

UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
LABORATORIO INTENSIVO

MANUAL DE RIEGOS Y DRENAJES



GUATEMALA 2,024

Cuadro No. 1 PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	ACTIVIDAD
Lunes	Práctica 1: Determinación de humedad del suelo
Martes	Práctica 2: Diseño de riego
Miércoles	Práctica 3: Aforo de fuentes de agua
Jueves	Práctica 4: Drenajes
Viernes	Examen Final

Cuadro No. 2 Materiales necesarios para las prácticas de Riegos y Drenajes

Práctica	Material por grupo máximo de 4 personas
1	<ul style="list-style-type: none"> ● 5 libras de tierra de los primeros 30 centímetros de un cultivo ● 1 galón de agua ● 1 litro de alcohol al 95% ● Fósforos ● 1 lámina de metal de 50 cms X 50 cms ● 1 bote de aluminio de 500 ml ● Balanza ● Libreta ● Calculadora
2	<ul style="list-style-type: none"> ● Libreta ● calculadora
3	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 bote de 5 galones vacío ● 1 manguera ● 1 probeta graduada ● Cinta métrica ● 1 pelota de plástico o de goma de 10 centímetros de diámetro ● Libreta ● Calculadora
4	<ul style="list-style-type: none"> ● Pala ● Machete ● Metro ● 3 metros de tubo de PVC de 4 pulgadas, con agujeros de 0.5-1 cm de diámetro a cada 20 centímetros a lo largo del tubo ● 2 cubetas llenas de piedrín (Cubetas de 19 litros) ● Libreta ● Calculadora

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora de inicio de laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminalmente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas **del 28 de octubre 2024 a las 8:00 al 1 de noviembre 2024 a las 18:00.**

NORMAS DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL LABORATORIO

El laboratorio es un lugar de trabajo serio y se debe comportarse de forma adecuada.

Las siguientes reglas de seguridad se aplican a todo laboratorio:

1. Los ojos deben ser protegidos durante todo el periodo de laboratorio sea o no peligroso lo que se esté realizando.
2. Las personas que tienen el cabello largo deberán llevarlo siempre agarrado con algún accesorio para evitar accidentes.
3. Queda estrictamente prohibido usar faldas, short y/o sandalias.
4. Cualquier accidente, aún la menor lesión debe informarse de inmediato al instructor del laboratorio. ¡no dude en pedir ayuda si tiene un problema.
5. Leer el manual de laboratorio cuidadosamente antes de ingresar al mismo, esto le ayudará en la toma de datos y a mejorar su seguridad y eficacia en el laboratorio.
6. Lave bien el material antes y después de usarlos.
7. Mantener siempre el orden y limpieza de las mesas y aparatos de laboratorio y colocar sobre estas solo aquellos utensilios que sean indispensables para la práctica.
8. Al terminar la práctica de laboratorio asegúrese de que la mesa quede limpia
No se permite correr o jugar dentro del laboratorio.

Nota: Cualquier infracción a alguna de las anteriores reglas, lo hacen acreedor a la expulsión de la práctica del día, perdiendo su asistencia a la misma, aunque se haya hecho acto de presencia.

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Las secciones de las cuales consta un reporte, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

a. Carátula.....	0 puntos
b. Objetivos... ..	20 puntos
c. Resumen.....	20 puntos
d. Resultados... ..	20 puntos
e. Interpretación de Resultados... ..	20 puntos
f. Conclusiones... ..	20 puntos
g. Bibliografía	0 puntos
Total... ..	100 puntos

En caso de no concordar entre la hoja de datos original y los datos u observaciones citados dentro del reporte automáticamente se anulará el reporte.

Por cada falta de ortografía o error gramatical, se descontará un punto sobre cien, todas las mayúsculas se deben de tildar. Es importante dirigirse al lector de una manera impersonal, de manera que expresiones tales como “obtuvimos”, “hicimos”, “observé”, serán sancionadas. Si se encuentran dos reportes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **OBJETIVOS:** Son las metas que se desean alcanzar en la práctica de investigación. Se inician generalmente con un verbo, que guiará a la meta que se desea alcanzar, los verbos finalizan en AR, ER o IR, ejemplo: reconocer, determinar, etc. Deben ser verbos cuantificables, debe utilizarse un verbo por cada objetivo, deben estar en concordancia con las conclusiones.

- b. **RESUMEN:** Es una síntesis de lo que se realizó en la práctica de investigación, explicando; ¿qué se hizo?, ¿cómo se hizo? y ¿a qué se llegó? El contenido debe ocupar media página como mínimo y una página como máximo.

- c. **RESULTADOS:** En esta sección deben incluirse todos los datos obtenidos al final de la práctica.

