

Módulo de Riego

Escuela Técnica del Ejército

UNIVERSIDAD WILSON POPOL
ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA
APARTADO 28
TEGUCIGALPA, HONDURAS

Implementado en: Escuela Agrícola Luis Landa, Honduras.
Profesor a cargo: Felipe Gutierrez.

Proyecto "Fortalecimiento e Integración de la Educación Media a los
Procesos de Desarrollo Rural Sostenible y Combate a la Pobreza en América
Central"

211601

Proyecto SICA - ZAMORANO - TAIWÁN
2003

631.7 Escuela Técnica del Ejército de Honduras
E18 Módulo de riego / Escuela Técnica del Ejército de Honduras.--1a.ed.-- Tegucigalpa: Guaymuras, 2003
102 p.: Fotos, Gráficos

ISBN 99926-670-5-2

1.-RIEGO

© Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Zamorano
Teléfono: (504) 776-6140/50 ext. 2054
Apartado Postal: 93.
Tegucigalpa, Honduras

Primera edición: octubre de 2003
Impresión: Editorial Guaymuras
Tiraje: 1.000 ejemplares

COLECCIÓN DE MÓDULOS PRÁCTICOS

PROYECTO SICA - ZAMORANO - REPÚBLICA DE TAIWÁN

Ejecutivos del Proyecto

Lic. Mayra Falck. Líder del Proyecto

Equipo de Monitoreo y Evaluación

Ing. Marcel Janssen. Líder del Componente
Licda. Ana Ruth Zúñiga. Especialista en Información Cualitativa
Ing. María Delfina Flores. Especialista en Información Cualitativa
Ing. Erick Naranjo. Especialista en Análisis Cuantitativo y Diseño

Encargados de los Componentes

Ing. Pedro Quiel. Adecuación Curricular/ Portafolio Docente
Ing. Rhina Domínguez. Fortalecimiento Administrativo
Ing. Rosa Amada Zelaya. Adecuación Curricular/ Módulos Prácticos y Capacitación Regional
Ing. Magaly Beraún. Adecuación Curricular/ Lecto-escritura y Matemáticas

Enlaces Técnicos en los Países

Agr. Jaime Terán. Ing. Agr. Guillermo Maura. Honduras
Agr. Gladis Silvia Rivera. Agr. José Daniel Arguello. Nicaragua
Agr. Patricia Driottez. Agr. Katia Solís García. El Salvador
Agr. Eduardo Aparicio. Agr. Boris Justavino. Panamá
Agr. Rocío Fallas. Ing. Agr. Juan Carlos Espinosa. Costa Rica
Agr. Francisco Alfredo Reyes. Agr. Edwin Teran Oconor. Belice

Colaboradores especiales

Ing. Felipe González. Diseño de Mapas e información Web

Organización de Eventos e Información

Agr. Adriana Ovando. Asistente
Ing. Roberto Cardona. Asistente

Edición y Diagramación de documentos

Jenny Murcia F.

Administración

Ing. Carlos Ardón. Administrador
Ing. Gunther Suárez. Asistente Financiero
Lilliams García de Robles. Secretaria

Equipo de Apoyo

Pablo Flores
Reynieri Ortiz
Wilmer Figueroa

Escuela Técnica del Ejército

Teniente Coronel Saúl A. Coca. Director.

Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente

Lic. Mayra Falck - Ing. Peter Doyle.

La presente Colección de Módulos Prácticos ha sido co-financiada por la **Fundación W.K. Kellogg, a través del proyecto DECOP ejecutado por Zamorano con fondos de esta fundación.**

