

**Elaboración de un manual del laboratorio de la
asignatura de Riego y Drenaje de la Escuela
Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Glendy Dalila Chún Díaz
Odalís Madeline López Barrionuevo**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARREA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

Elaboración de un manual del laboratorio de la asignatura de Riego y Drenaje de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieras Agrónomas en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Glendy Dalila Chún Díaz
Odalís Madeline López Barrionuevo

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Elaboración de un manual del laboratorio de la asignatura de Riego y Drenaje de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Presentado por:

Glendy Dalila Chún Díaz
Odalís Madeline López Barrionuevo

Aprobado:



José Adrián Ordoñez Bonilla, Mtr.
Asesor Principal



Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de
Ciencia y Producción Agropecuaria


Gloria Gauggel (Nov 12, 2020 16:08 CST)

Gloria E. Arévalo, Dra.
Asesora



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

Elaboración de un manual del laboratorio de la asignatura de Riego y Drenaje de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

**Glendy Dalila Chún Díaz
Odalis Madeline López Barrionuevo**

Resumen. El agua es un elemento vital y esencial para el buen desarrollo de los cultivos y su producción. En Latinoamérica el 70% de agua dulce extraíble se usa en la agricultura. En la asignatura de Riego y Drenaje se imparten aspectos fundamentales sobre el riego agrícola, permitiendo a los estudiantes adquirir conocimiento y herramientas para enfrentar los retos que se presentan en este ámbito y como complemento de la asignatura se realizan diferentes laboratorios, por ello se elaboró este manual, cuyo objetivo es brindar una guía de las prácticas a realizarse en los laboratorios de la asignatura de Riego y Drenaje. Estos se llevarán a cabo en diferentes áreas de la Universidad Zamorano. Se elaboraron 12 prácticas que contienen información explícita de cada tema. Cada práctica de laboratorio consta de introducción, objetivos, metodología, revisión de literatura y ejercicios de reforzamiento, para que los estudiantes complementen el aprendizaje y aumenten su conocimiento. Finalmente, los temas definidos se realizaron en orden cronológico desde lo básico, como lo es la fuente de agua hasta el diseño de un sistema de riego, incluyendo nociones básicas y diseño de sistemas de drenaje agrícola. El manual servirá como una guía para llevar a cabo las prácticas de laboratorio, en el cual se determinaron aspectos relevantes de los temas desarrollados, que sentarán las bases para un mejor entendimiento de las temáticas a desarrollar en el curso.

Palabras clave. Aforo, diseño de sistemas, eficiencia del riego, guías de laboratorio, requerimiento hídrico.

Abstract. Water is a vital and essential element for the proper development of crops and their production. In Latin America 70% of extractable fresh water is used in agriculture. In the Irrigation and Drainage subject, fundamental aspects of agricultural irrigation are taught, allowing students to acquire knowledge and tools to face the challenges that arise in this area and as a complement to the subject, different laboratories are carried out, for this reason this manual, whose objective is to provide a guide to the practices to be carried out in the laboratories of the Irrigation and Drainage subject. These will take place in different areas of the Zamorano University. Twelve practices were developed that contain explicit information on each topic. Each laboratory practice consists of an introduction, objectives, methodology, literature review and reinforcement exercises, so that students complement the learning and increase their knowledge. Finally, the defined topics were carried out in chronological order from the basics, such as the water source to the design of an irrigation system, including basic notions and design of agricultural drainage systems. The manual will serve as a guide to carry out the laboratory practices, in which relevant aspects of the topics developed were determined, which will lay the foundations for a better understanding of the topics to be developed in the course.

Key words. Capacity, irrigation efficiency, laboratory guides, system design, water requirement.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	5
4. CONCLUSIONES.....	15
5. RECOMENDACIONES.....	16
6. LITERATURA CITADA.....	17
7. ANEXOS.....	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURA Y ANEXO

Cuadro	Página
--------	--------

- | | |
|---|---|
| 1. Título de las prácticas de laboratorio de Riego y Drenaje y los aspectos generales que abarca..... | 6 |
|---|---|

Figuras	Página
---------	--------

- | | |
|---|----|
| 1. Fases para el desarrollo de las guías de las prácticas de laboratorio de la clase de Riego y Drenaje en la Carrera de Ingeniería Agronómica en la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras..... | 4 |
| 2. Portada del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje..... | 8 |
| 3. Esquema 1, de las prácticas de laboratorio del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje..... | 11 |
| 4. Esquema 2, de las prácticas de laboratorio del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje..... | 12 |
| 5. Esquema 3, de las prácticas de laboratorio del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje..... | 13 |
| 6. Esquema 4, de las prácticas de laboratorio del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje..... | 14 |

Anexo	Página
-------	--------

- | | |
|--|----|
| 1. Portada del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje..... | 21 |
|--|----|

1. INTRODUCCIÓN

Los manuales hoy en día representan un medio de comunicación y estos han ido evolucionando, su uso se ha ido acomodando a diversas necesidades, hay un interés especial con respecto a su legibilidad, sencillez y flexibilidad (García 2015). El manual es un documento que contiene información ordenada, instrucciones, y procedimientos para la buena ejecución de un trabajo. Por otro lado, Torres Álvarez (1996) menciona que es un instrumento importante ya que es eficaz para transmitir conocimientos y experiencias sobre un tema. El uso de manuales para desarrollo de laboratorios es una herramienta complementaria para los estudiantes como una estrategia didáctica que ayuda a la construcción e integración de conocimientos conceptuales, procedimentales y permitiéndoles la exploración de los problemas dentro del laboratorio para que puedan mejorar sus habilidades y tener una mejor experiencia en la resolución de estudios de caso que son relacionados con problemas que se presentan a diario.