- d. **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:** Esta sección corresponde a una demostración, explicación y análisis de todo lo que ocurrió y resultó de la práctica, interpretando de una manera cuantitativa y cualitativa, tanto los resultados como los pasos seguidos para la obtención de los mismos. Aun cuando la discusión se apoya en la bibliografía, no debe ser una transcripción de la misma, ya que el estudiante debe explicar con sus propias palabras y criterio lo que sucede en la práctica. Cuando se haga uso de la teoría en alguna parte de la discusión debe indicarse colocando al final de párrafo (que debe ir entre comillas), la bibliografía de donde se obtuvo la información. La forma de colocarlo es la siguiente: (Ref. 1 Pág. 5). En cuanto a los resultados propiamente dichos, deben explicarse el porqué de los mismos. Debe hacerse una comparación entre el resultado experimental y el resultado real de cada objeto de estudio.
- e. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del reporte. Las conclusiones son “juicios críticos razonados” a los que ha llegado el autor, después de una cuidadosa consideración de los resultados del estudio o experimento y que se infieren de los hechos. Deberán ser lógicos, claramente apoyados y sencillamente enunciados. Esta sección deberá ser extraída de la interpretación de resultados ya que allí han sido razonados y deben de ir numeradas. Se redacta una conclusión por cada objetivo.
- f. **BIBLIOGRAFÍA:** Esta sección consta de todas aquellas referencias (libros, revistas, documentos) utilizados como base bibliográfica en la elaboración del reporte. Deben citarse, como mínimo 3 referencias bibliográficas (**EL INSTRUCTIVO NO ES UNA REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**), las cuales deben ir numeradas y colocadas en orden alfabético según el apellido del autor. Todas deben estar referidas en alguna parte del reporte. La forma de presentar las referencias bibliográficas es la siguiente:

1. BROWN, Theodore L.; LEMAY, H.Eugene; BURSTEN, Bruce E. *Química la ciencia central*. 7ª ed. México: Prentice-Hall, 1998. 682 p.

DETALLES FÍSICOS DEL REPORTE

- El reporte debe presentarse en hojas de papel bond tamaño carta.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del reporte deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los reportes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. **ES IMPORTANTE TENER TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS**

Cada grupo de estudiantes de máximo 6 personas debe de traer el material que se le indica en cada práctica junto con los materiales de limpieza (jabón líquido, alcohol, bolsa para basura y un rollo de papel mayordomo).

PRÁCTICA No. 1

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO

La humedad juega un rol fundamental en el comportamiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El agua del suelo transporta sustancias a través del perfil de este. El régimen de humedad de un suelo determina los tipos de plantas que crecerán en este, afectando además la forma en que se distribuyen las raíces. El contenido de humedad del suelo puede cambiar rápidamente, pudiéndose incrementar en minutos u horas. En contraste, la fase de secamiento puede tomar semanas o meses.

El contenido de humedad de los suelos típicamente se encuentra en un rango de 5 a 50 % cuando se encuentran en su máxima capacidad de retención (capacidad de campo).

Los suelos contienen diferente cantidad de agua dependiendo de su textura y estructura. El límite superior de almacenamiento de agua se denomina con frecuencia "capacidad de campo" (CC), mientras que el límite inferior se denomina "punto de marchitamiento permanente" (PMP). Después de un evento de lluvia o de riego que satura el suelo, hay un rápido movimiento descendente (drenaje) de una parte del agua del suelo debido a la fuerza de gravedad. Durante el proceso de drenaje, la humedad del suelo disminuye continuamente.

La velocidad de drenaje está relacionada con la conductividad hidráulica del suelo. En otras palabras, el drenaje es más rápido en los suelos arenosos en comparación con los suelos arcillosos. Después de un tiempo, el rápido drenaje se hace insignificante y en ese punto, la humedad del suelo se denomina "capacidad de campo". El punto de marchitez permanente se define como el contenido de humedad del suelo en el que la planta ya no tiene la capacidad de absorber agua del suelo haciendo que la planta se marchite y muera si agua adicional no es

proporcionada. Sin embargo, la mayoría de las plantas estarán sometidas a un estrés hídrico significativo antes de este punto, y será muy factible que las plantas sufran una reducción importante en su rendimiento mucho antes de alcanzar el punto de marchitamiento. La cantidad total de agua disponible para absorción de la planta es el “agua disponible para la planta” (ADP) que es la diferencia entre CC y PMP.

MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

El contenido de humedad de un suelo se puede determinar por métodos directos e indirectos, a continuación, se hace referencia a ambos métodos desde la importancia que tienen en el manejo eficiente del agua de riego se aconseja hacer las determinaciones de humedad en estratos de el mismo grosor o profundidad que los usados para la determinación de las propiedades físicas del suelo o sea de 30 cm de grosor.

PARTE PRÁCTICA

1. Método gravimétrico

Materiales

- 100 gr de tierra de los primeros 30 centímetros de un cultivo.

