



República de Honduras
Secretaría de Educación

Bachillerato Técnico Profesional en Agricultura

MÓDULO 5



MANUAL DE RIEGO Y DRENAJE





Riego y Drenaje



República de Honduras
Secretaría de Educación



PROMIPAC
Programa de Manejo Integrado
de Plagas en América Central



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza
en América Central

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

Manual de 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.



Marlon Escoto

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.	Típos 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
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
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
UNIDAD VIII. CÁLCULO DE MATERIALES Y CONSEJOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO		95
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
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
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
ÍNDICE 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
ÍNDICE 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 modelo 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.	Coefficientes K_p , 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 (K_c) 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 Pérdida 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.	Goterros 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.
-
-



El 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.



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/Stq7smxe2Zl/AAAAAAAA0U/70ZJfYraXUk/s400/Ciclo%2Bdel%2BAgua.bmp&imgrefurl=http://geogeneral-unesr-bna.blogspot.com/&usq=__5yRsrSmyJDE8YKHl_m28o5RlQ=&h=300&w=400&sz=32&hi=es&start=6&zoom=1&ibid=bhZkvefQ620HFM:&ibnh=93&ibnw=124&ei=VY5mT8rNKWGiQKzmNmiDw&prev=/search%3Fq%3DCiclo%2Bhidrologico%26hl%3Des%26safe%3Dactive%26biw%3D1080%26bih%3D550%26gbv%3D2%26tbn%3Dsch&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 agricultura. 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?, ¿Habrà 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 escasas de fuentes de agua, la laguna funciona para usos domésticos.



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

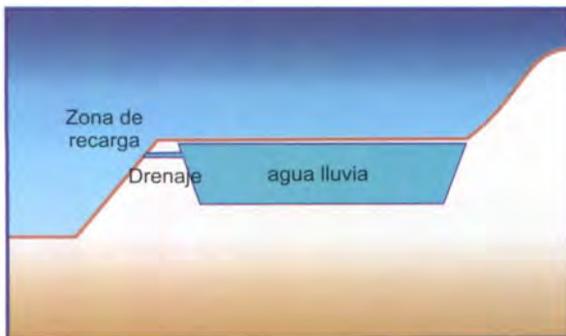


Fig. 3. Diagrama de laguna para riego de alivio.

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**

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

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

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

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.

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

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 estabilice 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.

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).

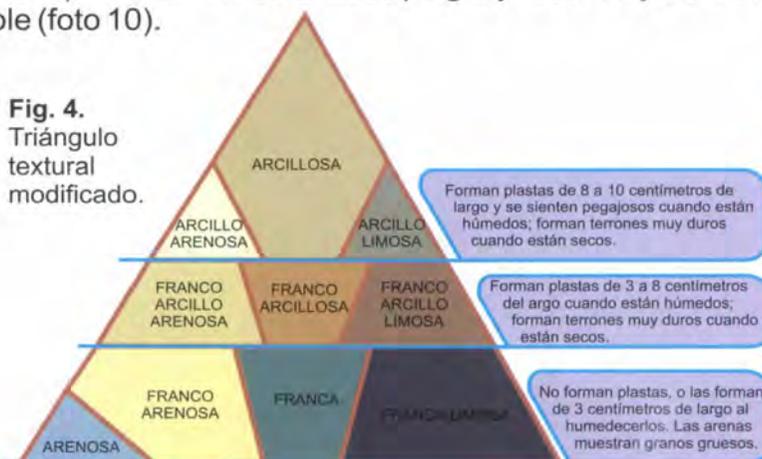


Foto 10. Prueba manual de textura.

- 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.

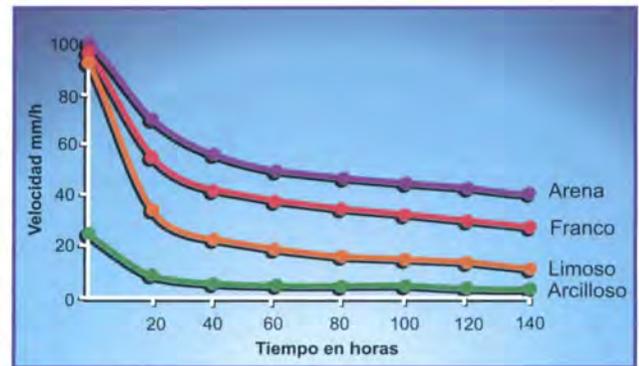


Fig. 6. Curvas de infiltración, según textura del suelo.



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).

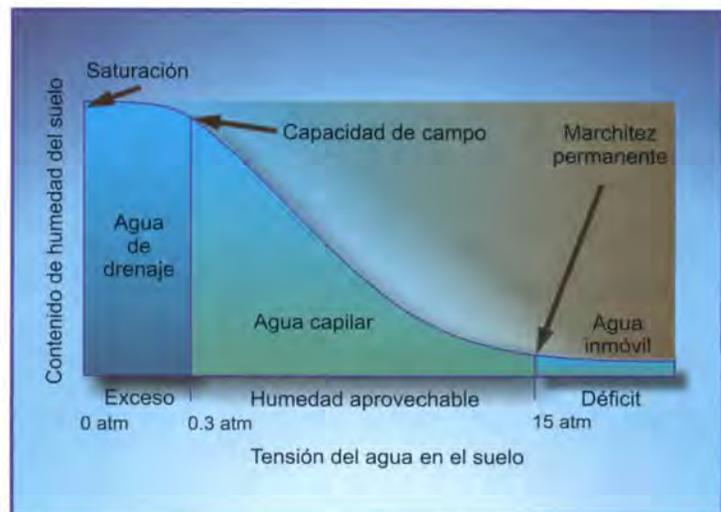


Fig. 8. Estados de humedad y agua en el suelo.

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.

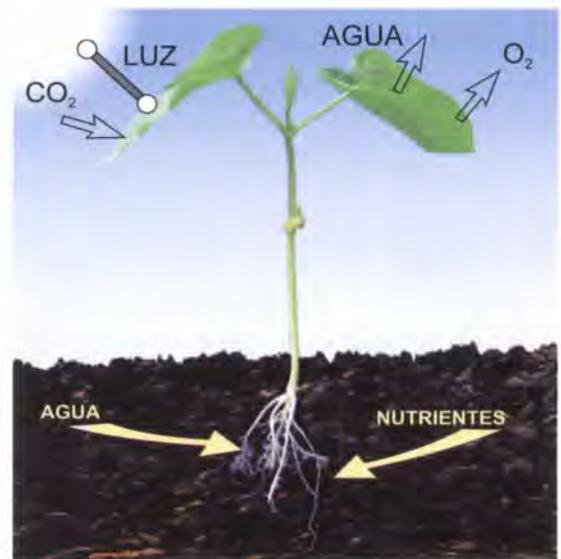


Fig. 9. Esquema de utilización del agua.

El suelo suministra el agua y nutrientes, y la atmosfera la luz y el CO₂; la planta desprende el O₂ 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.