En la actualidad los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, reciben el curso de Riego y Drenaje y como complemento de este se llevan a cabo prácticas de laboratorio semanales, después de las clases magistrales. Durante el tiempo destinado a los laboratorios, los estudiantes realizan distintas actividades que llevan un procedimiento, razón por la cual se detectó la necesidad de un manual, el cual facilite instrucciones y sea una herramienta funcional para estudiantes en la realización de las actividades. La importancia del manual radica principalmente que los estudiantes refuercen los conocimientos y tengan la capacidad de resolver problemas prácticos y así desarrollar habilidades para la solución de problemas, permitiendo tener un encuentro con el mundo real. Además, Puelles (2000), menciona que, el manual es importante porque se ha convertido en uno de los campos de conocimiento con un gran interés distribuyendo saberes en el ámbito de la educación.

Las prácticas de laboratorio promueven en los estudiantes el logro de una buena construcción de conocimientos científicos y a la vez el desarrollo de competencias, permitiéndoles una mejor participación dentro de las actividades de las prácticas. Cada una de estas prácticas tiene una base teórica que posteriormente es complementada con la base práctica. Los laboratorios que se imparten del curso de Riego y Drenaje comprenden aspectos generales sobre la importancia del agua en los cultivos, calidad y cantidad del agua para riego, uso eficiente del agua, movimiento y clasificación del agua en el suelo, requerimiento hídrico, parámetros de selección del método de riego, componentes de los distintos sistemas de riego, factores de diseño y aspectos básicos de diseño y clasificación del drenaje agrícola.

El agua y aire en el suelo son variables determinantes para la producción agropecuaria, ya que estos influyen en el desarrollo de los cultivos. Se busca que haya un equilibrio entre ambas variables, esta relación se determina mediante el estado de porosidad del suelo. El 50% del volumen de suelo está formado por espacios porosos, un 25% es ocupado por agua y el otro 25% por aire (Novillo *et al.* 2018). Con estas proporciones se crea un equilibrio, no obstante, estos sufren cambios debido a factores como: estados de anegamiento y sequía, limitando la absorción de nutrientes e intercambio gaseoso entre la atmósfera y el suelo, a través de la planta (De la Cruz *et al.* 2012). Esto se puede prevenir implementando sistemas de riego y drenaje de acuerdo con el cultivo, tipo de suelo y

factores ambientales. En cuanto al suelo, se debe tomar en cuenta sus propiedades físicas puesto que de eso depende un gran porcentaje de la eficiencia y aprovechamiento del agua.

El agua es esencial para un buen desarrollo de los cultivos, ya que este influye en su rendimiento. Son varios estudios que lo han demostrado, tal es el caso de un estudio realizado en el cultivo de papa por Sánchez y Meza (2015), en donde se aplicaron dos diferentes láminas de agua: una al 100% y el otro al 70% basado en la necesidad hídrica del cultivo. Dicho estudio demostró que al aplicar una lámina de agua del 100% hubo un incremento del 23.7% en el rendimiento a cosecha de la papa. Por otro lado, los excesos de agua han demostrado disminuir la producción de las cosechas, ya que, según Sánchez (2011), este es influenciado por una serie de factores como: inducción de cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo, y estos a la vez afectan la fisiología, morfología y anatomía de la planta; provocando disminución en el crecimiento de tallo, raíces y en la absorción de nutrientes.

El agua se mueve del suelo a las raíces y transportada por el xilema hacia las hojas y saliendo finalmente a la atmósfera por medio de la transpiración, al mismo tiempo permite la entrada de dióxido de carbono (CO₂) para realizar la fotosíntesis (Hernández 2005), ya que a través de ese proceso químico la planta se alimenta, crece y desarrolla. Además de acuerdo con Lee (2009) del agua adsorbida por las plantas el 100% se usa para transportar los nutrientes, no obstante, aproximadamente solo el 10% es retenida por la planta, mientras que el 90% se transpira. El agua puede ser suministrada de diferentes formas y una de ellas es el riego; el cual se puede definir como el aporte artificial de agua a las plantas con el fin de suministrar la humedad necesaria para su desarrollo y aumento de producción esto de forma complementaria al aporte de las precipitaciones (Martínez 2001). Se necesita que su aplicación sea lo más eficiente posible, por lo tanto, se debe contar con un sistema de riego eficiente, es decir desde la fuente de agua hasta los emisores. Otro aspecto que influye en el rendimiento del cultivo es el drenaje, ya que este ayuda a eliminar los excesos de agua en el suelo para crear condiciones favorables en el cultivo (Pérez *et al.* 2011) y junto con el suelo, aire, agua y otros factores se puede lograr el objetivo principal de la producción agropecuaria, que es maximizar el rendimiento de los cultivos.

