

Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite

Guía para facilitadores



Elementos básicos para la planeación estadística de un experimento

Eloína Mesa Fuquen

Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite
Guía para facilitadores

Elementos básicos para la planeación estadística
de un experimento

Eloína Mesa Fuquen

Bogotá, D.C., Colombia, junio de 2010

Elementos básicos para la planeación estadística de un experimento

Publicación de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), cofinanciada por Fedepalma-Fondo de Fomento Palmero

Autora

Eloína Mesa Fuquen

Coordinación General

Jorge Alonso Beltrán Giraldo

División de Validación de Resultados de Investigación y Transferencia de Tecnología
Cenipalma

Coordinación didáctica

Vicente Zapata Sánchez

Asesoría científica

Carlos A. Moreno G.

Coordinación editorial

Martha Luz Ospina Bozzi

Corrección de estilo

María José Díaz Granados

Fotografías

Colección de Fedepalma 2009-2010, a menos que se indique otro nombre o referencia.
En la carátula, las fotos del aceite de palma son de Fausto Prada (2010).

Diseño y diagramación

Carlos Sandoval - Pigmalión

Impresión

Javegraf

Cenipalma

Calle 20A N° 43A – 50. Piso 4°.

Teléfono: 2086300 Fax: 2444711

E-mail: dmotta@cenipalma.org

www.cenipalma.org

Bogotá, D.C., Colombia, junio de 2010

ISBN: 978-958-8360-21-8

Cita:

Mesa F, E. (2010). *Elementos básicos para la planeación estadística de un experimento*. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: Guía para facilitadores. Bogotá (Colombia): Cenipalma. 64 pp.

1. Variables de Respuesta 2. Factores de Estudio 3. Unidad Experimental

I. Mesa Fuquen Eloína

II. Centro de investigación en Palma de Aceite

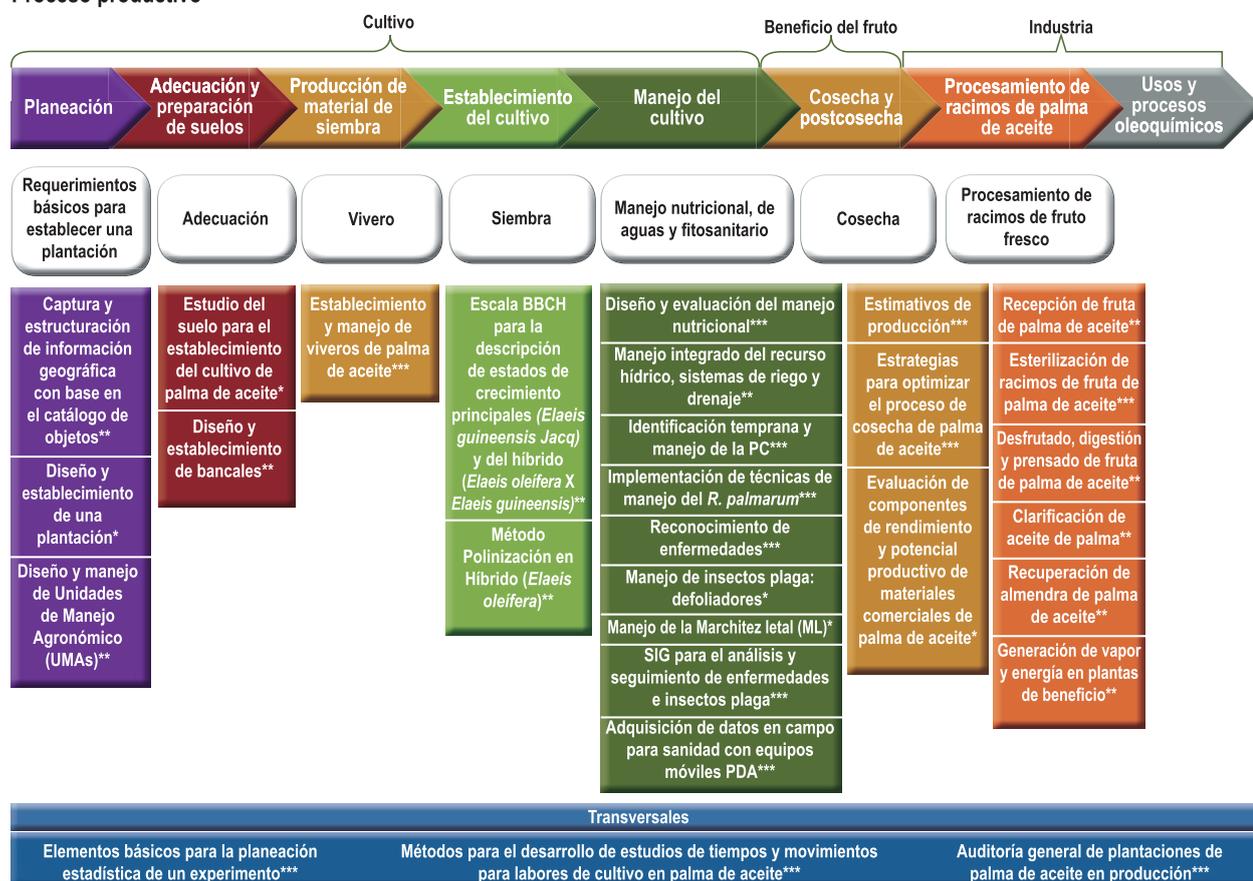
Otros títulos de esta serie

- **Diseño y establecimiento de una plantación de palma de aceite**
José Oscar Obando, Wilbert Castro y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite**
Dumar Motta Valencia y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Manejo integral del suelo para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite**
Diego Luis Molina López, Edna Margarita Garzón González y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite**
Nolver Atanacio Arias Arias y Jorge Alonso Beltrán Giraldo
- **Identificación temprana y manejo de la Pudrición del cogollo de la palma de aceite**
Gabriel Andrés Torres Londoño, Greicy Andrea Sarria Villa y Gerardo Martínez López
- **Reconocimiento de enfermedades en palma de aceite**
Benjamín Pineda López y Gerardo Martínez López
- **Implementación de técnicas de manejo de *Rhynchophorus palmarum***
Oscar Mauricio Moya Murillo, Rosa Cecilia Aldana de la Torre y Hamilton Gomes de Oliveira
- **Captura y estructuración de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga en las zonas palmeras de Colombia. Casos: Pudrición del cogollo (PC), *Rhynchophorus palmarum* y defoliadores**
Víctor Rincón Romero y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Adquisición de datos en campo para sanidad con equipos móviles PDA**
Leonardo Araque y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Estimativos de producción para determinar el potencial productivo de racimos de fruta fresca**
Rodrigo Ruiz Romero, Dumar Flaminio Motta Valencia y Hernán Mauricio Romero Angulo
- **Estrategias para optimizar el proceso de cosecha de la palma de aceite**
Carlos Andrés Fontanilla Díaz, Andrés Camilo Sánchez Puentes y Mauricio Mosquera Montoya

-
- **Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite**
Andrés Camilo Sánchez Puentes, Carlos Andrés Fontanilla Díaz y Mauricio Mosquera Montoya
 - **Esterilización de racimos de fruta de palma**
Edgar Eduardo Yáñez Angarita, Jesús Alberto García Núñez y Lina Pilar Martínez Valencia
 - **Elementos básicos para la planeación estadística de un experimento**
Eloína Mesa Fuquen
 - **Auditoría general de plantaciones de palma de aceite en producción**
Pedro Nel Franco Bautista, Nolver Atanacio Arias Arias, Juliana Medina Figueroa y Jorge Alonso Beltrán Giraldo

Guías metodológicas sobre tecnologías de producción de la palma de aceite

Proceso productivo



* Guías que se encuentran en proceso de realización por parte de los investigadores-autores.

** Guías que debido a su importancia se planean realizar próximamente.

*** Guías que serán publicadas en 2010.

La anterior figura representa el conjunto de publicaciones que abarca todo el proceso productivo (cultivo y beneficio del fruto) de la palma de aceite. Las guías fueron agrupadas de acuerdo con la fase del proceso a la que pertenecen, identificadas por colores de la siguiente manera:

Planeación (Morado): incluye las guías que abordan el tema de la planeación, además de los requerimientos básicos para establecer una plantación, los cuales son: (a) captura y estructuración de información geográfica con

relación al catálogo de objetos en el sector palmicultor; (b) diseño de una plantación; y (c) diseño y manejo de las Unidades de Manejo Agronómico (UMA).

Adecuación y preparación de suelos (Vino tinto): conforman esta fase las guías que abordan las temáticas relacionadas con el manejo integral del suelo para el establecimiento del cultivo. El proceso de manejo se inicia con el conocimiento (estudio) del estado actual del suelo y la identificación de los requerimientos que el cultivo de la palma de aceite demanda respecto de la calidad del mismo. El proceso continúa con la exploración de alternativas para su adecuación, como el diseño y establecimiento de bancales, y finaliza con la planificación e implementación en el campo de la alternativa seleccionada.

Producción de materiales para siembra (Café): agrupa las guías relacionadas con la fase de siembra, tales como las de establecimiento y manejo de viveros de palma de aceite y coberturas con Leguminosas; igualmente, el conocimiento sobre los componentes de rendimiento y potencial productivo de materiales comerciales de la palma de aceite.

Establecimiento del cultivo (Verde claro): reúne las guías que abordan los temas para el establecimiento del cultivo, a saber: (a) establecimiento y manejo de las coberturas; y (b) siembra de la palma de aceite. Así mismo, para esta fase se incluyen las actividades que corresponden a las labores culturales, como limpieza de platos, interlíneas, poda y mantenimiento de la infraestructura.

Manejo del cultivo (Verde oscuro): pertenecen a esta fase las guías que abordan el manejo del cultivo desde diferentes áreas –nutricional, aguas y fitosanitario– en las que se ubican las siguientes guías: (a) detección y manejo de la Pudrición del cogollo (PC); (b) reconocimiento de otras enfermedades; (c) manejo del *Rhynchopus palmarum*; y (d) detección y manejo de la Marchitez letal (ML). En esta fase también se incluyen las guías que representan herramientas de apoyo para la toma de decisiones: (e) sistemas de información geográfica para el análisis y seguimiento de enfermedades e insectos plaga; y (f) captura de datos en campo para la sanidad, con equipos móviles PDA.

Cosecha y postcosecha (Ocre): las guías que hacen parte de esta fase son: (a) estimativos de producción; y (b) estrategias para optimizar el proceso de cosecha de la palma de aceite.

Procesamiento de racimos de palma de aceite (Naranja): comprende las guías relacionadas con el procesamiento para la extracción del aceite de palma y sus subproductos. De acuerdo con el orden del proceso, se establecieron las siguientes: (a) recepción de racimos de palma de aceite; (b) esterilización de racimos; (c) desfrutado, digestión y prensado de frutos de palma de aceite; (d) clarificación de aceite de palma; (e) recuperación de almendra de palma de aceite; y (f) generación de vapor y energía en las plantas de beneficio.

Contenido



Presentación	9
Agradecimientos de la autora	11
Introducción	12
Esta Guía	13
Propósito	13
Componentes	13
Modo de usar la Guía	14
Exploración inicial	15
Exploración de conocimientos	15
Preguntas	15
Exploración de expectativas	16
Orientaciones para el facilitador	16
Objetivos y estructura de aprendizaje	17
Objetivos	17
Estructura general de aprendizaje de la Guía	17
Unidad de Aprendizaje 1. Variables dependientes o de respuesta	19
Preguntas orientadoras	21
Estructura de aprendizaje	21
Objetivos de la sección	22
Introducción	22
Qué es una variable	22
Clasificación de las variables	23
Cómo realizar las mediciones	24
Cuándo hacer las mediciones	25
Variable de respuesta	25
Práctica 1.1	26
Práctica 1.2	26
Unidad de Aprendizaje 2. Factores de estudio o variables independientes	29
Preguntas orientadoras	31
Estructura de aprendizaje	31
Objetivos de la sección	31
Introducción	31
Qué es un factor de estudio	32
Qué aspectos se deben considerar a la hora de definir los factores de estudio	32

Cómo determinar los niveles de cada factor seleccionado	32
Otras consideraciones	32
Práctica 2.1	33
Unidad de Aprendizaje 3. Unidades experimentales	35
Preguntas orientadoras	37
Estructura de aprendizaje	37
Objetivos de la sección	38
Introducción	38
Qué es una unidad experimental	38
Homogeneidad de las unidades experimentales	39
¿Qué hacer si las unidades experimentales no son homogéneas?	40
Práctica 3.1 Selección de la unidad experimental	41
Referencias bibliográficas de la Guía	43
Glosario	45
Anexos	47
Anexos didácticos	49
1. Evaluación final de conocimientos	49
2. Información de retorno para la evaluación final	50
3. Evaluación del evento de capacitación	53
4. Plan de acción poscapacitación	54
5. Evaluación del desempeño del facilitador	56
Tabulación de la evaluación del desempeño del facilitador	58
Perfil del desempeño del facilitador	59
6. Evaluación de la Guía como material de capacitación	60
Anexo técnico	62
7. Ejercicio de retroalimentación	62

Presentación

La publicación de una serie de guías para compartir conocimientos acerca de las tecnologías para el manejo de la palma de aceite en Colombia es un esfuerzo conjunto de la Federación de Productores de Palma (Fedepalma) y del Centro de Investigaciones en Palma (Cenipalma), con la mirada puesta en el mejoramiento de la producción de los aceites y derivados que surgen de este importante cultivo en el país.