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	I
PRESENTACIÓN.....	II
1. Riego y Drenaje.....	9
1.1 Absorción de agua por los cultivos.....	10
1.2 Agua en el suelo.....	15
1.3 Evaporación.....	21
1.4 Balance de agua.....	21
1.5 Sistema de control de agua.....	22
2. Sistemas de Riego.....	26
2.1 Riego por gravedad.....	28
2.2 Riego por aspersión.....	32
2.3 Riego por goteo.....	37
2.4 Fertigación.....	41
3. Hidráulica Básica.....	45
3.1 Hidráulica.....	47
3.2 Presión de un fluido.....	47
3.3 Ecuaciones.....	51
3.4 circulación de agua en los vertederos.....	55
3.5 Circulación de agua en tuberías.....	57
3.6 Circulación de agua en canales.....	58
4. Meteorología y Climatología.....	63
4.1 Climatología.....	64
4.2 Utilidad de cada instrumento.....	66
4.3 Agroclimatología.....	68
4.4 Definición de términos.....	68
4.5 La fórmula de Hargreaves y ETP.....	69
4.6 La precipitación.....	71
4.7 Valores probalísticos.....	71
4.8 El balance hídrico.....	73
5. Topografía.....	77
5.1 Topografía.....	78
5.2 Principales instrumentos utilizados en topografía.....	79
5.3 Principios fundamentales de trigonometría y geometría.....	79
5.4 Instrumentos topográficos.....	83
5.5 Mensura de tierras.....	89
5.6 Prácticas de un levantamiento poligonal de área.....	92
- Presentación Zamorano	
- Presentación Sistema de la Integración Centroamericana	
- Presentación Proyecto SICA-ZAMORANO-TAIWÁN	
- Presentación Escuela Agrícola Luis Landa (EDALL)	

PRESENTACIÓN

En la actualidad, la importancia de los temas de competitividad y acceso a los mercados a nivel internacional marca un nuevo estilo de desarrollo en las sociedades; la generación de ideas productivas y la apropiación de los beneficios de las relaciones comerciales se transforman en una función de dos factores: la formación del capital humano capaz de emplearse en el sector productivo y la ética como mecanismo de gestión de la empresa en todos los niveles.

Zamorano ha desarrollado un proceso de formación de capital humano por más de seis décadas, su trayectoria a nivel universitario coloca a la institución en una posición competitiva con relación a sus egresados, pero el eje fundamental de trabajo ha inducido a volver la mirada hacia nuestros “hermanos menores”, es decir, los centros de educación media que promueven procesos de enseñanza aprendizaje a nivel técnico en el sector rural. Este enfoque estratégico está fundamentado en dos elementos centrales, uno de ellos es que el mercado laboral demanda, en gran medida, profesionales técnicos capaces de enfrentar y solucionar problemas en el sector productivo y el otro, es que en la región existe una abundante oferta de programas educativos a nivel post universitario.

En vista de lo anterior, la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente de Zamorano se complace en presentar la “Colección de Módulos Prácticos” para el mundo rural de Centroamérica, que constituye un esfuerzo conjunto de varias instituciones comprometidas con la educación técnica media y que han colaborado de forma decidida en el proceso. Adicionalmente, ha sido fundamental el apoyo y gestión del Gobierno de la República de China Taiwán y el Sistema de la Integración Centroamericana que, mediante el impulso a la iniciativa “Fortalecimiento e Integración de la Educación Media a los Procesos de Desarrollo Rural Sostenible y Combate a la Pobreza”, han permitido concretar estas doce publicaciones que están referidas a temas de producción de bienes y servicios en el sector rural, que no dudamos que tendrán aplicabilidad en el contexto regional.

Finalmente, esperamos que estas publicaciones permitan fomentar la formación de capital humano en los centros educativos medios de Centro América, así como su preparación contribuyó a la integración de habilidades y destrezas entre los diversos autores, instituciones participantes, equipo técnico del proyecto y especialmente en nuestra carrera, lo que permitió fortalecer los lazos de colaboración con todos y cada uno de los actores que participaron en su proceso de elaboración.

Mayra Falck

Profesora e investigadora DSEA
Líder del Proyecto SICA-ZAMORANO-TAIWÁN

La **ESCUELA TÉCNICA DEL EJERCITO** (ETE) se creó el 6 de enero de 1992 mediante EMH- 001 como una iniciativa del alto mando de contribuir al desarrollo tecnológico del país y mejorar así la calidad en la toma de decisiones del campo logístico. Su operación comenzó en el fuerte "General José Trinidad Cabañas", con el propósito de proporcionar enseñanza técnica en áreas logísticas y administrativas.