Por otro lado, es indispensable conocer estos parámetros que son útiles para enfrentar los retos que se presentan en la agricultura en cuanto a la eficiencia del riego y el drenaje agrícola. No obstante, esta teoría debe ser acompañada de actividad didáctica en la que se pone en práctica los conocimientos y habilidades del individuo. Es por ello que en la asignatura de Riego y Drenaje se llevarán a cabo distintas prácticas de laboratorio en campo que facilite la comprensión de los distintos temas como: parámetros para determinar fuente de agua, componentes de un sistema de riego, relación agua-planta-atmósfera, sistemas de riego localizado y aspersión, parámetros agronómicos e hidráulicos para diseñar un sistema de riego, además de la importancia de los drenajes a nivel de cultivo y suelo, y los criterios de su instalación. Por tal motivo se elabora el manual, ya que de esta forma el proceso de enseñanza y aprendizaje logrará en los estudiantes la capacidad de resolver problemas prácticos, habilidades para planificar los experimentos o las actividades necesarias en la solución de un problema (Castro Rojano y Gutiérrez Ahumada 2017).

Los objetivos de este proyecto especial fueron:

- Elaborar un manual de laboratorio para la asignatura de Riego y Drenaje de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

- Brindar una guía sobre el contenido de las prácticas a realizarse en los laboratorios de la asignatura de Riego y Drenaje, de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Los objetivos del manual son:

- Definir aspectos relevantes de los temas de cada laboratorio.
- Determinar las instrucciones de cada actividad para facilitar la comprensión de los temas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología aplicada

Para realizar el manual de laboratorio de la asignatura de Riego y Drenaje, se tomaron en cuenta los manuales realizados por Chávez Santos y Sáenz Mendoza (2018), de la EAP Zamorano como proyecto especial de graduación, en cuanto al formato, y se llevaron a cabo cuatro fases, tal y como se muestra en la Figura 1.

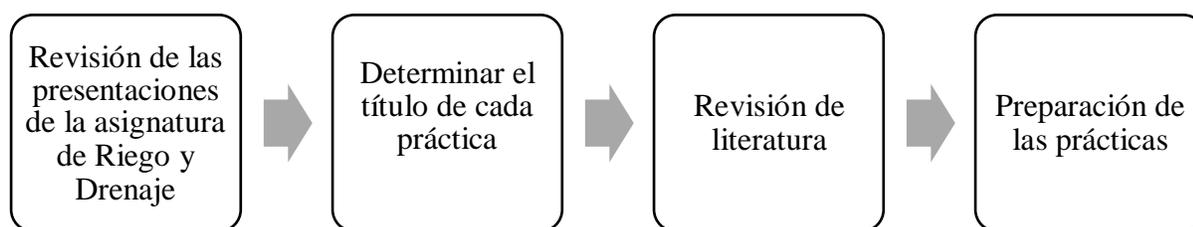


Figura 1. Fases para el desarrollo de las guías de las prácticas de laboratorio de la clase de Riego y Drenaje en la Carrera de Ingeniería Agronómica en la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.

Fase 1. Los laboratorios se llevan a cabo después de las clases presenciales, de modo que, estos se basan en el tema o los temas vistos previamente. En consecuencia, fue necesario revisar detalladamente las presentaciones de cada tema impartido por el catedrático de la asignatura, ya que facilitó información eficaz para cada práctica.

Fase 2. Anteriormente para llevar a cabo los laboratorios de Riego y Drenaje se usaban guías, elaboradas por el catedrático de la asignatura. Para determinar el título de cada práctica de este manual, se revisaron las guías y el contenido del curso que fueron proporcionados por el catedrático. También fue necesario hacer una revisión de literatura para tener la idea clara sobre la importancia de la redacción del título.

Fase 3. La revisión de literatura se realizó en cada práctica para complementar la información que se tenía disponible, por esa razón fue necesario revisar artículos científicos, revistas indexadas, libros de metodologías y tesis, ya que esto permitió extraer, entender y recopilar información relevante y útil para facilitar la comprensión de los temas de cada práctica. Así también aspectos relacionados con las prácticas de laboratorio y la importancia que tiene en el aprendizaje de los estudiantes e información general y relevante acerca de la importancia del riego, su función y su implementación.

Fase 4. Para elaborar el manual en cada práctica se desarrolló introducción, objetivos, materiales y métodos, revisión de literatura, se solicitaron imágenes al instructor del módulo de Riego y Drenaje de la Escuela Agrícola Panamericana para ilustrar diferentes actividades que se realizan en el laboratorio, y también se desarrollaron ejercicios de reforzamiento o estudios de caso.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase 1. Revisión de las presentaciones de la asignatura de Riego y Drenaje

La información reunida en cada práctica se hizo de acuerdo con las unidades de aprendizaje que contiene el plan de estudios de la asignatura de Riego y Drenaje, mismas que fueron facilitados por el catedrático, en total se analizaron 11 presentaciones con formato PDF. También ayudaron a definir un marco teórico para cada práctica, Manterola y Otzen (2013) indican que el marco teórico orienta sobre cómo debe realizarse una investigación, y ayuda a prevenir errores. Durante cada clase brindado por el catedrático se estudian varios conceptos relevantes para la comprensión de los diferentes temas impartidos, no obstante, algunos no son relevantes por ello se descartaron los de menor importancia para no ser incluidos y así evitar tergiversar la práctica. La información que contiene las prácticas ayuda en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, ya que el contenido permite cumplir los objetivos en la asignatura.

Fase 2. Determinar el título de cada práctica

El título se hizo con base en los temas visto en las clases presenciales impartidas por el catedrático, así también con base en las guías. Se definieron los títulos y con base en ello los aspectos generales que trata cada laboratorio (Cuadro 1). El título de una investigación o estudio es la primera impresión de un lector de un trabajo realizado, por ello es importante poner énfasis en la redacción de esta para evitar elementos innecesarios (Ramos Galarza y Caycho Rodríguez 2019). Cada práctica hace alusión a varios temas, mismos que previamente serán vistos por los estudiantes. Así mismo, Barrera Morales (2011), indica que, el título es el sello de distinción de todo buen producto académico y busca llamar la atención, interesar al destinatario e inducir a la lectura, y está centrado en aquello que determina el interés general de la información.