Procedimiento

- Tomar una muestra de suelo de aproximadamente 100 gramos en el campo y guardarla inmediatamente en una caja o bote de metal (aluminio de preferencia) con tapadera hermética para evitar pérdida por humedad (puede usarse también un frasco de vidrio con tapadera hermética).
- Pesar la muestra para obtener el peso del suelo húmedo (Psh)

- Destapar y colocar la muestra de suelo en un horno especial para secado de muestras a una temperatura de 105 a 110° C durante 18 a 24 horas.
- Pesarse la muestra para obtener el peso de suelo seco (Pss) y se aplica la ecuación para calcular el porcentaje de humedad en base al peso del suelo seco (Pss). La muestra del suelo en el campo puede tomarse con varios tipos de barrenos, siendo los más usados el helicoidal y el tipo Oakfield.

$$Ps = \frac{Psh - Pss}{Pss} \times 100$$

Ps = contenido de humedad con base a peso de suelo seco (%)

Psh = peso de suelo húmedo (gr)

Pss = peso de suelo seco (gr)

2. Método al tacto

Materiales

- 2 lbs de tierra de los primeros 30 centímetros de un cultivo
- 1 galón de agua

Procedimiento

- Separar la tierra en tres pequeñas cantidades proporcionales.
- La primera parte con tierra seca, la segunda con exceso de agua y la tercera la mojaremos poco a poco hasta llegar a capacidad de campo.
- De la primera parte tomamos una porción de tierra que nos quepa en la mano, la apretamos y abrimos la mano, observaremos que la porción que tomamos se desmorona, esto nos indica que el contenido de humedad del suelo es bajo y necesita riego.

- Tomamos la segunda parte que le agregamos mucha agua y que está muy húmedo, lo apretamos y observaremos como escurrirá agua a través de los dedos y de la mano, esto nos indica que el suelo tiene exceso de humedad y no necesita regarse hasta que su contenido de humedad baje.
- Finalmente tomamos tierra de la última porción de tierra y aplicamos poco a poco agua, mientras apretamos la tierra en nuestra mano, cuando podemos apretar y no escurre agua y si al abrir la mano no se desmorona y queda como una plastita sólida entonces podemos decir que está a capacidad de campo. Y este es el punto óptimo de humedad del suelo cuando tenemos un cultivo establecido.
- Determinar porcentaje de falta de humedad utilizando el cuadro No. 3

Cuadro No. 3 Guía para la estimación de la parte de humedad aprovechable que ha sido extraída de terreno

Falta de humedad del suelo	Tacto y aspecto de falta de humedad, en CM de agua por metro de suelo		
	textura gruesa	Textura media	Textura fina o muy fina
0% (capacidad de campo)	Quando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero queda una huella húmeda de la muestra de suelo en la mano. 0.0	Quando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero queda una huella húmeda de la muestra de suelo en la mano. 0.0	Quando se comprime no sale agua de la porción de terreno, pero queda una huella húmeda de la muestra de suelo en la mano. 0.0
0-25 %	Se puede formar una bolita con dificultad, que se rompe fácilmente y que no es untuosa, es decir, no se adhiere a la mano. 0.03 a 3.4	Se puede formar una bolita que se moldea fácilmente y es muy untuosa si hay un contenido relativamente alto de arcilla. 0.0 a 4.2	Se forma cilindro con facilidad cuando se amasa entre los dedos, tiene un tacto untuoso. 0.0 a 5.00
25-50 %	Se puede llegar a formar una bolita bajo presión, pero no suele mantenerse compacta. 3.4 a 6.7	Se puede formar una bolita relativamente plástica que resulta algo untuosa cuando se la presiona con los dedos. 4.2 a 8.3	Se forma una bolita o pequeño cilindro cuando se la amasa entre el pulgar y el índice. 5.0 a 10.0
50-75 %	Seco en apariencia, no puede formarse una bolita empleando únicamente la presión.* 6.7 a 10.0	Se amigaja, pero se mantiene relativamente compacta cuando se le somete a presión. 8.3 a 12.5	Relativamente moldeable, se puede formar una bolita cuando se presiona un poco de terreno. 10.0 a 15.8
75-100 (100% es el punto de marchitamiento permanente)	Seco, suelto, se disgrega entre los dedos. 10.0 a 12.5	Polvoriento, seco a veces se encuentra en pequeñas costras que se reducen a polvo al romperse. 12.5 a 16.7	Duro, muy reseco, apretado, a veces tiene costras que se disgregan en la superficie. 15.8 a 20.8

1. Método de secado por combustión de alcohol

Materiales

- 1 bote de aluminio de 500 ml
- 2 lb de tierra
- 1 pedazo de lámina de 50cm X 50cm

Procedimiento

- Pesar 50 gramos de tierra (peso de suelo húmedo)
- Colocar la tierra en el bote de aluminio
- Agregar alcohol hasta cubrir la muestra
- Colocar la muestra sobre la lámina
- Prender fuego
- Agitar para hacer uniforme el fuego y deshidratar toda la muestra
- Dejar enfriar
- Pesar la muestra de tierra seca (peso de suelo seco)

$$Ps = \frac{Psh - Pss}{Pss} \times 100$$

Ps= contenido de humedad con base a peso de suelo seco (%)

Psh= peso de suelo húmedo (gr)

Pss= peso de suelo seco (gr)

PRÁCTICA No. 2

DISEÑO DE RIEGO

Para ilustrar adecuadamente el proceso de diseño agronómico llevaremos a cabo los cálculos sobre datos reales de un cultivo de caña de azúcar.

