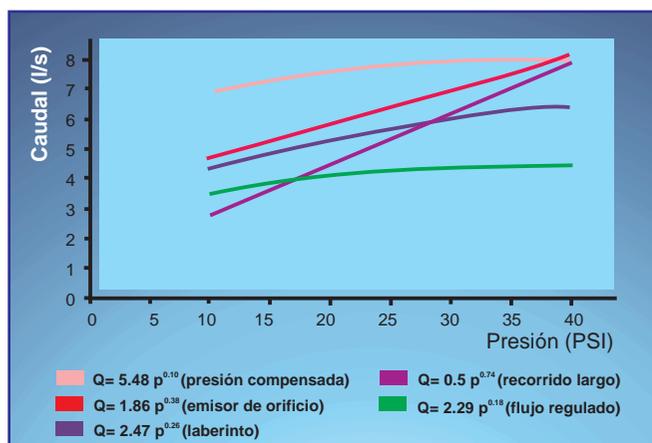


Fig. 29. Relaciones típicas de descarga y presión en goteros.

La figura 29 nos muestra que a mayor presión en las cintas de goteo convencionales la descarga del gotero o emisor será mayor, con la excepción de las cintas, mangueras o goteros auto compensados.

### 38. ASPERSIÓN

- El riego por aspersión es el agua lanzada al aire por presión y cae en forma de lluvia al terreno, que es cubierto en su totalidad. Hay que considerar este factor al momento de seleccionar el mejor sistema de riego para un cultivo determinado, en cultivos hortícolas con sus-

ceptibilidad a enfermedades fúngicas este sistema será menos apropiado.

- Los aspersores aplican el agua en forma circular y hay distintos tipos de ellos:
  - Sprays.
  - Rotores
  - ? Impacto.
  - ? Reacción.

Se clasifican por tamaño, ángulo, alcance, presión, material del que están hechos, etc.

- El riego por aspersión es ampliamente usado en el mundo y se adapta bien a gran variedad de suelos, topografías, cultivos y aguas. Las eficiencias que pueden obtenerse alcanzan hasta el 85% en sistemas bien diseñados. Su vida útil puede ser de más de 25 años, su uso y mantenimiento es sencillo.

Actualmente se tiende al uso de aspersores pequeños y de baja presión, por el consumo de energía. La presión mínima de operación de un aspersor pequeño puede ser de 25 PSI, el alcance de los aspersores puede ser de 4 hasta 16 metros de radio de humedecimiento.

- Atendiendo a movilidad:
  - Fijo
  - Semifijo
  - Móvil
- Atendiendo a tamaño:
  - Miniaspersión
  - Aspersión
  - Cañones
- Atendiendo a operación:
  - Manuales

Automáticos

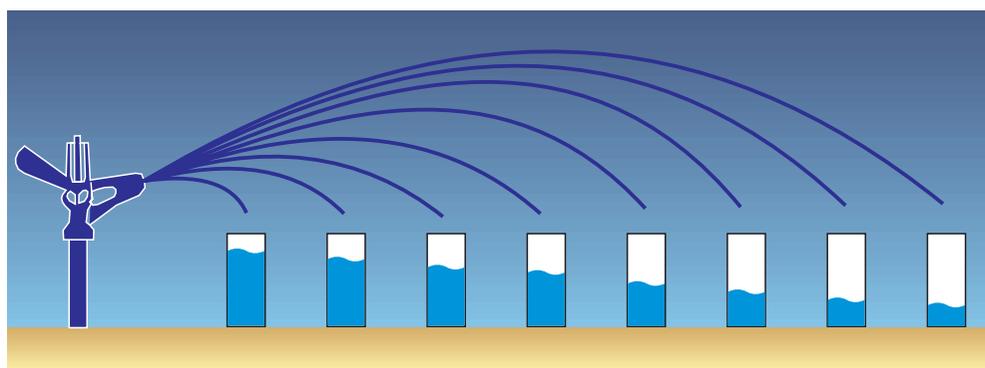
- ? Lateral rodante
- ? Cañones viajeros
- ? Pivotes central y lineal



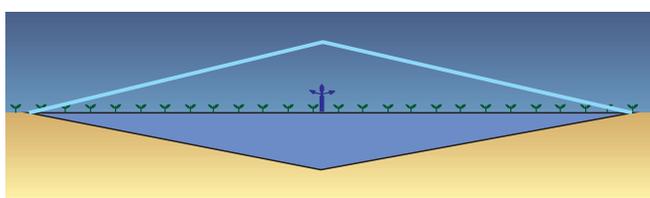
**Foto 73.** Pivote Central de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



**Fotos 74 y 75.** Aspersores de impacto marca Rain Bird.



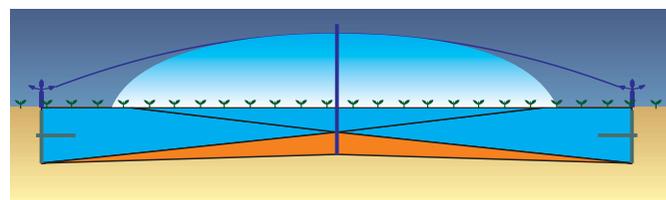
**Fig. 30.** Cantidad de agua emitida respecto a la distancia del aspersor.



**Fig. 31.** Patrón de humedecimiento de un aspersor.

A medida nos alejamos del aspersor la cantidad de agua que cae sobre el suelo es menor.

Un solo aspersor regando producirá un patrón de mojado como este, cerca del aspersor estará más mojado y a medida nos retiramos de este, el humedecimiento del suelo es menor.



**Fig. 32.** Traslape de humedecimiento de dos aspersores.

Es necesario que exista un traslape para tener uniformidad de riego, es decir cuando colocamos las estacas para fijar las posiciones de los aspersores, se debe considerar el radio o diámetro de humedecimiento del aspersor, en otras palabras cuantos metros moja a cada lado el aspersor.

Por ejemplo: Si tengo un aspersor que moja 6 m de radio, es decir moja un total de 12 m, al momento de colocar las posiciones de los aspersores no debo dejar los aspersores cada 12 m, si quiero un traslape del 100% para poder lograr una buena uniformidad de riego, entonces debo colocar los aspersores al 50% de su diámetro de humedecimiento, si este diámetro es 12 m entonces tengo que dejar un espacio de 6 m entre cada aspersor para lograr el 100 % del traslape.

### Arreglo de aspersores

El aspersor no moja una superficie uniformemente. En general la parte más alejada del aspersor alcanza menos humedad, además, el área cubierta tiene una forma circular que no permite un arreglo sin la superposición de la superficie que riegan los aspersores adyacentes. Por esto existen tres tipos de arreglos básicos de los aspersores.

- Arreglo en cuadrado. La distancia entre aspersores es igual a la distancia a la que se mueve la lateral. Esta distancia es igual a 1.4 veces el radio del círculo de aspersión. Por ejemplo, si el diámetro de un círculo es de 24 m. el espacio entre los aspersores en la lateral será de  $1.4 \times 12$  (radio del círculo), o sea, de 16.8 m.
- Arreglo en rectángulo: el espacio entre los aspersores es menor que la distancia a la cual se mueve la lateral. Por ejemplo, cuando el diámetro del círculo de aspersión es de 24 m, se colocan los aspersores a 12 m (radio), y se mueve la lateral a una distancia de  $1.7 \times 12$  (radio del círculo), o sea, aproximadamente a 20 m.
- Arreglo en triángulo: la distancia entre los aspersores es igual a 1.5 veces el radio del círculo de aspersión. En el caso de que el diámetro del círculo de aspersión sea de 24 m, Los aspersores se colocan a una distancia de 18 m o sea  $1.5 \times 12$  m (radio del círculo).

### Ejemplo de un proyecto de riego por aspersión

Dimensionar un proyecto de riego por aspersión para las siguientes condiciones:

**a) Cultivo - Maíz**

**b) Profundidad efectiva del sistema radicular –  $z = 60$  cm.**

**c) Máxima demanda de riego**

**Periodo – del 11 al 20 de mayo**

$E_{To} = 5$  mm / día

$E_{Tp} = 6$  mm / día ( $K_c = 1.2$ )

Precipitación probable insignificante

**d) Usa solamente el 50% del agua disponible del suelo ( $f = 0.5$ )**

**e) Características del suelo:**

Capacidad de Campo  $Cc = 32\%$  (Porcentaje en peso);

Punto de Marchites  $Pm = 17\%$  (Porcentaje en peso);

Densidad Aparente  $Da = 1.2 \text{ g/cm}^3$

Velocidad de Infiltración Básica  $VIB = 100 \text{ mm en } 7 \text{ h}$

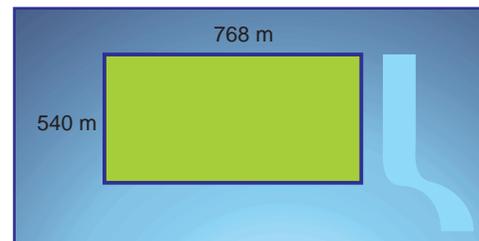
**f) Características del área:**

Área = 41.5 Ha.

Dimensiones 768 x 540 m

Topografía: Plana  $Hr=0$

Altura de Succión  $Hs = 2.0 \text{ m}$



**Fig. 33.** Diagrama del área del lote.

**g) Características del Aspersor Seleccionado**

Presión de Trabajo o Servicio  $3.0 \text{ atm} = H_p = 3 \text{ Atm} = 30.99 = 31 \text{ m.c.a.}$

Altura del Aspersor  $2.5 \text{ m} = H_e$

Ubicación de los Aspersores =  $18 \text{ m} \times 24 \text{ m}$ ;

Intensidad de la aplicación del Agua =  $10 \text{ mm/h}$

Caudal del Aspersor =  $1.2 \text{ L/s}$ .

**h) Características de la Tubería, Energía e Interés**

Coefficiente de Hazen Williams,  $c = 120$

Factor de Recuperación del Capital =  $0.17$

Costo de energía  $L. Kw/h$

**i) Horas de trabajo del Sistema**

2100 horas por año

16 horas por día

**j) Eficiencia**

Eficiencia de la Bomba =  $65\%$

Eficiencia del Motor =  $92\%$

Eficiencia de la Moto Bomba =  $60\% = 0.6$

Eficiencia del Riego =  $80\% = E_a = 0.8$

Eficiencia de la conducción del agua =  $10\% E_c = 1$

**Cálculo****a) Agua necesaria****Disponibilidad total de agua (DTA)**

$$DTA = \frac{(32 - 17)}{10} \times 1.2 = 1.8 \text{ mm/cm de suelo}$$

**Capacidad total de agua del suelo (DTA)**

$$CTA = 1.8 \times 60 = 108 \text{ mm}$$

**Capacidad Real Necesaria (CRA)**

$$CRA = 108 \times 0.5 = 54 \text{ mm}$$

**Irrigación Real Necesaria (IRN)**

IRN = 54 mm no se considera rebajar la precipitación.

**Irrigación Total Necesaria (ITN)**

$$ITN = \frac{54 \text{ mm}}{0.8} = 67.5 \text{ mm}$$

**b) Turno de Riego (TR)**

$$TR = \frac{54 \text{ mm}}{ET_p} = \frac{54}{6} = 9 \text{ días}$$

**c) Periodo de irrigación (PI)**

PI = 8 días. Deja un día para mantenimiento de equipo.