Cuadro 1. Título de las prácticas de laboratorio de Riego y Drenaje y los aspectos generales que abarca.

Título de la práctica	Aspectos generales
1. Fuente de agua	Métodos de aforo
2. Relación suelo-agua	Contenido de humedad en el suelo
3. Relación agua-planta-atmósfera	Estación climatológica
4. Requerimiento hídrico	Métodos de medición de evapotranspiración.
5. Componente de un sistema de riego	Identificar los componentes de un sistema de riego.
6. Riego por aspersión	Funcionamiento del sistema de riego por aspersión.
7. Riego localizado por microaspersión	Medición del coeficiente de uniformidad
8. Riego localizado por goteo	Conocer los diferentes tipos de sistemas de riego por goteo.
9. Parámetros agronómicos para el diseño de un sistema de riego	Determinar los parámetros agronómicos para el diseño de un sistema de riego.
10. Diseño hidráulico parte 1 y 2	Parámetros hidráulicos de diseño y estudio de caso de diseño hidráulico.
11. Manejo del riego	Frecuencia del riego y tiempo de riego.
12. Drenaje agrícola	Parámetros de diseño de un drenaje agrícola.

Fase 3. Revisión de literatura

La revisión de literatura se realizó para cada sección del estudio, donde se definieron puntos importantes en las prácticas de laboratorio, esta revisión se realizó con el fin de complementar la información que ya existía disponible y corroborar la información con literatura científica. Silamani (2015), menciona que la revisión bibliográfica dentro de un estudio es la parte principal e importante porque sirve para informar, desarrollar la práctica e invitar a la discusión en el trabajo académico. Es importante tomar en cuenta que la revisión de literatura es un proceso en el cual se extrae la información relevante e importante sobre el tema a investigar (Cortés y León 2004).

La revisión de literatura permitió estructurar y organizar el tema de cada laboratorio, identificando los conceptos y variables que aplican para la investigación, este se realizó de forma cronológica siguiendo la secuencia de los temas, se identificó y seleccionó la literatura relevante el cual se incluyó en las prácticas de laboratorio.

Las prácticas de laboratorio son una herramienta fundamental para el desarrollo de las ciencias (Valencia y Torres 2017), permitiéndole al estudiante desarrollar un mejor discernimiento sobre la construcción del conocimiento científico, de modo que es primordial establecer el objetivo de los laboratorios, dado que Hodson (1994) menciona que “que no todo el trabajo práctico se realiza en el laboratorio, y que no todo trabajo de laboratorio es experimental”. El trabajo práctico de esta asignatura se realiza en campo, y está orientado en favorecer la comprensión de los aspectos

teóricos del curso y no se lleva a cabo como tal en un centro de laboratorio y tiene un enfoque más procedimental, Leite y Dourado (2013) afirman que los trabajos prácticos tienen que ver con actividades prácticas donde los participantes son activos cognitivamente e involucran prácticas como laboratorios, actividades de campo y de lápiz y papel.

Por otro lado, se definieron aspectos relevantes en cuanto a la importancia del riego. La producción de cultivos agrícolas necesita diferentes técnicas que ayuden a su ejecución de manera óptima, que sea sostenible y rentable. Entre los cuales se puede mencionar el riego, siendo este un medio por el cual la planta recibe agua, misma que es indispensable para la agricultura, debido a que las plantas cultivadas la requieren para su crecimiento y desarrollo con niveles apropiados de calidad, cantidad y aplicación oportuna (FAO 2003).

La importancia del riego es aplicar el suministro de agua al cultivo de manera oportuna, haciendo un uso eficiente del recurso hídrico y que la planta lo aproveche al máximo, permitiéndole satisfacer sus requerimientos fisiológicos y que reduzcan al mínimo las pérdidas por percolación, escurrimiento y evaporación (Rosales Serna y Flores Gallardo 2017). Cabe destacar que actualmente existen distintos sistemas de riego, cada uno con ventajas y desventajas. Lo importante es lograr que el sistema de riego sea lo más eficiente posible, tomando en cuenta factores como, el suelo, factores meteorológicos y la especie seleccionada para el cultivo (Narro Farías 1995; Otero *et al.* 2017).

El uso óptimo y sostenible del agua para riego, demanda que las instalaciones permitan administrar el agua con estrategias de manejo adecuadas. Como se mencionó anteriormente, el riego busca que el recurso hídrico sea usado de manera eficiente y uniforme, no obstante, no puede ser posible si no se tiene el diseño correcto. Espinosa Espinosa *et al.* (2006) mencionan que, para aumentar la sustentabilidad de la agricultura, un aspecto importante que ha sido considerado por numerosos investigadores es el eficiente diseño de los sistemas de riego.

Por otra parte, el drenaje es tan importante como el riego, ya que de manera conjunta mantienen un ambiente favorable para el cultivo. Ortega Corrales *et al.* (1996) menciona que, en el suelo deben coexistir tres fases, una fase sólida (partículas del suelo), una fase líquida (agua) y una fase gaseosa (aire). Sin embargo, cuando existe un exceso de agua en el suelo, el aire es desplazado y es ocupado por el agua. Un suelo con abundante agua interrumpe la entrada de oxígeno atmosférico hacia el suelo e influye en su conducción, disminuyendo la absorción de oxígeno y nutrientes y, por ende, afecta el desarrollo del cultivo (Estrada Botello *et al.* 2004). Por tal motivo se necesita la intervención del drenaje, con el fin de evacuar el exceso de agua en el suelo, ofreciéndole a la planta un ambiente ideal para su desarrollo.