La eficiencia de los riegos es el máximo aprovechamiento que se hace del agua. Tiene mucho que ver con el método de riego y con la cantidad de agua que se puede desperdiciar durante el recorrido desde la fuente de agua hasta la aplicación en la parcela. Cuanto más alta es la eficiencia, hay menos desperdicio de agua y se hace una mejor utilización. En el método de riego por gravedad tiene mucha importancia el estado del canal que conduce el agua. Si está revestido habrá menos pérdidas de agua que si es de tierra. La calidad va a depender de los siguientes factores:

- Cantidad de agua que recibe el suelo
- Capacidad de infiltración del suelo
- Cantidad de agua que el perfil necesita para retener
- Textura
- Estructura

También la calidad de riego va a depender del tipo de riego, así como de su eficiencia:

Cuadro No. 4 eficiencia de riego según su tipo

MÉTODO DE RIEGO	EFICIENCIA (%)
Riego por gravedad	30 - 70
Riego por aspersión	80 - 85
Riego por goteo	Mayor a 90

Figura No. 1 Formas de pérdida de agua



Parte práctica

Cuadro No. 5 necesidad de riego para cultivo de caña de azúcar

NECESIDAD DE RIEGO	SISTEMA DE RIEGO	
	MINI ASP.	ASP.CAÑON
LAMINA REPOSICION (mm)	280	280
LAMINA NETA (mm/riego)	55	47
No. RIEGOS NECESARIOS	5	6

RIEGO POR ASPERSIÓN

Aspersor: Nelson F150

Caudal: 205 galones por minuto GPM = 12.93 lt/seg = 46.56 m³/hr

Presión de operación: 55 psi

Diámetro de mojado: 94.5 mts

Diámetro de boquilla 1 pulgada: 0.0254 metros

Distancia entre aspersores: 45 mts

Distancia entre laterales (ramales): 45 mts

Área regada por aspersor: (45 mt X 45 mt) = 0.2025 ha

Precipitación del aspersor: $\frac{46.56 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1000}{45 \text{ m} \times 45 \text{ m}} = 22.99 \text{ mm/hr}$

Precipitación del aspersor: 22.99 mm/hr

Área regada en 24 hrs: 5.6 m²

Tiempo de riego: 2 hrs

Número total de aspersores por turno: 4

Número de laterales por turno: 2

Cambios por día: 7

Área regada/cambio: 0.81 has

Área total regada por día: 5.67 has

Caudal del aspersor (m³/hr): 46.56 m³/hr

Lámina total aspersion aplicada:

$46.56 \text{ m}^3/\text{hora} \times 2 \text{ horas} = 93.12 \text{ m}^3 = 93,120 \text{ lts}$ $93,120 \text{ lts}/2,025 \text{ m}^2 = 45.98 \text{ mm}$

Evapotranspiración: 2.6 mm/día

Frecuencia de riego (días): $45.98\text{mm} / 2.6\text{mm}/\text{día} = 17.68 \text{ días} = 18 \text{ días}$

RIEGO POR MINIASPERSION

Aspersor: VYR-36

Caudal: 4.4 galones por minuto GPM = 0.2775 lt/seg = 0.999 m³/hr = 1 m³/hr

Presión de operación: 45 psi

Diámetro de mojado: 30 mts

Diámetro de boquilla 5/32 pulgada: 0.0039 metros

Distancia entre aspersores: 12mts

Distancia entre laterales (ramales): 18

Área regada por aspersor: $216 \text{ m}^2 = 0.0216 \text{ has}$

Precipitación del aspersor: $\frac{1 \text{ m}^3/\text{hr} \times 1000}{12 \text{ m} \times 18 \text{ m}} = 4.63 \text{ mm/hr}$

Precipitación del aspersor: 4.63 mm/hr

Área regada en 24 hrs: 8.64 has

Tiempo de riego: 12 hrs

Número total de aspersores por turno: 200

Número de laterales por turno: 10

Total turnos por día: 2

Área regada/cambio: 4.32 has

Área regada/día: 8.64 has

Caudal del aspersor (m³/hr): 1 m³/hr

Lámina total miniaspersión aplicada

1 m³/hora x 12 horas = 12 m³ = 12,000 lts = 12,000 lts/216m² = 0.055 mt = 55.55 mm

Evapotranspiración: 4.6 mm/día

Frecuencia de riego: 55.55 mm / 4.6 mm/día = 12 días

EFICIENCIA DE RIEGO

La cantidad de agua que es derivada de una fuente no es usada en su totalidad por los cultivos a regar, normalmente ocurren pérdidas de agua desde que el agua se deriva hasta que el cultivo la usa. Estas pérdidas pueden ser enormes en sistemas manejados ineficientemente. Considerando que el agua es un recurso escaso en las zonas bajo riego, nadie tiene el derecho de desperdiciarla cuando otro de sus semejantes puede necesitarla. En las regiones donde el agua es escasa y tiene precios altos se tiende a usarla eficientemente, en cambio, en lugares en los cuales es abundante o barata (o no tiene costo alguno para el agricultor) se tiende a no apreciarla y se desperdicia en grandes cantidades.