Un grupo de cerca de veinte investigadores de Cenipalma ha adoptado un modelo para compartir experiencias y conocimientos sobre temas claves que cubren la mayoría de los procesos productivos, que van desde la aplicación de criterios de decisión para iniciar una plantación hasta el manejo del producto en planta, previo a su comercialización. Este amplio rango de temas, al cual se pueden agregar títulos adicionales sobre procesos de poscosecha y comercialización, constituye el corazón de un *currículo básico* sobre el manejo del cultivo que, sin duda, va a tener una gran utilidad, tanto para la actualización de los palmicultores y técnicos que se encuentran laborando en las plantaciones y en las plantas de beneficio, como para la formación de técnicos y profesionales en los niveles medio y superior.

Las guías, dirigidas a facilitadores en diferentes ámbitos de transferencia tecnológica y de formación, han sido diseñadas siguiendo una metodología centrada en el desarrollo de las competencias que requieren los propietarios de las plantaciones, los técnicos y los trabajadores de campo y plantas de beneficio, para responder en forma oportuna a los retos que plantea el cultivo en sus diferentes etapas de producción.

Su estructura didáctica orienta a los facilitadores para el desarrollo de una capacitación centrada en la práctica de las competencias requeridas para el manejo de cada una de las tecnologías presentadas. La inclusión de elementos didácticos tales como las *estructuras de aprendizaje*, *las preguntas orientadoras*, y una variedad de ejercicios y prácticas de campo diseñadas en detalle, además de una serie de anexos didácticos y técnicos, permite que el usuario tenga una plataforma metodológica bastante elaborada que, además, posibilita la inclusión de innovaciones creativas por parte de quienes conduzcan la transferencia o la capacitación.

Con particular orgullo presentamos estos materiales a la comunidad palmicultora de Colombia y a todos aquellos técnicos, profesionales y docentes interesados en actualizar la transferencia de conocimientos y la formación de los futuros encargados de la expansión de este cultivo tan promisorio en la economía nacional.

Nuestro sincero reconocimiento a Jorge Alonso Beltrán, quien asumió la responsabilidad de coordinar la producción de las guías, desde la definición de los temas más relevantes sobre los cuales trabajar hasta la publicación de las mismas, pasando por su validación en campo.

Nuestro agradecimiento a Vicente Zapata Sánchez, quien compartió con el grupo de autores su larga experiencia, con el fin de diseñar guías con un enfoque didáctico dirigido a la apropiación del conocimiento.

Finalmente, nuestro sincero aprecio a los investigadores que invirtieron incontables horas de reflexión y elaboración creativa para la conformación final de productos que nos llenan de orgullo institucional.

José Ignacio Sáenz Scobino
Bogotá D.C., julio de 2010

Agradecimientos de la autora

A los investigadores Dumar Motta, Angélica Plata, Fausto Prada, Luis Carlos Martínez, Rosa Aldana, Carlos Aucique, Diana Forero y Cristihian J. Bayona, por sus comentarios, fotos y material de apoyo.

A la plantación Guicaramo S.A., por su apoyo logístico en la validación de la Guía.

A los participantes en el taller de validación.

A Carlos Arturo Moreno G., biometrista del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), por la revisión científica, sus valiosos aportes y comentarios, que permitieron enriquecer y mejorar esta Guía.

Introducción

En su proceso de investigación, el Centro de Investigaciones en Palma de Aceite (Cenipalma) conduce experimentos en campo, vivero y laboratorio que requieren de un diseño estadístico para obtener datos válidos y confiables.

Antes de pensar en diseñar estadísticamente un experimento, es necesario contar con algunos elementos que facilitan la selección del diseño adecuado, como son las variables de respuesta, las cuales serán observadas o medidas durante el experimento, las variables o los factores de estudio que serán controladas

en el experimento por parte del investigador, y el material experimental con el que se va a trabajar. Conocer estos elementos, disponer de ellos y estar seguro de su importancia y papel en la ejecución del experimento para el logro de los objetivos del mismo, facilitará la selección del diseño estadístico adecuado.

Esta Guía metodológica está dirigida a profesionales investigadores de Cenipalma y palmicultores que conducen experimentos con fines de investigación, y para los cuales se tienen definidos, previamente, los objetivos del estudio y las hipótesis por probar.

Esta Guía

Propósito

El propósito de cada Unidad de Aprendizaje de esta Guía es mostrar a los investigadores los elementos básicos que se deben tener listos antes de seleccionar un diseño estadístico de un experimento. Son estos elementos, junto con la forma de llevar a cabo el experimento, lo que permitirá proponer alternativas para el diseño del mismo.

En varios casos, los experimentos en palma de aceite pueden durar más de uno o dos años; por esta razón, su planeación estadística debe ser cuidadosa, pues una vez iniciado un experimento, sería muy costoso hacer modificaciones del mismo para lograr los objetivos en términos de alcanzar datos que sean válidos y confiables y que, finalmente, permitan probar las hipótesis planteadas en el estudio.

Componentes

Esta Guía de aprendizaje consta de tres partes: la primera considera aspectos relacionados con la selección de las variables que serán medidas u observadas durante el experimento; la segunda, contempla la determinación de los factores de estudio con sus respectivas categorías o niveles, los cuales serán controlados por el investigador durante el experimento; la tercera parte está dirigida a la selección del material experimental que será utilizado, las características del mismo y su influencia en la determinación del diseño estadístico experimental. Adicionalmente, en esta Guía también se consideran aspectos relacionados con las restricciones o limitantes para la conducción de un experimento.

La consideración de estos elementos permitirá hacer una buena elección del diseño estadístico del

experimento, tener un buen control de los factores externos que puedan afectar los resultados esperados, considerar variables que realmente aporten al logro de los objetivos del estudio y, finalmente, contar con datos válidos y confiables para tomar decisiones.

Una vez identificado el problema de interés, los objetivos por alcanzar y las hipótesis por probar, la metodología para ejecutar el experimento debe contemplar aspectos como la ubicación espacial y temporal del mismo y el control de factores externos que puedan afectar las mediciones de las variables de respuesta de interés al enmascarar el verdadero efecto de una condición experimental controlada.

En esta fase de planeación experimental del ensayo se deben poner todas las cartas sobre la mesa, en el sentido de saber con qué material experimental se cuenta para la realización de un experimento, describir sus características y establecer las similitudes o diferencias del mismo. También se requiere tener conocimiento de los factores de estudio y su relevancia en el logro de los objetivos del experimento, así como de las variables que se medirán u observarán durante su realización. Finalmente, se deben visualizar formas alternativas de cómo se llevará a cabo el experimento.

En algunas ocasiones, a esta fase se le ha dado poca importancia, con lo cual se ha dejado de lado el valioso conocimiento que tienen los investigadores tanto de la disciplina como de la conducción de experimentos.

Una vez definidos estos elementos, el biometrista propondrá el diseño estadístico y lo discutirá con el investigador hasta encontrar la mejor alternativa en términos de lograr la precisión y confiabilidad deseada, así como una propuesta viable en cuanto a la ejecución del experimento. La definición del diseño estadístico no es objeto de estudio en esta Guía.

Los usuarios de esta Guía son personas que han conducido experimentos en campo, en laboratorio o en invernadero, y que tienen experiencia en investigación y en la planeación estadística de un experimento. Estas personas serán facilitadores de los beneficiarios de la Guía, es decir, los palmicultores e investigadores en palma de aceite, quienes tienen como responsabilidad la planeación y ejecución de experimentos.

Aunque los conceptos manejados son transversales a otras disciplinas, los casos y ejemplos están relacionados con el cultivo de la palma.

Esta es una guía práctica, a partir de la cual los participantes pueden expresar sus experiencias, hacer preguntas y realizar prácticas que les permitan afianzar los conceptos adquiridos. La realización de esta actividad es aproximadamente de ocho horas, y se recomienda que la sesión de trabajo considere las tres unidades propuestas en una sola sesión

Modo de usar la Guía

A continuación se presentan algunas recomendaciones para sacar el mayor provecho posible de este material:

- Revise la totalidad de la Guía antes de iniciar la capacitación. Observe la forma como está estructurada cada una de las unidades de aprendizaje.
- Conduzca, en un ambiente informal y relajado, las actividades de presentación de los participantes, de exploración de expectativas y de conocimientos, de presentación de los objetivos y de la estructura general de la Guía, aspectos todos que *contribuyen a la preparación del participante para el aprendizaje.*
- Observe que en la parte introductoria se presenta la estructura de aprendizaje, que es una síntesis que se debe compartir con los participantes para que tengan una visión de la totalidad del material y de sus componentes. Al inicio de cada una de las unidades de aprendizaje hay estructuras más específicas que introducen cada uno de los componentes de la capacitación.
- Las preguntas que aparecen al inicio de cada Unidad de Aprendizaje están dirigidas a introducir el tema de manera informal, y a explorar el conocimiento previo o las experiencias que tengan los

participantes en el tema que se va a desarrollar. Estas preguntas generan un diálogo que permite al facilitador entrar en el tema y a los participantes interesarse en él.

- Es importante que el facilitador comparta con los participantes los objetivos específicos de cada Unidad de Aprendizaje y que los relacione con la respectiva competencia objeto de dicha unidad.
- Asegúrese de que cuenta con todos los recursos antes de iniciar la capacitación. Este modelo tiene un énfasis didáctico centrado en la práctica. Haga un listado de todos los recursos que usted y los participantes requieren para la capacitación, especialmente cuando se trata de realizar los ejercicios y las prácticas de campo y aula.
- Prepárese con tiempo para el desarrollo de los ejercicios y las prácticas, haciendo provisiones para su realización en términos de los espacios, los lugares y las personas que se requieren.
- Los ejercicios y las prácticas tienen una estructura particular que pone su ejecución en manos de los participantes. Como facilitador del proceso de aprendizaje usted podrá hacer ajustes a los ejercicios y las prácticas, para contextualizarlos a la realidad de las plantaciones, los laboratorios, las plantas de procesamiento u otros sitios en los que trabajan los participantes.
- La retroinformación de los ejercicios es la oportunidad que tiene el facilitador de complementar los conocimientos de los participantes o formular recomendaciones acerca de la puesta en práctica de habilidades, destrezas y actitudes que forman parte de la competencia que se está desarrollando. Al finalizar cada ejercicio o práctica, éste se revisa en forma participativa para destacar aciertos y fallas en la comprensión o en el ejercicio de la competencia que se va a desarrollar.
- Al finalizar las unidades de aprendizaje hay una sección que contiene anexos de tipo didáctico (prueba final de conocimientos, formato de evaluación de la capacitación, formato de evaluación del facilitador, etc.), y otros que complementan la información de la Guía, llamados anexos técnicos. Este material forma parte y debe usarse en el desarrollo y cierre de la capacitación

Exploración inicial

Exploración de conocimientos

El facilitador iniciará la sesión dando la bienvenida a los participantes, y les dirá que espera que todos disfruten de esta valiosa experiencia; luego se presentará y los invitará a hacer lo propio. Cada uno podrá, además, contar algo acerca del tipo de trabajo que hace.

En seguida, el facilitador podrá ampliar su conocimiento de los participantes, solicitándoles compartir sus experiencias y participación en la planeación y ejecución de experimentos de campo, vivero o laboratorio, según el trabajo que cada uno desempeñe.

El facilitador debe informar a los participantes que va a realizar algunas preguntas para formarse una idea del estado de conocimiento que ellos tienen respecto de la planeación de un experimento; y les indicará que si no saben las respuestas, no deben preocuparse. Al entregarles el cuestionario, les informa que cuentan con 20 minutos para responder, y que más tarde tendrán oportunidad de compartir sus respuestas con los demás integrantes de la actividad.

Preguntas

En la planeación de un experimento se deben establecer variables de interés para el investigador y sobre las cuales él centra su atención. Éstas son conocidas como variables dependientes o variables de respuesta.

- ¿Recuerda usted la forma y frecuencia de medición de una de las variables de respuesta consideradas en experimentos en los que ha participado?

Con el fin de establecer las condiciones experimentales que se controlarán durante el experimento, se requiere la selección de unos factores de estudio.

- ¿Podría mencionar algunos factores de estudio que hayan sido de interés en estudios recientes?

La selección del material experimental juega un papel importante a la hora de planear un experimento, y su variabilidad puede afectar las variables de respuesta si no se controla a tiempo.

- ¿Podría compartir su experiencia en la selección del material experimental en estudios en los que haya participado?

Respecto de la ejecución propia del experimento:

- ¿Encontró usted alguna dificultad en la conducción del experimento o en la toma de datos que considere relevante mencionar? (Aquí se pide a los participantes ampliar o comentar su respuesta, para evitar que se limiten a contestar con un “sí” o un “no”).

Pasado el tiempo indicado (20 minutos), el facilitador dará la palabra a los participantes para que expongan y compartan sus respuestas. Durante la presentación, el facilitador puede hacer algunas de las siguientes preguntas, cuando lo considere pertinente:

- ¿Recuerda usted cuál fue el objetivo principal en ese estudio?
- ¿Qué motivó la realización de este experimento?
- ¿Considera que al finalizar el experimento se lograron los objetivos planteados?
- ¿Tiene usted algo adicional que considere valga la pena compartir con el grupo en esta experiencia?

A continuación, el facilitador comentará a los participantes que la Guía les permitirá revisar los conceptos que se acaban de mencionar, y que ellos trabajarán en tales aspectos durante la capacitación.

