

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRIA ECONOMIA AGRICOLA



“EVALUACION DE UN APARATO PROTOTIPO EN LA POLINIZACION DE PLANTAS ANDROESTERILES MEDIANTE INDICADORES ECONOMICOS PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA HIBRIDA DE MARIGOLD (*Tagetes erecta L.*), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL DEPARTAMENTO DE JALAPA”

Autor: Ing. Agr. Samuel Obdulio Reyes Gómez

Guatemala agosto del 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRIA ECONOMIA AGRICOLA

**“EVALUACION DE UN APARATO PROTOTIPO EN LA POLINIZACION DE PLANTAS
ANDROESTERILES MEDIANTE INDICADORES ECONOMICOS PARA LA PRODUCCION DE
SEMILLA HIBRIDA DE MARIGOLD (*Tajetes erecta L.*), BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO EN EL DEPARTAMENTO DE JALAPA”**

Informe final de tesis para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias, con base en el
“Normativo De Tesis para Optar al Grado de Maestro en Ciencias” aprobado por la Junta
Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el veintidós de febrero del 2005.

Asesor: Ing. Agr. Roberto Bran Shaw

Autor: Ing. Agr. Samuel Reyes Gómez

Guatemala, agosto de 2,006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Lic. Eduardo Antonio Velásquez Carrera
Secretario: Lic. Angel Jacobo Meléndez Mayorga
Vocal I: Lic. Canton Lee Villela
Vocal II: Lic. Albaro Joel Giron Barahona
Vocal III: Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
Vocal IV: P.C. Efrén Arturo Rosales Alvarez
Vocal V: PC José Abraham Gonzalez Lemús

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE
TESIS SEGÚN EL ACTA CORRESPONDIENTE

Presidente: Lic. MAI. Santiago Alfredo Urbizo Guzmán
Secretario: Ing. MSc. Hugo Romeo Arriaza Morales
Vocal I: Msc. José Flavio Ortiz Pérez.
Vocal II: Ing. MSc. Mario López Rodriguez
Vocal III: Ing. MSc. Cesar Vermín Tello Tello
Asesor de Tesis: Ing. Msc. Roberto Bran Shaw

DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS.
GUATEMALA. VEINTISEIS DE JULIO DE DOS MIL SEIS.

Con base en el Punto SEXTO, inciso 6.5, subinciso 6.5.2 del Acta 21-2006 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 4 de julio de 2006, se conoció el Acta Escuela de Estudios de Postgrado No. 07-2006 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 7 de junio de 2006 y el trabajo de Tesis de Maestría en Economía Agrícola, denominado: "EVALUACIÓN DE UN APARATO PROTOTIPO EN LA POLINIZACION DE PLANTAS ANDROESTERILES MEDIANTE INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA HIBRIDA DE MARIGOLD (Tajetes erecta L.), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL DEPARTAMENTO DE JALAPA", que para su graduación profesional presentó el Ingeniero Agrónomo SAMUEL ORDULIO REYES GÓMEZ, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. JUAN ANTONIO GOMEZ MONTERROSO
SECRETARIO EN FUNCIONES

LIC. EDUARDO ANTONIO VELASQUEZ CARRERA
DECANO

Smp.

*"Todo Por La Carohungia Mia
Dr. Carlos Martínez Durán
2006: Centenario de su Nacimiento."*



