

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

Manual de Prácticas:

Diseños Experimentales

Programa Académico de Ingeniería en Agronomía

PROFESORES:

MC. Víctor Francisco Díaz Echeverría

Ing. José Antonio Santamaría Mex

Dr. Iván Oros Ortega

Dr. Fernando Casanova Lugo

ISBN: En tramite

11 de agosto de 2016
Ejido Juan Sarabia, Othón P. Blanco,
Quintana Roo, México

Índice



Carretera Chetumal-Escárcega Km 21.5, Ejido Juan Sarabia,
Othón P. Blanco, Quintana Roo, Código Postal 77965,
e-mail: dir_zmaya@tecnm.mx, tel: (983)1293431
www.itzonamaya.edu.mx



Sector IAF: 37
Inicio: 2009.09.28
Recertificación: 2015.08.30
Terminación: 2018.08.30
Alcance: Proceso educativo; que comprende desde la inscripción hasta la entrega del título y cédula profesional

	Página
Prólogo	1
Objetivo General del Manual	1
Práctica 1: Diseño completamente al azar	
1. Introducción	
2. Competencia específica	
3. Competencias previas	
4. Competencias genéricas a desarrollar	
5. Materiales y métodos	
6. Resultados y discusión	
7. Cuestionario	
8. Evaluación de la práctica	
9. Bibliografía	
Práctica 2: Diseño de bloques al azar	
1. Introducción	
2. Competencia específica	
3. Competencias previas	
4. Competencias genéricas a desarrollar	
5. Materiales y métodos	
6. Resultados y discusión	
7. Cuestionario	
8. Evaluación de la práctica	
9. Bibliografía	
Práctica 3: Diseño de cuadrado latino	
1. Introducción	
2. Competencia específica	
3. Competencias previas	
4. Competencias genéricas a desarrollar	
5. Materiales y métodos	
6. Resultados y discusión	
7. Cuestionario	
8. Evaluación de la práctica	
9. Bibliografía	

Prólogo

El desarrollo agrícola de un país se basa en la investigación que se realiza en ese campo, valiéndose de la experimentación. Al introducirse por primera vez un cultivo en la región, se necesita de la experimentación para poder adaptarla y divulgarla entre los agricultores. Esto se debe a que las condiciones de clima y suelo varían en cada región, estación y año. Para el aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles, los experimentos se deben diseñar de acuerdo con los principios estadísticos que permitan al investigador llegar a conclusiones correctas acerca de un problema específico.

De acuerdo con Segura, (1995) un experimento, es una búsqueda planeada para obtener nuevos conocimientos o para confirmar los resultados de experimentos previos. Al diseñar un experimento, los objetivos deben ser establecidos claramente, como preguntas a ser contestadas, hipótesis a ser probadas y efectos a ser eliminados. Para tal efecto se utilizan los diseños experimentales. El diseño experimental consiste en planear un experimento de tal forma que reúna la información que sea pertinente al problema bajo investigación. La diferencia fundamental entre los diferentes diseños experimentales está en la distribución aleatoria de los tratamientos (Padrón, 1996). Son tres los diseños experimentales básicos: El diseño completamente al azar, el diseño de bloques al azar y el diseño de cuadro latino.

En la actualidad el análisis de los datos de un diseño experimental se realiza a través del uso de programas de computación diseñados para tal fin. Son pocos los trabajos de investigación que se analizan a mano. Sin embargo, es necesario que el estudiante de los métodos estadísticos, haya desarrollado alguna vez el análisis de los datos, para poder entender los procesos que la computadora realiza.

El presente manual trata de explicar de manera práctica la forma de aplicación de los diseños mencionados, la recolección y ordenamiento de datos, así como el análisis computacional de los mismos e interpretación de los resultados.

Objetivo General del Manual

El estudiante comprenderá la importancia de la experimentación en investigación agrícola, mediante la aplicación de los diseños experimentales básicos, la recolección, análisis e interpretación de datos de diferentes factores y variables que intervienen en un proceso productivo.

Área	Invernaderos y Laboratorio		
Práctica No.	1		Duración 10 horas
Nombre de la Práctica	. Diseño completamente al azar		

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a la experimentación	1.1 Definición de experimentación, objetivos e importancia. 1.2 Diseños experimentales en la agricultura. 1.3 El investigador y el razonamiento científico. 1.4 Orientación de la experimentación. 1.5 Planteamiento de hipótesis 1.6 Características y etapas en la planeación de los experimentos. 1.7 Presentación de los resultados de un proyecto experimental. 1.8 Organización y conducción de la investigación agrícola en México.

Unidad	Temas	Subtemas
2	Ejecución de la experimentación	2.1 Definición de conceptos. 2.1.1 Tratamiento, testigo, unidad experimental, unidad de observación. 2.1.2 Error experimental, repeticiones, variable de agrupamiento o control, tratamiento, variable de observación, etc. 2.2 Tamaño óptimo de parcela o unidad experimental. 2.3 Forma de las unidades o parcelas experimentales. 2.4 Número de repeticiones. Consideraciones generales.

		<p>2.5 Selección del material experimental.</p> <p>2.6 Agrupamiento de las unidades experimentales y de los tratamientos.</p> <p>2.7 Efectos de la competencia entre y dentro de las unidades experimentales.</p> <p>2.8. Experimentos comunes en la investigación agrícola.</p> <p>2.9 Consideraciones en la planeación, ejecución, recolección, análisis e interpretación de los datos de un experimento.</p> <p>2.10 El análisis de varianza y aceptación o rechazo de hipótesis nula (prueba de F).</p> <p>2.11 Medición y control del error experimental.</p>
--	--	--

Unidad	Temas	Subtemas
3	Análisis de Varianza y Diseños experimentales básicos.	<p>3.1 Fundamento del Análisis de Varianza (ANOVA) para cada diseño.</p> <p>3.2 Diseño Completamente Aleatorio (DCA).</p> <p>3.2.1 Características del DCA.</p> <p>3.2.2 Análisis del DCA con más de dos tratamientos y el mismo número de observaciones por unidad experimental.</p> <p>3.2.3 DCA con diferente número de observaciones por tratamiento y su análisis e interpretación.</p>

Valor de esta práctica:	70%
-------------------------	-----

1. Introducción

Planeación y realización de un Diseño Completamente al Azar

Es el diseño más simple y se usa cuando las unidades experimentales son homogéneas o cuando la variación entre ellas es muy pequeña, tal es el caso de experimentos de laboratorio, invernaderos, gallineros, zahúrdas porcinas etc., en donde las condiciones ambientales son controladas. Esta es una prueba con un solo criterio de clasificación (tratamientos).

Planteamiento del problema

Los profesores responsables de los invernaderos de cultivos protegidos de Instituto Tecnológico de zona Maya, desea saber cuál es el mejor nivel de utilización del fertilizante hidrosoluble triple 19 de la marca comercial Haifa de nueva introducción en la región, sobre el crecimiento y producción de plántulas de chile habanero.

Dado que existen diferentes reportes sobre los resultados de dicho fertilizante en la producción de chile habanero. Se necesita realizar un trabajo para probar su eficacia en condiciones controladas de invernadero utilizando diferentes niveles de aplicación y compararlos con plantas sin fertilizar y probar la siguiente hipótesis:

H0: No existen diferencias en el crecimiento del chile habanero por efecto del nivel de fertilizante aplicado

2. Competencia específica

Conocer los principios básicos de los diseños experimentales y la investigación con fundamentos estadísticos.

Analizar la uniformidad y el manejo de la variabilidad en experimentos con seres vivos, así como la medición y control del efecto ambiental.

Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.

Examinar las pruebas de significancia utilizadas para estimar la probabilidad de diferencias entre tratamientos

3. Competencias previas

Contar con conocimientos generales básicos en ciencias agropecuarias.

Tener la capacidad de análisis y síntesis utilizando herramientas estadísticas.

Poseer habilidades básicas en el manejo de computadora y calculadora científica.

Tener habilidad para solucionar problemas que requieran de un proceso experimental.

Tener capacidad para recolectar, organizar y analizar datos.

Tener actitud para el trabajo en equipo inter y multidisciplinario.

Tener habilidad para analizar e interpretar información.

Tener capacidad para integrar los conocimientos teóricos con la práctica experimental.

4. Competencias genéricas a desarrollar

Instrumentales	Interpersonales	Sistémicas
Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar. Habilidades básicas de manejo de la computadora. Solución de problemas. Toma de decisiones.	Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario. Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas.	Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Habilidades de investigación. Capacidad de aprender.

5. Materiales y métodos		
Equipo	Materiales	Reactivos
5 aspersores manuales de 1 litros de capacidad 1 vernier o pie de rey 1 estuche de disección con tijeras y escápelo 1 bascula granataría con campo de pesado de 250 gr 1 bascula tridimensional con capacidad de 2.5 kilogramos 1 probeta de 500 o 1000 ml 1 probeta de 100 ml 1 probeta de 10 ml 1 varilla de vidrio 1 escalimetro de 30 cm con escala en m y mm 1 invernadero	20 bolsas negras de plástico tipo injerto de 1 kilogramo 40 kilos de composta de humos de lombriz 40 plantas de chile habanero de 5 días de germinación 5 botes de plástico de 2 litros de capacidad 30 tarjetas engomadas de 5x8 cm 1 plumo de tinta indeleble 20 hojas de registros previamente imprimidas	500 gramos de fertilizante hidrosoluble triple 17
Método		
<p>Para la realización del trabajo se utilizarán 5 niveles aplicación de fertilizante hidrosoluble: T1 0 gr/litro de agua; T2: 2.5 gr//litro de agua: T3: 5.0 gr/litro de agua: T4:7.5 gr/litro de agua; T5: 10 gr/litro de gua Mismos que serán aplicados en plántulas de chile habanero germinadas en charolas, después de 5 días de emergencia. Dichas plántulas serán trasplantadas en composta de lombriz, en bolsas de plástico, a razón de 1 kilogramo de composta por bolsa, y se utilizarán 4 plántulas en bolsadas por cada nivel de fertilizante. La aplicación de la fertiirrigación será cada semana, partiendo del momento del trasplante, hasta 6 semanas después del mismo, mediante aspersores manuales. Las plántulas serán regadas de manera directa, con agua corriente todos los días, desde el trasplante hasta 6 semanas después del mismo. Cada semana (de 0 a 6 semanas) se medirán en las plantas las siguientes variables de respuesta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grosor del tallo en mm (medido a 10 cm del ras del suelo con vernier o pie de rey) • Altura de la planta en cm y mm (medida del ras del suelo hasta la punta de copa de la planta) • Numero de hojas desarrolladas por planta <p>A las 6 semanas de cultivo se cortarán las plantas para medir las siguientes variables de respuesta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grosor total del tallo en mm (medido a 10 cm del ras del suelo con vernier o pie de rey) • Número y peso total de las hojas desarrolladas (medida en bascula gran ataría o bascula tridimensional) 		

- Volumen de la radicular (volumen de la raíz medida en ml en probeta de 10 ml)

Todas las plantas serán alojadas desde el trasplante hasta la medición final (0 a 6 semanas) en el invernadero A, del Instituto Tecnológico de la Zona Maya

Procedimiento de operación

Para la realización del trabajo se sugiere el siguiente procedimiento, mismo que puede ser ajustado de acuerdo a las condiciones de desarrollo del mismo, previa consulta con el asesor o maestro responsable.

Preparación de bolsas

Realizar en 20 bolsa de plástico de 1 kilogramo cuatro perforaciones en la base de la bolsa, utilizando una perforadora manual para papel. Posteriormente llenarla la bolsa y pesar en bascula tridimensional 1 kilogramo de composta de lombriz, previamente cernida o desmenuzada. Dicho procedimiento se repetirá en las 20 bolsas.

Trasplante de la plántula

Elegir de las charolas de germinación proporcionadas por el área de invernaderos 20 plántulas con dos hojas desarrolladas lo más uniformemente posible, en grosor de tallo y altura. Posteriormente trasplantarlas en las bolsas de plástico con la composta de lombriz, utilizando una pala de trasplante adecuada.

Asignación de tratamiento

Rotular 20 etiquetas engomadas y 20 fracciones de papel con los siguientes datos:

0 gr R1	0 gr R2	0 gr R3	0 gr R4
2.5 gr R1	2.5 gr R2	2.5 gr R3	2.5 gr R4
5.0 gr R1	5.0 gr R2	5.0 gr R3	5.0 gr R4
7.5 gr R1	7.5 gr R2	7.5 gr R3	7.5 gr R4
10.0 gr R1	10.0 gr R2	10.0 gr R3	10.0 gr R4

Con los fracciones de papel rotuladas, realizar un sorteo aleatorio para asignar los tratamientos y las repeticiones en las plántulas previamente trasplantadas. En el transcurso de sorteo, pegar las etiquetas engomadas en las bolsas y anotar los resultados en el siguiente cuadro

Plántula 1 Trat: Rep.	Plántula 2 Trat: Rep.	Plántula 3 Trat: Rep.	Plántula 4 Trat: Rep.
Plántula 5 Trat: Rep.	Plántula 6 Trat: Rep.	Plántula 7 Trat: Rep.	Plántula 8 Trat: Rep.
Plántula 9 Trat: Rep.	Plántula 10 Trat: Rep.	Plántula 11 Trat: Rep.	Plántula 12 Trat: Rep.
Plántula 13 Trat: Rep.	Plántula 14 Trat: Rep.	Plántula 15 Trat: Rep.	Plántula 16 Trat: Rep.
Plántula 17 Trat: Rep.	Plántula 18 Trat: Rep.	Plántula 19 Trat: Rep.	Plántula 20 Trat: Rep.

Preparación de soluciones para fertilizar

En un bote de plástico de 2 litros previamente rotulado con el nivel de tratamiento (0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 gr/litro de agua) o sea 1 bote por cada tratamiento (5 botes), añadir un litro de agua purificada, previamente medido en probeta de 500 o 1000 ml. Posteriormente pesar en balanza tridimensional, la cantidad de fertilizante correspondiente a cada tratamiento, verter en el bote de plástico con el agua y disolver con una varilla de vidrio. Las disoluciones preparadas, serán pasadas a los aspersores manuales, previamente rotulados con los tratamientos correspondientes.

Aplicación de la ferti irrigación

Con las soluciones preparadas en los aspersores manuales aplicar de manera abundante en cada una de las plántulas del tratamiento y repetición respectiva. Preferentemente en las primeras horas de la mañana (8:00 a 9:00 am). Este procedimiento se repetirá el primer día de cada semana (lunes) durante 6 semanas.