Exploración de expectativas

Se motivará a los participantes a expresar las expectativas que aspiran cumplir como resultado de su participación en este evento, con preguntas como las siguientes:

- ¿Qué esperan lograr ustedes de esta capacitación?
- ¿Hay algún aspecto sobre el cual les gustaría que tratáramos en esta actividad de aprendizaje?
- ¿Hay algún vacío en la planeación de un experi-

mento que les preocupe y quieran solucionar en esta sesión de aprendizaje?

Orientaciones para el facilitador

El facilitador contrasta las expectativas de los participantes con los objetivos que tiene preparados para ellos, y menciona las expectativas que no serán atendidas en la capacitación: debe explicar a los participantes que en esta Guía no se abordará el diseño estadístico del experimento ni la forma de analizar los datos.

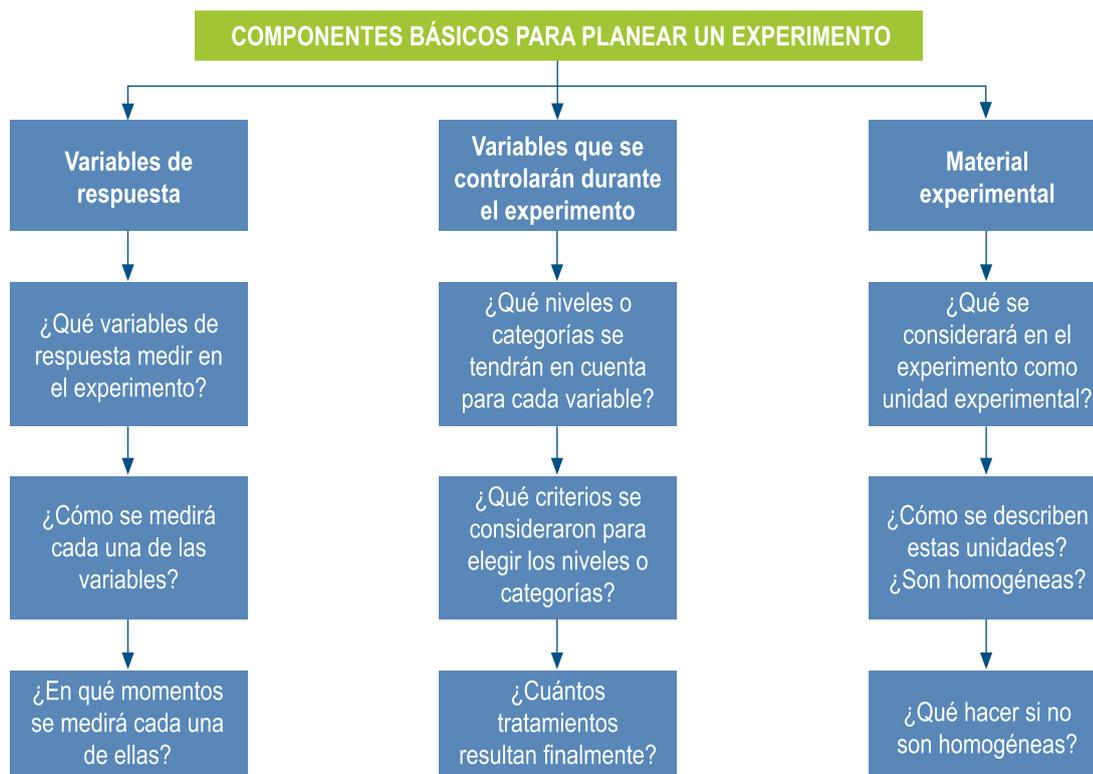
Objetivos y estructura de aprendizaje

Objetivos

Una vez terminada la capacitación, el participante podrá:

1. Definir las variables que se medirán durante un experimento.
2. Indicar la forma de hacer las mediciones para cada una de las variables de respuesta, especificando el o los momentos de hacer cada una de ellas.
3. Establecer las variables que serán controladas durante el experimento.
4. Seleccionar los niveles o las categorías de cada uno de los factores de estudio.
5. Proponer unidades experimentales para sus experimentos, compararlas y conformar grupos homogéneos.
6. Expresar la importancia de conocer previamente cómo se ejecutará el experimento, prever que se disponga de los recursos necesarios, así como de las dificultades que puedan presentarse durante el transcurso del experimento, con el ánimo de tener soluciones alternas y de que éstas no afecten los resultados finales esperados.

Estructura general de aprendizaje de la Guía



Cuando se requiere planear un experimento estadísticamente, se necesita contar con tres elementos básicos: (a) conocer las variables que serán medidas durante el experimento, llamadas variables de respuesta; (b) identificar las variables que serán controladas experimentalmente para observar posibles cambios en las variables de respuesta; y (c) seleccionar el

material experimental con el que se experimentará y sobre el cual se registrarán las variables de respuesta.

Contar con estos elementos, y la forma como se realizará o conducirá el experimento, permitirán seleccionar alternativas para un buen diseño estadístico que posibilite tener datos válidos para un análisis estadístico.



Unidad de Aprendizaje 1

Variables dependientes o de respuesta

Preguntas orientadoras	21
Estructura de aprendizaje	21
Objetivos de la sección	22
Introducción	22
Qué es una variable	22
Clasificación de las variables	23
Cómo realizar las mediciones	24
Cuándo hacer las mediciones	25
Variable de respuesta	25
Práctica 1.1	26
Práctica 1.2	26



Preguntas orientadoras

El facilitador preguntará a los participantes acerca de las variables con las cuales trabajan cotidianamente y de cómo toman las mediciones, y les permitirá compartir sus experiencias.

Para ello, se le sugiere formular preguntas como las que siguen.

En la planeación de un experimento se deben establecer variables que son de interés para el investigador y sobre las cuales centra su atención, conocidas como variables dependientes o variables de respuesta:

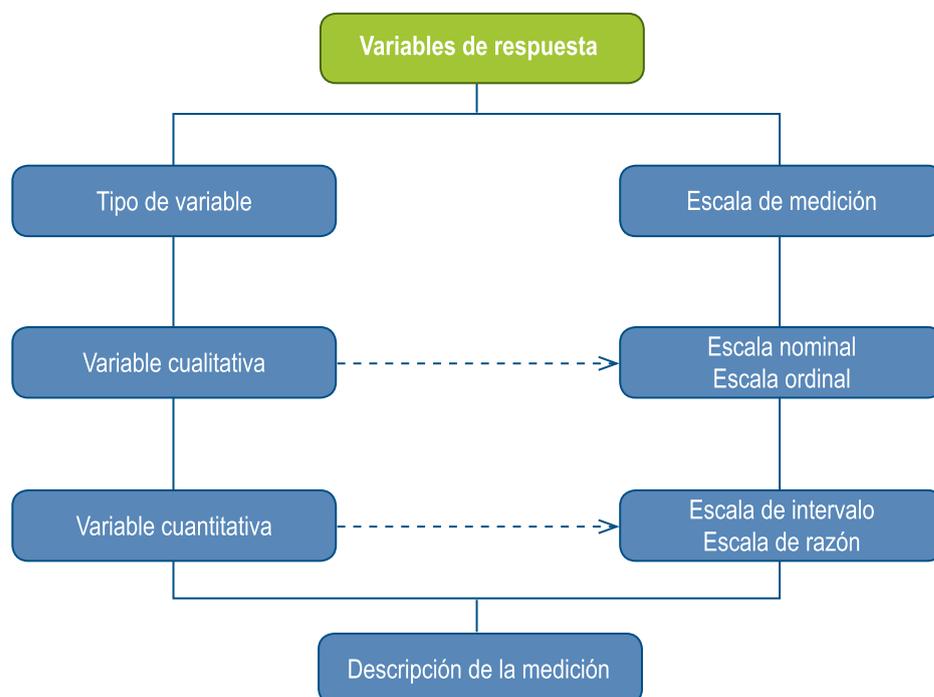
- En los experimentos en que ustedes han participado, ¿qué criterios tienen en cuenta cuando seleccionan las variables de respuesta que se van a medir?
- ¿Cómo han determinado los momentos en los

cuales se deben medir las variables que han decidido evaluar?

- ¿Cómo seleccionan a las personas que van a tomar las mediciones y qué indicaciones han hecho en cada caso?

Estructura de aprendizaje

En esta Unidad se trabajará con las variables de respuesta, es decir, con las que se miden durante el experimento, que permiten dar respuesta a las preguntas propuestas en un estudio. Inicialmente, se revisa el tipo de variables que se pueden medir u observar en un experimento, con el propósito de aprender a clasificarlas en cualitativas o cuantitativas; más tarde se discute la forma como se miden tales variables, con el propósito de establecer su escala de medición.





Objetivos de la sección

Al finalizar esta Unidad de Aprendizaje, los participantes estarán en capacidad de:

1. Seleccionar las variables que se medirán durante el experimento, teniendo en cuenta su importancia en el logro de los objetivos del estudio.
2. Proporcionar la orientación necesaria, a quien corresponda, acerca de la forma y los criterios de medir y evaluar las características de interés.
3. Determinar los momentos en los cuales se realizarán las mediciones para cada variable de respuesta.

Introducción

Durante la ejecución de un experimento se registran observaciones y mediciones que son de interés para responder a las preguntas del estudio, las cuales se conocen como variables de respuesta.

La consideración de las variables que se van a medir durante el experimento está determinada, prime-

ro, por los objetivos definidos en el estudio, y en segundo lugar, por la disponibilidad de recursos para la medición de las mismas durante el experimento.

En esta sesión se trabajará la definición de variable, las diferentes escalas de medición, así como la frecuencia de las mediciones durante el experimento. Por último, se presentan algunas consideraciones relacionadas con la forma y los criterios para la realización de dichas mediciones.

Qué es una variable

Una variable es una característica que se mide o se observa para un conjunto particular de individuos. Si nos remitimos al caso particular del cultivo de la palma, algunas variables de interés pueden ser: el estado de avance de la Pudrición del Cogollo (PC) observado en la planta, la producción de fruto fresco mensual, la calidad del aceite, el número de racimos producidos al año, la incidencia de la PC, la resistencia a enfermedades, la fotosíntesis y la conductancia, entre otras.

Características que se miden u observan para un grupo de objetos, que son de interés para el investigador: longitud de la hoja No. 17, edad de la palma, porcentaje de daño causado por defoliadores, producción de fruto seco, estado de enfermedad de la palma, color del fruto.

Es decir, la variable es la medición que se hace para cada una de las palmas que forman parte de un experimento o de un estudio.

Clasificación de las variables

¿Son todas las variables que medimos del mismo tipo? No todas las variables en un experimento son del mismo tipo: unas pueden ser cualitativas y otras cuantitativas. Veamos lo que esto significa.

Cuantitativas

Las variables cuantitativas son las que se reportan como resultado de una medición, cuyo valor es una cantidad; por ejemplo, altura de la palma, ancho de la hoja No. 17, velocidad de sedimentación y número de palmas cosechadas, entre otras.

Cualitativas

Las cualitativas son variables que por lo general corresponden a una observación, cuyos valores denotan una cualidad o atributo del individuo; por ejemplo, la severidad de una enfermedad o el color del fruto.

A su vez, las variables se clasifican –según su forma de medición– en variables de escala nominal, ordinal, de intervalo y de razón; esta clasificación se muestra en el diagrama que sigue (Figura 1).

Si la variable es de tipo cualitativo, ésta puede ser de *escala nominal*, esto es, la variable cuyos posibles valores corresponden a categorías totalmente excluyentes, como la forma de la hoja, el sexo (macho, hembra) o el estado de la palma (sana, enferma). También se encuentra dentro de esta categoría la *escala ordinal*, en la cual los valores también corresponden a categorías excluyentes entre ellas, pero a diferencia de las variables de escala nominal, éstas tienen un orden; por ejemplo, en el caso de la medición de severidad

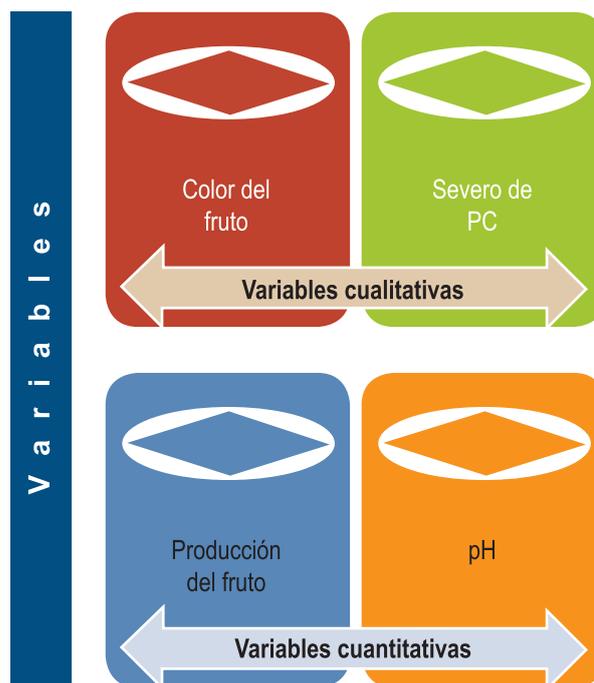


Figura 1. Clasificación de variables según tipo y escala de medición.

de la PC, los estados pueden ser 1, 2, 3, 4 o 5; y si la palma tiene un valor de cinco, su estado es mucho más crítico que una palma cuyo valor de severidad es de 2. De ahí que se afirme que hay un orden.

Las variables cuantitativas se clasifican a su vez en *variables con escala de intervalo* y *variables con escala de razón*. La diferencia entre las dos radica en que en la primera el valor cero no es la ausencia de la característica. Si consideramos, por ejemplo, la temperatura, que corresponde a este grupo de variables, el valor “0 grados” no indica ausencia de temperatura (tal vez hace mucho frío); en cambio, en la producción de fruto seco, “0 kilos” indicaría ausencia de producción.