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

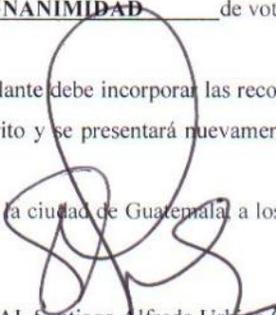
ACTA No. 07-2006

En el salón No. 1 del Edificio S-11 de la Escuela de Estudios de Postgrados de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, nos reunimos los infrascritos miembros del Jurado Examinador, el 7 de junio del año en curso, a las 19:10 horas, para practicar el EXAMEN GENERAL DE TESIS del Ingeniero Agrónomo Samuel Obdulio Reyes Gómez Carné No. 1005016, estudiante de la Maestría en Economía Agrícola, como requisito para optar al grado de Maestro en Ciencias de la Escuela de Estudios de Postgrado. El examen se realizó de acuerdo con el Normativo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas en el punto SÉPTIMO inciso 7.2 del Acta 5-2005 de la sesión celebrada el veintidós de febrero de 2005. Se evaluaron de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico del informe final de la tesis elaborada por el postulante, denominado EVALUACIÓN DE UN APARATO PROTOTIPO EN LA POLINIZACION DE PLANTAS ANDROESTERILES MEDIANTE INDICADORES ECONÓMICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA HIBRIDA DE MARIGOLD (Tajetes erecta L.), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN EL DEPARTAMENTO DE JALAPA”.

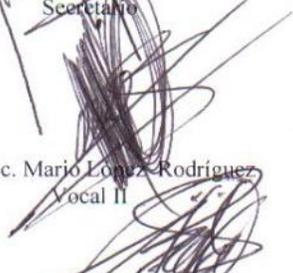
El examen fue APROBADO por UNANIMIDAD de votos CON CORRECCIONES DE FORMA por el Jurado Examinador.

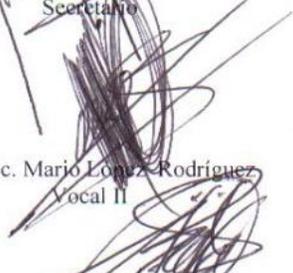
Previo a la aprobación final de tesis, el postulante debe incorporar las recomendaciones emitidas en reunión del Jurado Examinador las cuales se le entrega por escrito y se presentará nuevamente la tesis en el plazo máximo de 30 días a partir de la presente fecha.

En fe de lo cual firmamos la presente acta en la ciudad de Guatemala a los siete días del mes de junio del año dos mil seis.


Lic. MAI. Santiago Alfredo Urbizo Guzmán
Presidente

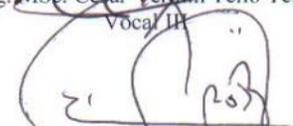

Ing. MSc. Hugo Romero Arriaza Morales
Secretario


Ing. MSc. Mario López Rodríguez
Vocal II


Ing. Agr. Samuel Obdulio Reyes Gómez
Postulante


MSc. José Flavio Ortiz Pérez
Vocal I


Ing. MSc. César Versamin Tello Tello
Vocal III


Ing. Agr. Roberto Bran Shaw
Asesor

AGRADECIMIENTOS

A Dios, guía perfecta para mi actuar. Y a Iglesia del Nazareno Zona 2.

Al Ing. Agr. Msc. Roberto Bran por su asesoría tan profesional en el presente trabajo.

A Samuel Reyes Mayén y Gloria Nineth Gómez de Reyes (QEPD) Quienes siempre consideraron que el estudio era la mejor herencia.

A Lydia Reyes García, ayuda idónea para mi desenvolvimiento profesional.

A José Samuel Reyes Reyes y Luis Eduardo Reyes Reyes, mi inspiración para continuar

A la Escuela Nacional Central de Agricultura, melodía difícil de entonar, donde creo que siempre puede hacerse algo mejor

RESUMEN

La producción de semillas de Marigold (*Tajetes erecta* L.) conocida comúnmente como flor de muerto, es una actividad muy especializada, ya que se realiza mediante un cruce de líneas genéticamente estables para producir un híbrido de significativa belleza. El proceso clave es la polinización de las flores el cuál es muy delicado; tradicionalmente este trabajo se ha efectuado con mujeres, requiriendo mucha mano de obra. El polen que se utiliza proviene de líneas acondicionadas para este fin, y la relación de plantas necesarias es de tres plantas de polen por una hembra (plantas androestériles).