Riego de las plantas

Desde el momento del trasplante (día 1), hasta el final de la prueba (6 semanas), todas las plantas de cada tratamiento y repetición serán regadas con 500 ml de agua corriente, preferentemente en las horas frescas de la mañana (8:00 a 9:00 am)

6. Resultados y Discusión

Registros de variables de respuesta en plantas vivas

A partir del trasplante y posteriormente cada lunes de cada semana (hasta la 6 semana) se medirán y registrarán las siguientes variables (una tabla por cada semana medida)

Tratamiento/Repetición	Grosor del tallo	Altura de la planta	No. Hojas
0 gr R1			
0 gr R2			
0 gr R3			
0 gr R4			
2.5 gr R1			
2.5 gr R2			
2.5 gr R3			
2.5 gr R4			
5 gr R1			
5 gr R2			
5 gr R3			
5 gr R4			
7.5 gr R1			
7.5 gr R2			
7.5 gr R3			
7.5 gr R4			
10 gr R1			
10 gr R2			
10 gr R3			
10 gr R4			

Registro de variables en platas cortadas

Al finalizar la sexta semana de medición todas las plantas de todos los tratamientos serán retiradas de las bolsas. En cada planta se lavará las raíces con suficiente agua corriente, hasta retirar el total de las partículas de suelo, procurando no romper ni dañar la raíz. Posteriormente con un escápelo o bisturí o tijera, se dividirá la planta en tres partes; la raíz, el tallo y el volumen foliar (total de las hojas de la planta), para realizar las siguientes mediciones y anotar en las tablas correspondientes (una tabla por cada medición):

- Grosor total del tallo, medido a 10 cm de donde se retiró la raíz, con vernier o pie de rey
- Numero de hojas totales desarrolladas
- Peso total del volumen foliar (peso del total de las hojas, medida en balanza granataria o tridimensional)
- Volumen de la raíz (medida en probeta de 10 ml), utilizando el procedimiento que se describe a continuación

En una probeta de 10 ml, agregar 5 ml de agua purificada, con sumo cuidado introducir el volumen radicular retirado de la planta, medir el volumen alcanzado por el agua y por diferencia calcular el volumen radicular, anote y regístrelo. Este procedimiento se repite en cada planta evaluada.

Trat. / Rep	Grosor Tol del tallo	Volumen radicular	No y Peso foliar
0 gr R1			
0 gr R2			
0 gr R3			
0 gr R4			
2.5 gr R1			
2.5 gr R2			
2.5 gr R3			
2.5 gr R4			
5 gr R1			
5 gr R2			
5 gr R3			
5 gr R4			
7.5 gr R1			
7.5 gr R2			
7.5 gr R3			
7.5 gr R4			
10 gr R1			
10 gr R2			
10 gr R3			
10 gr R4			

Con los resultados obtenidos para la variable del grosor total del tallo, por cada

tratamiento y repetición realiza el análisis de varianza para un diseo completamente al azar, en el programa computarizado SAS (2014), tomando como base el siguiente ejemplo, para alimentar la base de datos del programa.

```
DATA;
TITLE "APLICACIÓN DE FERTILIZANTE FOLIAR";
INPUT TRAT GROSOR;
CARDS;
10 Valor obtenido
10 " "
10 " "
10
75
75
75
75
50
50
50
50
25
25
25
25
00
00
00
00
PROC ANOVA;
CLASSES TRAT;
MODEL GROSOR = TRAT;
RUN;
```

Con los resultados obtenidos en la ventana de respuesta, anota lo datos faltantes en el siguiente cuadro.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento					
Error					
Total					

De acuerdo con los datos del análisis de varianza que se presenta en el cuadro, determina si se acepta o rechaza la hipótesis planteada al principio. Para tal efecto se utiliza el siguiente criterio.

Probabilidad menor de 0.05 se rechaza la hipótesis nula ($P < 0.05$).

Probabilidad mayor de 0.05 se acepta la hipótesis nula ($P > 0.05$).

7. Cuestionario

- ¿Cuál es la característica del diseño completamente al zar?
- ¿Cuáles fueron los tratamientos utilizados?
- ¿Cuál fue la unidad experimental y cuantas se utilizaron por tratamiento?
- ¿Cuáles fueron las variables de respuesta medidas?
- ¿Por qué se ordenó por tratamiento y repetición la toma de datos?
- ¿Se aceptó o rechazó la hipótesis planteada?
- ¿Existen o no, diferencias en el crecimiento de las plantas por efecto del nivel de fertilizante utilizado?

8. Evaluación de la Práctica

- Reporte de prácticas con el procedimiento utilizado
- Reporte de resultados de los análisis de varianza realizados
- Reporte de conclusiones estadísticas obtenidas

9. Bibliografía

- Díaz E.V. (2015). Apuntes de Diseños Experimentales. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Juan Sarabia Quintana Roo, México. Pp. 4-32.
- Martínez G.A. (1993). Introducción al SAS. Sistema para análisis estadístico. 2° Edición. Colegio de Posgraduados, Centro de Estadística y Calculo. Estado de México. México. Pp. 42-63.
- Patrón C.E. (1996). Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. 1° Edición. México DF. Ed. Trillas. Pp. 9-22.
- Steel R.G. and Torrie J.H. (1993). Bioestadística Principios y Procedimientos. 2° Ed. México. Ed. McGraw-Hill. Pp. 30-32.

Área	Invernaderos y laboratorio		
Práctica No.	2		Duración 10 horas
Nombre de la Práctica	. Diseño de bloques al azar		

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a la experimentación	1.1 Definición de experimentación, objetivos e importancia. 1.2 Diseños experimentales en la agricultura. 1.3 El investigador y el razonamiento científico. 1.4 Orientación de la experimentación. 1.5 Planteamiento de hipótesis 1.6 Características y etapas en la planeación de los experimentos. 1.7 Presentación de los resultados de un proyecto experimental. 1.8 Organización y conducción de la investigación agrícola en México.

Unidad	Temas	Subtemas
2	Ejecución de la experimentación	2.1 Definición de conceptos. 2.1.1 Tratamiento, testigo, unidad experimental, unidad de observación. 2.1.2 Error experimental, repeticiones, variable de agrupamiento o control, tratamiento, variable de observación, etc. 2.2 Tamaño óptimo de parcela o unidad experimental. 2.3 Forma de las unidades o parcelas experimentales. 2.4 Número de repeticiones.

		<p>Consideraciones generales.</p> <p>2.5 Selección del material experimental.</p> <p>2.6 Agrupamiento de las unidades experimentales y de los tratamientos.</p> <p>2.7 Efectos de la competencia entre y dentro de las unidades experimentales.</p> <p>2.8. Experimentos comunes en la investigación agrícola.</p> <p>2.9 Consideraciones en la planeación, ejecución, recolección, análisis e interpretación de los datos de un experimento.</p> <p>2.10 El análisis de varianza y aceptación o rechazo de hipótesis nula (prueba de F).</p> <p>2.11 Medición y control del error experimental.</p>
--	--	--

Unidad	Temas	Subtemas
3	Análisis de Varianza y Diseños experimentales básicos.	<p>3.3 Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).</p> <p>3.3.1 Características del DBCA.</p> <p>3.3.2 Análisis del DBCA.</p> <p>3.3.3 DBCA con varias observaciones por unidad experimental.</p> <p>3.3.4 DBCA con desigual número de observaciones por unidad experimental.</p>

Valor de esta práctica:	70%
-------------------------	-----

1. Introducción

Planeación y realización de un Diseño de Bloques al Azar"

Este diseño se utiliza cuando existe un gradiente de variación diferente a los tratamientos, por ejemplo, la fertilidad del suelo, la posición de los corrales, el tiempo etc., etc.

El objetivo de este diseño es reunir las unidades experimentales a las que se les aplicara los tratamientos en bloques, de tal modo que los tratamientos participen en igualdad de condiciones tan uniforme como sea posible dentro de cada bloque. La variabilidad entre las unidades experimentales de diferentes bloques será mayor que entre las unidades experimentales de cada bloque, en

consecuencia, las diferencias que se encuentre entre las unidades experimentales, se deberán en su mayor parte al efecto de los tratamientos. La diferencia que no se deba a los tratamientos, será removida por el diseño y forma parte del error experimental o aleatorio.