Esta clasificación de las variables nos ayuda a tener clara la forma de medición u observación, a conocer el rango de posibles valores de cada una, y a visualizar su forma de análisis; por ejemplo, si nos referimos a la producción de fruto, seguramente podemos hablar de la producción media mensual, mientras que si hablamos de la severidad de una enfermedad el promedio no sería la medida indicada y ni siquiera tendría sentido su cálculo. La variable producción de fruto seco

se puede medir, y su valor, aunque puede tener un margen de error, debería ser mínimo, pues depende de un instrumento de medición y de la observación de una persona, mientras que la severidad requiere de observación, y la clasificación de una palma en una categoría u otra depende de la experticia y del conocimiento de quien observa, por lo que en este caso puede haber un grado de subjetividad.

El tener a mano las variables que se medirán en el experimento permitirá hacer la planeación (a) de los instrumentos que se requieren para hacer mediciones; (b) de las personas que harán las mediciones y observaciones; (c) de la capacitación; así mismo, ayudará a llegar a acuerdos generales de cómo hacer mediciones en cada caso, y esto evitará tener una variabilidad que no es propia del fenómeno en sí, sino que se genera por falta de conocimiento de la medición.

Cómo realizar las mediciones

Una vez consideradas las variables por medir o por observar en el experimento, debe definirse el o los momentos en los que se realizarán dichas mediciones. En algunos experimentos se toman datos al final. Sin embargo, en el caso de la palma, se hacen varias mediciones; en cada situación particular se deben definir las fechas de medición, las personas que tomarán las mediciones y la capacitación de quienes vayan a realizarlas acerca de *la forma como deben hacerlo*.

Esto es importante. Porque hacer la medición de la altura de una palma puede parecer sencillo, pero las personas que ejecutan esta labor posiblemente tienen criterios diferentes para llevarla a cabo. Por eso, en cada caso existen unos criterios que evitan sesgos en las mediciones e impiden asignar esta variabilidad a la característica de interés cuando realmente es una variabilidad generada por quienes hacen la medición.

El uso de instrumentos de medición requiere de cierta habilidad por parte de quienes toman mediciones, así como el conocimiento del instrumento y del uso del mismo; por ejemplo, el instrumento puede desajustarse después de un cierto número de mediciones, y requiere ser ajustado nuevamente.

A continuación se citan como ejemplo algunos casos tomados del estudio realizado por Delgado *et*

al. (2004). Entre las variables que consideraron relevantes medir en dicho experimento están el punto de fusión por desplazamiento, el contenido de carotenos y el índice de deterioro a la “blanqueabilidad”. La descripción y forma de medición de estas variables se presenta en seguida.

Nombre de la variable: Punto de fusión por desplazamiento

Descripción:

“Temperatura a la cual una columna de grasa comienza a ascender en un tubo capilar abierto, como resultado del aumento gradual de la temperatura.” (Delgado *et al.*, 2004).

Esta variable permite verificar identidad, calidad y pureza del aceite.

¿Cómo se hace la medición?

“Se sumerge en agua, a una profundidad específica, un tubo capilar abierto que contiene una columna de grasa de aproximadamente 10 mm, la cual ha sido cristalizada bajo condiciones controladas. Se aumenta la temperatura del agua a una tasa de calentamiento específica, y se registra la temperatura a la cual la columna de grasa comienza a ascender por el capilar.” (Delgado *et al.*, 2004).

Nombre de la variable: Contenido de carotenos

Descripción:

“Determinación química de la composición del aceite de palma crudo.

“La presencia de carotenos en altas concentraciones es un indicador de buena calidad, pues los carotenos son pigmentos que en los productos grasos previenen o retardan el deterioro oxidativo; además, el β -caroteno es una de las fuentes más importantes de vitamina E.” (Delgado *et al.*, 2004).

¿Cómo se hace la medición?

“La determinación se realiza empleando el método del estándar externo, y se utiliza como patrón de referencia el certificado β -caroteno de pureza de 95% (Aldrich).” (Delgado *et al.*, 2004).

Nombre de la variable: Índice de deterioro a la blanqueabilidad (DOBI).

Descripción:

“Es una determinación espectrofotométrica aplicable sólo al ACP, que establece una relación entre las sustancias antioxidantes (carotenos) y los productos secundarios generados por el proceso oxidativo; este valor se asocia directamente a la refinabilidad del aceite.” (Delgado *et al.*, 2004).

¿Cómo se hace la medición?

“Por el método basado en las técnicas del Instituto Malayo de Investigaciones en Aceite de Palma MS 817 de 1989.” (Delgado *et al.*, 2004).

Cuándo hacer las mediciones

Antes de iniciar el experimento es necesario considerar para cada variable el momento o los momentos en los que se realizarán las mediciones u observaciones. En algunos casos, la medición se hace únicamente al final del experimento; en otros, las mediciones se hacen en diferentes momentos del ensayo; y en otros más, hay que hacerlas antes de iniciar el experimento.

¿De qué depende esto? Básicamente de los objetivos que se persiguen con cada variable; por ejemplo, si se planea hacer mediciones de las características fisiológicas de la palma, se recomienda realizarlas con cierta periodicidad, para observar cómo estas variables cambian con el desarrollo de la palma o en presencia de alguna enfermedad.

	Día 1	Día 15	Día 90
	Fotosíntesis Evaluación 1	Fotosíntesis Evaluación 1	Fotosíntesis Evaluación 7
	Fotosíntesis Evaluación 1	Fotosíntesis Evaluación 1	Fotosíntesis Evaluación 7
	Fotosíntesis Evaluación 1	Fotosíntesis Evaluación 1	Fotosíntesis Evaluación 7

Figura 2. Mediciones realizadas en el inicio y durante el experimento.

En experimentos en los que las características químicas del suelo difieren de un sitio a otro dentro de un mismo lote, es recomendable tomar algunas mediciones antes de iniciar el experimento, para al final poder establecer si la respuesta es consecuencia de un tratamiento aplicado, de las condiciones iniciales diferentes del suelo, o de las dos simultáneamente. Es conveniente que la forma, el sitio y el número de mediciones por realizar se decidan conjuntamente con el biometrista. La Figura 3 muestra esta situación.

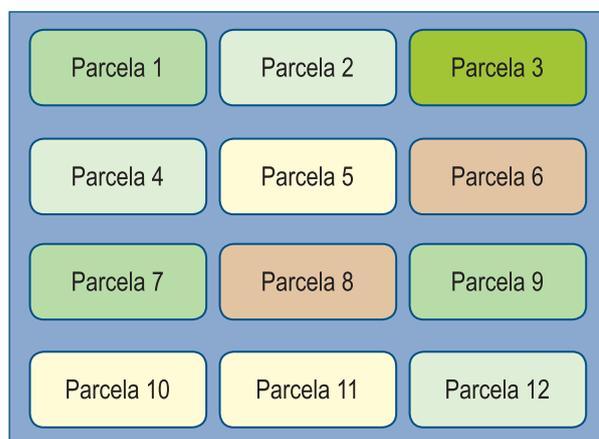


Figura 3. Parcelas experimentales con diferentes características de suelo, antes de iniciar el experimento.

En algunos casos, sólo se hacen mediciones al finalizar el experimento, pero esta situación es más frecuente en otro tipo de cultivos, donde el mayor interés está centrado en la producción.

Finalmente, es conveniente preguntarse si las variables hasta ahora consideradas permiten alcanzar los objetivos propuestos y contestar a las preguntas del estudio. Lo que se busca con este cuestionamiento es verificar si con las variables consideradas podemos cuantificar lo que realmente se busca para el logro de los objetivos, si hacen falta variables, o si, por el contrario, se están considerando más de las necesarias.

Variable de respuesta

Es la característica que se le medirá al material experimental, con el fin de estimar el efecto de las condiciones experimentales controladas durante el experimento. La Figura 4 muestra esta situación.

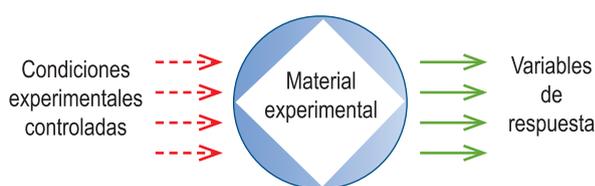


Figura 4. Elementos básicos para planear un experimento.

Observe que la variable de respuesta está directamente relacionada con el material experimental. Por ello, es importante saber qué y cómo se va a medir, y cuántas veces se realizarán las mediciones. En algunos casos, la medición requiere de la destrucción del material experimental, por lo que se hace necesario especificar esta condición, para contar con el material suficiente que permita hacer todas las mediciones requeridas.

Práctica 1.1

Objetivo: Clasificar variables de acuerdo con el tipo y la escala de medición.

El facilitador pedirá a los participantes que clasifiquen en cualitativas o cuantitativas, según corresponda, las siguientes variables: estado de la PC observado en la palma, longitud de la hoja No. 17, producción de fruto fresco (kg), número de racimos producidos al año, incidencia de la PC, porcentaje de daño causado por defoliadores, color del fruto, severidad del daño causado por una enfermedad y contenido de pH.

Luego de hacer esta clasificación, los participantes deberán indicar para cada variable su escala de medición, es decir, si éstas son de escala nominal, ordinal, de intervalo y de razón. El facilitador debe reservar alrededor de 15 minutos para realizar esta actividad.

Información de retorno

Seguidamente, el facilitador permitirá a los participantes presentar sus apreciaciones y luego mostrará la clasificación de las variables, como se explica a continuación.

Longitud de la hoja No. 17; porcentaje de daño causado por defoliadores, producción de fruto fresco (kg); número de racimos producidos al año; incidencia de la PC; contenido de pH *son variables de tipo cuantitativo*. Respecto de su escala de medición, todas corresponden a una *escala de razón*, con excepción de la variable pH, que corresponde a una *escala de intervalo*.

Estado de la PC observado en la palma (sana, enferma); color del fruto (verde, naranja, rojo, negro); y severidad del daño causado por una enfermedad *son variables de tipo cualitativo*. Las dos primeras corresponden a una *escala nominal* y la última a una *escala ordinal*.

El facilitador debe hacer énfasis en que las variables del primer grupo corresponden a *mediciones* realizadas directamente a cada individuo: hay una medición de la longitud y un pesaje del fruto cosechado; para las variables del segundo grupo se hace una *observación*, tanto del estado de la palma como del color del fruto.

Práctica 1.2

Objetivo: Clasificar variables de acuerdo con el tipo y la escala de medición para casos particulares de investigación planteados por los participantes.

El facilitador pedirá a los participantes conformar grupos de dos o tres personas, como máximo, para la realización de un ejercicio que irán desarrollando con el avance de cada Unidad de Aprendizaje.

Al final de la actividad, cada grupo presentará el ejercicio, y se discutirá en torno de esa intervención para propiciar la participación colectiva.

Una vez conformados los grupos, el facilitador les solicitará las siguientes propuestas:

- Una idea de investigación que plantee un problema de interés.
- Un objetivo para desarrollar a partir del problema planteado.
- Las variables de respuesta que serán medidas en el experimento.

- La clasificación de las variables de respuesta que se van a medir en el experimento, indicando el papel de cada una en el logro del objetivo planteado.
 - Los momentos en los que se medirá cada una. El facilitador informará a los participantes que cuentan con 30 minutos para el desarrollo de esta actividad.
- Transcurrido este lapso, unos voluntarios presentarán ante todo el grupo las ideas desarrolladas.



Unidad de Aprendizaje 2

Factores de estudio o variables independientes

Preguntas orientadoras	31
Estructura de aprendizaje	31
Objetivos de la sección	31
Introducción	31
Qué es un factor de estudio	32
Qué aspectos se deben considerar a la hora de definir los factores de estudio	32
Cómo determinar los niveles de cada factor seleccionado	32
Otras consideraciones	32
Práctica 2.1	33



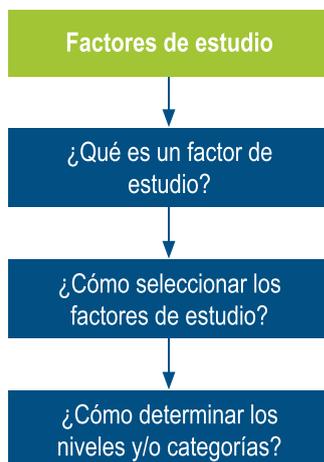
Foto 2 de Luis Carlos Martínez (2009). Las demás pertenecen a la colección de Fedepalma 2009-2010.

Preguntas orientadoras

El facilitador preguntará a los participantes acerca de este tipo de variables, para que ellos cuenten –de acuerdo con su experiencia– qué variables han controlado experimentalmente y el por qué era de interés controlarlas en su experimento. Se le sugiere permitir a los participantes que compartan sus experiencias, teniendo en cuenta las siguientes preguntas como guía:

- En los experimentos que ustedes han conducido, ¿qué variables han controlado durante el experimento y cómo se ha ejercido dicho control?
- ¿Cómo determinaron que esas variables debían ser controladas?
- En el momento de definir los valores que controlarían para cada factor, ¿qué aspectos tuvieron en cuenta?

Estructura de aprendizaje



Inicialmente se discute lo que es un factor de estudio, algunas ideas para la selección de los mismos, y algunos aspectos para tener en cuenta en la definición de los niveles de cada factor.