Investigaciones anteriores realizadas por el autor han permitido diseñar un prototipo de aparato prometedor para reemplazar el uso tradicional de la brocha de cáñamo, obteniéndose en pruebas exploratorias, cuajamientos adecuados (formación de semillas a partir del proceso de fecundación debido a la polinización).

En este informe se presentan los resultados del proceso de validación del prototipo del aparato polinizador, cuyo trabajo se efectuó durante el año 2005 en condiciones de invernadero en el departamento de Jalapa. El experimento se montó en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: a) uso del prototipo de aparato con dosis de 3 gramos/banca de 12 mts², b) uso del prototipo de aparato con dosis de 6 gramos/banca de 12 mts², c) uso del prototipo de aparato con dosis de 9 gramos/banca de 12 mts² y d) Uso de la brocha tradicional, polen libre, como testigo. Como variables respuesta se considero: a) número de semillas cuajadas por flor, b) tiempo utilizado por banca (en minutos).

El prototipo del aparato aún es rudimentario pues la inyección de aire se realiza a través de un émbolo parecido a las bombas aspersoras manuales, y el dosificador es un sistema de tolvas y agujeros, por lo que deben realizarse otras investigaciones para perfeccionar el aparato, podría por ejemplo colocarse un tanque de aire comprimido que pueda acomodarse en la espalda de la ó el operario.

En el análisis estadístico se efectuó un análisis de varianza para cada una de las variables respuesta, encontrándose para ambas variables que sí existía por lo menos un tratamiento diferente a los demás, los resultados del estadístico F de 23.553 y 86.344 así lo demuestran. Luego se realizó pruebas de medias para cada variable utilizándose como comparador el

estadístico de Tukey. Ello permitió formar dos subconjuntos para cada variable; en el caso de número de semillas, resultó un subconjunto con los tratamientos de seis y nueve gramos usando el prototipo del aparato, más el testigo y el otro subconjunto el tratamiento con tres gramos. Lo cuál permite concluir que el tratamiento a descartar es el de tres gramos usando el prototipo del aparato, pues fue el único que no produjo la cantidad de semilla similar al testigo; por lógica dentro del primer subconjunto se escoge el que utiliza menor cantidad de pólen (que es lo que se está buscando). En el caso de la variable tiempo después del análisis se formaron también dos subconjuntos, resultando el primero con las tres dosis de tres, seis y nueve gramos con el prototipo del aparato y el otro subconjunto el tratamiento de la brocha tradicional, esto permite concluir que el prototipo del aparato polinizador permite reducir el tiempo que se emplea para la polinización, la media del testigo fue de 63 minutos por banca de 12 mts², mientras que con el aparato fueron de 20.25, 20.5 y 22.5 minutos por banca para los tratamientos de tres, seis y nueve gramos.

Se realizó además un análisis financiero, calculándose la rentabilidad con y sin el uso del prototipo del aparato manejando los resultados de las variables respuesta, llegando a concluir que la rentabilidad puede subirse de 87.50% que es la que actualmente se obtiene, hasta 252.94%. Este análisis se efectuó tomando en cuenta los rubros significativos de costos e ingresos para producir un kg de semilla híbrida, considerando después de observar los resultados de la investigación que puede existir un ahorro de no menos del 50% en mano de obra, y de un 55% por costo de polen.

Los indicadores financieros mejoran considerablemente al comparar el método tradicional contra el uso del prototipo de aparato en dosis de seis gramos por banca, en un flujo de fondos de 5 años.

El uso del aparato prototipo con dosis de 6 gramos por banca demostró ser el mejor tratamiento, ya que permite reducir la cantidad de pólen y tiempo a utilizar, manteniendo un porcentaje de cuajamiento similar al método tradicional que es el del 40%, esto permite un mejoramiento de la rentabilidad aumentando del 87.50% al 237.07% y de los índices financieros: en el caso de la Tasa Interna de Retorno (TIR) aumenta desde el 90% hasta el 139%, el Valor Actual Neto (VAN) de Q.452,998.40 a Q. 834,876.16, la Relación Ingreso/costo de 1.39 a 2.07 y el Valor Anual Equivalente de Q. 168,445.98 a Q. 310,445.98.