Las actuales instalaciones de la ETE comenzaron a construirse el 16 de agosto de 1993 por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU y bajo la supervisión de su primer director, Cnel. de Admón. Humberto Absalon López Mendoza. La obra se entregó finalizada el 1 de marzo de 1996, pero hasta el 25 de abril de 1997, bajo el mando del Cnel. de Inf. José René Oliva Euceda, se inauguró.

Actualmente, bajo la dirección del Tte. Cnel. de Material de Guerra, Saúl Orlando Coca Cantarero, la ETE proporciona instrucción técnica en las áreas de metalisteria, torno y fresado, conducción de vehículos, electrónica, electricidad residencial, electricidad automotriz, cajas automáticas, mecánica automotriz, reparación de armas de infantería y artillería, tapicería, albañilería, municiones, óptica, enfermería auxiliar, enfermería de combate, administración de almacenes y curso básico de logística.

La ETE brinda una alternativa prometedora a la juventud hondureña con espíritu de superación para poder formarla como un ente productivo dentro de las áreas técnicas y, por ende, cuando pase a formar parte de la población civil, poder contribuir con el desarrollo del país.

INTRODUCCIÓN

El módulo de riego se creó como guía para capacitar a los estudiantes de la Escuela Agrícola Luis Landa en esta materia, dentro de las actividades del proyecto “Fortalecimiento e Integración de la Educación Media a los Procesos de Desarrollo Rural Sostenible y Combate a la Pobreza”. El presente documento se divide en 5 capítulos: 1. Riego y Drenaje, 2. Sistemas de Riego, 3. Hidráulica Básica, 4. Meteorología y Climatología y 5. Topografía, que recogen la información básica requerida para desempeñarse operativamente en este campo.

En el primer capítulo, **Riego y Drenaje**, se estudiará cómo planear y ejecutar el control de agua, pues todo productor debe conocer la cantidad requerida por los cultivos, las condiciones que favorecen su absorción y la forma en que se realiza este proceso, además de los períodos críticos en la demanda de agua por parte de la planta.

El **Sistema de Riego** es uno de los componentes más importantes en la producción de cultivos y corresponde a un conjunto de obras y elementos que permiten captar, adecuar, impulsar, conducir, controlar, distribuir y aplicar el agua a los cultivos. Por esto, en el 2 capítulo se abordará el tema, estudiando los diferentes sistemas de riego, sus ventajas y desventajas.

El capítulo de **Hidráulica Básica** señala los principios fundamentales que conforman esta ciencia. Se presenta la ecuación de continuidad como preámbulo para introducir el principio o ecuación de Bernoulli. Se continúa con los vertedores de geometría más comunes como instrumentos para determinar descargas controladas y la circulación del agua en tuberías.

Los principales instrumentos que debe contener una estación climatológica, así como el tipo de información que de ellos deriva se describe en el capítulo de **Meteorología y Climatología**. Aquí se presenta el método para la estimación de la evapotranspiración potencial ETP a partir de datos climáticos y de evaporación de tanques tipo A. Se desarrolla un concepto de precipitación confiable y se utiliza para relacionar la humedad adecuada.

Finalmente, en la parte de **Topografía** se presentan los principios básicos de trigonometría y geometría como herramientas indispensables para el acceso y comprensión del tema y se continúa con la descripción de los principales instrumentos usados para la medida de tierras. Se describen detalladamente, con ejemplos numéricos y reales, los procedimientos para la obtención de áreas mediante poligonales cerradas y la nivelación de una línea.

Con los conceptos aquí vertidos y sin desdeñar el valor que tiene el presente módulo, no se pretende graduar expertos en el tema, sino dotar al alumno de las nociones y conocimientos elementales sobre esta ciencia. La intención alterna es que opere como un estimulante para todos aquellos estudiantes que tenga aptitudes en esta materia.