Durante el curso del experimento, todas las unidades experimentales dentro de cada bloque deben tratarse de igual forma, exceptuando la aplicación de los tratamientos cuyo efecto se trata de medir. Si no fuera así, estaríamos introduciendo fuentes adicionales de variación, cuyo efecto sería imposible de medir, las que estarían enmascarando el efecto de los tratamientos.

Planteamiento del problema

Los profesores responsables de los invernaderos de cultivos protegidos de Instituto Tecnológico de zona Maya, desea saber cuál es el mejor nivel de utilización del fertilizante hidrosoluble triple 19 de la marca comercial Haifa de nueva introducción en la región, sobre el crecimiento de plántulas de chile habanero.

Sin embargo los responsables del cultivo no siembre encuentra en cantidades adecuadas, los sustratos para la siembra de las plantas, por lo que se ven en la necesidad de sembrar sus cultivos en diferentes sustratos, entre los que destacan, el humos de lombriz, la composta de cachaza de caña de azúcar, la tierra negra (box lum) y la tierra roja (cankab). Los responsables del invernadero saben que la diferencia entre los sustratos utilizados, causa diferencias en el crecimiento y rendimiento de las plantas, por lo que deciden eliminar esa fuente de variación, mediante la utilización de un diseño de bloques al azar.

Dado que existen diferentes reportes sobre los resultados de dicho fertilizante en la producción de chile habanero. Se necesita realizar un trabajo para probar su eficacia en condiciones controladas de invernadero utilizando diferentes nieles de aplicación y compararlos con plantas sin fertilizar, pero que elimine las diferencias en crecimiento que pudiera causarse por los diferentes sustratos utilizados en la siembra. Con el trabajo se deben probar las siguientes hipótesis:

H₀: No existen diferencias en el crecimiento del chile habanero por efecto del nivel de fertilizante aplicado

H₀: No existen diferencias en el crecimiento del chile habanero por efecto del tipo de sustrato utilizado

2. Competencia específica

Conocer los principios básicos de los diseños experimentales y la investigación con fundamentos estadísticos.

Analizar la uniformidad y el manejo de la variabilidad en experimentos con seres vivos, así como la medición y control del efecto ambiental.

Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.

Examinar las pruebas de significancia utilizadas para estimar la probabilidad de diferencias entre tratamientos

3. Competencias previas

Contar con conocimientos generales básicos en ciencias agropecuarias.

Tener la capacidad de análisis y síntesis utilizando herramientas estadísticas.

Poseer habilidades básicas en el manejo de computadora y calculadora científica.
Tener habilidad para solucionar problemas que requieran de un proceso experimental.
Tener capacidad para recolectar, organizar y analizar datos.
Tener actitud para el trabajo en equipo inter y multidisciplinario.
Tener habilidad para analizar e interpretar información.
Tener capacidad para integrar los conocimientos teóricos con la práctica experimental.

4. Competencias genéricas a desarrollar

Instrumentales	Interpersonales	Sistémicas
Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar. Habilidades básicas de manejo de la computadora. Solución de problemas. Toma de decisiones.	Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario. Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas.	Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Habilidades de investigación. Capacidad de aprender.

5. Materiales y métodos

Equipo	Materiales	Reactivos
5 botes de plástico de 2 litros de capacidad 5 aspersores manuales de 1 litros de capacidad 1 vernier o pie de rey 1 estuche de disección con tijeras y escápelo 1 bascula granataria con campo de pesado de 250 gr 1 bascula tridimensional con capacidad de 2.5 kilogramos 1 probeta de 500 o 1000 ml 1 probeta de 100 ml 1 probeta de 10 ml 1 varilla de vidrio 1 escalimetro de 30 cm con escala en m y mm 1 invernadero	20 bolsas negras de plástico tipo injerto de 1 kilogramo 40 kilos de composta de humos de lombriz 40 kilos de cachaza de caña de azúcar 40 kilos de tierra negra cernida 40 kilos de tierra roja cernida 40 plantas de chile habanero de 5 días de germinación 30 tarjetas engomadas de 5x8 cm 1 plumo de tinta indeleble 20 hojas de registros previamente imprimidas	500 gramos de fertilizante hidrosoluble triple 17

Método

Para la realización del trabajo se utilizarán 5 niveles aplicación de fertilizante hidrosoluble:
T1 0 gr/litro de agua; T2: 2.5 gr//litro de agua: T3: 5.0 gr/litro de agua: T4:7.5 gr/litro de agua; T5: 10 gr/litro de gua
Así como 4 diferentes sustratos de siembra:

B1 humos de lombriz californiana; B2 composta de cachaza de caña de azúcar; B3 tierra negra; B4 tierra roja

Mismos que serán aplicados en plántulas de chile habanero germinadas en charolas, después de 5 días de emergencia. Dichas plántulas serán trasplantadas en los 4 diferentes sustratos, a los cuales se les llamará bloques, utilizando bolsas de plástico, a razón de 1 kilogramo de sustrato por bolsa, por lo que cada nivel de fertilizante deberá estar una vez en cada tipo de sustrato o bloque, obteniéndose 4 plántulas por cada nivel de fertilizante.

La aplicación de la fertiirrigación será cada semana, partiendo del momento del trasplante, hasta 6 semanas después del mismo, mediante aspersores manuales. Las plántulas serán regadas de manera manual y directa, con agua corriente todos los días, desde el trasplante hasta 6 semanas después del mismo.

Cada semana (de 0 a 6 semanas) se medirán en las plantas las siguientes variables de respuesta:

- Grosor del tallo en mm (medido a 10 cm del ras del suelo con vernier o pie de rey)
- Altura de la planta en cm y mm (medida del ras del suelo hasta la punta de copa de la planta, con un escalímetro)
- Numero de hojas desarrolladas por planta

A las 6 semanas de cultivo se cortarán las plantas para medir las siguientes variables de respuesta:

- Grosor total del tallo en mm (medido a 10 cm del ras del suelo con vernier o pie de rey)
- Número y peso total de las hojas desarrolladas (medida en balanza granataria o balanza tridimensional)
- Volumen radicular (volumen de la raíz medida en ml en probeta de 10 ml)

Todas las plantas serán alojadas desde el trasplante hasta la medición final (0 a 6 semanas) en el invernadero A, del Instituto Tecnológico de la Zona Maya

Procedimiento de operación

Para la realización del trabajo se sugiere el siguiente procedimiento, mismo que puede ser ajustado de acuerdo a las condiciones de desarrollo del mismo, previa consulta con el asesor o maestro responsable.

Preparación de bolsas

Realizar en 20 bolsas de plástico de 1 kilogramo cuatro perforaciones en la base de la bolsa, utilizando una perforadora manual para papel. Posteriormente llenar una bolsa y pesar en balanza tridimensional 1 kilogramo de cada sustrato, previamente cernida o desmenuzada, hasta obtener 4 bolsas de a un kilo por cada tipo de sustrato.

4 bolsas con un kilo cada una con humos de lombriz

4 bolsas con un kilo cada una con cachaza de caña

4 bolsas con un kilo cada una con tierra negra

4 bolsas con un kilo cada una con tierra roja

Trasplante de la plántula

Elegir de las charolas de germinación proporcionadas por el área de invernaderos 20 plántulas con dos hojas desarrolladas lo más uniformemente posible, en

grosor de tallo y altura. Posteriormente trasplantarlas en las bolsas de plástico con los sustratos, utilizando una pala de trasplante adecuada.