Se concluye que el prototipo del aparato reduce la cantidad de polen a utilizar desde 40 gramos que se utilizan actualmente en las tres aplicaciones por inflorescencia hasta 18 gramos (al aplicar tres aplicaciones de 6 gramos) en el tratamiento con dosis más baja que no afecta el cuajamiento, y además reduce el tiempo hasta en un 50% que se emplea para polinizar una banca.

Para el país, el cambio del método tradicional hacia este prototipo de aparato permitirá aumentar la competitividad frente a otros países que tradicionalmente también realizan este tipo de actividad, además el aumento de rentabilidad permitirá que los recursos sobrantes: infraestructura, insumos, etc. se destinen a otro tipo de producción.

Este aparato puede convertir el trabajo de polinización en un proceso más especializado que permita mejorar el salario del operario, y al mismo tiempo puede aumentar las ganancias del inversionista local al aumentar la rentabilidad del cultivo.

Ambientalmente no existe ningún problema pues no se utilizarán agroquímicos, ni insumos adicionales, ni procesos comprometedores con el medio.

INDICE DE CUADROS

	Página
1. Tratamientos.....	17
2. Unidades experimentales.....	18
3. Croquis de campo.....	18
4. Número de semillas cuajadas por unidad experimental.....	19
5. Tiempo promedio para polinizar por unidad experimental.....	19
6. Análisis de varianza para la variable semilla.....	21
7. Comparación múltiple de medias para la variable semilla.....	22
8. Subconjuntos de medias para la variable semilla.....	23
9. Análisis de varianza para la variable tiempo.....	24
10. Comparación múltiple de medias para la variable tiempo.....	25
11. Subconjuntos de medias para la variable tiempo.....	26
12. Análisis de rentabilidad producción semilla de Marigold.....	28
13. Cédula para cálculo de indicadores financieros.....	29
14. Indicadores Financieros proyectados a 5 años.....	30

INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Página
1. Brocha que se utiliza para polinizar en forma manual	6
2. Flores de Marigold proveniente de semilla híbrida.....	9
3. Succión de polen.....	11
4. Almacenamiento temporal de polen en hieleras.....	12
5. Análisis de polen en Banco de Polen.....	13
6. Flores androestériles (hembras).....	14
7. Preparación de semillas.....	15

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. OBJETIVOS.....	4
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2. HIPOTESIS	5
3. ANTECEDENTES.....	6
3.1. SISTEMA DE POLINIZACIÓN TRADICIONAL	6
3.2. ANTECEDENTES DE APARATOS POLINIZADORES	7
4. MARCO TEORICO	8
4.1. PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE MARIGOLD	8
4.2. POLINIZACIÓN	10
4.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE MARIGOLD.....	11
5. METODOLOGIA	16
5.1. VARIABLES.....	16
5.2. TIPO DE INVESTIGACION.	17
5.3. DISEÑO.....	17
5.4. TOMA DE DATOS.....	18
6. RESULTADOS	19
7. ANALISIS Y DISCUSION RESULTADOS.....	20
7.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	20
7.3. ANÁLISIS FINANCIERO.....	27
8. CONCLUSIONES	32
8.1. UNA NUEVA FORMA DE POLINIZAR FLORES DE MARIGOLD.....	32
9. RECOMENDACIONES.....	33
10. BIBLIOGRAFIA.....	34
11. GLOSARIO DE TERMINOS	35
12. ANEXOS	37
12.1 ANEXO 1. INDICADORES FINANCIEROS	37
12.2. ANEXO 2. ANDEVA DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR EN SPSS	41

INTRODUCCION

La semilla de Marigold (*Tajetes erecta L.*) es un producto agrícola no tradicional¹ que está adquiriendo una importancia económica para Guatemala, dentro del rubro de ornamentales y más específicamente como semillas de flores. Ofrece una rentabilidad por encima del 80% cuando se realizan adecuadas prácticas de manejo cultural, como: preparación del terreno, trasplante adecuado, aspersiones de insecticidas y fungicidas adecuadas; rentabilidad que puede ser mejorada sustancialmente con el ahorro en costos por reducción del uso de polen y de mano de obra en la polinización. La semilla es un híbrido resultante de plantas madres androestériles polinizadas con polen proveniente de plantas machos específicos.