En esta sección se discutirán aspectos relacionados con los factores de estudio o variables independientes. Experimentalmente se controlan algunas variables con el propósito de cuantificar el cambio que se genera en las variables de respuesta; los factores de estudio son los que el investigador considera que puedan hacer cambiar las variables de respuesta bajo ciertas condiciones.

Objetivos de la sección

Al finalizar esta sección, los participantes estarán en capacidad de:

1. Determinar las variables que controlarán experimentalmente de acuerdo con las hipótesis de trabajo planteadas.
2. Indicar para cada factor de estudio los niveles o las categorías que serán controladas específicamente.
3. Indicar la forma como fueron considerados o seleccionados los diferentes niveles o categorías de cada factor.

Introducción

En la ejecución de un experimento es necesario determinar las variables que serán controladas experimentalmente, es decir, las que el investigador considera que si las controla para que tomen ciertos valores o categorías, posiblemente cambiarán el valor final en una variable de respuesta. Por ejemplo, un mejorador puede proponer que determinados materiales crecerán y producirán más si son ayudados con cierto manejo del cultivo, como la fertilización; para ello propone hacer una fertilización nitrogenada y considera que los niveles para experimentar son aplicaciones de 0, 40, 80 y 120 kg por parcela. Un entomólogo podría afirmar que ciertos métodos para el control de

un insecto plaga son más efectivos que los utilizados hasta ahora. Pero, ¿cómo se determinó que la fertilización es importante? ¿De dónde surgen estos nuevos métodos? ¿Cómo se determinan los niveles de fertilización? En esta sección se busca dar respuesta a estos interrogantes, orientando al investigador acerca de la determinación de los factores de estudio.

Qué es un factor de estudio

Un factor de estudio es una variable que el investigador considera o propone, que puede generar cambios en las variables de respuesta; el investigador decide los distintos niveles o categorías que cada factor puede tomar y los controla durante el experimento; por ejemplo, puede pensarse que fertilizar el suelo en algunas zonas o áreas puede ayudar a que la planta produzca más de lo que hasta ahora ha producido; o que aplicar un herbicida, y en ciertas cantidades, ayudará a controlar un tipo de malezas que compete por nutrientes con el cultivo.

Un factor de estudio es la variable que el investigador propone para generar cambios en la variable de respuesta, y mostrar experimentalmente que esos cambios se dan; para ello controla durante el experimento un rango de valores o de categorías para los cuales se espera que se generen los cambios en las variables de respuesta.

Qué aspectos se deben considerar a la hora de definir los factores de estudio

Después de plantear el problema y el objetivo, se deben revisar trabajos similares para analizar la experiencia de otros investigadores y proponer alternativas de solución al problema. Si se parte del supuesto de que la respuesta al objetivo planteado puede lograrse experimentalmente, el investigador debe proponer condiciones bajo las cuales alcanzaría su objetivo.

Podría pensarse que la carencia de ciertas condiciones genera situaciones poco deseables para una planta: por ejemplo, la falta de nutrientes o de fertilizantes puede disminuir la producción; o el exceso de

agua puede facilitar el desarrollo de enfermedades lo cual no es deseable. Sin embargo, ¿solo estos factores pueden afectar la producción o el desarrollo de una enfermedad? Seguramente no. Debe haber muchos otros; pero ¿cuáles son los factores que afectan las variables de respuesta y que permitirán solucionar el problema específico de interés? Aquí entra el investigador a definir qué factores debe mantener constantes y cuáles experimentar, planteando algunos supuestos que espera verificar experimentalmente.

Cómo determinar los niveles de cada factor seleccionado

Una vez definidos los factores que se desean controlar en el experimento, el paso a seguir es determinar sus respectivos niveles o categorías; en términos generales, cuando el factor de estudio es de tipo cuantitativo, se habla de niveles, y cuando el factor es de tipo cualitativo se habla de categorías. Por ejemplo, si el factor de estudio es fertilización, los niveles pueden ser: aplicar 0, 40, 80 y 120 kg por parcela; si el factor de estudio es el manejo de la palma después de erradicar, sus categorías pueden ser: tumbado y tumbado + picado; el primer caso corresponde a un factor de tipo cuantitativo y el segundo a uno de tipo cualitativo.

Otras consideraciones

En la selección de los niveles o las categorías para evaluar experimentalmente debe considerarse si estos corresponden a todas las posibilidades de interés, o a la selección de algunas de ellas. Así, cuando se decide hacer fertilización en un cultivo es importante establecer el rango de valores en el cual se espera que la planta responda, por ejemplo, entre 0 y 120 kg por hectárea; pero en este rango, ¿qué valores considerar? ¿Es posible pensar en 0, 20, 40, 60, 80, 100 y 120 kg/ha? ¿O en 0, 40, 80 y 120 kg/ha?

En el primer caso se observarán detalladamente cambios en las variables de respuesta, si estos existen; en el segundo caso, a pesar de que se cubre el rango de posibilidades, los niveles son más espaciados pero también será posible determinar si existen cambios en las variables de respuesta. Aquí el conocimiento del

investigador juega un papel relevante, pues si bien se observa en detalle cualquier cambio en las variables de respuesta, también se requiere de más material y de más recursos en general. En cualquiera de los casos, las conclusiones resultantes serán aplicadas únicamente para este rango de valores.

Por ejemplo, si el interés está en probar un grupo de 27 materiales, pero por limitación de recursos no es posible probarlos todos, puede tomarse una muestra que represente dicho grupo inicial y realizar el experimento con los materiales seleccionados. En este caso las conclusiones serán válidas para el grupo inicial y no sólo para los materiales experimentados.

Una vez identificados los factores de estudio y sus respectivos niveles o categorías, se hace la combinación de todos los niveles, conformando así la totalidad de condiciones experimentales o tratamientos. Suponga que en un experimento se controlarán dos factores de estudio:

Factor 1. Fertilización: 0, 40, 80 y 120 kg/parcela

Factor 2. Materiales: Variedad 1, Variedad 2 y Variedad 3.

Al realizar la combinación de todos los niveles, resultarán los tratamientos que aparecen en la Tabla 1.

Observe, en esta Tabla, que el número de tratamientos es igual al producto de los niveles de cada factor. En este caso, cuatro niveles del Factor 1 (fertilización) multiplicados por tres niveles del Factor 2 (materiales) son doce tratamientos ($4 \times 3 = 12$).

Una vez obtenido este cálculo, se puede hacer una estimación previa de la cantidad de unidades experimentales requeridas; así, por ejemplo, para un experimento en el que se requieran cinco repeticiones, es necesario contar con 60 unidades experimentales. Dicho concepto se introduce en la Unidad de Aprendizaje 3.

Tabla 1. Conformación de tratamientos para los factores fertilización y materiales

Categorías del Factor 1	Niveles del Factor 2	Tratamiento
Variedad 1	0 kg/parcela	Tratamiento 1
Variedad 1	40 kg/parcela	Tratamiento 2
Variedad 1	80 kg/parcela	Tratamiento 3
Variedad 1	120 kg/parcela	Tratamiento 4
Variedad 2	0 kg/parcela	Tratamiento 5
Variedad 2	40 kg/parcela	Tratamiento 6
Variedad 2	80 kg/parcela	Tratamiento 7
Variedad 2	120 kg/parcela	Tratamiento 8
Variedad 3	0 kg/parcela	Tratamiento 9
Variedad 3	40 kg/parcela	Tratamiento 10
Variedad 3	80 kg/parcela	Tratamiento 11
Variedad 3	120 kg/parcela	Tratamiento 12

Práctica 2.1

El facilitador pedirá a los participantes considerar nuevamente los grupos de trabajo conformados al inicio de la actividad, para que seleccionen los factores de estudio que consideren deban experimentarse para el caso que cada grupo consideró en la Práctica 1.1, indicando los niveles o las categorías en cada uno. El facilitador permitirá a algunos grupos presentar su caso particular y estimulará la participación de quienes quieran preguntar o aportar sus comentarios.





Unidad de Aprendizaje 3

Unidades experimentales

Preguntas orientadoras	37
Estructura de aprendizaje	37
Objetivos de la sección	38
Introducción	38
Qué es una unidad experimental	38
Homogeneidad de las unidades experimentales	39
Qué hacer si las unidades experimentales no son homogénea	40
Práctica 3.1 Selección de la unidad experimental	41



Foto 2 de Rosa Aldana de la Torre (2009); Foto 3 de Angélica Plata Rueda (2009); Foto 4 de Luis Carlos Martínez (2009); las demás son de la colección de Fedepalma 2009-2010.

Preguntas orientadoras

En la planeación de un experimento, la selección del material experimental juega un papel importante, pues sobre él se aplican las condiciones experimentales y se hacen las observaciones o mediciones de las variables de respuesta.

El facilitador pedirá a los participantes recordar experimentos anteriores, específicamente relacionados con las unidades experimentales (u.e.) que han trabajado. Luego permitirá la participación de quienes deseen compartir sus experiencias, con base en preguntas que ayuden a orientar la discusión, como las siguientes:

1. ¿Qué unidades experimentales han utilizado de experimentos en los que hayan participado?
2. ¿Qué aspectos tuvieron en cuenta para decidir el tamaño de la unidad experimental?
3. ¿Consideraron en algún momento la forma de la unidad experimental?

Cuando se define la unidad experimental, una pregunta que surge para la selección del diseño estadístico es si estas unidades son similares entre sí.

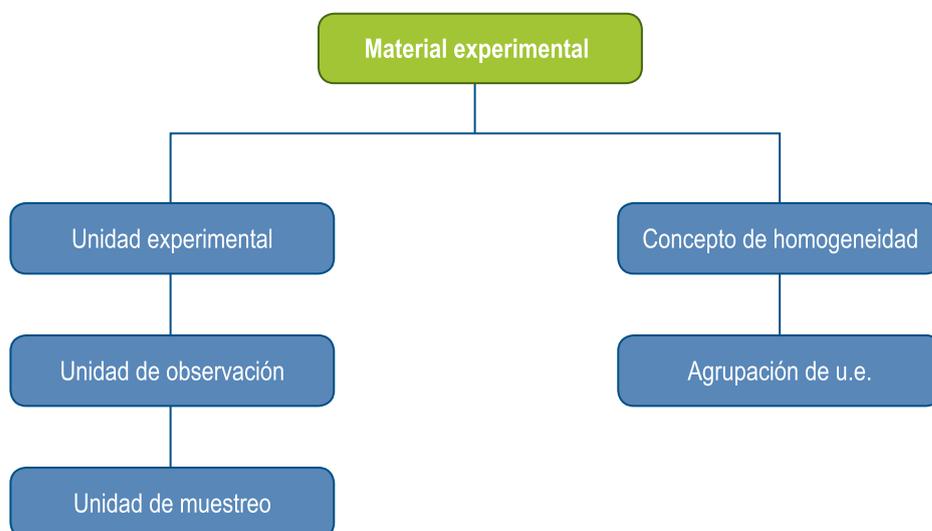
4. ¿Cuándo consideran ustedes que dos unidades experimentales son homogéneas o similares?

La homogeneidad de las unidades experimentales es una característica ideal en un experimento. Sin embargo, no siempre se da esta situación.

5. ¿Qué acción toman ustedes cuando encuentran que las unidades experimentales no cumplen con la característica de homogeneidad?

Estructura de aprendizaje

Hablar del material experimental es hablar de todas las unidades experimentales que se van a utilizar durante el experimento; pero ¿qué es una unidad experimental y qué es una unidad de muestreo? Estos conceptos se consideran en la presente sección, con el propósito de identificar la unidad física a la que se le aplica una condición experimental, y especificar si la medición de la unidad experimental se hace para la totalidad de la misma, o si por el contrario se hace muestreo. Aquí se considera también el concepto de homogeneidad de las unidades experimentales.





Objetivos de la sección

Al finalizar esta Unidad de Aprendizaje, el participante estará en capacidad de:

1. Proponer unidades experimentales para utilizar en la ejecución de un experimento.
2. Comparar y conformar grupos de unidades experimentales homogéneas a partir de sus propios casos de estudio.
3. Conformar grupos de unidades experimentales homogéneas, si existen diferencias entre ellas.

Introducción

La selección de las unidades experimentales es un paso fundamental en la planeación de un experimento: es el material sobre el que se aplican las condiciones experimentales y sobre el cual se realizarán las mediciones. Una selección no apropiada puede conducir a comparaciones no válidas de las condiciones experimentales, a incrementar el error, y posiblemente a una selección inadecuada del diseño experimental.

En esta sección se hablará acerca del material que se utilizará en el experimento, sus características y disponibilidad, así como del manejo que se le habrá de dar durante el experimento.

Qué es una unidad experimental

Una unidad experimental es la unidad física sobre la que se aplican las conducciones experimentales o tratamientos en forma independiente, y sobre la que se tomarán las mediciones; por ejemplo, una palma, un grupo de diez palmas o una Caja de Petri con cinco larvas de un insecto.

La definición de la unidad experimental (u.e.) depende de lo que se quiera medir en cada caso. Por ejemplo, si se habla de mediciones fisiológicas, una unidad experimental puede ser una palma; pero si se quiere medir la incidencia de una enfermedad, una palma no será suficiente; la incidencia se estima como la relación entre el número de palmas afectadas por la enfermedad y el número total de las mismas. En otras palabras, es necesario contar más de una palma como unidad experimental para tener una estimación de la incidencia.

En agricultura se hacen algunas diferencias entre la unidad experimental, la unidad de muestreo y la unidad de evaluación.

La unidad experimental es la cantidad de material a la cual se aplica un tratamiento; por ejemplo, 30 palmas.