**d) Tiempo de irrigación por posición (TI)**

$$Ti = \frac{ITN}{VIG} = \frac{67.5 \text{ mm}}{10 \text{ mm/h}} = 6.75 \text{ h/posición} \quad h = \text{hora}$$

Considerando el tiempo de 45 minutos para el cambio del lateral o ramal, el tiempo necesario por posición será de 7.5 horas.

**e) Posiciones regadas por lateral por día**

$$n = \frac{16 \text{ h/día}}{Ti} = \frac{16}{7.5} = 2$$

**f) Número total de posición (N)**

$$N = 2 \times \frac{768}{24} = 64 \text{ posiciones}$$

**g) Número de posiciones a regar por día (Nd)**

$$N_d = \frac{64}{8} = 8 \text{ posiciones}$$

**h) Número de líneas laterales (NL)**

$$NL = \frac{N_d}{N} = \frac{8}{2} = 4 \text{ Líneas laterales se comparan con sus respectivos aspersores}$$

**i) Caudal necesario (aproximadamente)**

$$Q = NL \times q \times N_a \quad NI = \text{Línea lateral (No. de líneas laterales a comprar)}$$

$$Q = 4 \times 1.2 \text{ L/s} \times 15 \quad q = \text{Caudal del aspersor}$$

$$Q = 72 \text{ L/s} \quad N_a = \text{Número de Aspersores / línea lateral}$$

O bien se calcula por la ecuación:

$$Q = 2.78 \times \frac{A}{E_a \times E_c \times H \times \pi} \times \frac{IRN}{H} \quad H = \text{Número de horas que el sistema funcionará/ día } 6.75 + 6.75 = 13.5 = H$$

$$Q = 2.78 \times \frac{41.5 \text{ Ha} \times 54 \text{ mm}}{0.8 \times 1 \times 13.5 \text{ h} \times 8 \text{ días}}$$

$Q = 72 \text{ L/s}$  72 litros por segundo es el agua necesaria para que el sistema distribuya 1.2 L/s a cada uno de los 60 aspersores que conformarán el proyecto.

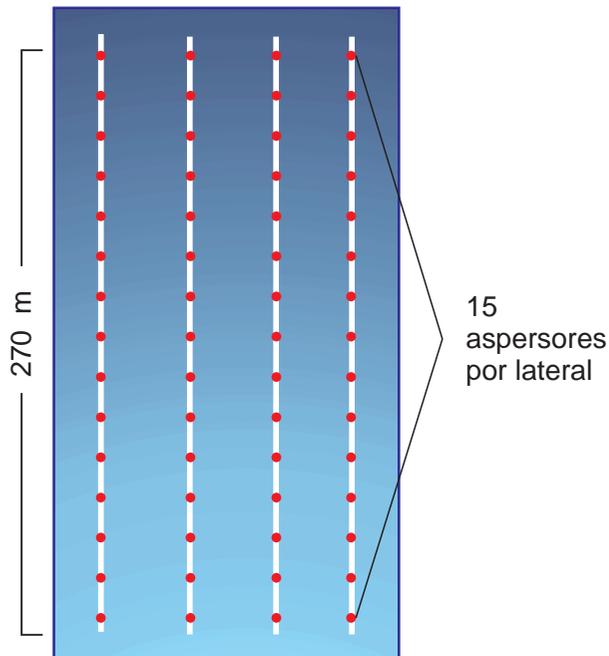
**Dimensionamiento de las líneas laterales**

El proyecto cuenta con una línea principal de 768 m y 4 líneas laterales o ramales así caracterizadas:

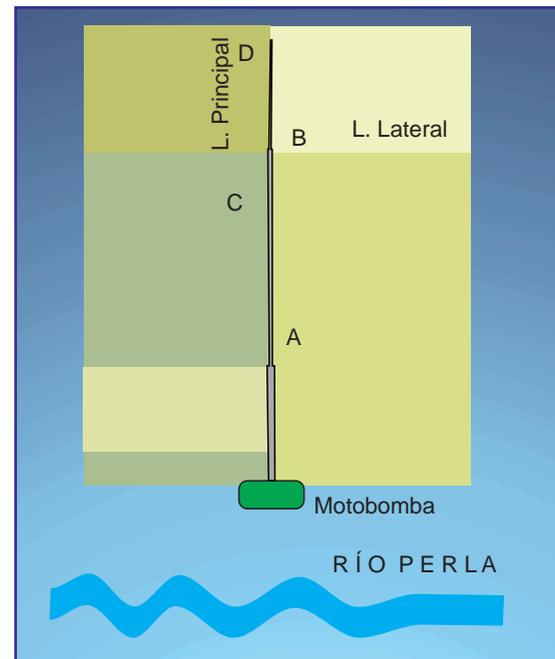
- Largo = 270 m;
- Número de aspersores por lateral =  $270 \text{ m} \div 18 = 15$ ;
- Caudal por lateral =  $15 \times 1.2 = 18 \text{ L/s}$ .
- Diámetro 4"
- Presión en el inicio del lateral (Pin)  
 $Pin = 31 \text{ m.c.a del aspersor} + 20\% \text{ de variación en la línea}$   
 $Pin = 31 \text{ m.c.a} + 6.2 \text{ m.c.a} = 37.2 \text{ m.c.a.}$

**1 Atmosfera = a 10.33 metros columna de agua = a 14.7 PSI**

Croquis del proyecto con una línea principal y cuatro líneas laterales.



**Fig. 34.** Dimensionamiento de la línea principal.



**Fig. 35.** División de la parcela para fines de riego.

Analizando el esquema se verifica que se puede dividir la línea principal en cuatro secciones.

MB - A - Longitud = 180 m y caudal = 72 L/s

A - B - Longitud = 189 m y caudal = 54 L/s

B - C - Longitud = 192 m y caudal = 36 L/s

C - D - Longitud = 192 m y caudal = 18 L/s

Haciendo los cálculos de pérdida de presión permitidas obtenemos:

Con aspersor de 1.2 L/s, presión de trabajo 31 m.c.a; espacio de 18 x 24 m, línea principal de zinc, con 768 metros, topografía plana, su máxima pérdida de presión por fricción a lo largo de la tubería primaria será del 15% de la presión de servicio o presión de trabajo del aspersor y que es 31 m.c.a. (Ps).

$$H_f = \frac{4.6}{7.68} = 0.598 \text{ m/100 m de tubería; } Q = 60 \times 1.2 = 72 \text{ L/s.}$$

Usando la tabla de pérdida de carga de Hazen Williams con  $C = 120$  e  $Q = 72 \text{ L/s}$ , se encuentra:

Para el diámetro de (4") 100 mm  $H_f = 6.671 \text{ m.c.a./100 m de tubo}$

Para el diámetro de (6") 150 mm  $H_f = 0.907 \text{ m.c.a./100 m de tubo}$

Para el diámetro de (8") 200 mm  $H_f = 0.807 \text{ m.c.a./100 m de tubo}$

Para el diámetro de (10") 250 mm  $H_f = 0.671 \text{ m.c.a./100 m de tubo}$

Para el diámetro de (12") 300 mm  $H_f = 0.404 \text{ m.c.a./100 m de tubo}$

$$H_f = (0.907 \times 1.92) + (0.807 \times 1.92) + (0.617 \times 1.92) + (0.404 \times 1.80)$$

$$H_f = 1.74 \text{ m.c.a.} + 1.55 \text{ m.c.a.} + 1.18 \text{ m.c.a.} + 0.73 \text{ m.c.a.}$$

$$H_f = 5.2 \text{ m.c.a.}$$

Es la pérdida de carga a lo largo de la tubería principal debido a la fricción o roce del agua con las paredes internas del tubo.

Como 5.2 m.c.a. está próximo del valor permitido de 4.5 m.c.a. se deja así:

- Consultar tablas de pérdida de carga o presión por la ecuación de Hazen Williams.

#### Dimensionamiento de la motobomba

- Caudal de la motobomba  $Q = 72 \text{ L/s.}$
- Altura manométrica ( $H_{\text{man}}$ )

$$H_{\text{man}} = h_s + h_r + H_f + P_{\text{in}}$$

En que:

$h_s =$  altura geométrica de succión = 2.0 m.

$h_r =$  altura geométrica de recalque = 0.0 m.

$h_f =$  pérdida de presión a carga a lo largo de la tubería principal y succión que con los diámetros escogidos  $h_f = 5.2 \text{ m.}$

$P_{\text{in}} =$  presión en el inicio de la línea lateral = 36 m.c.a.

Entonces:

$$H_{\text{man}} = h_s + h_r + h_f + P_{\text{in}}$$

$$H_{\text{man}} = 2.0 + 0.0 + 5.2 + 36 = 43.2 \text{ m.c.a.}$$

Considerando un 5% de aumento para las pérdidas localizadas, se tiene que:  $H_{\text{man}} = 43.2 + 5\%$

$$H_{\text{man}} = 45.36 \text{ m.c.a.}$$

### Potencia necesaria (P)

$$P = \frac{72 \times 45.36}{75 \times 0.65} \text{ cv} = 66.99 \text{ cv (HP, Horse Power, caballos de fuerza)}$$

Considerando un aumento de 10%,  $P = 66.99 + 10\%$

$$P = 73.69 \text{ CV} \quad 80 \text{ CV} \quad (\text{cv} = \text{caballos vapor}).$$

Se necesita una motobomba de 80 caballos de potencia.

### Resumen del proyecto

**Línea Lateral:** El proyecto constará de 4 líneas laterales, con 264 metros c/u, 4 pulgadas de diámetro y 15 aspersores.

**Línea Principal:** La línea principal constará de 180 metros de tubos con 12 Pulgadas; 192 m con 10 pulgadas, 192 m con 8 pulgadas y 192 m con 6 pulgadas de diámetro.

**Conjunto Motobomba:** El conjunto motobomba constará de una bomba centrífuga, con caudal de 72 L/s y altura manométrica de 45.36 m.c.a. y un motor con una potencia útil o nominal de 80 cv (HP).

### 39. MICROASPERSIÓN

- Si aplicamos todo lo dicho para aspersión a tamaño miniatura, tenemos la micro aspersión.
- La principal diferencia, aparte del tamaño del equipo, es que microaspersión es riego localizado, es decir, no se moja toda el área.
- Se usa principalmente para frutales y plantas ornamentales.
- Trabaja con una menor presión de 15 a 20 Psi.
- El alcance es de 1 a 4 metros de radio y hay de tipo fijos (spray) y rotatorios.



**Fotos 76 y 77.** Microaspersores en etapa inicial de un cultivo de plátano.



**Foto 78.** Frutales con riego por microaspersión.

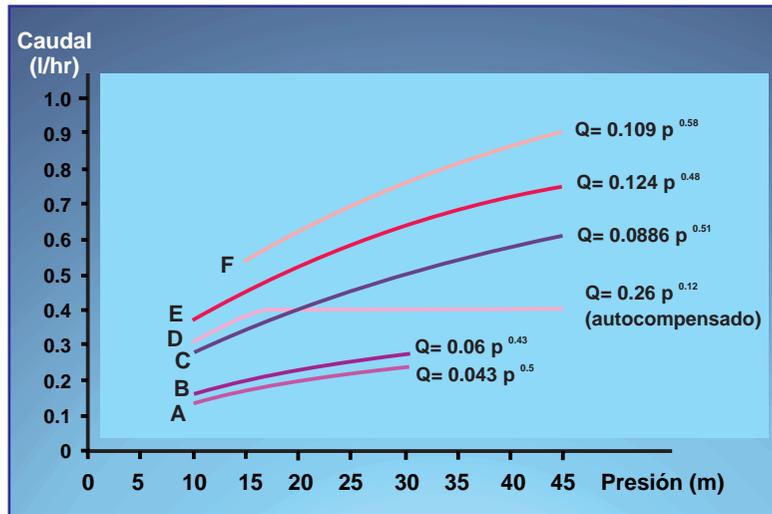


Fig. 36. Relaciones típicas de descarga y presión para microaspersión

En la figura 36 podemos apreciar que a mayor presión de trabajo en el microaspersor mayor será el caudal emitido por este.