Fase 4. Preparación de las prácticas

Se elaboró un manual para los estudiantes de tercer año de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la EAP Zamorano, respondiendo al laboratorio de la asignatura de Riego y Drenaje. En total se realizaron 12 prácticas y está basado en el reforzamiento y la facilidad de entendimiento de las clases magistrales que los estudiantes reciben y de la misma manera sirve como un apoyo adicional

para los laboratorios de la asignatura de Riego y Drenaje que se realizan en campo de manera práctica (Figura 2).



Figura 2. Portada del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje.

Existen argumentos a favor de las prácticas de laboratorio en cuanto a su valor para determinar los objetivos relacionados con el conocimiento teórico y práctico, metodología científica y capacidad de razonamiento. Las prácticas de laboratorio favorecen y promueven el aprendizaje de las ciencias ya que permite al estudiante cuestionar sus pensamientos y comprobarlo por medio de la práctica (López y Tamayo 2012).

La importancia de este manual radica principalmente en que los estudiantes refuercen sus conocimientos a través de la metodología aprender haciendo, ya que no solo se quedan con la teoría si no que se les permite ponerlo en práctica; en el campo actual o en otros permitiéndoles descubrir su versatilidad y así generar un aprendizaje más profundo. Se ha comprobado que las guías son frecuentemente usadas para el desarrollo de las habilidades y destrezas centrándose en los procesos técnicos, comprobando con la práctica el concepto previamente aprendido y permitiéndole al estudiante una experiencia previa al encuentro con el mundo real (Amaya 2011).

A continuación, se detalla aspectos generales de cada una de las prácticas.

Práctica 1. Fuente de agua. En esta práctica se busca identificar las diferentes fuentes de agua que son superficial o subterránea y junto con ello tener un control del caudal disponible que se puede determinar por métodos de aforo directo e indirecto y además conocer los instrumentos que se utilizan para medir caudal.

Práctica 2. Relación suelo-agua. En esta práctica se busca determinar el contenido de agua que se encuentra en el perfil del suelo; mediante diferentes métodos y así evitar estados de anegamiento o sequía en el suelo.

Práctica 3. Relación agua-planta-atmósfera. Esta práctica se centra en entender y conocer cada componente de una estación meteorológica el cual permite determinar condiciones atmosféricas de un determinado lugar y la influencia que tienen estas en las plantaciones.

Práctica 4. Requerimiento hídrico. El laboratorio consiste principalmente en determinar la evapotranspiración a través de ecuaciones existentes y por medio de la implementación de instrumentos como es la pana de evaporación, también determinar el requerimiento hídrico de un cultivo de acuerdo con su etapa fenológica.

Práctica 5. Componentes de un sistema de riego. Esta práctica de laboratorio se enfoca en identificar los componentes de un sistema de riego y la función de cada uno de ellos mismas que están clasificado en, red de distribución, sistema de filtraje, sistema de inyección, sistema de bombeo, fuente de energía, equipos de control y accesorios.

Práctica 6. Riego por aspersión. Dentro de esta práctica se puede determinar las características de este sistema, así también las ventajas y desventajas que se pueden presentar y evaluación del coeficiente de uniformidad.

Práctica 7. Sistema de riego localizado por microaspersión. Dentro de esta práctica se puede reconocer los componentes básicos de este sistema, las ventajas y desventajas, el funcionamiento del sistema de emisión y por último los usos que tiene este sistema.

Práctica 8. Sistema de riego localizado por goteo. En esta práctica se busca conocer los distintos tipos y configuración del sistema de riego por goteo, su uso, las ventajas y desventajas del sistema, así mismo determinar el coeficiente de uniformidad.

Práctica 9. Parámetros agronómicos para el diseño de un sistema de riego. En esta práctica de laboratorio se busca identificar los parámetros agronómicos necesarios para el buen diseño de un sistema de riego, igualmente determinar la precipitación instantánea, la densidad de los emisores y el caudal unitario.

Práctica 10. Diseño hidráulico. Esta práctica se abordaron temas de parámetros hidráulicos, la presión estática y dinámica en diferentes situaciones, factores que afectan las pérdidas de carga y finalmente determinar la carga dinámica total (CDT).

Práctica 11. Manejo del riego. En esta práctica comprenden la importancia de los indicadores que influyen para calcular las frecuencias y tiempos de riego, y como establecer la frecuencia y el tiempo de riego en una plantación de acuerdo con los parámetros establecidos y finalmente se puede realizar una programación de riego basándose en un balance hídrico.

Práctica 12. Drenaje agrícola. Dentro de esta práctica se puede conocer los tipos de drenaje que existe y la función que cumple cada uno de ellos dentro de una parcela, así mismo se puede determinar los parámetros para diseñar un drenaje agrícola.

Cada una de las prácticas se compone de introducción, revisión de literatura, objetivos, materiales, metodología de cómo desarrollar cada actividad, ilustraciones para ejemplificar algunas de actividades que realiza los estudiantes y herramientas de uso en los laboratorios y ejercicios de reforzamiento o casos de estudio (Figuras 3, 4, 5 y 6).