La planta de Marigold pertenece a la familia de las Compositae y su producción se efectúa con el propósito de producir semillas híbridas que se comercializan a consumidores finales quienes las utilizan en sus jardines por sus flores compuestas de extraordinaria belleza.

A la fecha, no existe en el mercado guatemalteco un aparato que permita polinizar eficientemente este tipo de flores, ya que la producción actual se ha basado en el maquilado de este tipo de semillas en países como Guatemala en donde la mano de obra es barata, y por lo tanto se sigue haciendo en forma manual con brochas de cáñamo entorchado dentro de pajillas plásticas, produciéndose un desperdicio alto de polen. La mano de obra es intensiva, regularmente se realiza con mujeres por la delicadeza con que debe hacerse, ellas reciben un adiestramiento previo.

Anteriores Investigaciones efectuadas por el autor condujeron a diseñar un prototipo de aparato polinizador prometedor, el cuál tiene un embolo que inyecta aire a alta presión que pasa a una cámara cerrada donde se provoca una turbulencia sobre la cuál se deja caer el polen con un dosificador de granos, luego el aire con el polen sale por un dispositivo con doble cono contrapuesto en donde el aire es forzado a pasar por un espacio pequeño desde donde entra a la punta del cono para salir en una forma lenta sobre los estigmas de las flores. Con este prototipo se han obtenido cuajamientos adecuados en pruebas exploratorias que se han realizado a pequeña escala. Se hizo necesario por tanto, validarlo a nivel experimental y luego a nivel comercial.

¹ Popularmente conocida como “Flor de Muerto”

Con la presente investigación se pretende evaluar el prototipo del aparato polinizador experimental para demostrar estadística y económicamente que es una alternativa mejor que la tradicional, la cual permitiría mejorar la rentabilidad del cultivo.

La hipótesis plantea “que es posible reducir la cantidad de polen y mano de obra que se utiliza para polinizar plantas madres de Marigold (plantas androestériles), utilizando el prototipo del aparato polinizador que permite simular la polinización natural, permitiendo mejorar la forma artificial tradicional que actualmente se usa”.

Como objetivo general se planteó la evaluación del prototipo del aparato para polinizar flores compuestas de Marigold, asegurando un porcentaje adecuado de fecundación y cuajamiento, y como específicos, evaluar diferentes dosis de polen aplicados por banca de 12 mts², el tiempo empleado en polinizar por banca y el cálculo de la rentabilidad al usar el prototipo del aparato.

Metodológicamente se propone un experimento con un diseño “Completamente al Azar” en invernaderos en plena producción. Los tratamientos a evaluar son cuatro: tres con el prototipo a dosis de 3, 6 y 9 gramos de polen por banca de 12 mts², y el testigo que es el método tradicional con brocha de cáñamo, el cuál utiliza hasta 40 gramos de polen en promedio en las tres aplicaciones que necesita la inflorescencia. Las variables respuestas que se plantean son: a) la cantidad de semillas cuajadas en cada tratamiento, y, b) el tiempo empleado en la aplicación.

Para el análisis estadístico de los datos, se propone el programa estadístico llamado: Statistical Package for Social Sciences (SPSS), para efectuar el análisis de varianza (ANDEVA) para cada una de las variables respuesta. Dicho análisis se complementará con pruebas múltiples de medias para cada variable, utilizándose como comparadores los estadísticos de Tukey, SNK, y Duncan, y se conforman subconjuntos de tratamientos con medias iguales.