#### 40. RIEGO POR GRAVEDAD

La característica principal del riego por gravedad es la forma de distribuir el agua en el suelo. Esta distribución es por gravedad. Al avanzar el agua sobre la superficie del suelo se produce simultáneamente la distribución del agua en la parcela y la infiltración de la misma en el perfil del suelo.

#### Red de distribución

- El agua puede llegar hasta la parcela por medio de cualquier sistema de distribución, bien por tuberías (normalmente a baja presión) o por una red de canales y acequias donde el agua circula por gravedad.
- Dentro del sistema de riego la red principal tiene el cometido básicamente de transporte. En sistemas de acequias, el gasto conducido por gravedad es desviado mediante compuertas y partidores, manuales o automáticos hacia una red de distribución cuyos ramales de último orden constituyen la red terciaria, en el entorno inmediato a los tablares, dentro de la parcela. Subdivididos en módulos cada vez más pequeños, el gasto distribuido es entregado a las tomas en cabeza de los canteros.

#### Objetivos en el diseño:

- Equilibrio entre los procesos de avance e infiltración para que la lámina infiltrada en cada punto de la parcela sea similar.
- Evitar pérdidas por percolación profunda y por escorrentía superficial.
- Mejora de la eficiencia en la red de distribución.

#### Ventajas:

- Simplicidad de instalaciones e infraestructura.
- Fácil mantenimiento.
- El empleo de energía gravitatoria, conlleva necesidades energéticas escasas o nulas.

**Inconvenientes:**

- Generalmente, menor eficiencia de aplicación que los riegos por aspersión y goteo (mayor consumo de agua).
- Puesto que muchos están situados en tierras bajas, los sistemas por superficie tienden a estar afectados por inundación y salinidad si no se ha previsto un adecuado drenaje.
- Pueden provocar pérdidas de nutrientes por lixiviación y pérdidas de suelo por erosión.
- La superficie del terreno es el sistema de conducción y distribución por ello se requiere que la parcela esté nivelada.
- Dificultad de aplicar dosis bajas.
- Requerimientos elevados de mano de obra.
- Dificultades para la automatización y el telecontrol.

**PRÁCTICA No. 4**

Medición de la presión de trabajo de una cinta de riego con el manómetro.

**Objetivo:**

Aprender el uso del manómetro

**Materiales:**

- Manómetro

**Procedimiento:**

En una parcela donde sepamos que está funcionando el riego, seleccionamos el primer lateral (cinta) de riego, uno en medio y el último lateral para realizar las medidas de presión de trabajo.

Se cierra la válvula conector al inicio de la cinta, se suelta el nudo al final de la cinta y se inserta el manómetro al final de la cinta, se enrosca el conector que tiene el manómetro al final de la cinta de riego y se coloca en el suelo sin moverlo, después de un par de minutos se hace la lectura en el manómetro.

## OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIONES DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

### Objetivo:

Conocer aspectos importantes sobre el mantenimiento y operación de sistemas de riego por goteo.

### 41. CAUSA Y SOLUCIÓN DE LAS OBSTRUCCIONES MÁS FRECUENTES EN LOS GOTEROS

Las cintas de goteo, después de un tiempo, comienzan a presentar problemas de taponamiento en los emisores. Esto se refleja en el campo cuando observamos partes de las camas o surcos secos; estas partes pueden ser de 30 cm o 5 m. Este problema se debe a la calidad del agua con la que estamos regando, el sistema de filtrado que tenemos y la forma y frecuencia con la que limpiamos todo el sistema.



Foto 79. Tramos secos por taponamiento de la cinta de riego.

#### 41.1. Obturaciones más frecuentes en el riego por goteo: Causas y soluciones

Las obstrucciones son partículas de arena, limo o arcilla, materia orgánica o cualquier otro elemento que obstruye el paso del agua a través de los goteros. Esto trae como consecuencia tramos secos que no están siendo regados en las líneas del cultivo.

Los tratamientos químicos más utilizados son la **acidificación** para disolver los precipitados químicos, la **cloración** y la **melaza** para descomponer la materia orgánica. El **ácido fosfórico (4 a 5 L/ha)** y la melaza se usan normalmente para prevenir y eliminar los precipitados químicos.

El **tratamiento con ácido** puede evitar la precipitación de carbonatos; si la precipitación ya ha comenzado, los carbonatos pueden disolverse manteniendo durante un tiempo el agua tratada con ácido en contacto con el material precipitado. Es necesario un análisis químico del agua para determinar la cantidad de ácido a aplicar.

La **cloración** es el tratamiento más eficaz y económico para destruir las algas y bacterias (y en general, la materia orgánica), consiste en la incorporación al agua de riego de hipoclorito de calcio. La aplicación de ácido durante el tratamiento con cloro mejora sensiblemente el resultado del tratamiento, debido a que el cloro es mucho más activo a pH ácido. Debe tenerse en cuenta la fitotoxicidad del cloro sobre cada cultivo, para determinar la dosis máxima de cloro a aplicar en los tratamientos. Se recomienda 1 kg/ha.

Los **precipitados blancos** indican presencia de carbonatos; los de color **marrón**, presencia de hierro, mientras que las obstrucciones ocasionadas por microorganismos presentan un aspecto grasiento de color **negro**.



**Fotos 80 y 81.** Precipitados de Calcio en el gotero.

#### 41.2. Partículas sólidas

Goteros: Quitar tapones finales de las líneas porta goteros dejando salir el agua 20 minutos. Colocarlos de nuevo. Si persiste la obturación, desmontar el gotero y lavarlo bajo agua, en el caso de goteros pinchados sobre la línea.

#### 41.3. Arena en la cinta

Goteros: Imprescindible el filtro de arena o hidrociclón y si aún continua, instalar un desarenador para prefiltrar el agua antes de la entrada al cabezal.

#### 41.4. Incrustaciones por precipitación de sales de hierro (Fe)

Goteros: Eliminar todos los empalmes y juntas de hierro (Fe) en la tubería de distribución de agua. Si el análisis de agua indica más de 1 ppm de Fe y si aún continúan las obturaciones, terminar el riego añadiendo al agua ácido nítrico al 65%, a razón de 500 a 1,000 ml por metro cúbico de la capacidad de la instalación es decir de la capacidad de conducción que tiene la tubería principal, las secundarias y la de distribución. No utilizar ácido clorhídrico a partir de 0.2 ppm de Fe. No emplear como fertilizante fosfato mono o bicálcico y con precaución el ácido fosfórico (4 -5 L/ha) para disolver sólidos.

#### 41.5. Algas, bacterias

Goteros: Instalar filtro de arena o específico, limpiar con cloro 1 kg de hipoclorito de calcio al 65% por hectárea en los últimos 30 minutos de riego.

#### 41.6. Incrustaciones por precipitación de sales de calcio (carbonatos y bicarbonatos)

Goteros: Limpiar cada día los filtros de malla y anillos. No usar fertilizante o abonos que contengan cal o la puedan producir.

Usar abonos de reacción ácida. En último extremo recurrir a la instalación de un descalcificador.



**Foto 82.** Algas en la cinta de riego.



**Foto 83.** Sales de calcio en la cinta.

#### 41.7. Partículas de abono

Goteros: Usar fertilizantes solubles cuando sea posible y en las cantidades aconsejadas. Si no se puede comprar fertilizantes solubles, es necesario dejar el fertilizante granulado un día antes sumergido en agua y revolverlo bien hasta que se deshaga, siempre quedarán pequeñas partículas que no se disolverán, por este motivo debemos colar este fertilizante disuelto antes de pasarlo al barril donde se almacenará. Este filtrado se hace haciendo pasar el fertilizante diluido, a través de una tela tipo camiseta, en ella quedarán atrapadas las partículas más gruesas y estaremos protegiendo un poco más nuestras cintas de riego y los emisores o goteros.

Colocar filtros después del equipo de fertilización, como filtros de anillos. Evitar mezclas que provoquen precipitaciones, cuando apliquemos el fertilizante por el sistema de riego, el calcio (Ca) debe ser aplicado de último y por separado, **NO** se debe mezclar con el otro fertilizante como fósforo (P), nitrógeno (N) o potasio (K) ya que provocan precipitados.

#### 41.8. Barro pegado en el exterior

Después de que ha llovido puede quedar barro pegado sobre la cinta y los goteros, debido al salpique de la lluvia, cuando esto suceda se debe regar después de una lluvia, solo por unos 15 minutos.



Foto 84. Barro en el exterior de la cinta.

#### 41.9. Intrusión de raíces

Goteros: Si el **estrés hídrico** entre riegos origina la obturación del gotero por la intrusión de raíces, utilizar herbicidas antiraíces de poca movilidad como por ejemplo: la **Trifluralina**.

### 42. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

A continuación sugerimos recomendaciones para el mantenimiento de la cinta o tubos con el tratamiento:

1. **Martes:** Fertilización semanal del cultivo.
2. **Miércoles:** lavar la cinta y aplicar 20-25 L de melaza por hectárea en 30 minutos de riego para limpiar materia orgánica, pero luego de aplicar la melaza se debe regar unos 15 minutos como mínimo para que limpie toda la melaza que tienen las cintas. Cuando hay problemas de Nematodo *Meloidogyne* (Nematodo agallador), se puede aplicar 40 L de melaza por hectáreas, esto ayuda a controlarlos. Este tratamiento con melaza se realiza una semana de por medio y la siguiente semana inyectar 1 Kg de hipoclorito de calcio al 65% por hectárea en los últimos 30 minutos de riego. Este cloro que inyectamos necesitamos que permanezca dentro del sistema, al contrario de la melaza. Para lograr esto, al momento que pasen los 30 minutos de inyección hay que apagar el sistema o cambiar de lote inmediatamente para que no entre agua sin cloro a las cintas que estamos tratando.

Este cloro debe de permanecer un mínimo de 24 h, dentro de la cinta para que le permita actuar. Esta labor se realiza todas las semanas alternando una semana melaza y otra semana el cloro.

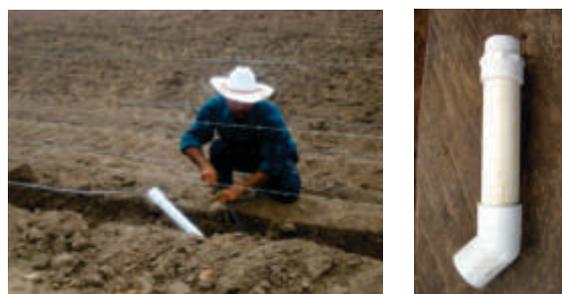
3. **Jueves:** lavar la cinta, abrir los nudos finales de la cinta de riego y también los tapones de limpieza que hayan en nuestro sistema, al menos una vez por semana.