Eficiencia de conducción (Ec)

La eficiencia de conducción (Ec), es la relación que existe entre la cantidad de agua suministrada en la toma-granja (compuerta de entrada) de la parcela y el agua derivada de la fuente:

$$E_c = \frac{A_{tg}}{A_d} \times 100$$

Donde:

Ec = eficiencia de conducción (%)

A_{tg} = cantidad de agua suministrada en la toma -granja (m³ ó m³/seg)

A_d = cantidad de agua derivada de la fuente (m³, ó m³/seg)

Eficiencia de aplicación (Eap)

La eficiencia de aplicación (Eap) es la relación que existe entre el agua almacenada en la zona de raíces (Aa) y el agua recibida en la toma-granja (Atg):

$$\frac{Eap}{Atg} = Aa \times 100$$

Donde:

Eap = eficiencia de aplicación (%)

Aa = agua almacenada en la zona radicular (m³ ó cm)

Atg = agua recibida en la toma-granja (m³ ó cm)

El Aa será menor que el Atg debido a que existen pérdidas al aplicar el agua en la parcela debido a escurrimiento superficial (Ae) y a la percolación profunda (Ap).

El conocer la eficiencia de aplicación (Eap) para diseño es muy importante ya que el sistema de riego que se está proyectando debe tener la capacidad para aplicar la lámina de humedad rápidamente aprovechable (LHRA) y además el agua que se pierde inevitablemente por las características del método de aplicación del agua de riego. Ningún sistema aplica el agua con 100% de eficiencia, siempre habrá algún desperdicio y esto debe ser considerado en el diseño para que al proyectar se considere que hay que aplicar más de la lámina neta, así la cantidad de agua para la que un sistema de riego debe diseñarse es:

$$Lbd = \frac{LHRA}{Eap}$$

Donde:

Lbd = lámina bruta de diseño (cm)

LHRA = lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm)

Eap = eficiencia de aplicación (fracción decimal)

De la misma manera la lámina de agua bruta que se debe aplicar cuando el sistema de riego ya está en operación es:

$$Lbo = \frac{LR}{Ea}$$

Donde :

Lbo =lámina bruta de riego (cm)

LR =lámina de riego neta para llevar a CC la zona principal de las raíces (cm)

Eap = eficiencia de aplicación (fracción decimal)

De manera general:

$$Lb = \frac{Ln}{Eap}$$

Donde:

Lb = lámina bruta (cm)

Ln = lámina neta (cm)

Eap = eficiencia de aplicación (fracción decimal)

Eficiencia de almacenamiento (Eal)

La eficiencia de almacenamiento (Eal), se define como la relación entre el agua almacenada en la zona principal de raíces como efecto del riego y el agua necesaria para llevar esa zona hasta la capacidad de campo.

$$Eal = \frac{Aa}{An} \times 100Lbd$$

Donde:

Eal = eficiencia de almacenamiento (%)

Aa = agua almacenada en la zona principal de raíces (m³ ó cm³)

An = agua necesaria para llevar la zona principal de raíces a CC (m³ ó cm³)

Eficiencia de distribución (Ed)

Al aplicar el agua de riego a un terreno debe procurarse que la cantidad de ésta penetre uniformemente en toda el área, esto es difícil de lograr sobre todo en los métodos de riego superficiales en los que el tiempo de oportunidad es mayor al inicio del recorrido que al final lo cual incide en que la penetración en el inicio sea mayor que en el final dando una distribución no uniforme. La eficiencia de distribución (Ed) se define como la relación entre el promedio de profundidad alcanzado por el agua en un perfil durante el riego y la desviación de ese promedio para un número de puntos específicos de muestreo:

$$Ed = 100\left(1 - \frac{y}{d}\right)$$

Donde:

Ed = eficiencia de distribución (%)

d = promedio de la lámina aplicada o almacenada en el suelo (cm)

y = promedio de los valores absolutos de las desviaciones del agua aplicada o almacenada con respecto a "d" (cm)

Para sistemas de riego superficial se determina la Ed dividiendo el campo en 4 Secciones (aunque pueden ser más) y midiendo la profundidad que penetró el agua después de 1 a 3 días de haber regado en la parte media de cada una de estas 4 secciones.

Eficiencia de utilización o agronómica (EU)

Gurovich (1985) define una eficiencia que denomina eficiencia de utilización o eficiencia agronómica (EU) y que es la que resulta de la interacción de las eficiencias de aplicación, almacenamiento y distribución:

$$EU = Eap \times Eal \times Ed$$

Donde:

EU = eficiencia de utilización o agronómica (fracción decimal)

Eap, Eal y Ed = eficiencias de aplicación, almacenamiento o y distribución respectivamente (fracción decimal)

Esta definición de EU es solamente válida a nivel de predio o parcela, nos indica la manera en que el agricultor está utilizando el agua con un determinado método de riego, integrando el probable desperdicio (Eap), el correcto humedecimiento de toda la zona de raíces (Eal) y la uniformidad con que el agua fue aplicada en toda la parcela (Ed).

PRÁCTICA No. 3

AFORO DE FUENTES DE AGUA

Antes de comenzar a ver los sistemas de riego necesitamos saber los caudales que estamos utilizando o queremos utilizar. Se entiende por caudal a la cantidad de agua que pasa por una acequia, compuerta o sale por una manguera en un determinado tiempo. En la siguiente figura se observa un canal donde el caudal depende de la superficie de la sección transversal de la corriente de agua y de la velocidad del agua y el cálculo del caudal se realiza multiplicando estos dos factores.

$$Q = S \times V$$

Donde:

Q= caudal.