Práctica 1

Fuente de agua

Introducción. El agua es una molécula compuesta por un oxígeno y dos hidrógenos, cuyas propiedades extraordinarias constituyen el fundamento mismo de la vida terrestre (García *et al.* 2014) y es indispensable para el crecimiento de los cultivos. Esta puede ser suministrada naturalmente, vía precipitaciones principalmente y/o artificialmente a través del riego, actuando el suelo como un reservorio, con el fin de proveer el agua necesaria para el desarrollo y la producción de un cultivo. El agua para riego puede ser obtenida de dos fuentes: superficial o subterránea. Es muy importante tener un control y un registro adecuado de la cantidad y calidad de agua disponible en la fuente, para el suministro del riego al suelo, así mismo conocer el caudal disponible; el cual se puede determinar por medio del aforo. El aforo consiste en medir el volumen de agua que transcurre en una sección determinada en un intervalo de tiempo, pudiendo ser ejecutado de dos formas: aforo directo y aforo indirecto. De igual forma, existen instrumentos mediante los cuales directamente se puede determinar el caudal, generalmente conocidos como caudalímetros o flujómetros. Una vez que se conoce la fuente de agua, es imprescindible verificar la calidad, ya que este influye en el rendimiento y la calidad del producto final (Valdovinos *et al.* 2016). La calidad química del agua tiene la misma importancia que la agronómica, y para ello se deben considerar los siguientes factores: concentración total de sales solubles, contenidos de sodio intercambiable, la concentración de boro y elementos que pueden ser tóxicos (Castellón Gómez *et al.* 2014). De la misma manera hay que tener en cuenta los parámetros biológicos que pueden ser indicativos de contaminación y la presencia de microorganismos patógenos y los parámetros físicos puede ser la turbidez, el color y la temperatura y puedan afectar indirectamente en la fertilidad del suelo.

Objetivos

- Determinar el caudal de diferentes fuentes de agua, a través de los métodos de aforo directo e indirecto.
- Conocer el funcionamiento y tecnología utilizada en diferentes tipos de caudalímetros o flujómetros.

Materiales

- Probeta
- Cinta Métrica
- Flotador
- Cronómetro
- Balde
- Caudalímetros o flujómetros

Elaborado por: Glendy Chín y Odalis López Aprobado por: José Ordoñez y Rogel Castillo 7

Figura 3. Esquema 1, de las prácticas de laboratorio del manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje.

Metodología

- El laboratorio consistirá en realizar prácticas de aforo por métodos directo e indirecto y el uso de caudalímetros o flujómetros.
- Los aforos se podrán realizar en diferentes fuentes de agua (ya sea superficiales o subterráneas), estructuras de conducción de agua, equipos de bombeo, emisores u otros.
- Para realizar estas actividades el grupo de laboratorio se dividirá en subgrupos, y estos se distribuirán de acuerdo con las actividades a realizar, según indique el instructor de laboratorio. Habrá un tiempo limitado para realizar cada una de las actividades.
- Al finalizar la práctica de laboratorio, los participantes deberán someterse a una evaluación de conocimientos del tema.

Aforo directo. Se usará el método volumétrico, este consiste en llenar un recipiente de volumen conocido y medir el tiempo que requiere su llenado, otra alternativa para medir este aforo puede ser definir un tiempo determinado y tomar las dimensiones del recipiente en conjunto con la altura del agua, una vez que se obtienen los datos, se hará uso de la ecuación [1].

$$Q = \frac{V}{T} \quad [1]$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)
V = volumen (m³)
T = tiempo (s)



Figura 1. Ilustración del método de aforo directo de agua conducida por tubería de riego. Foto a estudiantes del módulo de Riego y Drenaje. EAP Zamorano, Honduras.

Aforo indirecto. Se mide un nivel de agua relacionado con el área o sección transversal. Existen varias modalidades, se puede usar el método del molinete, el cual consiste en medir la velocidad de flujo del agua en una sección y luego se mide el área de la sección donde se realizó la medición para poder obtener el caudal. También se puede utilizar el método de aforo con flotador, el cual consiste en determinar la velocidad de flujo del agua, colocando el flotador sobre el espejo de agua

Elaborado por: Glendy Chún y Odalis López Aprobado por: José Ordoñez y Rogel Castillo 8

Figura 4. Esquema 2, de las prácticas de laboratorio del manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje.

y el mismo flujo de agua lo moverá en una distancia determinada en cierto tiempo, luego se mide el área de la sección transversal para obtener el caudal. Una vez que se obtienen los datos se hará uso de la ecuación [2].

$$Q = A \times V \quad [2]$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)
A = Área (m²)
V = Velocidad (m/s)



Figura 2. Ilustración del método de aforo indirecto en un canal. Foto de los estudiantes del módulo de Riego y Drenaje de la EAP Zamorano, Honduras.

Caudalímetros o flujómetros. Son instrumentos que se utilizan para medir el caudal o la velocidad del agua. Es importante destacar que en los caudalímetros o flujómetros las lecturas de los caudales se pueden obtener a partir de la aplicación del aforo indirecto este se debe colocar en una sección donde fluya el agua, tiene una veleta que está girando y únicamente se mide la velocidad y en el aforo directo se toma un punto inicial y se toma el tiempo, pero en algunos casos hay que asumir que todo el caudalímetro está lleno de agua ya que no siempre es así y puede dar resultados erróneos.