Asignación de tratamiento

Rotular 20 etiquetas engomadas y 20 fracciones de papel con los siguientes datos:

B1 0 gr	B1 2.5 gr	B1 5.0 gr	B1 7.5 gr	B1 10.0 gr
B2 0gr	B2 2.5 gr	B2 5.0 gr	B2 7.5 gr	B2 10.0 gr
B3 0gr	B3 2.5 gr	B3 5.0 gr	B3 7.5 gr	B3 10.0 gr
B4 0 gr	B4 2.5 gr	B4 5.0 gr	B4 7.5 gr	B4 10.0 gr

B1 = composta de lombriz; B2 = cachaza de caña; B3 = Tierra negra; B4 = Tierra roja

Con los fracciones de papel rotuladas, realizar un sorteo aleatorio en cada uno de los 5 bloques con platas sembradas en un mismo tipo de sustrato, para asignar los tratamientos de fertirrigación (únicamente se sortea el orden de los niveles del tratamiento en un mismo bloque). En el transcurso de sorteo, pegar las etiquetas engomadas en las bolsas con las tratamientos y bloques asignadas y anotar los resultados en el siguiente cuadro

| Bloque 1 | No. Planta Tratamiento |
|----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Bloque 2 | No. Planta Tratamiento |
| Bloque 3 | No. Planta Tratamiento |
| Bloque 4 | No. Planta Tratamiento |

Preparación de soluciones para fertilizar

En un bote de plástico de 2 litros previamente rotulado con el nivel de tratamiento (0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 gr/litro de agua) o sea 1 bote por cada tratamiento (5 botes), añadir un litro de agua purificada, previamente medido en probeta de 500 o 1000 ml. Posteriormente pesar en balanza tridimensional, la cantidad de fertilizante correspondiente a cada tratamiento, añadir al bote de plástico con el agua y disolver con una varilla de vidrio. Las disoluciones preparadas, serán pasadas a los aspersores manuales, previamente rotulados con los tratamientos correspondientes.

Aplicación de la fertirrigación

Con las soluciones preparadas en los aspersores manuales aplicar de manera abundante en cada una de las plántulas del tratamiento y bloque respectivo. Preferentemente en las primeras horas de la mañana (8:00 a 9:00 am). Este procedimiento se repetirá el primer día de cada semana (lunes) durante 6 semanas.

Riego de las plantas

Desde el momento del trasplante (día 1), hasta el final de la prueba (6 semanas), todas las plantas de cada tratamiento y repetición serán regadas con 500 ml de agua corriente, preferentemente en las horas frescas de la mañana (8:00 a 9:00

am)

6. Resultados y Discusión

Registros de variables de respuesta en plantas vivas

A partir del trasplante y posteriormente cada lunes de cada semana (hasta la 6 semana) se medirán y registrarán las siguientes variables (una tabla por cada semana medida)

Tratamiento/Repetición	Grosor del tallo	Altura de la planta	No. Hojas
0 gr B1			
0 gr B2			
0 gr B3			
0 gr B4			
2.5 gr B1			
2.5 gr B2			
2.5 gr B3			
2.5 gr B4			
5 gr B1			
5 gr B2			
5 gr B3			
5 gr B4			
7.5 gr B1			
7.5 gr B2			
7.5 gr B3			
7.5 gr B4			
10 gr B1			
10 gr B2			
10 gr B3			
10 gr B4			

Registro de variables en plantas cortadas

Al finalizar la sexta semana de medición todas las plantas de todos los tratamientos serán retiradas de las bolsas. En cada planta se lavará las raíces con suficiente agua corriente, hasta retirar el total de las partículas de suelo, procurando no romper ni dañar la raíz. Posteriormente con un escápelo o bisturí o tijera, se dividirá la planta en tres partes; la raíz, el tallo y el volumen foliar (total de las hojas de la planta), para realizar las siguientes mediciones y anotar en las tablas correspondientes (una tabla por cada medición):

- Grosor total del tallo, medido a 10 cm de donde se retiró la raíz con vernier o pie de rey
- Numero de hojas totales desarrolladas
- Peso total del volumen foliar (peso del total de las hojas, medida en bascula granataria o tridimensional)
- Volumen de la raíz (medida en probeta de 100 ml), utilizando el procedimiento

que se describe a continuación

En una probeta de 10 ml, agregar 5 ml de agua purificada, con sumo cuidado introducir el volumen radicular retirado de la planta, medir el volumen alcanzado por el agua y por diferencia calcular el volumen radicular, anote y regístrelo. Este procedimiento se repite en cada planta evaluada.

Trat. / Rep	Grosor Tot. de tallo	Volumen radicular	No. y Peso foliar
0 gr B1			
0 gr B2			
0 gr B3			
0 gr B4			
2.5 gr B1			
2.5 gr B2			
2.5 gr B3			
2.5 gr B4			
5 gr B1			
5 gr B2			
5 gr B3			
5 gr B4			
7.5 gr B1			
7.5 gr B2			
7.5 gr B3			
7.5 gr B4			
10 gr B1			
10 gr B2			
10 gr B3			
10 gr B4			

Con los resultados obtenidos para la variable del grosor total del tallo, por cada tratamiento y bloque realiza el análisis de varianza para un diseño bloques al azar, en el programa computarizado SAS (2014), tomando como base el siguiente ejemplo, para alimentar la base de datos del programa.

DATA;
TITLE "APLICACIÓN DE FERTILIZANTE FOLIAR";
INPUT TRAT BLOQUE \$ GROSOR;
CARDS;
10 HU Valor obtenido
10 CA " "
10 TN " "
10 TR
75 HU
75 CA
75 TN
75 TR
50 HU
50 CA
50 TN

50 TR
25 HU
25 CA
25 TN
25 TR
00 HU
00 CA
00 TN
00 TR
PROC ANOVA;
CLASSES TRAT BLOQUE;
MODEL GROSOR = TRAT BLOQUE;
RUN;

Con los resultados obtenidos en la ventana de respuesta, anota lo datos faltantes en el siguiente cuadro.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento					
Bloque					
Error					
Total					

De acuerdo con los datos del análisis de varianza que se presenta en el cuadro, determina si se acepta o rechaza la hipótesis planteada al principio. Para tal efecto se utiliza el siguiente criterio.

Probabilidad menor de 0.05 se rechaza la hipótesis nula ($P < 0.05$).

Probabilidad mayor de 0.05 se acepta la hipótesis nula ($P > 0.05$).

7. Cuestionario

- ¿Cuál fue el gradiente de variación a eliminar en el diseño?
- ¿Cuántos bloques adyacentes se formaron y cuáles fueron?
- ¿Cuáles fueron los tratamientos utilizados?
- ¿Cómo se distribuyeron los tratamientos dentro de los bloques?
- ¿Cuántas unidades experimentales se utilizaron por tratamiento en cada bloque?
- ¿Cuáles fueron las variables de respuesta medidas?
- ¿Por qué se ordeno por tratamiento y bloque la toma de datos?
- ¿Se aceptó o rechazo la hipótesis planteada?
- ¿Existen o no, diferencias en el crecimiento de las plantas por efecto del nivel de fertilizante utilizado?
- ¿Se eliminó la fuente de variación que representa la diferencia de sustratos?