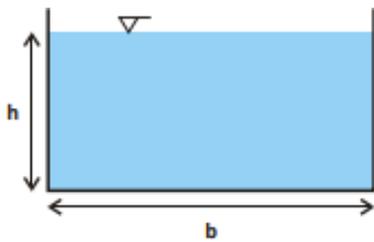
S= sección de la corriente de agua.

V= velocidad del agua

A mayor sección de un canal y mayor velocidad del agua, mayor será el caudal que pasa por este canal, o sea que pasa una mayor cantidad de agua en un determinado tiempo. Se expresa por ejemplo 20 litros/segundo. Es importante conocer el caudal que conduce un canal ya que permite estimar el volumen total

de agua que ingresa en la parcela. Para calcular el caudal es necesario determinar la superficie de la sección transversal del canal y la velocidad del agua. En el cálculo de la superficie de la sección del canal se considera altura de la sección del canal a la altura del nivel de agua, llamado también altura espejo de agua o tirante (h), como se muestra en la figura No. 2.

Figura No. 2 Sección de canal rectangular



La sección transversal del canal se calcula según su forma.

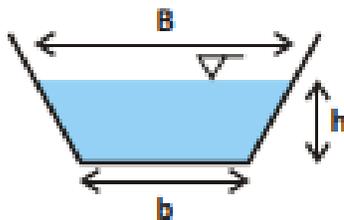
$$S = b \times h$$

Donde:

b= base.

h= altura del agua.

Figura No. 3 Sección de canal trapezoidal



$$V = \frac{B + b}{2} \times h$$

Donde:

B= lado mayor que es el ancho de la superficie o ancho del pelo del agua.

b= base o fondo del canal.

h= altura

Una vez que conocemos la sección del canal calculamos la velocidad del agua. Para ello existen elementos de precisión como el molinete. Otra forma de determinar la velocidad del agua, bastante expeditiva, consiste en medir el tiempo que tarda en recorrer 10 metros de canal un corcho, palitos o elementos livianos que flotan. La velocidad será:

$$\text{Velocidad} = 10 \text{ mt} / \text{ tiempo (segundos)}$$

La velocidad del agua en el medio del canal por donde avanza el corchito siempre es mayor que cerca de las paredes del canal. Esto se acentúa aún más si el canal está sucio. Por ello una forma de igualar la velocidad del agua en la sección es mediante el uso de un coeficiente C que será de 0,6 - 0,8 según si la superficie es muy rugosa o más lisa, respectivamente.

Luego se multiplica la sección y la velocidad determinadas anteriormente y el coeficiente de corrección C:

$$Q = S \times V \times C$$

Donde:

Q= caudal.

S= sección del canal.

V= velocidad del agua.

C= coeficiente que depende de la rugosidad del canal.

Parte práctica

Materiales

- 1 bote de 5 galones vacío
- 1 manguera
- 1 probeta graduada
- Cinta métrica
- 1 pelota de plástico o de goma de 10 centímetros de diámetro

Procedimiento

- A. Aforar un canal de riego trapezoidal y rectangular con el procedimiento antes visto.
- B. Aforar una fuente de agua de chorro.
- C. Calcular el caudal en un canal rectangular de 1 metro de base (b) y un tirante (h) de 0,8 metros.

1) El cálculo de la sección es:

$$S = 1 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$$

2) Para el cálculo de la velocidad del agua se mide primero con el corchito el tiempo (T) que recorre los 10 metros, esto se lo realiza 3 veces y se promedia para minimizar el error.

$$T 1 = 20 \text{ seg}$$

$$T 2 = 19 \text{ seg}$$

$$T 3 = 21 \text{ seg}$$

$$\text{Promedio del tiempo} = (20+19+21) / 3 = 20 \text{ seg}$$

La velocidad se la determina dividiendo los 10 metros en el promedio del tiempo:

$$V = 10 \text{ m} / 20 \text{ seg} = 0,5 \text{ m/seg}$$

3) El caudal se obtiene de multiplicar la sección determinada anteriormente por la velocidad y el coeficiente de corrección (0,7 en este caso):

$$Q = 0,8 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m/seg} \times 0,7 = 0,28 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

En general, el caudal suele expresarse en lts/seg (litros por segundo):

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros}$$

$$Q = 0,28 \text{ m}^3 / \text{seg} \times 1000 = 280 \text{ lts/seg}$$

PRÁCTICA No. 4

DRENAJES

Métodos de drenajes

Una vez identificado el problema de drenaje mediante los estudios básicos de reconocimiento y diagnóstico se selecciona el método o sistema de drena que puede ser superficial o subterráneo (interno).

Un sistema de drenaje consta de drene laterales, colectores y principales.