El presente documento consta de un primer capítulo que propone los objetivos del estudio, mientras que en el capítulo dos se plantean dos hipótesis. Ya en el tercer capítulo se presentan antecedentes de la investigación explicando el sistema de polinización tradicional, y el desarrollo de investigaciones anteriores en busca del prototipo del aparato que llevó cerca de ocho años de desarrollo. Mientras que en el cuarto capítulo presenta el Marco Teórico sobre los fundamentos conceptuales del proceso de polinización y fecundación, así como el proceso de producción de semilla de Marigold. En el quinto capítulo se plantea la metodología desarrollada en la etapa de experimentación a nivel de campo y para el análisis de los datos. Los resultados obtenidos en el

experimento son presentados en el capítulo 6; su análisis y discusión en el capítulo 7 explicando el análisis estadístico y el financiero efectuados. Finalmente en los capítulos 8 y 9 se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Como apoyo a esta investigación se presentan en el anexo 1, la metodología para el cálculo de indicadores financieros mediante el uso de Excel y en el anexo 2 un ejemplo práctico de análisis estadístico de un diseño completamente al azar utilizando SPSS.

1. OBJETIVOS DE ESTA INVESTIGACION

1.1. Objetivo General

Evaluar el prototipo de un aparato para polinizar flores de Marigold (Tajetes erecta) asegurando el porcentaje actual de fecundación y cuajamiento (40% de los pistilos).

1.2. Objetivos Específicos

- 1.2.1. Evaluar diferentes dosis de polen aplicados por banca de 12 mts² (12 de largo por un metro de ancho) de flores de Marigold androestériles.
- 1.2.2. Evaluar el tiempo de mano de obra empleado en polinizar por banca de 12 mts² (12 metros de largo por un metro de ancho).
- 1.2.3. Calcular la rentabilidad que se obtiene al usar el prototipo del aparato polinizador comparado con el método tradicional.

2. HIPOTESIS

- 2.1. “Es posible reducir la cantidad de polen y mano de obra que se utiliza para polinizar plantas madres de Marigold, utilizando un aparato que permita simular la polinización natural, permitiendo un cuajamiento similar al que se obtiene con los métodos tradicionales”.
- 2.2. “Por lo menos uno de los tratamientos en donde se utilice el prototipo polinizador resultará mejor que el testigo que es la polinización manual con brocha de cáñamo”

3. ANTECEDENTES

3.1. Sistema de Polinización Tradicional.

El proceso de polinización según la tecnología actual se efectúa por medio de brochas fabricadas con una pajilla y cáñamo especial, (ver fotografía numero uno) y se realiza cuando las plantas madres están receptivas, la cantidad de polen que se utiliza por este medio es relativamente alta, pues se llegan a aplicar hasta 40 gramos por banca de 12 metros de largo por uno de ancho, en las tres aplicaciones que necesita cada flor compuesta, el polen debe estar almacenado en ambientes refrigerados. (3)



Fotografía 1. Brocha que se utiliza para polinizar en forma manual

La producción de polen es un proceso de alto costo, deben sembrarse hasta 3 bancas de polen por una de madre (muy similar a la relación que se usa en plantaciones de semillas como maíz en donde la técnica de campo es bastante rudimentaria, y la polinización se realiza aprovechando el

viento natural). Esta producción se realiza bajo invernadero con condiciones controladas, y para recolectar el polen se utilizan bombas de succión que permiten aspirarlo.

Después del proceso de polinización ocurre la fecundación y luego el cuajamiento de la semilla. En forma artificial el porcentaje que se logra es de hasta un 40% del total de estigmas receptivos, esto significa que todavía es susceptible de mejorarse hasta en un 60% adicional.

La producción se realiza en forma manual con un requerimiento alto de mano de obra, específicamente femenina, utilizando cantidades considerables de polen. El maquilado de este tipo de semilla se realiza en países donde la mano de obra es barata, por lo que no ha surgido la necesidad de las empresas comercializadoras de diseñar un aparato que permita polinizar eficientemente este tipo de flores.