La unidad de observación es una parte de la unidad experimental sobre la que se mide el efecto del tratamiento y se establece antes de iniciar el experimento; por ejemplo, para el caso anterior, pueden medirse o evaluarse las doce palmas centrales, con el propósito de eliminar posibles efectos de borde.

La unidad de muestreo es la cantidad de material experimental establecida desde el inicio del experimento que representa la variabilidad de la unidad experimental. Dicha cantidad se decide porque no es posible hacer la medición de toda la unidad por razones de costos o de tiempo. La parte de la unidad experimental que decide medirse es —en términos de cantidad— la misma para todas las unidades experimentales; la unidad de muestreo puede estar conformada, por ejemplo, por cuatro palmas, que serán seleccionadas aleatoriamente en cada unidad experimental. A continuación se muestra gráficamente esta situación.

La Figura 5 muestra una unidad experimental conformada por 30 palmas. En ella, se observarán las 30 palmas sobre las cuales se reportará un dato. Por eso, en este caso, la unidad experimental y la unidad de observación son la misma.

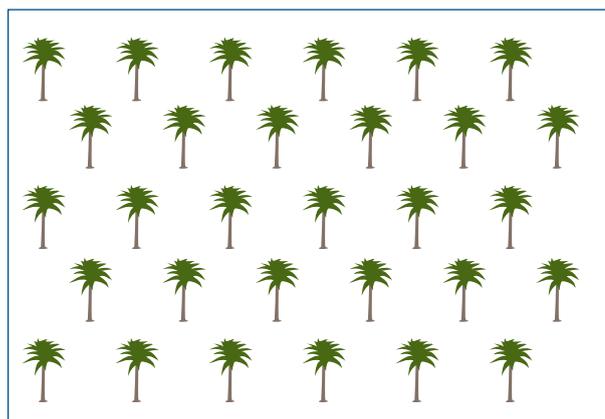


Figura 5. La unidad experimental y la unidad de observación son la misma: 30 palmas.

De las 30 palmas de la Figura 6, sólo se observarán las doce palmas centrales, de las cuales se reportará un dato. En este caso, la unidad experimental y la unidad de observación son diferentes. La observación de las doce palmas centrales puede ser considerada para dejar un efecto de borde que se considera necesario.

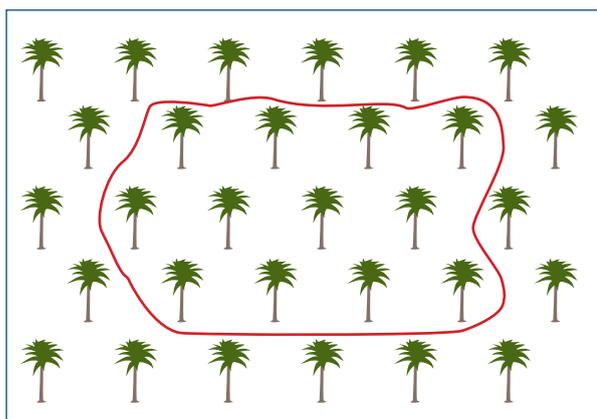


Figura 6. La unidad experimental y la unidad de observación (las palmas dentro de la línea roja) son diferentes.

De las 30 palmas de la Figura 7, se observarán cuatro, las cuales serán seleccionadas aleatoriamente. Cada una de las cuatro palmas corresponde a una unidad de muestreo y juntas conforman una muestra de tamaño cuatro.

En este caso, se reportan los cuatro datos y se estima la variabilidad debida al muestreo.

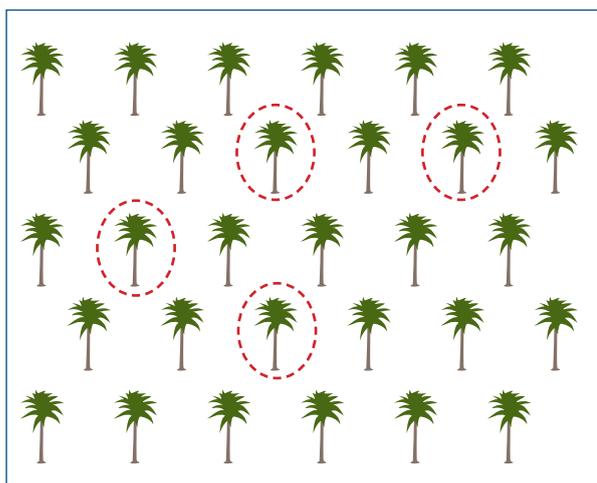


Figura 7. Las cuatro palmas seleccionadas aleatoriamente conforman la unidad de muestreo.

Homogeneidad de las unidades experimentales

El interés en un experimento se centra en la respuesta que genera cada una de las unidades experimentales a las que se les aplicaron los distintos tratamientos.

Para poder comparar el efecto de dichos tratamientos, estos deben ser aplicados a unidades experimentales que sean comparables, es decir, a unidades que sean muy parecidas entre sí, siendo ellas representativas de la población objeto de estudio. En la práctica, encontrar unidades experimentales iguales es una tarea difícil, máxime cuando se trata de experimentos con seres vivos, como es el caso de los experimentos realizados en palma.

Siempre habrá variabilidad entre las unidades experimentales. Sin embargo, se busca que esta variabilidad sea inherente a las unidades experimentales y no que haya una variabilidad sistemática generada por otros factores que no son del interés en una investigación. Por ejemplo, se puede estar interesado en conducir un experimento con el fin de probar diferentes métodos de control de una plaga; para ello se considera como unidad experimental una palma, teniendo en cuenta 20 palmas para cada método utilizado.

Ahora bien, ¿a qué se refiere la homogeneidad de la unidad experimental en este caso? Tal vez sería interesante controlar el tipo de material, pues es posible que un material sea más susceptible que otro. En este caso, se podría pensar en utilizar un solo material y se soluciona el problema; pero, ¿qué puede ocurrir con el estado fisiológico de cada palma? Si todas las palmas no están en las mismas condiciones, ¿afectaría esta situación a la variable de respuesta? ¿Es posible que todas las palmas estén en las mismas condiciones? ¿O son estas diferencias parte de las condiciones que se encuentran normalmente en la plantación donde se desea hacer el experimento? Se puede seguir enumerando una serie de características de las unidades experimentales que las hacen o no diferentes y que deben analizarse una a una para tomar una decisión.

Para realizar un experimento, no todas las unidades experimentales tienen que ser homogéneas; lo que importa es conocerlas, y si no se logra su homogeneidad, tener la posibilidad de agruparlas, buscando homogeneidad dentro de cada grupo. Aquí juega un papel importante el conocimiento que el investigador o el técnico de plantación tengan del material experimental.

¿Qué hacer si las unidades experimentales no son homogéneas?

En varias ocasiones, contar con suficiente material experimental no es tarea fácil, por cuestión de costos, la dificultad en su manipulación, o simplemente por su disponibilidad.

En la misma dirección, debe tenerse en cuenta que la homogeneidad se busca con el fin de comparar los tratamientos bajo las mismas circunstancias, pero que en un experimento deben simularse también las condiciones reales del espacio o sitio donde éste se realiza, así que las unidades deben representar la variabilidad existente.

Por las razones antes mencionadas, a menudo se hace necesario agrupar las unidades, formando lo que en diseño experimental se conoce como bloque, para buscar que las unidades que conforman un bloque sean lo más parecidas posible, y dejar la variabilidad entre los grupos formados.

También puede presentarse la situación de que las unidades inicialmente sean homogéneas, pero que por razones de su disposición o de algunas prácticas se manejen en forma diferente durante el experimento.

Por ejemplo, en el laboratorio se pueden tener plántulas bajo las mismas condiciones y como única fuente de variabilidad que ha propuesto el investigador se tiene el tipo de material que está utilizando; pero al disponer las plántulas en el laboratorio, algunas quedan cerca de la ventana y otras no; y si la luz que entra por la ventana afecta la variable de respuesta, seguramente las unidades cercanas a la ventana se verán influenciadas por la luz, mientras que las unidades más alejadas de la ventana no van a tener esa influencia.

Si la variable que se está considerando es el crecimiento, los materiales cercanos a la ventana crecerán más rápido que los que no lo están.

Esto puede generar diferencias en la variable de respuesta ocasionada, no precisamente por el tipo de material, sino por la no homogeneidad en el manejo de las unidades: unas tienen más exposición a la luz que otras.

Práctica 3.1 Selección de la unidad experimental

Objetivo: Seleccionar y describir la unidad experimental para su caso de estudio.

El facilitador informará a los participantes que deben retomar el ejercicio que cada grupo viene desarrollando desde la Unidad de Aprendizaje 1, y deben plantear lo que conformará una unidad experimental, es decir, aquella a la cual se le aplicará un tratamiento y sobre la cual se registrarán las variables de respuesta seleccionadas antes. Para este ejercicio, cada grupo contará con 30 minutos como máximo.

Retroinformación del ejercicio

El facilitador preguntará a los grupos acerca de la unidad experimental seleccionada, y en cada caso se

confrontará con las condiciones que serán experimentadas y con las variables de respuesta que serán medidas, con el propósito de establecer la consistencia entre éstas; por ejemplo, si la aplicación de un tratamiento se hace palma a palma o para un grupo de palmas, y si la medición se considera palma a palma, o para el grupo de éstas.

El facilitador dejará un tiempo de 45 minutos para que cada grupo organice su propuesta de investigación, relacionando los conceptos revisados en las tres unidades de aprendizaje, que luego deberá ser presentada; también explicará a los participantes que deben describir la forma cómo realizarán el experimento, con el propósito de identificar posibles dificultades y sus alternativas de solución.

Cada grupo contará con 15 o 20 minutos para su presentación.

Referencias bibliográficas de la Guía

- Cochran, W., y G. Cox (1974). *Diseños experimentales*. México: Editorial Trillas.
- Delgado, W., L. Echeverry y S. Suarez (2004). Caracterización fisicoquímica del aceite de palma crudo proveniente de diferentes materiales genéticos y de dos zonas geográficas de Colombia, en *Palmas*, Edición Especial, Vol.25, Tomo II, p.74-83
- Gómez, K., y A. Gómez (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2a. ed. An International Rice Research Institute Book. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons.
- Gutiérrez, H. y R. De la Vara (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. 2a. ed. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*. 2a. ed. México: International Thomson.
- Melo, O. O., L.A. López y S. E. Melo. (2007). *Diseño de experimentos [Métodos y aplicaciones]*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
- Quinn, G., y M. Keough (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge (Ma.): Cambridge University Press.





Glosario

Aleatorización: Forma de asignar los tratamientos a las unidades experimentales, de tal manera que todas tengan la misma oportunidad de que se les asigne un tratamiento particular, con el propósito de eliminar el efecto de factores externos que puedan afectar las variables de respuesta.

Experimento: Prueba en la que se establece un conjunto de condiciones, determinadas por el investigador, con el propósito de evaluar los cambios producidos en las observaciones que se realicen.

Material experimental: Se refiere a todo el conjunto de unidades experimentales que se utilizarán en la realización de un experimento.

Muestreo: Se refiere a la forma de seleccionar independientemente individuos u objetos de un gran conjunto, llamado población, los cuales tienen características similares.

Factor: Condiciones o circunstancias establecidas por el investigador para dar respuestas a preguntas de interés en un estudio.

Tratamientos: Todas las posibles combinaciones de los niveles de cada factor de estudio que se pueden combinar.

Unidad experimental (ue): Objeto o individuo al que se le aplica una condición experimental independientemente de las otras unidades, y sobre la cual se hacen las mediciones.

Variable: Característica de un objeto o individuo que puede ser medida u observada, y la cual puede tomar valores diferentes para cada individuo.

Repeticiones: Número de unidades experimentales a las que se les aplica el mismo tratamiento o condición experimental.







Anexos

Anexos didácticos	49
1. Evaluación final de conocimientos	49
2. Información de retorno para la evaluación final	50
3. Evaluación del evento de capacitación	53
4. Plan de acción poscapacitación	54
5. Evaluación del desempeño del facilitador	56
Tabulación de la evaluación del desempeño del facilitador	58
Perfil del desempeño del facilitador	59
6. Evaluación de la Guía como material de capacitación	60
Anexo técnico	62
7. Ejercicio de retroalimentación	62

Anexos didácticos

Anexo 1. Evaluación final de conocimientos

Esta evaluación puede ser individual o en grupo dependiendo del número de participantes.

Con lo aprendido en la Guía y la siguiente situación experimental, haga las suposiciones que considere y requiere para identificar los factores de estudio, las variables de respuesta, la unidad experimental y la unidad de observación o muestreo según sea su planteamiento. Describa la forma como realizaría el experimento, indicando cómo controlará factores externos que puedan afectar las variables de respuesta. Describa las condiciones del sitio que utilizaría para el experimento, así como la duración del mismo. Deje volar su imaginación: finalmente lo que se quiere es definir uno o varios tratamientos que permitan ejercer control sobre la PC.

La PC es una enfermedad que afecta la palma de aceite, generando disminución en la producción, y en varios casos es tanta la severidad de la misma que la palma debe erradicarse, lo que representa grandes pérdidas. Se requiere entonces proponer alternativas para el control de la PC. Suponga que se dispone de un área de 20 hectáreas con 140 palmas por hectárea aproximadamente; el lote presenta por el costado oriental un canal de riego. Los tratamientos que se requiere probar corresponden al uso de productos que se espera controlen la enfermedad, incluyendo el tratamiento o producto utilizado en la zona y, si así lo considera, un tratamiento control.