Fotos 85 y 86. Limpieza de cinta de goteo.

Tapón de limpieza al final de la tubería de distribución, destaparlo una vez por semana para limpieza. Cada línea de tubería que tiene un final, debería tener una salida para la limpieza.

Hay que mantener abiertos los finales de la cinta de riego hasta que el agua salga limpia, como se muestra en las fotos 85 y 86.



Fotos 87 y 88. Finales de tubería para limpieza.



Foto 89. Nudo incorrecto al final de la cinta de riego.



Foto 90. Nudo correcto.

#### 43. REPARACIONES DE FUGAS DEL SISTEMA

Las fugas en nuestro sistema causan pérdidas de agua, de presión, de la uniformidad de riego en la cinta que está rota y en todo el sistema. Hay encharcamiento que aumenta la proliferación de enfermedades del suelo como hongos y bacterias, en el caso de maíz lo predispone a la mancha de asfalto por ejemplo. Cuando estas fugas no se reparan mojan constantemente el suelo y como consecuencia comienzan a desarrollarse malezas, estas malezas atraen insectos que muchas veces son perjudiciales para nuestro cultivo y si tenemos fertirriego estaremos botando el fertilizante a través de estas fugas.

Al finalizar el ciclo de cultivo debemos recoger las cintas de riego, cuando hacemos la limpieza mecánica también, esto es para evitar daños a la cinta de riego por alguna herramienta. Antes de enrollar la cinta y guardarla, esta debe haber sido limpiada con cloro o melaza.

La cinta de goteo de 8 milésimas de espesor de pared puede durar tres y hasta cuatro ciclos si hay un buen mantenimiento de todo el sistema. En las cintas de goteo a menor espaciamiento entre gotero, el orificio de este es más pequeño y por ende más fácil su obstrucción.

Cuando se tienen las camas emplásticasadas, por lo general la cinta de riego esta al medio, si el plástico no es pre perforado, se deberá tener el cuidado de no dañar la cinta de riego con el tubo perforador del plástico, para no ocasionar roturas en la cinta.



**Foto 91.** Fuga en la cinta de riego.



**Foto 92.** Reparación de fuga con tubín alambre de amarre.



**Foto 93.** Reparación de fuga usando un conector de cinta a cinta.



**Fotos 94 y 95.** Reparación de fugas utilizando neumático de bicicleta o moto.

## SOPA DE LETRAS

## Evaluación de las Unidades IV, VI y VII

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W | E | C | Z | Y | B | P | M | U | R | P | U | O | A | S |
| G | O | T | E | O | R | O | V | A | Q | V | J | C | S | D |
| D | L | V | E | B | Q | M | B | Q | S | B | I | P | Q | E |
| M | R | I | M | N | F | I | C | F | L | D | H | P | Z | V |
| I | N | H | U | B | T | E | J | Q | O | G | O | S | R | K |
| L | Ó | Z | F | N | W | B | K | F | I | U | X | I | K | E |
| B | I | I | E | N | H | Y | O | S | N | H | K | E | Z | U |
| T | C | C | T | M | O | S | V | D | E | R | E | R | E | E |
| K | A | W | G | G | F | I | L | G | W | K | G | H | Q | N |
| S | R | O | B | O | C | Z | S | A | C | T | U | U | Q | Y |
| E | O | Y | R | K | C | N | S | R | W | T | S | V | V | F |
| N | L | I | E | S | D | K | S | R | E | S | L | O | K | V |
| M | C | M | T | Q | R | K | Y | I | K | P | X | A | P | U |
| O | R | T | E | M | Ó | I | S | N | E | T | S | R | G | N |
| N | L | I | L | V | O | B | I | E | T | X | J | A | H | Y |

1. Es un multiplicador que se llama factor de cultivo representado usualmente por Kc.
2. Es un instrumento que indica el estado de la humedad del suelo.
3. Es la unidad de medida comúnmente usada para medir tensión por los tensiómetros.
4. Método que logra un humedecimiento directo del suelo por medio de gotas de agua puntuales distribuidas en la parcela y caracterizadas por tener una baja descarga.
5. Método de riego en el que el agua a presión es lanzada al aire y cae en forma de lluvia al terreno.
6. Método de riego que en el cual el agua avanza sobre la superficie del suelo se produce simultáneamente la distribución del agua en la parcela y la infiltración de la misma en el perfil del suelo.
7. Se usa normalmente para prevenir y eliminar los precipitados químicos en la cinta de goteo.
8. Es el tratamiento más eficaz y económico para destruir las algas y bacterias en la cinta de riego.
9. Indican presencia de carbonatos en la cinta de riego.

## PRÁCTICA No. 5

Hacer el nudo de la manera correcta al final de la cinta de riego y construir un conector de cinta a cinta, utilizando tubín y alambre de amarre para reparar fugas.

### Objetivo:

Conocer y realizar el procedimiento de construcción de un conector de cinta a cinta y la elaboración del nudo al final de la cinta.

### Materiales:

- Pedazos de cinta vieja
- Tubín o polietileno de 16 mm (15 cm de largo para un conector)
- Alambre de amarre
- Tenaza o alicata
- Cuchillo o machete

### Procedimiento para realizar el nudo al final de la cinta:

Corte un pedazo de cinta de aproximadamente 2 pulgadas, a esto se le llama anillo, corte la cantidad de anillos acorde con el número de cintas que tenga.

Realizar el nudo al final de la cinta de la siguiente manera: doble dos veces la cinta de riego hacia adentro del lote, después doble la cinta por la mitad pero a lo largo de lo que ya está doblado, luego meta la porción de la cinta doblada en el anillo previamente cortado, debe quedar apretado. Cuando se abran las válvulas del sistema y el agua llene las cintas, se deberá revisar que no haya fugas grandes al final de la cinta.

### Procedimiento para construir un conector de cinta a cinta.

Este conector sirve para hacer reparaciones y uniones de rollos o porciones de cinta.

Primero tome la porción (15 cm de polietileno de 16 mm o tubín), deberá hacer un corte de 45 grados comúnmente llamado chaflán, en ambos lados del tubín. Corte la porción de cinta dañada, teniendo el cuidado de hacer los cortes rectos en la cinta. Posteriormente introduzca los extremos cortados de la cinta en la porción de tubín hasta que se unan. Finalmente con el alambre de amarre se aseguran los dos extremos de la cinta introducidos en el tubín y se aprieta el alambre con la tenaza o el alicate.

# UNIDAD VIII

## CÁLCULO DE MATERIALES Y CONSEJOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO

### Objetivo:

Conocer sobre los materiales a utilizar en la instalación y consejos para ésta.

### INTRODUCCIÓN

El cálculo de materiales es como un inventario de lo que se necesita para poder comprar e instalar un sistema de riego. Es fundamental, ya que nos puede ayudar a optimizar y ahorrar dinero. Es aconsejable que este cálculo se realice con base en un diseño, este no tiene que ser sumamente elaborado, pero sí deberá estar por lo menos dibujado en un papel, donde indique dónde está la tubería principal, la secundaria y cuánto miden de largo. También deberá presentar la longitud y el número de camas que tiene la parcela y cuántas cintas por cama habrá, ubicación del filtro, de la bomba y otros que estén incluidos en el sistema.

Para calcular cuánta tubería necesitaremos tenemos que saber cuánta distancia hay desde la fuente de agua o de la bomba hasta nuestra parcela, también medimos la distancia de la cabecera de la parcela donde estarán conectadas las cintas de riego, la distancia que exista la dividimos entre 5.95 m (un lance de PVC tiene 6 m de largo), se divide entre este valor y no entre 6 m, porque hay que restar la porción de tubo que queda dentro de la campana de la tubería cuando se unen dos lances de tubo de PVC. Al cortar de la tubería de PVC lo debemos hacer de la siguiente manera:



1. Corte el tubo en ángulo.



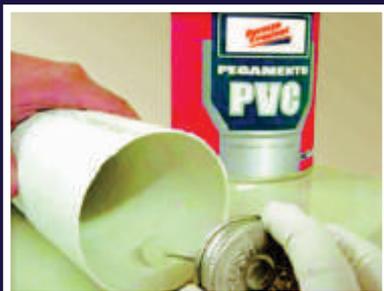
2. Elimine rebabas.



3. Limpie el tubo e interior de la conexión con un trozo de tela limpio y humedecido con limpiador de PVC.



4. Una las piezas en seco, para comprobar que el tubo y el accesorio encajan.



5. Utilizando el brochín, aplicar una capa delgada y uniforme de pegamento en la superficie interior de la conexión (deben ser delgada para evitar debilitamiento excesivo de la pared). Aplicar también con el brochín una capa generosa sobre el exterior del tubo.



6. Acople el tubo en la conexión mientras el pegamento está húmedo, mantenga juntos 30 segundos para evitar un mal pegue.



7. Limpie el exceso de pegamento. Espere 2 horas antes de manipular y 24 horas antes de hacer la prueba de presión.

Los accesorios de PVC se pueden visualizar mejor si dibujamos el sistema y observando si necesita codos, tee, etc. Cuando la línea de conducción cambia de un diámetro de tubería de 3 a 2 pulgadas, se necesita un reductor, al final de las tuberías se necesitan codos, adaptadores y tapones de PVC que serán lo que se denomina los finales para limpieza del sistema.

La cantidad de filtros de anillos dependerá de cuánta agua se haga pasar por ellos, el diámetro de los filtros, la calidad del agua, si realizaremos fertirriego, entre otras variables. Para parcelas menores o iguales a media manzanas, y que se regará en dos o tres turnos de riego, puede estimarse un solo filtro de 2", si la parcela es de 1 Mz y se regará en un turno de riego puede necesitar dos filtros de 2" o 3", todo depende de la cantidad de agua que se tenga que regar en el turno de mayor área. Si la calidad del agua es muy turbia (sucia) se necesitará un filtro de arena y un filtro de anillos. Para microaspersión y aspersión usualmente solo necesitamos filtros de malla, pero también pueden llegar a necesitar filtros de anillos, cada caso debe ser estudiado.

Los conectores para acoplar la cinta a la tubería de distribución se calculan basado en el número de camas o surcos que tengamos y para estimar la cinta de riego necesitamos el número de camas o surcos, más el largo de las camas, por ejemplo:

Si tengo una parcela de 1 Mz, es decir 84 m de largo por 84 m de ancho y un distanciamiento de cama de 1.5 m de centro a centro de cama, con esta información sacamos el número de camas, el número de conectores y la cantidad de cinta que necesitaremos, de la siguiente manera

$$\text{Número de camas} = \frac{84 \text{ m de ancho}}{1.5 \text{ m distanciamiento de cama a cama}}$$

$$56 \text{ camas} = \frac{84 \text{ m de ancho}}{1.5 \text{ m distanciamiento de cama a cama}}$$

En estas 56 camas, si tengo una cinta por cama necesito un conector por cama, del tipo inicial de tubo a cinta, si dejamos el tubo PVC superficial o utilizamos polietileno, entonces se necesitará 56 conectores.

Si el tubo de PVC lo enterramos, como lo recomienda el fabricante, la zanja debe tener de 30 a 40 cm de profundidad y necesitaremos tener tres accesorios por cama:

- Uno de estos es el conector inicial de PVC a polietileno de 16 mm o tubín (todos los conectores iniciales vienen con su respectivo empaque),
- Un pedazo de polietileno de 16 mm o tubín de 30 a 40 cm de longitud, que es lo que se denomina elevador.
- Un conector de polietileno o tubín a cinta de riego.