8. Evaluación de la Práctica

Reporte de prácticas con el procedimiento utilizado

Reporte de resultados de los análisis de varianza realizados
Reporte de conclusiones estadísticas obtenidas

9. Bibliografía

- Díaz E.V. (2015). Apuntes de Diseños Experimentales. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Juan Sarabia Quintana Roo, México. Pp. 4-32.
- Martínez G.A. (1993). Introducción al SAS. Sistema para análisis estadístico. 2° Edición. Colegio de Posgraduados, Centro de Estadística y Calculo. Estado de México. México. Pp. 42-63.
- Patrón C.E. (1996). Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. 1° Edición. México DF. Ed. Trillas. Pp. 9-22.
- Steel R.G. and Torrie J.H. (1993). Bioestadística Principios y Procedimientos. 2° Ed. México. Ed. McGraw-Hill. Pp. 30-32.

Área	Invernaderos y laboratorio		
Práctica No.	3		Duración 10 horas
Nombre de la Práctica	. Diseño de cuadrado latino		

Unidad	Temas	Subtemas
1	Introducción a la experimentación	1.1 Definición de experimentación, objetivos e importancia. 1.2 Diseños experimentales en la agricultura. 1.3 El investigador y el razonamiento científico. 1.4 Orientación de la experimentación. 1.5 Planteamiento de hipótesis 1.6 Características y etapas en la planeación de los experimentos. 1.7 Presentación de los resultados de un proyecto experimental. 1.8 Organización y conducción de la investigación agrícola en México.

Unidad	Temas	Subtemas
2	Ejecución de la experimentación	2.1 Definición de conceptos. 2.1.1 Tratamiento, testigo, unidad experimental, unidad de observación. 2.1.2 Error experimental, repeticiones, variable de agrupamiento o control, tratamiento, variable de

		<p>observación, etc.</p> <p>2.2 Tamaño óptimo de parcela o unidad experimental.</p> <p>2.3 Forma de las unidades o parcelas experimentales.</p> <p>2.4 Número de repeticiones. Consideraciones generales.</p> <p>2.5 Selección del material experimental.</p> <p>2.6 Agrupamiento de las unidades experimentales y de los tratamientos.</p> <p>2.7 Efectos de la competencia entre y dentro de las unidades experimentales.</p> <p>2.8. Experimentos comunes en la investigación agrícola.</p> <p>2.9 Consideraciones en la planeación, ejecución, recolección, análisis e interpretación de los datos de un experimento.</p> <p>2.10 El análisis de varianza y aceptación o rechazo de hipótesis nula (prueba de F).</p> <p>2.11 Medición y control del error experimental.</p>
--	--	--

Unidad	Temas	Subtemas
3	Análisis de Varianza y Diseños experimentales básicos.	<p>3.4 Diseño de Cuadro Latino (DCL).</p> <p>3.4.1 Características del DCL.</p> <p>3.4.2 Análisis de Varianza del DCL.</p>

Valor de esta práctica:	70%
-------------------------	-----

1. Introducción

Planeación y realización de un Diseño de Cuadrado Latino

En este diseño la restricción para controlar la variabilidad esta en dos direcciones, hileras y columnas, es decir existen dos fuentes de variación externos diferentes al tratamiento, por ejemplo, humedad y sombra; o dos gradientes de fertilidad, etc., etc. Los tratamientos se arreglan en bloques de dos sentidos y cada tratamiento aparece una sola vez en la hilera y la columna. El análisis de los datos puede eliminar el error de variabilidad debida a la hilera y la columna.

En este diseño debe existir el mismo número de tratamientos, hileras y columnas, o sea el número de tratamientos debe ser igual al número de repeticiones.

Planteamiento del problema

Los profesores responsables de los invernaderos de cultivos protegidos del Instituto Tecnológico de Zona Maya, desea saber cuál es el mejor nivel de utilización del fertilizante hidrosoluble triple 19 de la marca comercial Haifa de nueva introducción en la región, sobre el crecimiento de plántulas de chile habanero.

Sin embargo, los responsables del cultivo no siempre encuentra en cantidades adecuadas, los sustratos para la siembra de las plantas, por lo que se ven en la necesidad de sembrar sus cultivos en diferentes sustratos, entre los que destacan, el humos de lombriz, la composta de cachaza de caña de azúcar, la tierra negra (box lum) y la tierra roja (cankab). Así mismo no siempre encuentra bolsas del mismo tamaño para trasplante de sus plantas, pues en el mercado existen varias presentaciones de diferente capacidad y las que generalmente se utilizan son de 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 kilogramos de capacidad. Los responsables del invernadero saben que la diferencia entre los sustratos utilizados y la diferencia en la capacidad de las bolsas de trasplante, causa diferencias en el crecimiento y rendimiento de las plantas, por lo que deciden eliminar esas fuentes de variación, mediante la utilización de un diseño de cuadrado latino.

Por otra parte, los responsables del área de cultivos protegidos saben que existen diferentes reportes sobre efectos del fertilizante triple 19 en la etapa de crecimiento de las plántulas de chile habanero, antes del trasplante. Por tal motivo deciden probar cual es el mejor nivel de aplicación del fertilizante hidrosoluble.

En tal sentido el equipo deberá realizar un trabajo para probar determinar el mejor nivel de aplicación del fertilizante en condiciones controladas de invernadero, utilizando diferentes niveles de aplicación y compararlos con plantas sin fertilizar, pero que elimine las diferencias en crecimiento, que pudiera causarse por los diferentes sustratos y volumen de las bolsas utilizadas en la siembra. Con dicho trabajo se debe probar las siguientes hipótesis:

H₀: No existen diferencias en el crecimiento del chile habanero por efecto del nivel de fertilizante aplicado

H₀: No existen diferencias en el crecimiento del chile habanero por efecto del tipo de sustrato utilizado

H₀: No existen diferencias en el crecimiento del chile habanero por efecto del tamaño de la bolsa utilizada

2. Competencia específica

Conocer los principios básicos de los diseños experimentales y la investigación con

fundamentos estadísticos.

Analizar la uniformidad y el manejo de la variabilidad en experimentos con seres vivos, así como la medición y control del efecto ambiental.

Planear y desarrollar un diseño, recolectar, organizar, analizar e interpretar datos experimentales obtenidos en diseños comunes en la investigación de campo y laboratorio, así como interpretar los resultados del análisis.

Examinar las pruebas de significancia utilizadas para estimar la probabilidad de diferencias entre tratamientos

3. Competencias previas

Contar con conocimientos generales básicos en ciencias agropecuarias.

Tener la capacidad de análisis y síntesis utilizando herramientas estadísticas.

Poseer habilidades básicas en el manejo de computadora y calculadora científica.

Tener habilidad para solucionar problemas que requieran de un proceso experimental.

Tener capacidad para recolectar, organizar y analizar datos.

Tener actitud para el trabajo en equipo inter y multidisciplinario.

Tener habilidad para analizar e interpretar información.

Tener capacidad para integrar los conocimientos teóricos con la práctica experimental.

4. Competencias genéricas a desarrollar

Instrumentales	Interpersonales	Sistémicas
Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organizar y planificar. Habilidades básicas de manejo de la computadora. Solución de problemas. Toma de decisiones.	Capacidad de trabajar en equipo interdisciplinario. Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas.	Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Habilidades de investigación. Capacidad de aprender.