Con el propósito de planear estadísticamente un experimento de tal forma que las mediciones realizadas sean válidas y puedan obtenerse conclusiones de dicho estudio, usted debe preparar los requerimientos necesarios para llevar a cabo el experimento. Puede considerar los productos que crea convenientes, hacer combinaciones entre ellos, y dar un alcance al estudio de acuerdo con su experiencia y su conocimiento.

Información de retorno

Los participantes presentarán su propuesta considerando cada uno de los elementos básicos para planear estadísticamente: variables de respuesta, factores de estudio, unidad experimental, unidad de evaluación o unidad de muestreo. Aquí es interesante explorar las diferentes propuestas de tratamientos, así como la propuesta de unidad experimental en cada presentación. La retroalimentación está orientada en términos de la consistencia entre las unidades experimentales, los tratamientos que se van a aplicar y las variables por medir. Entre las variables de interés están las siguientes: fecha en la que se registra la aparición de la enfermedad, porcentaje de incidencia de la misma, severidad de la enfermedad y tiempo transcurrido en el cual se registra una reincidencia. Las variables de estudio corresponden a los diferentes productos y combinaciones de productos que cada participante quiera proponer. La unidad experimental debe corresponder a un número determinado de palmas y permitir, dentro de las condiciones dadas, experimentar todos los tratamientos propuestos y la posibilidad de repetirlos, es decir, que cada tratamiento debe evaluarse al menos en dos unidades experimentales.

Anexo 2. Información de retorno a la evaluación final

Los participantes cuentan con 45 minutos para contestar el cuestionario que sigue. El facilitador solicitará que todos, sin excepción, participen en el ejercicio; a continuación, seleccionará algunos participantes al azar, para que lean sus respuestas, en indagará si existen respuestas diferentes de otros miembros del grupo; al final, compartirá las respuestas y promoverá las aclaraciones pertinentes.

1. Describa lo que usted entiende por diseño de un experimento.

2. ¿Por qué considera importante definir las variables de respuesta cuando se quiere llevar a cabo un experimento?

3. Si usted debe adelantar un experimento para evaluar diferentes niveles de fertilización y su efecto en la producción de fruto fresco, en donde la unidad experimental corresponde a 20 palmas, indique dos características que considere deben cumplir estas unidades experimentales para calificarlas como homogéneas (asuma que todas las palmas en el sitio del ensayo corresponden al mismo material y edad).

Para cada una de las siguientes preguntas seleccione la opción de respuesta que considere indicada, encerrándola en un círculo:

4. Si se desea conducir un experimento en el que el propósito es comparar la incidencia de una enfermedad después de utilizar cinco métodos de prevención, la unidad experimental indicada puede ser:
 - a) Una palma
 - b) Dos palmas
 - c) Un lote de 80 palmas
 - d) Cualquiera de las anteriores
 - e) Ninguna de las anteriores

5. ¿Cuál de las siguientes opciones no corresponde a una variable de respuesta?
- La severidad del daño causado por una enfermedad específica
 - El porcentaje de área afectada por un defoliador
 - El número de racimos por lote
 - El tipo de insecticida utilizado para el control de un insecto
 - Todas las anteriores
6. Una de las siguientes opciones de respuesta no corresponde a una unidad experimental:
- Una palma de aceite
 - La hoja No. 17 de cada palma
 - Un vaso
 - 300 mililitros de aceite
 - Ninguna de las anteriores
7. En un experimento en el que se quiere probar el efecto de tres herbicidas en cinco materiales para el control de ML, el número de tratamientos por ensayar es:
- 3
 - 5
 - 15
 - 8
 - Ninguno de los anteriores
8. Para la situación anterior, si se considera que se debe repetir cada tratamiento cinco veces, el número de unidades experimentales que se requieren son:
- 15
 - 65
 - 40
 - 25
 - 75
9. Entre los factores que no pueden controlarse en un experimento en campo se tienen:
- El tipo de material de palma de aceite
 - La humedad relativa
 - La cantidad de fertilizante que se debe aplicar
 - La edad de la palma
 - Todas las anteriores

De las preguntas 10 y 11 solo seleccione una para contestar, según las labores que desarrolle en una plantación o planta de beneficio.

10. En un ensayo en el que se quieren evaluar alternativas de esterilización de racimo de fruto fresco en la segunda mitad del tiempo de sostenimiento, con el propósito de alcanzar las menores pérdidas de aceite, se requiere considerar el factor de estudio presión; una posible propuesta de los diferentes niveles de presión por considerar en el experimento es:

- a) 15, 20 y 25 psi
 - b) 10, 20 y 30 psi
 - c) 15, 16, 17, 18 , 19 y 20 psi
 - d) 15, 20, 25 y 40 psi
 - e) Cualquiera de las anteriores
11. Se quiere realizar un ensayo en condiciones de laboratorio con el propósito de evaluar el efecto antialimentario de extractos naturales de origen vegetal para el manejo de poblaciones de adultos del raspador del fruto (*Demotista neivai*). Se cuenta con fuente alimentaria de cinco frutos de palma de aceite (unidad experimental), los cuales serán impregnados por cada producto, por el método de embebimiento, a una concentración de 20 centímetros cúbicos por litro de agua. Pasado un periodo de tiempo, se medirá el área consumida sobre el exocarpio del fruto y el porcentaje de daño causado sobre el fruto. ¿Cuál de los siguientes grupos de tratamientos sugiere usted para este experimento?
- a) T1, T3, T4, T5
 - b) T1, T2, T4, T5
 - c) T1, T2, T3, T4,
 - d) T0, T1, T3, T4, T5
 - e) Cualquiera de las anteriores
- Donde
- T0: no aplicar producto
- T1: extracto de ajeno
- T2: extracto del árbol de neem
- T3: extracto de ajo
- T4: extracto de tabaco
- T5: extracto de cítrico

Anexo 3. Evaluación del evento de capacitación

Es de nuestro interés conocer su concepto acerca de este material. Por tal motivo le solicitamos calificar las preguntas que aparecen a continuación, de acuerdo con la siguiente escala:

1. Totalmente de acuerdo (TA)
2. Medianamente de acuerdo (MA)
3. Es indiferente (I)
4. Medianamente en desacuerdo (MD)
5. Totalmente en desacuerdo (TD)

Contenido de la Guía

1. La Guía es de interés y necesaria para el desarrollo de su trabajo. _____
2. La Guía es un instrumento planificador necesario antes de ejecutar un experimento. _____
3. La Guía es un apoyo real para la planeación de un experimento. _____
4. La Guía contiene la información necesaria para el logro de los objetivos. _____

Presentación de la Guía

1. La Guía está escrita en un lenguaje claro y se puede hacer un buen uso de ella. _____
2. Los contenidos de la Guía cumplen con sus expectativas. _____
3. La estructura de la Guía es clara. _____
4. Las gráficas complementan el concepto que se quiere expresar. _____
5. Las prácticas propuestas permiten retroalimentar los conceptos desarrollados en la Guía. _____

Calidad del material para capacitación

1. Las prácticas son consistentes con el tema desarrollado. _____
2. Las prácticas y los ejercicios permiten aclarar los conceptos. _____
3. La forma de explicar cada uno de los temas es sencilla y facilita la comprensión de los mismos. _____

Observaciones

Anexo 4. Plan de acción poscapacitación

Apreciado participante:

Al finalizar la capacitación a la cual usted ha asistido, estamos seguros de que tiene en mente aplicar en su plantación los conocimientos adquiridos, de manera que pueda superar los problemas relacionados con este tema.

Diversas instituciones utilizan la expresión “plan de acción” para referirse a distintos tipos de actividades. En el caso del proceso de transferencia tecnológica en Cenipalma, el plan de acción es una formulación acerca de cómo se espera aplicar en las plantaciones la tecnología sobre la que usted ha recibido la capacitación y además hacer la extensión de estos conocimientos a otros técnicos, productores y personal con el cual usted tiene relación en la producción o en la posproducción de la palma de aceite.

A continuación, por favor diligencie la información que se solicita y la forma o proyecto como pondrá en práctica los conocimientos adquiridos en esta capacitación.

Capacitación recibida sobre métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite

1. Caracterización institucional

Institución, plantación u organización que usted representa	
Ubicación (dirección) de la plantación, institución u organización	
Teléfono/Fax	
Correo electrónico	
Gerente o representante legal de la institución, plantación u organización	
Nombres de los técnicos responsables de este Plan de Acción	
Grupos o personas que se beneficiarán de las actividades de este Plan de Acción	
Justificación de la aplicación de la tecnología	
Zona/municipio en la que se aplicará la tecnología	

2. Qué resultados se espera lograr con la aplicación de la tecnología aprendida en esta capacitación? Es decir, ¿cuál es la situación deseada después de que aplique la tecnología estudiada?

3. Objetivos específicos de la aplicación y estrategias para lograrlos (incluir la capacitación a otros técnicos, productores y otro personal).

Objetivos que persigue este Plan de Acción	Estrategias mediante las cuales se espera lograr los objetivos

4. Cronograma de las actividades del Plan

Actividades	Mes del año: _____											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

5. Respaldo institucional para el Plan de Acción

Los abajo firmantes nos comprometemos a dar el apoyo necesario a los responsables del Plan de Acción descrito para llevar a cabo las actividades programadas, y a realizar el seguimiento de las mismas para conocer los resultados obtenidos.

Jefe

Supervisor

Responsable del Plan

Responsable del Plan

Fecha: _____

Anexo 5. Evaluación del desempeño del facilitador

Fecha: _____

Nombre del facilitador: _____

Tema(s) desarrollado(s): _____

Apreciado participante:

La evaluación que sigue está diseñada para convertirse en una herramienta de primer orden para que el facilitador mejore su desempeño en futuros eventos de capacitación.

Por tanto, le solicitamos diligenciar la evaluación del desempeño del facilitador, marcando con una “X” en la casilla que corresponda frente a cada descriptor, independientemente de la calidad de su gestión.

Se sugiere que el facilitador –como principal beneficiario–, o el responsable de la capacitación, tabule las respuestas, usando el formato “Tabulación de la evaluación del desempeño del facilitador” que se encuentra al final de este anexo.

1. Preparación de los participantes para el aprendizaje

No.	Descriptor	Sí	No
1.1	Organizó una presentación personal de los participantes y de la Guía.		
1.2	Exploró las expectativas de los participantes y las contrastó con los objetivos de la capacitación. Aclaró los objetivos de la misma.		
1.3	Realizó la exploración inicial de conocimientos y la respectiva retroinformación, aprovechando la oportunidad para ir introduciendo los temas de la capacitación.		
1.4	Presentó la estructura general de aprendizaje de la Guía y la forma como los facilitadores y los participantes en la capacitación deben usar este instrumento para facilitar su aprendizaje.		

2. Desarrollo de la Unidad de Aprendizaje

No.	Descriptor	Sí	No
2.1	Introdujo la Unidad de Aprendizaje y mencionó su importancia respecto de los métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite.		
2.2	Usó las preguntas orientadoras para estimular la participación y explorar los conocimientos de los participantes.		
2.3	Presentó la estructura de aprendizaje para introducir los temas de cada sección de la Unidad de Aprendizaje.		
2.4	Desarrolló los temas de la Unidad de Aprendizaje, apoyándose en la Guía y en imágenes de Power Point u otras ayudas (tableros, video, etc.).		

2.5	Promovió el uso de la Guía, haciendo que los participantes siguieran las explicaciones en ella y formularan preguntas a lo largo de la presentación o en momentos destinados para la participación.		
2.6	Cuando fue necesario, hizo referencia a anexos técnicos de la Guía, a la bibliografía, a las prácticas o los ejercicios que seguirían a su presentación del tema.		
2.7	Presentó los ejercicios o las prácticas y sus objetivos; revisó detenidamente las instrucciones para su realización, organizando a los participantes y facilitando los materiales necesarios.		
2.8	Facilitador y participantes dispusieron de todos los elementos necesarios para los ejercicios y las prácticas (hojas de trabajo, instrumentos, insumos, equipo, etc.).		
2.9	Los ejercicios y las prácticas se realizaron sin retrasos y dentro del tiempo estipulado. Los participantes completaron los ejercicios o las prácticas en forma adecuada y presentaron los resultados.		
2.10	El facilitador condujo las sesiones de retroinformación para revisar los resultados de los ejercicios y las prácticas, destacar los aspectos importantes, ampliar conceptos, recomendaciones y resaltar los resultados positivos del trabajo realizado por los participantes.		

3. Incorporación de los aportes de los participantes al desarrollo de los temas estudiados

No.	Descriptor	Sí	No
3.1	Facilitó que los participantes expusieran sus propias experiencias.		
3.2	Usó aportes de los participantes como ejemplo para ilustrar temas de estudio en la capacitación.		
3.3	Promovió la participación del auditorio en la retroinformación de los ejercicios y las prácticas.		
3.4	Estimuló la introducción de modificaciones en los ejercicios o las prácticas, usando información o ejemplos propios de los participantes.		

4. Estrategias para lograr los objetivos de la capacitación

No.	Descriptor	Sí	No
4.1	Informó sobre los objetivos de cada sección de aprendizaje.		
4.2	Diseñó los ejercicios y las prácticas de acuerdo con los objetivos.		
4.3	Relacionó los aspectos teóricos de los temas con casos prácticos.		
4.4	Proporcionó ejemplos prácticos para ilustrar los temas expuestos.		