Entonces necesito 56 conectores iniciales, 56 pedazos de polietileno y 56 conectores de polietileno a cinta.

Perforación del tubo de PVC o el polietileno, se utiliza una broca de 5/8", con taladro o trépano, ya sea en polietileno o tubería de PVC, debemos tener el cuidado de no repasar mucho el agujero que se haga con el taladro o trepano ya que esto puede provocar que el agujero quede más grande y como consecuencia el empaque del conector quedará flojo y habrán fugas en este punto. Las fugas en los sistemas de riego presurizado traen como consecuencia pérdida de presión, encharcamientos, enfermedades radiculares al cultivo por exceso de humedad, crecimiento de malezas y estas malezas atraen insectos dañinos, que no queremos en nuestro cultivo.



Foto 96. Perforación de tubería.



Foto 97. Empaque inicial, llamado comúnmente gromet.



Foto 98. Conector Inicial de tubo a polietileno.



Foto 99. Elevadores de polietileno de 16 mm, comúnmente llamados tubines.



Foto 100. Conector de polietileno o tubín a cinta de goteo.

La cinta de riego la calculamos así:

Tomando el ejemplo que utilizamos para calcular los conectores, tenemos 56 camas y el largo de cama, en este caso todas son iguales, miden 84 m.

***Metros lineales de cinta de riego= Número de camas x largo de las camas***

***Metros lineales de cinta de riego= 56 camas x 84 m de largo de las camas***

***4,704 m lineales de cinta de riego= 56 camas x 84 m de largo de las camas***

Esta es la cantidad que se necesita si tenemos una cinta por cama, si tuviéramos dos cintas por cama, entonces este valor se multiplica por dos.

Los rollos de cinta de riego de 8 milésimas de grosor de pared usualmente traen 2300 metros lineales, el de 6 milésimas trae un poco más de 3000 metros. Si en este ejemplo vamos a comprar la cinta de 8 milésimas entonces para conocer la cantidad de cinta que necesito, solo divido el total de metros lineales entre los metro lineales que trae el rollo de cinta (la cinta en nuestro país solo se vende en rollos, no por metros).

Rollos de cinta = 4,704 m lineales que necesito ÷ 2,300 m lineales que trae el rollo

Rollos de cinta = 2.04 rollos, necesito comprar 2 rollos de cinta de goteo de 8 milésimas.

Accesorios para armar una válvula de aire en la línea de conducción.



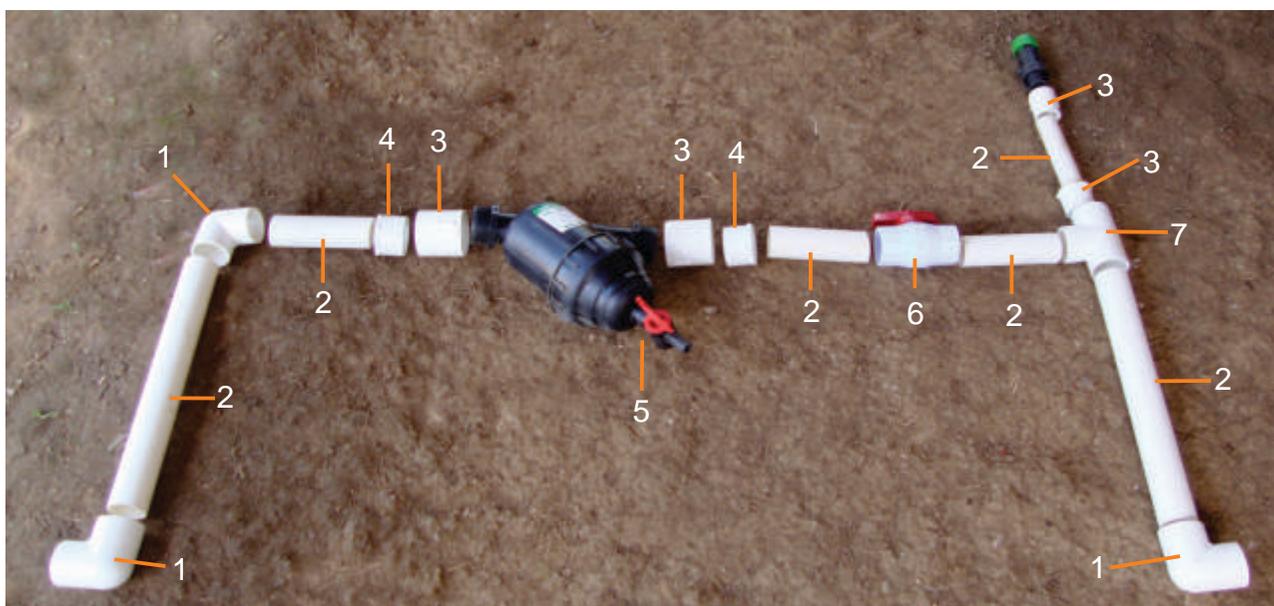
Foto 101. Válvula de aire de 2" armada.



Foto 102. Partes de la válvula de aire.



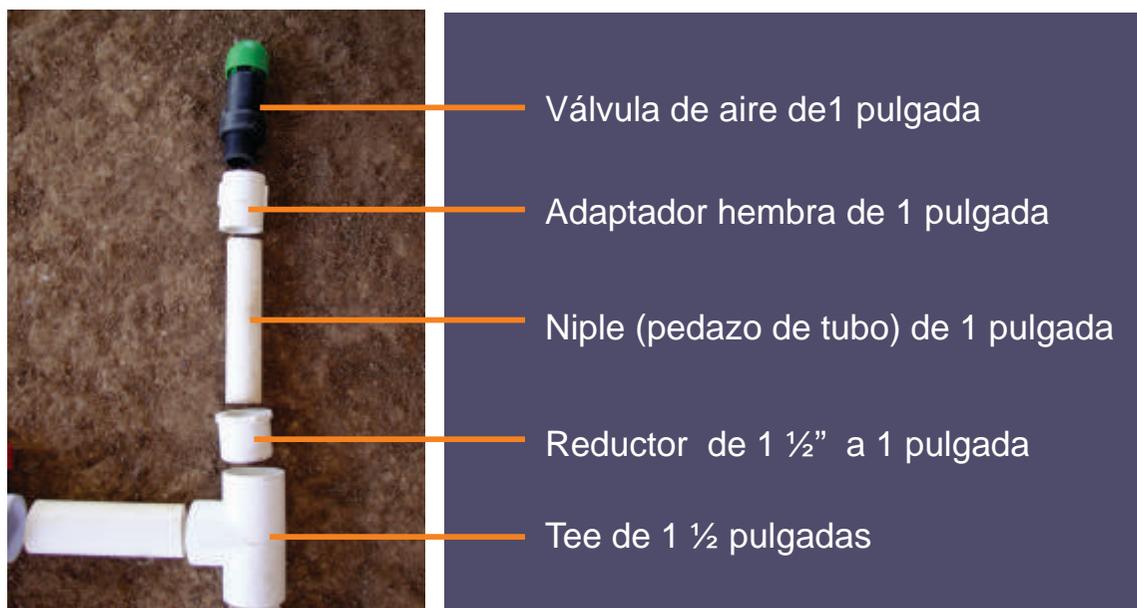
**Foto 103.** Válvula de control armada, con filtro y válvula de aire.



- |  |   |
|--|---|
| 1. Tres codo de 1 ½ pulgada de 90 grados.        | 5. Un filtro de 1 ½ pulgadas con rosca de 2 pulgadas. |
| 2. Seis niples (pedazos de tubo) de 1 ½ pulgada. | 6. Una válvula o llave de bola de PVC de 1 ½ pulgada. |
| 3. Cuatro adaptadores hembras de 2 pulgadas.     | 7. Una Tee de 1 ½ pulgadas.                           |
| 4. Dos reductores de 1 ½" a 2 pulgadas.          |   |

(En la fotografía de arriba, se identifican con números los accesorios descritos).

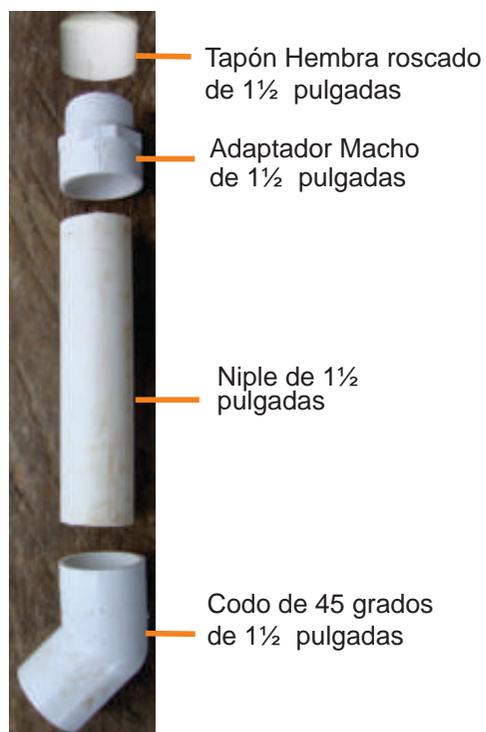
**Foto 104.** Accesorios para armar una válvula de control



**Foto 105.** Accesorios para armar una válvula de aire en la válvula de control.



**Foto 106.** Final de limpieza de tubería.



**Foto 107.** Accesorios para armar un final de limpieza de tubería.

Todos estos consejos son solo referencia y no deben ser tomados al pie de la letra, el cálculo exacto de materiales de un sistema de riego será el resultado de un diseño previo.

La cinta debe ser colocada con los goteros u orificios hacia arriba, esto es para evitar la sedimentación en los goteros, si los goteros quedan hacia abajo, cuando cerramos la válvula del sistema de riego entonces la manguera comienza a vaciarse y el sucio que está en la cinta de riego busca el punto más bajo para asentarse, y si el gotero quedo hacia abajo entonces parte del sucio se sedimentará en el gotero, esto provocará que nuestros goteros se obstruyan antes de que termine la vida útil de la cinta de riego. Algunas cintas vienen con una cinta blanca o azul en la parte que están los goteros, entonces debemos colocar la cinta con esa raya hacia arriba.



**Foto 108.** Aseguramiento de la cinta.

Cuando la cinta se acaba de instalar se puede asegurar amarrando el extremo final de ésta a una estaca o se pueden colocar pequeños trozos de palo para hacer una especie de horqueta, de manera que quede sujeta por ambos lados, esto se hace para que el viento no mueva nuestras cintas del centro de la cama donde las dejamos instaladas y donde queremos que rieguen, el no hacer esto muchas veces provoca tener que volver a pasar cama por cama para alinear la cinta de riego, esto es pérdida de tiempo y si tenemos trabajadores es pérdida de dinero por estar realizando una actividad que ya estaba hecha.

## Evaluación Unidad VIII

### Respuesta breve.

1. ¿Cuál es la medida de la broca que se utiliza para hacer los agujeros en la tubería para instalar los conectores iniciales para la cinta de riego?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. ¿Cuántos metros lineales trae usualmente la cinta de riego de 8 milésimas?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. ¿Cuál es la posición correcta en la que deben quedar instalada la cinta de riego, para evitar taponamiento en los goteros?