Elaborado por: Glendy Chún y Odalis López Aprobado por: José Ordoñez y Rogel Castillo 9

Figura 5. Esquema 3, de las prácticas de laboratorio del manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje.



Figura 3. Caudalímetros ultrasónicos, usados para medir caudal.
Fuente: INCOTEX, Tecnología para el ciclo integral del agua.



Figura 4. Caudalímetro instalado en el sistema de riego, para medir el caudal entregado por la bomba, en las plantaciones del pivote central de la EAP Zamorano, Honduras.

Ejercicios de reforzamiento

Calcular el caudal de los siguientes ejercicios:

Se tiene una bomba solar que abastece de agua a un estanque, a un caudal de $3\text{ m}^3/\text{h}$, el estanque tiene un volumen de almacenamiento de 10,000 galones.

- Determinar el tiempo que tarda la bomba en llenar medio estanque.
- Determine las dimensiones y forma que puede tener el estanque.
- Según la capacidad de almacenamiento del estanque, ¿Cuál debería ser el caudal de la bomba, si se requiere llenar el estanque en 30 minutos? Demuestre su respuesta en L/s .

Elaborado por: Glendy Chím y Odalix López Aprobado por: José Ordoñez y Rogel Castillo 10

Figura 6. Esquema 4, de las prácticas de laboratorio del manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje.

4. CONCLUSIONES

- Se elaboró un manual de laboratorio para la asignatura de Riego y Drenaje de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, el cual refuerza de manera práctica la teoría impartida en la asignatura.
- Se desarrolló una guía sobre el contenido de las prácticas del laboratorio del curso Riego y Drenaje, ya que se generaron instrucciones secuenciales a seguir para facilitar la comprensión del tema establecido en cada práctica.
- Se determinaron aspectos relevantes de los temas desarrollados en las distintas prácticas, así como ventajas y desventajas de los sistemas de riego, y las herramientas indispensables para obtener un riego eficiente.

5. RECOMENDACIONES

- Previo a cada laboratorio se recomienda a los estudiantes leer las prácticas a realizarse, para aprovechar al máximo el tiempo destinado a cada tema.
- Se recomienda validar el alcance del manual mediante la medición del nivel de aprendizaje del estudiante a través del uso de manuales.
- Actualizar el manual en caso de incluir nuevos temas a la asignatura de Riego y Drenaje.

6. LITERATURA CITADA

- Amaya A. 2011. Importancia y utilidad de las Guías de simulación clínica en los procesos de aprendizaje en medicina y ciencias de la salud. Redalyc. Universidad Médica; [consultado el 3 de sep. de 2020].52 (3):309-314. https://www.researchgate.net/publication/237030231_Importancia_y_utilidad_de_las_Guias_de_simulacion_clinica_en_los_procesos_de_aprendizaje_en_medicina_y_ciencias_de_la_salud
- Barrera Morales M. 2011. Cómo redactar el título de una investigación. Revista arbitrada venezolana del Núcleo LUZ-Costa Oriental del Lago; [consultado el 10 de sep. de 2020]. 6(2):276 – 284. https://www.academia.edu/9615216/Revista_arbitrada_venezolana_del_N%C3%BAcleo_LUZ_Costa_Oriental_del_Lago_C%C3%B3mo_redactar_el_t%C3%ADtulo_de_una_investigaci%C3%B3n_How_to_Write_a_Research_Title
- Castro Rojano Y, Gutiérrez Ahumada A. 2017. Implementación de prácticas de laboratorio para mejorar la competencia explicación de fenómenos, en un contexto bilingüe. [Tesis]. Barranquilla, Colombia: Universidad del norte. 117 p. <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/7669/130242.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chávez Santos, T. 2018. Manual de controles preventivos para la elaboración de leche fluida, helados, yogur, queso crema y queso crema con chile en la planta de lácteos de Zamorano. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 177 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6229/1/AGI-2018-T017.pdf>
- Cortés M, León M. 2004. Generalidades sobre metodología de la investigación [internet]. 1ª Ed. Ciudad del Carmen, Campeche, México: Universidad Autónoma del Carmen; [consultado el 17 de sep. del 2020]. <http://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/contenido2.pdf>
- De la Cruz J, Moreno L, Magnitskiy S. 2012. Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Revista colombiana de ciencias hortícolas; [consultado el 10 de may. de 2020]. 6(1):96-109. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v6n1/v6n1a10.pdf>
- Espinosa Espinosa B, Flores Magdaleno H, Ascencio Hernández R, Carrillo Flores G. 2016. Diseño de un sistema de riego hidrante parcelario con los métodos por Turnos y Clement: análisis técnico y económico. Revista Terra Latinoamericana; [consultado el 03 de oct. de 2020]. 34(4):432.