5. Materiales y métodos

Equipo	Materiales	Reactivos
4 botes de plástico de 2 litros de capacidad 4 aspersores manuales de 1 litros de capacidad 1 vernier o pie de rey 1 estuche de disección con tijeras y escápelo 1 bascula granataría con campo de pesado de 250 gr 1 bascula tridimensional con capacidad de 2.5 kilogramos 1 probeta de 500 o 1000	4 bolsas negras de plástico tipo injerto de 1 kilogramo 4 bolsas negras de plástico tipo injerto de 1.5 kilogramos 4 bolsas negras de plástico tipo injerto de 2 kilogramos 4 bolsas negras de plástico tipo injerto de 2.5 kilogramos 40 kilos de composta de humos de lombriz	500 gramos de fertilizante hidrosoluble triple 17

<p>ml 1 probeta de 100 ml 1 probeta de 10 ml 1 varilla de vidrio 1 escalimetro de 30 cm con escala en m y mm 1 invernadero</p>	<p>40 kilos de cachaza de caña de azúcar 40 kilos de tierra negra cernida 40 kilos de tierra roja cernida 40 plantas de chile habanero de 5 días de germinación 30 tarjetas engomadas de 5x8 cm 1 plumo de tinta indeleble 20 hojas de registros previamente imprimidas</p>	
--	---	--

Método

Para la realización del trabajo se utilizarán 4 niveles aplicación del fertilizante hidrosoluble:

T1: 2.5 gr/litro de agua: T2: 5.0 gr/litro de agua: T3:7.5 gr/litro de agua; T4: 10 gr/litro de gua

Los tratamientos deberán ser colocados en dos bloques adyacentes como hileras y columnas:

En el primer bloque se colocarán en hileras los diferentes tipos de sustratos, como se esquematiza a continuación:

H1 humos de lombriz californiana; H2 composta de cachaza de caña de azúcar; H3 tierra negra; H4 tierra roja.

En el segundo bloque se colocarán en columnas los diferentes tamaños de bolsa, como se esquematiza a continuación:

C1 bolsas de 1 Kg.; C2 bolsas de 1.5 Kg.; C3 Bolsas de 2 Kg.; C4 bolsas de 2.5 Kg.

Las plántulas de chile habanero a utilizar, serán germinadas en charolas de unicel, y después de 5 días de emergencia serán trasplantadas en los 4 diferentes tipos sustratos, y los cuatro diferentes tamaños de bolsas, haciendo un total de 16 plantas. Dichas plantas serán ordenas en hileras de acuerdo con el tipo de sustrato y en columnas de acuerdo al tamaño de bolsa, para aplicarles los 4 diferentes niveles de fertilizante hidrosoluble. De tal manera que ningún nivel del fertilizante (tratamientos) se repita en las hileras o en las columnas

Posteriormente al trasplante la aplicación del fertilizante hidrosoluble será cada semana, partiendo del momento del trasplante, hasta 6 semanas después del mismo, mediante aspersores manuales. Las plántulas serán regadas de manera manual y directa, con agua corriente todos los días, desde el trasplante hasta 6 semanas después del mismo.

Cada semana (de 0 a 6 semanas) se medirán en las plantas vivas las siguientes variables de respuesta:

- Grosor del tallo en mm (medido a 10 cm del ras del suelo con vernier o pie de rey)
- Altura de la planta en cm y mm (medida del ras del suelo hasta la punta de copa de la planta, con un escalimetro)
- Numero de hojas desarrolladas por planta

A las 6 semanas de cultivo se cortarán las plantas para medir las siguientes

variables de respuesta:

- Grosor total del tallo en mm (medido a 10 cm del ras del suelo con vernier o pie de rey)
- Número y peso total de las hojas desarrolladas (medida en bascula granataría o bascula tridimensional)
- Volumen radicular (volumen de la raíz medida en ml en probeta de 10 ml)

Para el desarrollo del trabajo, todas las plantas serán alojadas desde el trasplante hasta la medición final (0 a 6 semanas), en el invernadero A del Instituto Tecnológico de la Zona Maya

Procedimiento de operación

Para la realización del trabajo se sugiere el siguiente procedimiento, mismo que puede ser ajustado de acuerdo a las condiciones de desarrollo del mismo, previa consulta con el asesor o maestro responsable.

Preparación de bolsas

Realizar en 16 bolsas de plástico (4 de 1 Kg., 4 de 1.5 Kg., 4 de 2 Kg. y 4 de 2.5 Kg.) cuatro perforaciones en la base de la bolsa, utilizando una perforadora manual para papel. Posteriormente llenar una a una las bolsas, de acuerdo con su capacidad y pesar en bascula tridimensional 1, 1.5, 2 o 2.5 kilogramos de cada sustrato según corresponda, previamente cernido o desmenuzado. En tal sentido deberá tenerse:

4 bolsas con humos de lombriz con 1, 1.5, 2 o 2.5 Kg. de acuerdo con la capacidad de la bolsa

4 bolsas con composta de cachaza de caña con 1, 1.5, 2 o 2.5 Kg. de acuerdo con la capacidad de la bolsa

4 bolsas con tierra negra con 1, 1.5, 2 o 2.5 Kg. de acuerdo con la capacidad de la bolsa

4 bolsas con tierra roja con 1, 1.5, 2 o 2.5 Kg. de acuerdo con la capacidad de la bolsa

Trasplante de la plántula

Una vez preparadas y llenas las bolsas con el sustrato, elegir de las charolas de germinación proporcionadas por el área de invernaderos 16 plántulas con dos hojas desarrolladas lo más uniformemente posible con respecto al grosor de tallo y altura. Posteriormente trasplantarlas en las bolsas de plástico con los sustratos, utilizando una pala de trasplante adecuada.

3.1.1 Asignación de tratamiento

Rotular 16 etiquetas engomadas con los siguientes datos:

Bolsa de 1 kg H. Lombriz 2.5 gr/litro	Bolsa 1.5 kg Cachaza de caña 5 gr/litro	Bolsa de 2 kg Tierra negra 7.5 gr/litro	Bolsa de 2.5 kg Tierra roja 10 gr/litro
Bolsa de 1 kg H. Lombriz 5 gr/litro	Bolsa 1.5 kg Cachaza de caña 7.5 gr/litro	Bolsa de 2 kg Tierra negra 10 gr/litro	Bolsa de 2.5 kg Tierra roja 2.5 gr/litro
Bolsa de 1 kg H. Lombriz	Bolsa 1.5 kg Cachaza de	Bolsa de 2 kg Tierra negra	Bolsa de 2.5 kg

7.5 gr/litro	caña 10 gr/litro	2.5 gr/litro	Tierra roja 5 gr/litro
Bolsa de 1 kg H. Lombriz 10 gr/litro	Bolsa 1.5 kg Cachaza de caña 2.5 gr/litro	Bolsa de 2 kg Tierra negra 5 gr/litro	Bolsa de 2.5 kg Tierra roja 7.5 gr/litro

Una vez rotuladas las etiquetas deberán acomodarse las bolsas en hileras y columnas, para asignar los tratamientos de fertiirrigación conforme a un cuadrado latino, donde característica principal a observar, es que no se pueden repetir los tratamientos en la hilera o columna, como se ejemplifica a continuación. Posteriormente se deberán pegar las etiquetas y trasladar las bolsas al invernadero.

S U TAMAÑO DE BOLSA					
		B 1 kg	B 1.5 kg	B 2 kg	B 2.5 kg
S	H lomb	2.5 gr/litros	5 gr/litro	7.5 gr/litro	10 gr/litro
T	C caña	5 gr/litro	7.5 gr/litro	10 gr/litro	2.5 gr/litro
R	T negra	7.5 gr/litro	10 gr/litro	2.5 gr/litro	5 gr/litro
A	T roja	10 gr/litro	2.5 gr/litro	5 gr/litro	7.5 gr/litro

Preparación de soluciones para fertilizar

En un bote de plástico de 2 litros previamente rotulado con el nivel de tratamiento (2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 gr/litro de agua) o sea 1 bote por cada tratamiento (4 botes), añadir un litro de agua purificada, previamente medido en probeta de 500 o 1000 ml. Posteriormente pesar en balanza tridimensional, la cantidad de fertilizante correspondiente a cada tratamiento, añadir al bote de plástico con el agua y disolver con una varilla de vidrio. Las disoluciones preparadas, serán pasadas a los aspersores manuales, previamente rotulados con los tratamientos correspondientes.