R \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## EL DRENAJE

### Objetivo:

Conocer aspectos generales sobre el drenaje de los suelos.

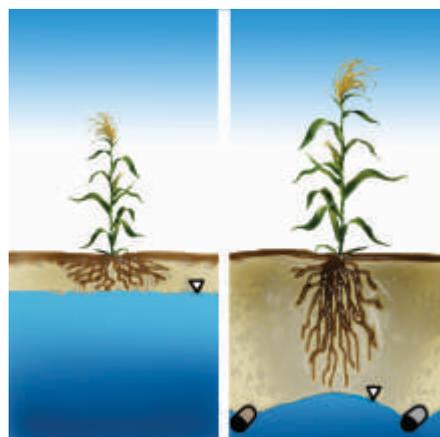
### 44. CONSTITUCIÓN DEL SUELO

El suelo está constituido por una fase sólida, líquida y gaseosa. Para que las semillas germinen, las plantas crezcan, se desarrollen adecuadamente y produzcan altos rendimientos, es necesario que en el suelo coexistan equilibradamente las tres fases: la fase sólida, representada por las partículas de suelo; la fase líquida, representada por el agua; y la fase gaseosa, representada por el aire.

Bajo condiciones de mal drenaje o de exceso de agua, el aire presente en el suelo es removido y el espacio libre es ocupado por el agua. En tales circunstancias, las plantas son afectadas en sus procesos esenciales, debido a que el oxígeno es indispensable para la respiración de las raíces. El drenaje es una tecnología que tiene como objetivo fundamental, disminuir el exceso de agua acumulada, tanto en la superficie como en el interior del suelo, con el fin de mantener las condiciones óptimas de aireación y actividad biológica indispensables para los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo radicular.

La mayor parte de las discusiones sobre sales del agua en el suelo, se refieren en general a minerales disueltos en el agua. Estos incluyen comúnmente componentes de calcio, magnesio, potasio, sodio, cloro y sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y nitratos. Toda el agua del suelo tiene algunos minerales en solución y en altas concentraciones, estos pueden ser dañinos para el crecimiento del cultivo. Hay un rango amplio de tolerancia de los cultivos a las sales; algunos son muy tolerantes a altas concentraciones y otros son muy sensibles. Los problemas con la salinidad son generalmente peores en las áreas áridas y semiáridas, porque hay menos lixiviación de sales por la lluvia.

El drenaje puede ser artificial o natural. La mayoría de tierras tiene drenaje natural superficial y subterráneo. Cuando el drenaje natural no elimina el exceso de agua y/o salinidad en una forma y cantidades adecuadas, se deberán construir estructuras de drenaje. El riego más la lluvia deberán ser suficientes para proporcionar una percolación profunda que mantenga la zona de las raíces libre del exceso de agua y que evite la acumulación de cantidades dañinas de sal. Si la capacidad del drenaje natural no es adecuada, el diseño de un sistema que proporcione un drenaje adecuado debe considerar la profundidad y el espaciamiento de los drenes de modo que se mantenga el nivel freático a una profundidad suficiente bajo la superficie del suelo para no interferir con las raíces del cultivo. El drenaje no es una ciencia



**Fig. 37.** Suelo sin drenaje y otro con drenaje.

exacta, aunque son útiles varios criterios teóricos, el diseño de los sistemas de drenaje se basa en gran parte de la experiencia práctica.

#### 45. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SEGÚN EL GRADO DE DRENAJE

La estructura y textura del suelo hacen a su drenaje, pero también es un factor muy importante el relieve, la vegetación y el nivel freático. Para el estudio del suelo se discrimina el drenaje externo y el drenaje interno.

El drenaje externo está dado por el escurrimiento superficial y el drenaje interno por la infiltración y la percolación. La infiltración es el ingreso del agua al suelo hasta la saturación, y la percolación es el proceso por el cual el agua recorre (acción de la gravedad) el perfil del suelo luego de la saturación.

Una de las propiedades físicas importantes es el de la permeabilidad, es decir la capacidad de permitir el pasaje del agua. La permeabilidad es distinta para cada horizonte y es una expresión muy relacionada a la textura, estructura y proximidad de la napa freática. Todas estas variables en conjunto describen el drenaje interno del suelo, el que se ha caracterizado en siete clases.

1. **Muy Pobrementemente Drenado (MPD).** Son suelos que poseen rasgos de hidromorfismo desde la superficie, los colores de los horizontes poseen colores con matices propios de condiciones de reducción. El escurrimiento es nulo o muy lento y en ocasiones es centrípeto. Los suelos que pertenecen a esta clase se encuentran en depresiones, bordes de lagunas, planicies aluviales. Puede ocurrir también que tengan el nivel freático muy próximo a la superficie o están sometidos a períodos de anegamiento o inundación, vegetación que soportan está dada por hidrófita, helófitas y muchas veces también halófitas.



Foto 109. Campos de cultivo con mal drenaje.

2. **Pobrementemente Drenado (PD).** Son suelos que se mantienen gran parte del tiempo mojados o con el nivel freático manteniendo la humedad de los horizontes, puede ocurrir también que uno de los

horizontes tenga una muy lenta permeabilidad, en áreas de llanura con pastizal pueden tener "enlames" superficiales.

3. **Imperfectamente Drenado (ID).** Saturados con agua por lapsos importantes producto de un horizonte de muy lenta permeabilidad o efecto de capa freática. Por lo general la base del horizonte A tiene moteados.

4. **Moderadamente Bien Drenado (MBD).** Estos suelos suelen presentar moteados y/o concreciones en los horizontes B o C, generalmente tienen un horizonte de permeabilidad moderadamente lenta y un nivel freático que con las lluvias puede afectar la base del suelo.

5. **Bien Drenado (BD).** Formados por texturas medias, son suelos que carecen de moteados y otras características que evidencian una limitación en el drenaje, la permeabilidad de un horizonte en el perfil suele ser moderada, y se desarrolla en lugares con relieve normal. Se trata de suelos con condiciones óptimas de drenaje reteniendo la cantidad de agua suficiente como para cederla. La capa freática no afecta la base del suelo y por lo general es profunda respecto de este.
6. **Algo Excesivamente Drenado (AED).** A menudo son suelos que poseen texturas gruesas con escasa diferenciación de horizontes, su drenaje interno es rápido generando una deficiente retención de humedad, Son suelos asociados a un relieve normal pero con pendientes que pueden llegar a ser pronunciadas.



**Foto 110.** Drenaje superficial.

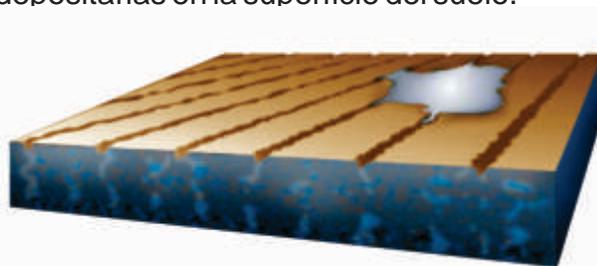
7. **Excesivamente Drenado (ED).** Restringidos generalmente a relieves pronunciados, drenaje interno rápido con nula retención de humedad debido a su gruesa textura o por efecto de escurrimiento externo rápido debido a la pendiente, son suelos que poseen escaso desarrollo genético.

#### 46. BENEFICIOS DEL DRENAJE

En los suelos saturados, figura 38, la falta de oxígeno evita la creación de formas utilizables de nitrógeno y azufre como resultado del desarrollo limitado de bacterias aeróbicas, dando como respuesta rendimientos de cultivo menores a los esperados. Un drenaje deficiente afecta también en forma adversa al cultivo y a la cosecha. Los beneficios del drenaje incluyen un ciclo de desarrollo más largo; una mejor labranza del suelo; un crecimiento más temprano de la planta; un rendimiento mayor del cultivo; mejores selecciones de cultivo; una producción más rentable y mejor acceso al campo y transporte.

El drenaje promueve un rápido calentamiento de los suelos en regiones templadas al llegar la primavera. Los suelos que están muy húmedos, pueden estar entre 4 y 8° C más fríos que los suelos bien drenados por lo que se puede trabajar en suelos bien drenados antes que en los otros. Suelos excesivamente húmedos promueven el desarrollo de patógenos de las plantas. Un nivel freático alto, crea condiciones en las cuales el movimiento capilar del agua hacia arriba puede llevar las sales a la zona de raíces o depositarlas en la superficie del suelo.

La saturación del suelo superficial, por unos cuantos días, a partir de un riego o una lluvia excesiva puede reducir significativamente el rendimiento de la mayoría de cultivos. Algunos estudios indican una disminución del 10% en el rendimiento, por cada día de anegamiento, siendo mayor en suelos de textura pesada o fina.



**Fig. 38.** Suelo con problemas de drenaje.

#### 47. DRENAJE SUPERFICIAL

El riego es en alguna medida, un complemento a la precipitación faltante. El drenaje superficial, (foto 110), es necesario para retirar el exceso de agua de lluvia o de riego de la superficie y perfil radicular. El control del agua superficial se realiza normalmente por medio de canales o zanjas de poca profundidad. Sin embargo, en la agricultura de temporal, el uso de lechos elevados y surcos pueden proporcionar una mejor aireación de las raíces del cultivo; en las camas y surcos con poca pendiente se puede incrementar el tiempo de oportunidad para que el agua ingrese al suelo. Este sistema, incluyendo camas anchas elevadas, ha incrementado algunas veces 40% el rendimiento de los cultivos.

El escurrimiento depende de la intensidad y duración de la precipitación, del tipo de suelo, de la topografía, de la cubierta vegetal y del uso de la tierra. Se pueden hacer estimaciones de escurrimiento basándose en el conocimiento de estas condiciones ya que pueden existir registros disponibles de las cantidades diarias de lluvia de casi todos los sitios. Los drenes superficiales para la protección del cultivo deben ser diseñados para manejar caudales con períodos de retorno de 5 a 25 años, sin embargo, se deberán usar períodos de retorno significativamente mayores en frecuencia cuando se

trata de protección de infraestructura costosa. Las cantidades máximas de lluvia en una hora, usualmente se aproximan a la mitad de las cantidades de lluvia que se pueden dar en un día.



**Foto 111.** Drenaje superficial eliminando el agua después de una lluvia intensa.

Los requerimientos de drenaje superficial dependen no solamente de los factores indicados anteriormente sino también del área de las tierras adyacentes que modifican las necesidades de drenaje. Algunos manuales y textos proporcionan métodos y ecuaciones para estimar el escurrimiento de las tierras agrícolas y de las cuencas hidrográficas.

#### 48. DRENAJE SUBTERRÁNEO

EL drenaje subterráneo se utiliza para la remoción o control del agua subterránea así como para la lixiviación de sales. Los drenes pueden ser zanjas abiertas, o tubos perforados enterrados (foto 112). Los pozos con bombas pueden tener un doble propósito: extraer agua para el riego o controlar la posición de la capa freática en áreas donde es un problema. En algunos proyectos de riego, el bombeo de una tercera parte del agua subterránea ha eliminado la necesidad de otras estructuras de drenaje. Sin embargo, no se deberá pensar nunca que los drenes subterráneos funcionan siempre adecuadamente ya que pueden llegar a obstruirse.