- Estrada Botello M, Nikolskii Gavrilo I, Etchevers Barra J, Gavi Reyes F, Palacios Vélez O, Palma López J, Mendoza Palacios J. 2004. Influencia del tipo de drenaje en el aprovechamiento de nitrógeno por la caña de azúcar. *Revista Terra Latinoamericana*. [consultado el 02 de oct. de 2020]; 22(1):82
- [FAO], Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2003. The use of water in agriculture. In: *Agriculture, food and water*. [consultado el 22 de sep. de 2020]. <http://www.fao.org/3/a-y4683e.pdf>.
- García D. 2015. La importancia del manual como herramienta de aprendizaje del estilo periodístico. [Tesis]. Perú: Departamento de comunicación. Universidad de Piura. [consultado el 15 de oct de 2020]. 216 p
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2268/INF_196.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández I. 2005. Transpiración, movimiento del agua a través de las plantas. [Tesis]. México: Departamento de fitopatología, entomología y malezas de la universidad estatal de México; [consultado el 19 de mar. de 2020]. 78 p. <https://digitalcommons.unl.edu/passel/78/>
- Hodson, D. 1994. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista de investigación y experiencias didácticas*. [consultado el 18 de sep. 2020]; 12(3):85-142.
- Leite L, Dourado L. 2013. Actividades de laboratorio, educación científica y habilidades para la resolución de problemas. *Revista Ciencia Directa*. [Consultado el 19 de sep. 2020]; 106(1):1677-1686.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813048131>.
- López A, Tamayo O. 2012. Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos Colombia*; [consultado el 17 de sep. del 2020]. 8(1): 145-166. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>
- Manterola C, Otzen T. 2013. Porqué Investigar y Cómo Conducir una Investigación. *Revista Internacional Morphol*. [consultado el 19 de jun. de 2020]; 31(4):1498-1504. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022013000400056&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- Martínez C. 2001. Introducción al riego. 1ª Ed. Valencia, España: Editorial Universidad Politécnica de Valencia. ISBN 978-84-9048-166-0; [consultado el 26 de mar. de 2020].
https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/67110/TOC_6152_01_01.pdf?sequence=7

- Narro Farías, E. 1995. Física de suelos con enfoque agrícola. 1ª Ed. Argentina Buenos Aires. Editorial Trillas; [consultado el 29 de jun. de 2020].
- Novillo I, Carrillo M, Cargua J, Moreira V, Albán K, Morales F. 2018. Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Revista Temas Agrarios; [consultado 12 de may. de 2020]. 23(2):177-187. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1301>
- Ortega Corrales L, Altaro Valenzuela M, Dumont Lataste J. 1996. Diagnóstico y Consecuencias del mal drenaje en el sur de Chile. Comisión Nacional de Riego (CNR) y el Centro Regional de Investigación Remehue del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). [consultado el 03 de oct. de 2020]. <https://translate.google.com/?hl=es&sl=en&tl=es&text=Procedia%20Social%20and%20Behavioral%20Sciences&op=translate>.
- Otero A, Montoya F, Garcia F. 2017. Programación del riego. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria; [consultado el 29 de jun. de 2020]. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7329/1/st-232-2017.pdf>
- Pérez P, Ruiz R, Morales D, Jerez E, Ramírez M, Maqueira L. 2011. Principales beneficios que se alcanzan con la práctica adecuada del drenaje agrícola. Revista Cultivos Tropicales. [consultado 6 de may. de 2020]; 32(2):52-60. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193222422010.pdf>
- Puelles M. 2000. Los manuales escolares: un nuevo campo de conocimiento; Edición Universidad de Salamanca; [consultado el 15 de oct. de 2020]. 19:5-11 https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/136624/Los_manuales_escolares_un_nuevo_campo_de.pdf;jsessionid=FB748428016C12837DD00341DDB31622?sequence=1
- Ramos Galarza C, Caycho Rodríguez T. 2019. El título de una investigación: de la catarsis a la técnica. Revista Ciencia América. [consultado el 7 de sep. de 2020]; 8(2):1390-9592. https://www.researchgate.net/publication/333616515_el_titulo_de_una_investigacion_de_la_catarsis_a_la_tecnica
- Rosales Serna R, Flores Gallardo H. 2017. Importancia del agua de riego para la producción sostenible de frijol en Durango Revista ResearchGate. [consultado el 18 de ago. de 2020]; 91(1):2-7 https://www.researchgate.net/publication/323510747_importancia_del_agua_de_riego_para_la_produccion_sostenible_de_frijol_en_durango.

- Sáenz Mendoza N, 2018. Elaboración de manuales de calidad para el laboratorio de granos y semillas del Escuela Agrícola Panamericana basado en la normativa ITSA. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 27 de sep. de 2020]. 67p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6288/1/AGI-2018-T054.pdf>
- Sánchez D, Meza A. 2015. Evaluación del rendimiento del cultivo de papa bajo la aplicación del riego deficitario (PRD) utilizando cintas de riego. *Revista Anuales Científicos*. [consultado 18 de jun. de 2020]; 76(1):21-28. <file:///d:/cuarto/tesis/760-2967-1-pb.pdf>
- Sánchez J, 2011. Efecto del exceso de agua en el suelo y en la fisiología de la planta de banano. Asociación de Bananeros de Colombia y Centro de investigación de banano. ReserchGate. [consultado 18 de jun. de 2020]; 7(2):1-11.
- Silamani A, 2015. Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Ene*. [consultado el 17 de sep. del 2020]; 9(2):2-14.
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2015000200002
- Silva C, 2016. Transpiración. Cátedra de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura [internet]. Argentina. [consultado el 12 jun. de 2020]. <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Guiadeestudio-Transpiracion.pdf>
- Torres Álvarez M. 1996. Manual para Elaborar Políticas y Procedimientos. 1ª Ed. Distrito Federal, México: Manuel Ma. Contreras. 93 p. ISBN 968-38-05-80-9. <https://books.google.com.co/books?id=YnhdFdUDnVIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true>
- Valencia K, Torres T. 2017. Impacto formativo de las prácticas de laboratorio en la formación de profesores de ciencias. X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. Septiembre de 2017.

7. ANEXOS

Anexo 1. Portada del Manual del laboratorio del curso Riego y Drenaje