Los laterales, denominados también drenes parcelarios, mantienen el nivel freático a la profundidad deseada y recogen el agua de esorrentía para conducirla hasta los colectores que, a su vez la conducen hasta los drenes principales que la evacuan fuera del área

Drenaje superficial

El drenaje superficial consiste en la remoción del agua acumulada sobre la superficie del terreno a causa de lluvias intensas y frecuentes, desbordamiento de cauces, topografía plana irregular y suelos con baja capacidad de infiltración.

Dependiendo del origen de los excesos de agua para su control se puede escoger una o varias de las formas de drenaje superficial siguientes:

- Para controlar inundaciones
- Para controlar las aguas de esorrentía
- Red de drenaje superficial local

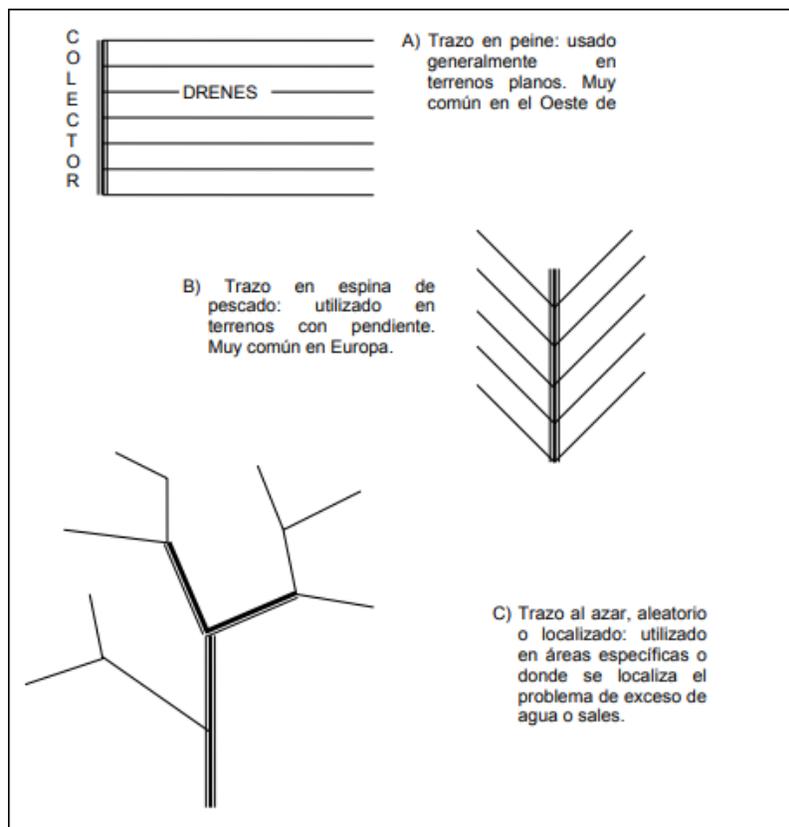
Drenaje subterráneo

En algunos cultivos el drenaje subterráneo es necesario cuando las áreas presentan niveles freáticos permanentes a profundidades menores de 1 mes, durante la etapa de rápido crecimiento.

Drenajes abiertos

Son canales abiertos y profundos con alta capacidad que se pueden utilizar para conducir aguas subterráneas o de escorrentía. Requieren una pendiente entre 0.015% y 0.4 %, o sea menor que la de los drenes enterrados que tienen entre 0.1 y 1 %.

Figura No.4 tipo de drenajes superficiales



Drenes entubados

El drenaje subterráneo se compone de varias líneas de tubería, que se instalan a una profundidad entre 1.5 y 2 metros con el fin de abatir el nivel freático y mantenerlo a una profundidad entre 1 y 1.2 metros de la superficie del suelo.

Parte práctica

Materiales

- Pala
- Machete
- Metro
- 3 metros de tubo de pvc con agujeros de 5 mm de diámetro a cada 20 centímetros a lo largo del tubo
- 2 cubetas llenas de piedrín (Cubetas de 19 litros)

Procedimiento

- Realizar un drenaje entubado, excavando una zanja de 30 cm de ancho, 30 cm de profundidad y 3 metros de largo hacia un vertedero, con pendientes de 3%, 6%, 9% y 12% según el número de grupos
- Colocar una cama de 10 cm de altura de piedrín
- Colocar el tubo sobre la cama
- Cubrir el tubo con piedrín 10 cm sobre el tubo
- Completar con tierra a nivel original de suelo

BIBLIOGRAFÍA

- Carrazón, J. 2007. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Italia.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, CENICAÑA. 2015. Drenaje en el cultivo de caña de azúcar. Colombia
- Cisneros, F. 2003. Universidad autónoma de San Luis Potosi, Facultad de Ingeniería, Centro de Investigación y Estudios de posgrado y Área Agrogeodésica. 163 pág. México.
- Muñoz-Carpena, R. 2004. Field Devices for Monitoring Soil Water Content. Extension Bul. 343 of the Dept. of Agr. and Bio. Engineering, University of Florida.
- Organización Meteorológica Mundial, 1992: Snow Cover Measurements and Areal Assessment of Precipitation and Soil Moisture (B. Sevruk). Informe de hidrología operativo No. 35, OMM-No. 749, Ginebra.
- Pablo, E. 2014. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego Pablo E. Demin Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 20 pag. Argentina.
- Sandoval Illescas, J. E. (2002). Principios De Riego Y Drenaje. Guatemala, Guatemala: Editorial Universitaria, USAC