Tabla 1. Período crítico de algunos cultivos

Cultivo	Período crítico de consumo de agua
Papas	Del florecimiento hasta tres semanas antes de cosechar.
Melón	Del florecimiento hasta tres semanas antes de cosechar.
Tabaco	De 50 cms al florecimiento.
Algodón	De la primera floración hasta formar semillas.
Fresas	Desde la formación del fruto hasta la madurez.
Maíz Verde	Desde la inflorescencia hasta la aparición de barbas.
Granos	Desde la formación de las vainas hasta formar cabezas.
Remolacha	Desde tres semanas después del brote hasta la cosecha.
Alfalfa	Desde el comienzo de la floración y después del corte.
Hortalizas	Al desarrollarse el fruto.

EVALUACIÓN

Preguntas del tema

1. ¿Cuál es la principal zona de absorción de las plantas?
2. ¿Cuáles son las condiciones del suelo que influyen en la absorción de agua por las raíces?
3. ¿Dónde se concentran las raíces absorbentes en la mayoría de los cultivos?
4. ¿Cómo se puede definir el agua consumida por un cultivo?
5. ¿Cuál es el período crítico del ciclo del cultivo?

Respuestas

1. La principal zona de absorción de las plantas es la zona radicular.
2. -El suelo con una estructura arenosa en el subsuelo y a una profundidad aproximada de 50 cms, que impide un desarrollo del sistema radicular a mayor profundidad, debido a la falta de agua en la zona.
- Suelo con un nivel de agua freática a una profundidad de 30 cms. El agua ha desplazado el aire del subsuelo y, por lo tanto, las raíces no pueden desarrollarse a mayor profundidad.
- En el suelo compacto, el desarrollo radicular es superficial y lento.
3. Bajo condiciones normales, las raíces absorbentes de la mayoría de cultivos se concentran en la capa superior del suelo hasta una profundidad aproximada de 40 cms cerca de la base de la planta; el 60% de las raíces se encuentra en esta zona.
4. El agua consumida es igual a la cantidad que la planta aprovecha en la transpiración, al agua de la precipitación interceptada por el follaje y al agua de la evaporación.
5. El período crítico de las plantas es el de mayor consumo de agua.

Glosario

- *Absorción*: penetración de las moléculas de un fluido en un sólido, o aspiración de materias externas por los tejidos orgánicos que contribuyen a su nutrición.
- *Suelo compacto*: suelos de textura apretada y poco porosa.
- *Subsuelo*: terreno que está por debajo de la capa laborable superficial, a la cual no llegan los aprovechamientos superficiales de los predios.

1.2 Agua en el suelo

Objetivos

- Conocer los factores que influyen en el movimiento, distribución y disponibilidad de agua en el suelo.
- Dar a conocer la importancia de la estructura y la textura del suelo en la distribución del agua en el mismo.
- Conocer las condiciones necesarias para que el agua en el suelo esté disponible para los cultivos.
- Conocer los factores de los que depende la velocidad de infiltración de agua en el suelo.

El tamaño de las partículas del suelo y de los agregados, espacios que quedan entre éstas, influyen en el movimiento y características del agua en el suelo y por consiguiente, en la absorción de agua por parte de las plantas.

Disponibilidad de agua en el suelo

El suelo está formado por partículas que a su vez forman agregados entre los cuales se encuentran espacios que tienen agua y aire. El tamaño de las partículas y de los agregados influye en gran medida en el movimiento y características del agua en el suelo y, por consiguiente, en el efecto que produce en la planta, debido a que tanto el agua como el aire son elementos esenciales para su desarrollo.

No toda el agua del suelo está disponible para los cultivos; para que la planta pueda hacer su uso, debe contar con la suficiente cantidad de aire. Cuando el suelo se encuentra en un punto de la planta no puede hacer un buen uso del agua por falta de aire. Por otro lado, el agua fijada a las partículas del suelo tampoco está a disposición de la planta.