**Foto 112.** Sistema de drenaje que combina la zanja abierta y tubo enterrado (drenaje subterráneo).

La conductividad hidráulica del suelo,  $K$ , es una medida de su capacidad para desalojar el agua existente en su seno y proporciona un criterio necesario para el diseño de los sistemas de drenaje. La conductividad hidráulica se mide y se reporta, frecuentemente, en pulgadas cúbicas por pulgada cuadrada por hora ( $\text{pulg}^3/\text{pulg}^2/\text{h}$ ) o en centímetros cúbicos por centímetro cuadrado por hora ( $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{h}$ ). Estos términos, generalmente se abrevian y se utiliza comúnmente pulgadas por hora ( $\text{pulg}/\text{h}$ ) o centímetros por hora ( $\text{cm}/\text{h}$ ), respectivamente. La conductividad hidráulica saturada ( $K$ ) puede ser determinada mediante el método del orificio de barreno, con el uso de un piezómetro, a través del abatimiento del nivel de agua dentro del pozo o por la prueba de bombeo invertido del pozo. La conductividad hidráulica se determina por la tasa de recuperación del nivel de agua en un orificio de barreno o en un piezómetro, por el abatimiento o bajada del nivel estático de un pozo o por la tasa de bombeo invertido requerida para mantener un nivel estático de agua arriba del nivel de agua subterránea, respectivamente.

El rendimiento específico del agua ( $S$ ), es el volumen de agua que puede ser drenado de un área unitaria de suelo saturado por la acción de la gravedad, respecto a un decremento unitario del nivel freático y dado en forma de una caída unitaria de la tabla de agua expresada como porcentaje de un volumen unitario de suelo saturado. El rendimiento específico está relacionado con la conductividad hidráulica y en condiciones ideales de drenaje, “ $S$ ” deberá exceder en 6%. Con un valor menor o igual a 3%, el drenaje se vuelve difícil y costoso.

#### 49. ESPACIAMIENTO ENTRE DRENES

La mayoría de las áreas regadas, requieren eventualmente de la instalación de drenes subterráneos, en donde su espaciamiento apropiado puede ser determinado basado en la experiencia de campo en condiciones similares. Cuando no se cuenta con tal experiencia que pueda ser aplicada, se deberán considerar factores tales como la profundidad de los drenes, profundidad de la capa impermeable, conductividad hidráulica, rendimiento específico del suelo, profundidad radicular requerida por los cultivos que se van a sembrar, prácticas de riego, lluvia, otras condiciones climáticas, calidad del agua de riego, salinidad del suelo, pendiente y topografía del terreno. Esta gran información nos indica la complejidad potencial en el diseño de un sistema de drenaje.

La estimación del espaciamiento de drenaje requiere de la determinación de la percolación profunda, del comportamiento del nivel freático y su relación con cada fuente de recarga. La elevación del nivel freático debido a la precipitación o a las aplicaciones de riego puede determinarse por medio de mediciones de campo. Una vez obtenida esta información, puede ser integrada a una ecuación apropiada de espaciamiento de drenes para condiciones estables, dinámicas y así controlar la posición del nivel freático.

Cuando existe un problema de drenaje, se deberá medir la profundidad del nivel freático en varios sitios de área a ser drenada, el día anterior y posterior a cada uno de los riegos, lo cual puede indicar la cantidad de percolación profunda y su relación con el nivel de agua. El agua de riego contiene sales y los cultivos transpiran esencialmente agua pura, permitiendo de esta manera que las sales se concentren en el suelo o en el agua subterránea.

Hay una profundidad crítica para el agua subterránea sobre la cual hay un agudo incremento en la magnitud de evaporación y, por lo tanto, en la salinización del suelo. Dicha profundidad varía según el tipo de suelo, el contenido de sales en el agua subterránea y las características del cultivo. En general, está entre 1.0 y 1.5 m. El nivel del agua subterránea que se encuentra a la mitad de los drenes deberá conservarse a esa profundidad. El desarrollo de un sistema de drenaje subterráneo adecuado es el modo de controlar la profundidad del nivel freático.

## 50. TIPOS DE DRENES

1. Las zanjas abiertas tienen la ventaja de remover grandes volúmenes de agua y de drenar suelos arcillosos y pesados donde la pendiente es bastante plana. Por otro lado, las zanjas pueden también servir como salidas para drenes de plástico o de barro cocido enterrados. Las desventajas principales de las zanjas abiertas son que ocupan un área que podría ser cultivada, obstruyen las prácticas agrícolas y pueden crear problemas por el crecimiento de malezas, deslizamiento de las riberas y por sus altos costos de mantenimiento.
2. Los drenes topo, son canales circulares subterráneos no revestidos, formados mediante un implemento en forma de bala de cañón. Los drenes pueden ser usados para drenaje poco profundo en suelos de arcilla pesada, pero no son prácticos en suelos de textura más gruesa. Estos drenes son poco profundos y temporales, pero por lo general, son menos costosos de instalar que otros métodos. Los drenes topo no funcionan bien en tierras áridas.
3. Los drenes de concreto y de barro han sido utilizados ampliamente; generalmente son de 30 a 60 cm de longitud y de 10 a 25 cm de diámetro.
4. Por otro lado, la tubería de plástico corrugado se ha vuelto cada vez más popular para drenaje subterráneo durante los últimos 20 años. Generalmente se dispone de tubos de plástico, perforados, en diámetros entre 8 y 30 cm y en rollos de 75 a 80 m de largo. Los drenes de plástico o de barro generalmente tienen una envoltura que les rodea, compuesta de fibras sintéticas y un forro de arena y grava u otro material de filtro poroso, en donde las envolturas del dren son una especie de filtro que permite que el agua pase del suelo circundante hacia el dren sin un cruce significativo de partículas del suelo y sin desestabilizar el suelo circundante.

## Evaluación unidad IX

### Tipo completación.

1. El \_\_\_\_\_ es una tecnología que tiene como objetivo fundamental, disminuir el exceso de \_\_\_\_\_ acumulada, tanto en la superficie como en el interior del suelo, con el fin de mantener las condiciones óptimas de aireación y actividad biológica indispensables para los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo radicular.
2. Los suelos \_\_\_\_\_ están saturados con agua por lapsos importantes producto de un horizonte de muy lenta permeabilidad o efecto de capa freática. Por lo general la base del horizonte A tiene moteados.
3. El drenaje \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_ son los principales tipos de drenaje.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adrián Vargas. Uso del riego por goteo en el cultivo del café. Hidrorymca. S.A. Agosto 2007. 48 diapositivas
- Álvarez, F. 2008. Componentes de un sistema de riego (diapositivas). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 35 diapositivas.
- Álvarez, F. 2008. Sistemas de distribución: Goteo (diapositivas). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 41 diapositivas.
- Alirio Edmundo Mendoza. Manual técnico sistemas de riego por goteo en condiciones de ladera. IICA, Estelí. 2009. 92 p.
- BOMOHS. 2006. Hidráulica básica (diapositivas). Escuela Agrícola Panamericana. 108 diapositivas.
- CDA (Centro de desarrollo de agronegocios) – FINTRAC. 2001. Boletín técnico de producción: Construcción de un filtro de arena de barril y la secuencia para su retrolavado. 6 p.
- FINTRAC CDA. Boletín técnico de producción, Inyección de químicos o fertilizantes por el sistema de riego. Abril 2001. 4 p.
- FINTRAC CDA. Boletín técnico de producción, Construcción de un filtro de arena de barril y la secuencia para su retrolavado. Enero 2001. 6 p.
- Francisco Ruiz. Guía para la instalación y mantenimiento de riego por goteo. Save the Children – USAID Nicaragua. 25 p.
- José Antonio Jaar, Jaime Madero. Tecnologías para producir más. Agropecuaria del Campo. Nicaragua 2007.
- Jorge Jara R. Bombas de regadío. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad de Concepción. Noviembre 2007.
- Lardizábal, R. 2006. El riego por goteo manejo y mantenimiento (diapositivas). USAID-RED. 86 diapositivas.
- Lardizábal, R. 2006. El riego por goteo componentes (diapositivas). USAID-RED. 89 diapositivas.
- Leopoldo Ortega y Luis Salgado. Instituto de investigaciones agropecuarias INIA. Drenaje en suelo agrícola. INIA, Chile, 2001
- Liotta. Mario A. (2000) Superficie cultivada con riego tradicional y presurizado en la provincial de San Juan. INTA San Juan.
- Liotta. Mario A. (2004) Los sistemas de riego por goteo y microaspersión. INTA – EEA San Juan.

- Miguel Obando. Guía técnica manejo y aprovechamiento de agua con fines agropecuarios. Seria técnica PASOLAC. Junio 2006.
- Pedro Efraín García. 2002. Sistema de riego por goteo. CENTA. Boletín técnico No 10
- USAID-RED (Programa de diversificación económica rural) 2005. Boletín técnico de producción. Como fabricar una válvula de aire tipo Garrote. 3 p.
- Vinueza Iñiga, R.J. 2009. Diseño de un plan de manejo de riego para los cultivos de cítricos en El Zamorano, Honduras. Tesis Lic. Ing. Agr. Francisco Morazán, Honduras. EAP, Zamorano. 39 p.
- [www.bermad.com](http://www.bermad.com), control valves Bermad. 2002 hoja electrónica de catalogo.
- [www.elriego.com](http://www.elriego.com). Valor de la capacidad de retención de agua y riego por gravedad.
- [www.com](http://www.com) Roberts irrigation product INC. Conectores, herramientas de PRO-GRIP drip irrigation fittings installation. Hoja electrónica de catálogo.
- [www.poritex.com](http://www.poritex.com) Riego localizado, Manual de cálculo hidráulico e instalación.

# ANEXOS

## Anexo 1. Tabla de ejemplo de pérdida de presión en tubería de PVC:

**Pérdida de presión en PSI / 100 pies de tubería para diámetros desde 1" hasta 6", y caudales entre 1 y 600 galones por minuto**