HOJAS DE TRABAJO

PRACTICA No. 1

1. Investigar la profundidad efectiva de las raíces de los siguientes cultivos.

Sandía	Frijol
Melón	Caña de azúcar
Maíz	Tomate
Banano	Palma africana

2. Investigar los siguientes términos

Capacidad de campo

Densidad aparente

Punto de marchitez permanente

Agua disponible para la planta

PRÁCTICA No. 2

1. Calcular los siguientes datos para un sistema de riego por miniaspersión en maíz

- Área por turno (ha)
- Área regada al día (ha)
- Tiempo de riego por turno (hrs)
- Turnos de riego al día
- Caudal de bombeo total por turno (GPM)
- Frecuencia de riego (días)

DATOS TECNICOS

Fuente de agua:	Pozo mecánico
Caudal Esperado de bomba	1200 GPM

Área a regar	118.56 has
Sistema de riego:	Mini Aspersión.
Distanciamiento de aspersores	18.00 mt X 12.00 mt
Modelo de aspersor	Senninger 4023
Caudal de aspersor	4.3 gpm
Aspersores regando por turno	240
Presión de operación aspersor	35 psi
Precipitación	4.19 mm/hora
Turnos de riego por día	2
Presión requerida al cabezal	85 psi
Requerimiento lámina del cultivo	45 mm
Evapotranspiración	3 mm/día

2. Se diseñó y construyó un sistema de riego para 32ha. La fuente de agua es un pozo del cual se bombean 120 litros/seg. Con un costo de Q0.02/m³ de agua, este caudal se conduce por un canal sin revestimiento, al llegar el agua a la toma-granja se aforó obteniéndose un caudal de 78 litros/seg. El ciclo del cultivo a sembrar tiene una duración de 90 días siendo la evapotranspiración total en el ciclo de 50cm (lámina neta total consumida), se obtendrán dos cosechas anuales con riego, el tiempo de riego por día es de 8 horas y se regará por surcos con una eficiencia de aplicación (E_{ap}) de 60%.

Se desea determinar la eficiencia de conducción (E_c) del canal de revestir y además si es necesario y conveniente revestir el canal para reducir las pérdidas por infiltración, el costo del revestimiento de concreto es de Q37,000.00 y se estima que la eficiencia de conducción (E_c) del canal revestido será de 95%.

3. Calcule la cantidad de agua en cm y m³ a aplicar para regar 6ha de maíz en un tiempo de 6 horas, utilizando el método de riego por aspersión cuya eficiencia de aplicación (E_{ap}) es de 70%. La evapotranspiración máxima del cultivo en el lugar es de 6mm/día y se desea regar con una frecuencia de 10 días (intervalo

de diseño). Calcule el caudal a derivar de la fuente para poder regar adecuadamente bajo las condiciones anteriores. (El agua se conducirá por tubería desde la fuente hasta el campo). Si la infiltración básica del suelo (I_b) es de 2.5cm/hora, determine si el sistema provocará encharcamiento (si la tasa de aplicación o intensidad de riego, i_r , es mayor que la (I_b)).

PRÁCTICA No. 3

Calcular los valores con la información que a continuación se presenta:

1. Canal cuadrado

$Q = ?$

Base= 0.75 metros

Altura: 0.9 metros

2. Canal trapezoidal

$Q = ?$

$B = 1.5$ metros

$b = 1$ metro

altura= 1.2 metros

3. Determinar en cuánto tiempo se llena un tanque que tiene una capacidad de 2 metros cúbicos, el cual se llena con una fuente de agua con un caudal constante de 5 litros por segundo.
4. Calcular el área y caudal de cada subsección dadas en el ancho de un río. Tomar en cuenta que cada subsección es de 1 m de ancho.

DATOS RECOPIRADOS:

- **Ancho del río:** 10 metros
- **Profundidad del río medida en varios puntos:**
 - A 1 metro del borde: 0.5 metros
 - A 2 metros del borde: 1.0 metros
 - A 3 metros del borde: 1.5 metros
 - A 4 metros del borde: 2.0 metros
 - A 5 metros del borde: 2.5 metros
 - A 6 metros del borde: 2.0 metros
 - A 7 metros del borde: 1.5 metros
 - A 8 metros del borde: 1.0 metros
 - A 9 metros del borde: 0.5 metros
- **Velocidad del agua medida en los mismos puntos:**
 - A 1 metro del borde: 0.3 m/s
 - A 2 metros del borde: 0.5 m/s
 - A 3 metros del borde: 0.7 m/s
 - A 4 metros del borde: 0.8 m/s
 - A 5 metros del borde: 1.0 m/s
 - A 6 metros del borde: 0.8 m/s
 - A 7 metros del borde: 0.7 m/s
 - A 8 metros del borde: 0.5 m/s
 - A 9 metros del borde: 0.3 m/s

PRACTICA No. 4

Investigar los siguientes términos

- Geomembranas en conservación de suelo
- Drenaje francés
- Acequias
- Drenaje en agronomía
- Ventajas de drenaje en los cultivos