Por consiguiente, el agua en el suelo que está a disposición de la planta bajo condiciones óptimas, comprende la cantidad de agua bajo condiciones de capacidad de campo, menos la cantidad de agua fijada, cuando el suelo se encuentra en su punto de marchitez.

Distribución del agua en el suelo

La forma en que el agua y el aire se distribuyen en la tierra depende de la estructura y textura del suelo. La estructura es como el esqueleto de la tierra formado por los agregados de las partículas.

La textura del suelo depende del tamaño de las partículas, distinguiéndose los suelos arenosos o livianos, los suelos francos y los suelos arcillosos o pesados. En los primeros, predominan partículas de tamaño relativamente grandes y, en el último, partículas pequeñas.

El agua en el suelo se encuentra alrededor y entre las partículas y agregados de partículas. Cuando el suelo contiene solamente agua fijada alrededor de las partículas y no está disponible para las necesidades de transpiración de la planta, se dice que se encuentra en el punto de marchitez y la planta no puede desarrollarse.

Por el contrario, si el agua se encuentra alrededor y entre partículas en una adecuada combinación agua-aire, la planta se puede desarrollar en forma óptima, y el suelo se encuentra a capacidad de campo.

Cuando todos los espacios en la tierra se encuentran llenos de agua, se dice que el suelo se encuentra en su punto de saturación. En esta situación falta aire en el suelo y por eso la planta no se puede desarrollar.

Tanto en el punto de marchitez, como en el de saturación, el cultivo no puede desarrollarse.

Gráfico comparativo

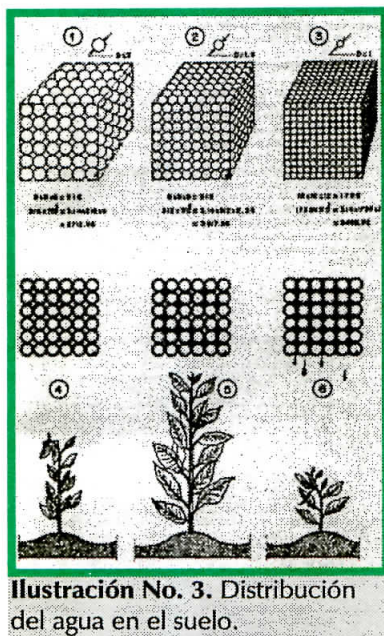


Ilustración No. 3. Distribución del agua en el suelo.

1. Suelo arenoso con partículas grandes.
2. Suelo franco con partículas medianas.
3. Suelo arcilloso con partículas finas.
4. Corte esquemático de un suelo que se encuentra en su punto de marchitez; las partículas están rodeadas de una película de agua retenida, que no está disponible a la planta, los espacios contienen aire, la planta se encuentra en decaimiento, apreciándose por la decoloración de las hojas.
5. Corte esquemático de un suelo que se encuentra en su punto de capacidad de campo, una parte de los espacios contiene agua, la otra aire. En este estado, con una buena combinación de agua-aire la planta se desarrollará en forma óptima.
6. Corte esquemático de un suelo que se encuentra en su punto de saturación, el

agua ha llenado todos los espacios, no se encuentra aire y las raíces se asfixian por el exceso de agua y la falta de aire.

Movimiento del agua en el suelo

La cantidad de agua en la zona de absorción del suelo cambia continuamente y puede aumentar o disminuir como resultado de uno o más de los siguientes factores:

- **La precipitación** representa el principal suministro de agua, determina el volumen disponible para la infiltración y absorción en la zona de raíces del suelo. Es importante conocer no sólo la precipitación anual, sino también la distribución durante el transcurso del año. Con base en esta distribución, el agricultor debe planificar el tiempo más adecuado para sembrar sus cultivos con el fin de aprovechar eficientemente el agua de lluvia.

La precipitación y la infiltración influyen en la capacidad de absorción de agua en el suelo.

En general, el calendario agrícola de una región guarda una estrecha relación con la distribución pluvial durante el año, por esto es esencial conocer las estaciones de mayor y menor precipitación.