**Tubería PVC, clase 125, SDR 32.5, C=150**

| Diámetro Nominal (pulgadas) | 1 1/2" | 2"    | 2 1/2" | 3"    | 4"    |
|-----------------------------|--------|-------|--------|-------|-------|
| Diámetro Externo (pulgadas) | 1.900  | 2.375 | 2.875  | 3.500 | 4.500 |
| Diámetro Interno (pulgadas) | 1.784  | 2.229 | 2.699  | 3.284 | 4.224 |
| Grosor de Pared (pulgadas)  | 0.058  | 0.073 | 0.088  | 0.108 | 0.138 |

| Caudal (gpm) | Velocidad (pies/s) | Pérdida (PSI) |
|--------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| 1            | 0.12               | 0.00          |                    |               |                    |               |                    |               |                    |               |
| 2            | 0.25               | 0.01          | 0.16               | 0.00          |                    |               |                    |               |                    |               |
| 3            | 0.38               | 0.02          | 0.24               | 0.01          |                    |               |                    |               |                    |               |
| 4            | 0.51               | 0.03          | 0.32               | 0.01          | 0.22               | 0.00          |                    |               |                    |               |
| 5            | 0.64               | 0.05          | 0.41               | 0.02          | 0.28               | 0.01          |                    |               |                    |               |
| 6            | 0.76               | 0.07          | 0.49               | 0.02          | 0.33               | 0.01          |                    |               |                    |               |
| 7            | 0.89               | 0.09          | 0.57               | 0.03          | 0.39               | 0.01          | 0.26               | 0.00          |                    |               |
| 8            | 1.02               | 0.12          | 0.65               | 0.04          | 0.44               | 0.02          | 0.30               | 0.01          |                    |               |
| 9            | 1.15               | 0.15          | 0.73               | 0.05          | 0.50               | 0.02          | 0.34               | 0.01          |                    |               |
| 10           | 1.28               | 0.18          | 0.82               | 0.06          | 0.56               | 0.02          | 0.37               | 0.01          |                    |               |
| 11           | 1.41               | 0.22          | 0.90               | 0.07          | 0.61               | 0.03          | 0.41               | 0.01          |                    |               |
| 12           | 1.53               | 0.25          | 0.98               | 0.09          | 0.67               | 0.03          | 0.45               | 0.01          | 0.27               | 0.00          |
| 14           | 1.79               | 0.34          | 1.14               | 0.11          | 0.78               | 0.05          | 0.52               | 0.02          | 0.32               | 0.01          |
| 16           | 2.05               | 0.43          | 1.31               | 0.15          | 0.89               | 0.06          | 0.60               | 0.02          | 0.36               | 0.01          |
| 18           | 2.30               | 0.54          | 1.47               | 0.18          | 1.00               | 0.07          | 0.68               | 0.03          | 0.41               | 0.01          |
| 20           | 2.56               | 0.65          | 1.64               | 0.22          | 1.12               | 0.09          | 0.75               | 0.03          | 0.45               | 0.01          |
| 22           | 2.82               | 0.78          | 1.80               | 0.26          | 1.23               | 0.10          | 0.83               | 0.04          | 0.50               | 0.01          |
| 24           | 3.07               | 0.92          | 1.97               | 0.31          | 1.34               | 0.12          | 0.90               | 0.05          | 0.54               | 0.01          |
| 26           | 3.33               | 1.06          | 2.13               | 0.36          | 1.45               | 0.14          | 0.98               | 0.05          | 0.59               | 0.02          |
| 28           | 3.58               | 1.22          | 2.29               | 0.41          | 1.56               | 0.16          | 1.05               | 0.06          | 0.64               | 0.02          |

Continúa...

| Diámetro Nominal (pulgadas) | 1 1/2"             | 2"            | 2 1/2"             | 3"            | 4"                 |               |                    |               |                    |               |
|-----------------------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| Diámetro Externo (pulgadas) | 1.900              | 2.375         | 2.875              | 3.500         | 4.500              |               |                    |               |                    |               |
| Diámetro Interno (pulgadas) | 1.784              | 2.229         | 2.699              | 3.284         | 4.224              |               |                    |               |                    |               |
| Grosor de Pared (pulgadas)  | 0.058              | 0.073         | 0.088              | 0.108         | 0.138              |               |                    |               |                    |               |
| Caudal (gpm)                | Velocidad (pies/s) | Pérdida (PSI) |
| 30                          | 3.84               | 1.39          | 2.46               | 0.47          | 1.68               | 0.18          | 1.13               | 0.07          | 0.68               | 0.02          |
| 35                          | 4.48               | 1.84          | 2.87               | 0.62          | 1.96               | 0.25          | 1.32               | 0.09          | 0.80               | 0.03          |
| 40                          | 5.12               | 2.36          | 3.28               | 0.80          | 2.24               | 0.31          | 1.51               | 0.12          | 0.91               | 0.04          |
| 45                          | 5.76               | 2.94          | 3.69               | 0.99          | 2.25               | 0.39          | 1.70               | 0.15          | 1.02               | 0.04          |
| 50                          | 6.40               | 3.57          | 4.10               | 1.21          | 2.80               | 0.48          | 1.89               | 0.18          | 1.14               | 0.05          |
| 55                          | 7.05               | 4.26          | 4.51               | 1.44          | 3.08               | 0.57          | 2.08               | 0.22          | 1.25               | 0.06          |
| 60                          | 7.69               | 5.00          | 4.92               | 1.69          | 3.36               | 0.67          | 2.26               | 0.26          | 1.37               | 0.08          |
| 65                          | 8.33               | 5.80          | 5.33               | 1.96          | 3.64               | 0.77          | 2.45               | 0.30          | 1.48               | 0.09          |
| 70                          | 8.97               | 6.65          | 5.74               | 2.25          | 3.92               | 0.89          | 2.64               | 0.34          | 1.60               | 0.10          |
| 75                          | 9.61               | 7.56          | 6.15               | 2.56          | 4.20               | 1.01          | 2.83               | 0.39          | 1.71               | 0.11          |
| 80                          | 10.25              | 8.52          | 6.56               | 2.88          | 4.48               | 1.14          | 3.02               | 0.44          | 1.82               | 0.13          |
| 85                          | 10.89              | 9.53          | 6.98               | 3.23          | 4.76               | 1.27          | 3.21               | 0.49          | 1.94               | 0.14          |
| 90                          | 11.53              | 10.60         | 7.39               | 3.59          | 5.04               | 1.41          | 3.40               | 0.54          | 2.05               | 0.16          |
| 95                          | 12.17              | 11.71         | 7.80               | 3.96          | 5.32               | 1.56          | 3.59               | 0.60          | 2.17               | 0.18          |
| 100                         | 12.81              | 12.88         | 8.21               | 4.36          | 5.60               | 1.72          | 3.78               | 0.66          | 2.28               | 0.19          |
| 110                         | 14.10              | 15.37         | 9.03               | 5.20          | 6.16               | 2.05          | 4.16               | 0.79          | 2.51               | 0.23          |
| 120                         | 15.38              | 18.06         | 9.85               | 6.11          | 6.72               | 2.41          | 4.53               | 0.93          | 2.74               | 0.27          |
| 130                         | 16.66              | 20.94         | 10.67              | 7.09          | 7.28               | 2.79          | 4.91               | 1.08          | 2.97               | 0.32          |
| 140                         | 17.94              | 24.02         | 11.49              | 8.13          | 7.84               | 3.20          | 5.29               | 1.23          | 3.20               | 0.36          |
| 150                         | 19.22              | 27.30         | 12.31              | 9.24          | 8.40               | 3.64          | 5.67               | 1.40          | 3.43               | 0.41          |
| 160                         |                    |               | 13.13              | 10.41         | 8.96               | 4.10          | 6.05               | 1.58          | 3.65               | 0.46          |
| 170                         |                    |               | 13.96              | 11.65         | 9.52               | 4.59          | 6.43               | 1.77          | 3.88               | 0.52          |
| 180                         |                    |               | 14.78              | 12.95         | 10.08              | 5.10          | 6.80               | 1.96          | 4.11               | 0.58          |
| 190                         |                    |               | 15.60              | 14.31         | 10.64              | 5.64          | 7.18               | 2.14          | 4.34               | 0.64          |
| 200                         |                    |               | 16.42              | 15.74         | 11.20              | 6.20          | 7.56               | 2.39          | 4.57               | 0.70          |
| 225                         |                    |               | 18.47              | 19.57         | 12.60              | 7.72          | 8.51               | 2.97          | 5.14               | 0.87          |
| 250                         |                    |               |                    |               | 14.00              | 9.38          | 9.45               | 3.61          | 5.71               | 1.06          |
| 275                         |                    |               |                    |               | 15.40              | 11.19         | 10.40              | 4.31          | 6.28               | 1.27          |
| 300                         |                    |               |                    |               | 16.80              | 13.15         | 11.34              | 5.06          | 6.86               | 1.49          |
| 325                         |                    |               |                    |               | 18.20              | 15.25         | 12.29              | 5.87          | 7.43               | 1.72          |
| 350                         |                    |               |                    |               | 19.60              | 17.49         | 13.24              | 6.73          | 8.00               | 1.98          |
| 375                         |                    |               |                    |               |                    |               | 14.18              | 7.65          | 8.57               | 2.25          |
| 400                         |                    |               |                    |               |                    |               | 15.13              | 8.62          | 9.14               | 2.53          |
| 425                         |                    |               |                    |               |                    |               | 16.07              | 9.65          | 9.71               | 2.83          |
| 450                         |                    |               |                    |               |                    |               | 17.02              | 10.72         | 10.29              | 3.15          |
| 475                         |                    |               |                    |               |                    |               | 17.96              | 11.85         | 10.86              | 3.48          |
| 500                         |                    |               |                    |               |                    |               | 18.91              | 13.03         | 11.43              | 3.83          |
| 550                         |                    |               |                    |               |                    |               |                    |               | 12.57              | 4.57          |
| 600                         |                    |               |                    |               |                    |               |                    |               | 13.72              | 5.37          |

**Anexo 2.** Resultado de un análisis de agua para riego:

**ZAMORANO**

**LABORATORIO DE SUELOS**

**CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA**

Zamorano tels. (504) 776-6140 al 50 ext. 2316 Fax: (504) 776-242

**RESULTADO DE ANALISIS DE AGUA**

28 de noviembre de 2011

Solicitante: \_\_\_\_\_

# lab. 11-AR-xxxx

Muestra: Agua para riego

| CATIONES                               | mmol/L      | meq/L       | ANIONES                               | mmol/L      | meq/L       |
|--|-------------|-------------|---------------------------------------|-------------|-------------|
| Calcio                                 | 0.2315      | 0.463       | Cloruros                              | 0.2         | 0.2         |
| Magnesio                               | 0.05        | 0.1042      | Sulfatos                              | 0.0495      | 0.099       |
| Potasio                                | 0.045       | 0.045       | Carbonatos                            | 0           | 0           |
| Sodio                                  | 0.2065      | 0.2065      | Bicarbonatos                          | 0.5         | 0.5         |
| Boro                                   | 0.01        | 0.01        | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>          | 0           | 0           |
| <b>Suma</b>                            | <b>0.54</b> | <b>0.83</b> | <b>Suma</b>                           | <b>0.75</b> | <b>0.80</b> |
| Relación C.E. /suma de cationes: 48.04 |             |             | Relación C.E. /suma de aniones: 49.79 |             |             |

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

|                      |  |
|----------------------|--|
| pH                   | 7.22   |
| C.E.                 | 0.03978 mmhos/cm. No hay problema de salinización. |
| Sales totales (mg/L) | 25.459   |

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Presión osmótica (atm)           | 0.014   |
| SAR                              | Sin riesgo de alcalinización.   |
| Grados Hidrotimétricos Franceses | 2.84 Agua muy dulce.  |
| Normas Riverside Blasco, Rubia   | C1 S1<br>Baja Salinidad. Se puede regar todo los cultivos y suelo salvo los de mal drenaje.<br>Aguas con bajo contenido en Sodio. Su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles. |
| Fitotoxicidad por Boro           | No hay problema.  |
| Fitotoxicidad por Cloro          | No hay problema.  |
| Fitotoxicidad por Sodio          | Sin problema en riego por aspersión.<br>No hay problema en riegos por superficie.   |

Responsable: \_\_\_\_\_  
Ing. Dania Oliva



**República de Honduras**  
**Secretaría de Educación**  
Subsecretaría Técnico Pedagógica  
Dirección General de Servicios Pedagógicos  
Departamento de Diseño Curricular

*Bachillerato Técnico Profesional  
en Agricultura*



**PROMIPAC**  
Programa de Manejo Integrado  
de Plagas en América Central



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Cooperación Suiza  
en América Central**

ISBN: 1-885995-76-8