4.5	Centró la atención de los participantes en los contenidos más importantes de los temas tratados.		
4.6	Usó un lenguaje acorde con el nivel de conocimientos del auditorio.		
4.7	Se aseguró de que los participantes le entendieran.		
4.8	Mantuvo contacto visual con los participantes.		
4.9	Promovió la participación activa del auditorio.		

5. Efectividad de los ejercicios o las prácticas para probar la tecnología presentada en la capacitación

No.	Descriptor	Sí	No
5.1	Los ejercicios o las prácticas reprodujeron en forma cercana la realidad.		
5.2	Explicó los objetivos y procedimientos para desarrollar las prácticas.		
5.3	Hizo demostraciones acerca de la forma de ejecutar las prácticas.		
5.4	Seleccionó y acondicionó adecuadamente el sitio para las prácticas.		
5.5	Organizó a los participantes de forma que todos pudieran participar.		
5.6	Dispuso de los materiales necesarios para los ejercicios y las prácticas.		
5.7	Las sesiones de retroinformación de los ejercicios o de las prácticas se realizaron en el sitio, para ampliar conceptos y recomendaciones, usando los recursos dispuestos.		

Tabulación de la evaluación del desempeño del facilitador

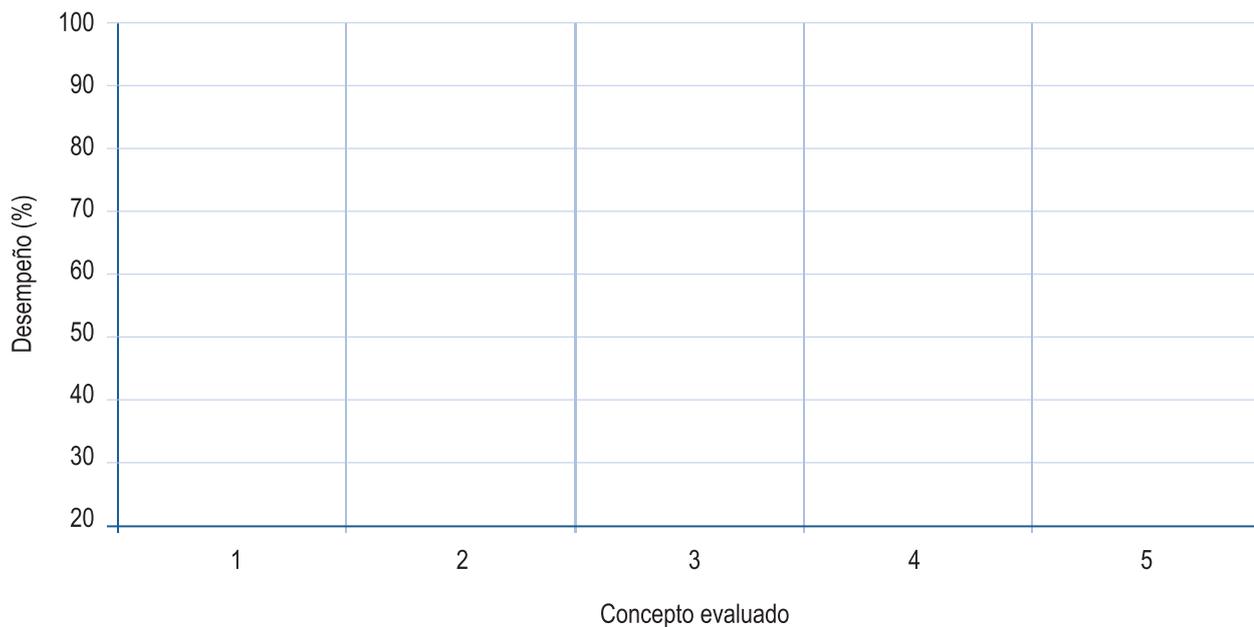
Orientaciones:

Para determinar el puntaje de cada concepto evaluado y establecer el perfil de desempeño del facilitador, proceda de la siguiente manera:

1. Registre en la casilla correspondiente a cada descriptor la suma de las respuestas “Sí” de la evaluación del desempeño del facilitador.
2. Sume el puntaje de los descriptores de cada concepto evaluado, y registre en la columna “Obs.” el puntaje observado.
3. Establezca el puntaje que corresponda al 100% de cada concepto evaluado, según el número de evaluaciones recogidas, y regístrelo en la columna “Puntaje ideal”.
4. Determine el % que corresponde el puntaje observado con relación al puntaje ideal, y registre su valor en la columna “%”.
5. Represente con una figura de barras los valores de la columna “%”, para establecer el perfil de desempeño del facilitador en cada concepto evaluado.

	Concepto evaluado	Suma de respuestas "Sí" por descriptor										Puntaje		
		1,1	1,2	1,3	1,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	Obs.	Ideal	%
1	Preparación de los participantes para el aprendizaje	1,1	1,2	1,3	1,4									
2	Desarrollo de la Unidad de Aprendizaje	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10			
3	Incorporación de los aportes de los participantes al desarrollo de los temas estudiados	3,1	3,2	3,3	3,4									
4	Estrategias para lograr los objetivos de la capacitación	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9				
5	Efectividad de los ejercicios o prácticas para probar la tecnología presentada en la capacitación	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7						

Perfil del desempeño del facilitador



Anexo 6. Evaluación de la Guía como material de capacitación

Apreciado participante:

Este formato está dirigido a usted, como usuario de la Guía que le hemos entregado en la presente capacitación. Le rogamos usar unos minutos para calificarla en relación con sus diferentes componentes: (1) el contenido; (2) el diseño y presentación; (3) el enfoque metodológico que se aplica; (4) la utilidad del material para la extensión y la capacitación; (5) los requerimientos de recursos para utilizarla; (6) el nivel de conocimiento previo exigido para entenderla y usarla; y (7) otros aspectos que usted considere relevantes.

La Guía que usted se dispone a evaluar es un material específicamente diseñado para realizar procesos de extensión en palma de aceite. También es adaptable a situaciones de capacitación y educación en universidades y centros de formación tecnológica. Su estructura está fundamentada en el dominio de las habilidades para la aplicación de la tecnología de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite. Busca facilitar la capacitación y la asistencia técnica. Su contenido se basa en hallazgos de investigaciones realizadas por científicos dedicados al estudio de la palma de aceite especialmente en Colombia, pero también consulta la investigación a nivel mundial.

Para evaluar la Guía, marque una “X” en la casilla que corresponda a su percepción acerca del de la misma.

Aspecto para evaluar de la Guía	Descriptor	Evaluación		
		Alto	Medio	Bajo
1. Contenido científico	1.1 El contenido está actualizado de acuerdo con lo que yo sé acerca de este tema.			
	1.2 El contenido es valioso desde el punto de vista de mis necesidades de conocimiento. Encuentro conocimientos nuevos que son valiosos.			
	1.3 El contenido está claramente expuesto y entiendo todo lo que allí se expone.			
	1.4 Contiene referencias bibliográficas y vínculos útiles para ampliar el conocimiento sobre el tema.			
2. Diseño gráfico y presentación	2.1 El diseño facilita la comprensión del contenido. Su lectura y uso son fáciles.			
	2.2 El diseño ayuda a aprender el tema que se expone.			
	2.3 El diseño motiva a usar la Guía durante la capacitación.			
	2.4 El diseño es agradable desde el punto de vista gráfico (imágenes, tablas, cuadros, fotos).			
3. Enfoque metodológico	3.1 La metodología (organización, estructuras, ejercicios, retroinformaciones, etc.) facilita el aprendizaje.			
	3.2 Contiene las orientaciones necesarias para realizar las prácticas fácilmente.			

	3.3 Las estrategias empleadas (las estructuras de aprendizaje, los cuestionarios, los anexos, etc.) ayudan a la comprensión del tema.			
	3.4 Los ejercicios y las prácticas permiten desarrollar las habilidades necesarias para el manejo de la tecnología expuesta.			
4. Utilidad en la extensión y la capacitación	4.1 Es un material útil para realizar las actividades de extensión que debo llevar a cabo.			
	4.2 Es un material útil para diversos tipos de audiencias (profesionales, extensionistas, técnicos, etc.).			
	4.3 Es un material útil para aprender y para enseñar.			
	4.4 Es útil como material de campo.			
5. Desarrollo y requerimiento de recursos para el empleo de la Guía	5.1 La Guía pudo emplearse plenamente porque se contó con el ambiente de aprendizaje (aula, plantación, insumos, materiales de trabajo, etc.) que se requería.			
	5.2 Describe con claridad los insumos, materiales y equipos necesarios para realizar las actividades de aprendizaje.			
	5.3 Pudo desarrollarse porque se contó con los equipos necesarios para llevar a cabo las experiencias de aprendizaje.			
6. Requerimientos para entender y usar la Guía	6.1 Requiere que los participantes en la capacitación tengan un conocimiento general básico de los procesos que presenta.			
	6.2 Hace los aportes teóricos y prácticos necesarios para el manejo de la tecnología a la que se refiere.			
	6.3 Para el adecuado manejo de la Guía se requiere de equipos, materiales e insumos que están disponibles en las instalaciones donde trabajan los extensionistas.			
	6.4 La tecnología presentada es comprensible por especialistas y generalistas.			
7. Anote otros aspectos relevantes para usted	7.1			
	7.2			
	7.3			

Gracias por sus respuestas.

Anexo técnico

Anexo 7. Ejercicio de retroalimentación

Objetivo

Evaluar fisiológica y bioquímicamente la respuesta de dos materiales de palma de aceite a cuatro tensiones hídricas.¹

Variables de respuesta

Fotosíntesis, transpiración, potencial hídrico, fluorescencia, proteínas, prolina, azúcares reductores, superóxido dismutasa.

Medición de las variables

Para medir las variables fisiológicas (fotosíntesis, transpiración) se utiliza un analizador portátil de fotosíntesis LiCor-6400; el potencial hídrico se mide con una cámara de presión marca Soil-moisture (bomba de Schölander); la fluorescencia se mide con fluorómetro modulado Hansatech.

Las mediciones se realizan cada cuatro horas por un periodo de 24 horas. La fotosíntesis y la fluorescencia son no destructivas; sin embargo, en cada muestreo se arranca la hoja No. 3 para medir el potencial hídrico y posteriormente se preserva en nitrógeno líquido para evaluar la respuesta bioquímica en el laboratorio.

Se evalúan las plantas en un muestreo inicial bajo condiciones de saturación de agua para corroborar que todas se encuentran en iguales condiciones.

Dos meses después de aplicar el tratamiento se realiza un muestreo para evaluar el efecto de las tensiones hídricas sobre las variables fisiológicas y bioquímicas.

Cómo hacer la medición para las variables

Para realizar la medición de fotosíntesis se utiliza el IRGA LiCor 6400, el cual consta de una consola y una pinza. Esta pinza se coloca sobre la hoja No. 3 de cada planta; esta pinza tiene una ventana de 6 cm², donde se lleva a cabo la captura de los gases que está intercambiando la hoja; de esta manera, con el análisis que realiza el equipo de la cantidad de CO₂ y H₂O, se calculan diferentes variables como fotosíntesis, transpiración, resistencia estomática, etc. La evaluación tiene una duración no mayor a los dos minutos. Igualmente, a la vez el equipo puede medir otras variables como temperatura, radiación, etc. Terminado el proceso, se guarda la información en la consola y se pasa a otra hoja de otra planta; así sucesivamente, hasta terminar las plantas de los dos materiales y de los cuatro tratamientos.

¹La información de este experimento fue brindada por el investigador Christian Harri Bayona Rodríguez, biólogo, estudiante de Doctorado de la Universidad Nacional de Colombia, quien labora en Cenipalma, en el Centro Experimental La Vizcaína, en la Zona Central.

Factores de estudio

De acuerdo con el objetivo planteado, se evaluarán cuatro tensiones hídricas:

-0,01

-0,05

-1,00

< 1,5 megapascuales

Estas tensiones se seleccionaron con base en condiciones óptimas de humedad del suelo para el desarrollo del cultivo y aquellas que pueden generar un estrés moderado y severo.

Unidad experimental

Se siembra una matera con una planta de un mes y se lleva hasta el cuarto mes en la matera.

Descripción general de la forma como se llevó a cabo el experimento

El experimento se realiza en casa de malla porque esta infraestructura permite controlar la humedad del suelo y la presencia de algunos insectos plaga.

Se colocan materas de igual tamaño, con capacidad de suelo de 50 kg, que se llenan con suelo mezclado, cernido y homogeneizado; las materas se ubican en arreglo de tres bolillos en cuatro líneas de mesas ubicadas dentro de la casa de mallas.

El control de las tensiones se realiza mediante un sistema de riego automatizado que se programa por horas de riego, días de riego y tiempo de riego, lo que permite aplicar películas de agua que mantienen constante las diferentes tensiones hídricas; además, se tienen 16 sensores (Delta-T) de humedad del suelo en diferentes materas, conectados a un capturador de datos (Datalogger DL2), con el fin de monitorear esta variable.

Antes de pensar en diseñar estadísticamente un experimento, es necesario contar con los elementos que facilitan la selección del diseño adecuado: las variables de respuesta que serán observadas o medidas durante el experimento; las variables o factores de estudio que serán controlados en el experimento por parte del investigador; y el material experimental con el que se va a trabajar. Conocer estos elementos, disponer de ellos y tener seguridad acerca de su papel en la ejecución del experimento para el logro de los objetivos propuestos, facilitará la selección del diseño estadístico adecuado.

Centro de Investigación en Palma de Aceite

Calle 20A N° 43A - 50 Piso 4 Bogotá D.C.

PBX: 208 6300 Fax: 244 4711

www.cenipalma.org