- **La infiltración** es el flujo de agua de la superficie del suelo hacia abajo, primero en la zona de raíces y después en el subsuelo. El agua se filtra en el suelo por los poros, grietas u orificios entre las partículas y los agregados de partículas de tierra. La cantidad de agua que se filtra en el suelo depende de la velocidad de infiltración y del tiempo disponible para este proceso.

La velocidad de infiltración depende principalmente de la porosidad y permeabilidad del suelo; a su vez, ésta depende de la estructura y, por lo tanto, de la textura; su contenido de materia orgánica y de la labranza. Los suelos con partículas y agregados grandes tienen en general una permeabilidad mayor.

Un adecuado contenido de materia orgánica favorece la formación de agregados y, de esta manera, la permeabilidad y velocidad de infiltración. Para favorecer la penetración del agua se recomienda la aradura del suelo pues afloja la ,favoreciendo la penetración.

La velocidad de infiltración del agua está influida por las siguientes condiciones: Ver Ilustración No. 4

1. Sellado de la superficie del suelo. Una capa superficial compacta reduce el grado de infiltración.
2. Apelmazamiento del suelo. Bajo ciertas condiciones, las maniobras de labranza inadecuadas pueden provocar un apelmazamiento o capas endurecidas debajo de la capa cultivable, impidiendo el movimiento del agua hacia abajo.
3. Resquebrajamiento del suelo. Algunos suelos con mucha arcilla se quiebran al secarse; al mojarse nuevamente la tierra se junta, reduciendo la permeabilidad.
4. Labranza primaria. Favorece la infiltración.
5. Erosión de la capa cultivable. Reduce la capacidad de absorción de agua por el suelo.

2. La capacidad de almacenamiento de un suelo franco arenoso se estima en 1.1mm de agua por cada cm. En la zona de absorción.(Ca)
3. La cantidad de agua que se puede almacenar es igual a:
 $95 \text{ cm} \times 1.1 \text{ mm/cm} = 104.50 \text{ mm}$
Esta es el agua que corresponde a la cantidad entre el punto de marchite y la capacidad de campo.
4. El riego se hace cuando queda un tercio de agua almacenada, o sea, un tercio de 104.50 mm = 34.48 mm. En estos momentos se aplica 104.50 mm
 $34.48 \text{ mm} = 70.02 \text{ mm}$ para volver a dejar el suelo a capacidad de campo.
5. La eficiencia de aplicación del riego es de 70%, la cantidad de agua a aplicar es de $100/70 \times 70.02 \text{ mm} = 100.03 \text{ mm}$. Con esta cantidad se compensa el agua que se pierde por evaporación y por transpiración, durante el riego.
6. En clima seco se estima el consumo por evapotranspiración en 6.0 mm/día.
7. El riego se inicia cuando el cultivo ha consumido 70.02 mm. El intervalo de riego será entonces de $70.02 \text{ mm} / 6.0 \text{ mm} = 11.67 \text{ días}$.
8. La velocidad de infiltración del agua en suelo franco arenoso es de 12.5 mm/hora.
9. El tiempo de duración del riego es $100.03 \text{ mm} / 12.5 \text{ mm/hora} = 8 \text{ horas}$.

Los requerimientos básicos, bajo las condiciones del sistema son:

- Cantidad de agua que se aplica en cada riego = 100.03 mm.
- Intervalo de riego = 12 días.
- Tiempo necesario por riego = 8 horas.

EVALUACIÓN

Preguntas del tema

1. ¿Qué es la evaporación?
2. ¿De qué factores depende la cantidad de agua que se evapora?
3. ¿Qué es el riego?
4. ¿De qué dependen las necesidades de riego?
5. ¿Para qué sirve el drenaje en los campos?
6. ¿Cuáles son las consecuencias adversas de un drenaje deficiente?
7. ¿Cuáles son los dos métodos de drenaje?

Respuestas

1. La evaporación es el agua del suelo que se pierde en la atmósfera; la cantidad de agua evaporada del suelo es tanta como la que se pierde en