Aplicación de la fertiirrigación

Con las soluciones preparadas en los aspersores manuales aplicar de manera abundante en cada una de las plántulas del tratamiento, hileras y columnas. Preferentemente en las primeras horas de la mañana (8:00 a 9:00 am). Este procedimiento se repetirá el primer día de cada semana (lunes) durante 6 semanas.

Riego de las plantas

Desde el momento del trasplante (día 1), hasta el final de la prueba (6 semanas), todas las plantas de cada tratamiento y repetición serán regadas con 500 ml de agua corriente, preferentemente en las horas frescas de la mañana (8:00 a 9:00 am)

6. Resultados y Discusión

Registros de variables de respuesta en plantas vivas

A partir del trasplante y posteriormente cada lunes de cada semana (hasta la 6 semana) se medirán y registrarán las siguientes variables (una tabla por cada semana medida)

Tratamiento/Repetición	Grosor del tallo	Altura de la planta	No. Hojas
H. L 1 kg 2.5 gr /litro			
H. L 1.5 kg 5 gr/litro			
H. L 2 kg 7.5 gr/litro			
H L 2.5 kg 10 gr/litro			
C.C 1 kg 2.5 gr /litro			
C.C 1.5 kg 5 gr/litro			
C.C 2 kg 7.5 gr/litro			
C.C 2.5 kg 10 gr/litro			
T.N 1 kg 2.5 gr /litro			
T.N 1.5 kg 5 gr/litro			
T.N 2 kg 7.5 gr/litro			
T.N 2.5 kg 10 gr/litro			
T.R 1 kg 2.5 gr /litro			
T.R 1.5 kg 5 gr/litro			
T.R 2 kg 7.5 gr/litro			
T.R 2.5 kg 10 gr/litro			

H.L = Humos de lombriz; C.C = Cachaza de caña; T.N = Tierra negra; T.R = Tierra roja

Registro de variables en plantas cortadas

Al finalizar la sexta semana de medición todas las plantas de todos los tratamientos serán retiradas de las bolsas. En cada planta se lavarán las raíces con suficiente agua corriente, hasta retirar el total de las partículas de suelo, procurando no romper ni dañar la raíz. Posteriormente con un escápelo o bisturí o tijera, se dividirá la planta en tres partes; la raíz, el tallo y el volumen foliar (total de las hojas de la planta), para realizar las siguientes mediciones y anotar en las tablas correspondientes (una tabla por cada medición):

- Grosor total del tallo, medido a 10 cm de donde se retiró la raíz con vernier o pie de rey
- Numero de hojas totales desarrolladas
- Peso total del volumen foliar (peso del total de las hojas, medida en balanza granataria o tridimensional)
- Volumen de la raíz (medida en probeta de 100 ml), utilizando el procedimiento que se describe a continuación

En una probeta de 10 ml, agregar 5 ml de agua purificada, con sumo cuidado introducir el volumen radicular retirado de la planta, medir el volumen alcanzado por el agua y por diferencia calcular el volumen radicular, anote y regístrelo. Este procedimiento se repite en cada planta evaluada.

Trat. / Rep	Grosor Tot. de tallo	Volumen radicular	No. y Peso foliar
H. L 1 kg 2.5 gr /litro			
H. L 1.5 kg 5 gr/litro			
H. L 2 kg 7.5 gr/litro			
H L 2.5 kg 10 gr/litro			
C.C 1 kg 2.5 gr /litro			

C.C 1.5 kg 5 gr/litro			
C.C 2 kg 7.5 gr/litro			
C.C 2.5 kg 10 gr/litro			
T.N 1 kg 2.5 gr /litro			
T.N 1.5 kg 5 gr/litro			
T.N 2 kg 7.5 gr/litro			
T.N 2.5 kg 10 gr/litro			
T.R 1 kg 2.5 gr /litro			
T.R 1.5 kg 5 gr/litro			
T.R 2 kg 7.5 gr/litro			
T.R 2.5 kg 10 gr/litro			

Con los resultados obtenidos para la variable del grosor total del tallo, por cada tratamiento, hilera y columna realiza el análisis de varianza para un diseño de cuadrado latino, en el programa computarizado SAS (2014), tomando como base el siguiente ejemplo, para alimentar la base de datos del programa.

```
DATA;
TITLE "APLICACIÓN DE FERTILIZANTE FOLIAR";
INPUT HILERA COLUMNA $ TRAT GROSOR;
CARDS;
HU 1.0 25 Valor obtenido
HU 1.5 50 " "
HU 2.0 75 " "
HU 2.5 10
CA 1.0 50
CA 1.5 75
CA 2.0 10
CA 2.5 25
TN 1.0 75
TN 1.5 10
TN 2.0 25
TN 2.5 50
TR 1.0 10
TR 1.5 25
TR 2.0 50
TR 2.5 75
PROC ANOVA;
CLASSES HILERA COLUMNA TRAT;
MODEL GROSOR = HILERA COLUMNA TRAT;
RUN;
```

Con los resultados obtenidos en la ventana de respuesta, anota lo datos faltantes en el siguiente cuadro.

FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Tratamiento					

Hilera					
Columna					
Error					
Total					

De acuerdo con los datos del análisis de varianza que se presenta en el cuadro, determina si se acepta o rechaza la hipótesis planteada al principio. Para tal efecto se utiliza el siguiente criterio.

Probabilidad menor de 0.05 se rechaza la hipótesis nula ($P < 0.05$).

Probabilidad mayor de 0.05 se acepta la hipótesis nula ($P > 0.05$).

7. Cuestionario

¿Cuáles fueron los gradientes de variación a eliminar en el diseño?

¿Cuál fue la finalidad de formar dos bloques y cuales fueron?

¿Cuáles fueron los tratamientos utilizados?

¿Cómo se distribuyeron los tratamientos dentro de las hileras y columnas?

¿Cuántas unidades experimentales se utilizaron por tratamiento los bloques adyacentes?

¿Cuáles fueron las variables de respuesta medidas?

¿Por qué se ordenó por tratamiento, columna e hilera en la toma de datos?

¿Se acepta o rechaza las hipótesis planteadas?

¿Existen o no, diferencias en el crecimiento de las plantas por efecto del nivel de fertilizante utilizado?

¿Se eliminó las fuentes de variación que representaba los diferentes de sustratos y tamaño de bolsa?

8. Evaluación de la Práctica

Reporte de prácticas con el procedimiento utilizado

Reporte de resultados de los análisis de varianza realizados

Reporte de conclusiones estadísticas obtenidas

9. Bibliografía

Díaz E.V. (2015). Apuntes de Diseños Experimentales. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Juan Sarabia Quintana Roo, México. Pp. 4-32.

Martínez G.A. (1993). Introducción al SAS. Sistema para análisis estadístico. 2° Edición. Colegio de Posgraduados, Centro de Estadística y Calculo. Estado de México. México. Pp. 42-63.

Patrón C.E. (1996). Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. 1° Edición. México DF. Ed. Trillas. Pp. 9-22.

Steel R.G. and Torrie J.H. (1993). Bioestadística Principios y Procedimientos. 2° Ed. México. Ed. McGraw-Hill. Pp. 30-32.