3.2. Antecedentes de Aparatos Polinizadores

A la fecha no existe información sobre la fabricación de un aparato que permita polinizar artificialmente flores de Marigold, sin embargo el autor ha realizado las siguientes pruebas previas.

a) **Polinización con una mezcla realizada en agua y posterior nebulización** con un nebulizador de los que se utilizan para aplicar agroquímicos, (*el nebulizador es un aplicador de agroquímicos que se caracteriza por utilizar pequeñas cantidades de agua y gran cantidad de producto, el cuál sale del mismo en una mezcla muy fina y atomizada*) : no funcionó debido a que el polen al contacto con el agua principia inmediatamente su proceso de división para germinar el tubo polínico por donde pasan las células germinativas, las cuales ya han sido evacuadas cuando el tubo penetra por el estigma. La fecundación fue del 0% en este ensayo.

b) **Aplicación con solución del polen en aceite aplicándolo con “aerógrafo”** (sistema para dibujar utilizando aire y tinta), no funcionó debido a que el aceite evita que la pared celular logre romperse y no permitió que emergieran los tubos polínicos, las células germinativas murieron por asfixia. La fecundación fue del 0% en este ensayo.

c) **Aplicación de mezcla en aire con compresor.** No funcionó debido a que al observar la polinización al estereoscopio se comprobó que la velocidad del aire era demasiada alta lo que provocó que el polen no se colocara en el estigma sino que pasara hasta el receptáculo en donde ya no cumplía ninguna función, el tubo polínico germinaba pero no encontraba correspondencia con el estigma-estilo. La fecundación fue por debajo del 1 % del total.

d) **Desarrollo del primer prototipo.** Este aparato permite simular la polinización natural al caer el polen en una forma suave sobre el estigma lo cuál permite que ocurra la polinización. El aparato posee un émbolo parecido a las bombitas aspersoras caseras (tipo Flit) lo cuál provoca una alta velocidad del aire que pasa a una cámara especial, donde al mismo tiempo mediante un dosificador se le deja caer el polen y ocurre una mezcla en una solución que mediante un vénturi en un sistema de conos invertidos resta velocidad hasta un valor adecuado que permite que el polen caiga sobre el estigma en forma suave, lo cuál asegura la polinización. Con este aparato se polinizaron varias flores a las cuales se les colocó etiquetas que permitieron verificar el cuajamiento posterior, obteniéndose cuajamientos por encima del 40% el cuál es aceptable a nivel de producción, donde los cuajamientos ocurren por debajo de este porcentaje. Este es el prototipo de aparato que se evaluó en este experimento. Para el desarrollo de este aparato fue necesario consultar con expertos en Mecánica Industrial, Biólogos y Botánicos.

4. MARCO TEORICO

4.1. Producción de semilla híbrida de Marigold

La producción de semilla híbrida de Marigold (*Tajetes erecta*) posee un nicho de mercado a nivel mundial el cuál es controlado por empresas comercializadoras que trabajan bajo el método de outsourcing con empresas que maquilan la semilla en países donde la mano de obra es barata, para estas empresas maquiladoras resulta un atractivo negocio pues las rentabilidades se encuentran arriba del 80%, por ejemplo un kg. de semilla entregado a la empresa comercializadora puede llegar a alcanzar un precio aproximado de Q. 7500.00 (US \$ 1000). (4)

Las empresas comercializadoras se encuentran localizadas en los Estados Unidos de América, Holanda y Japón, y subcontratan empresas maquiladoras debido a que el uso de mano de obra en este trabajo es muy intensivo; se necesita mantener una planilla de aproximadamente 500 trabajadores para producir 1,000 Kg. de semilla al año. (7)

La semilla híbrida producida, al ser sembrada en jardines temporales, en países donde el clima no permite tener jardines permanentes, produce plantas con flores compuestas muy hermosas con colores que van desde el blanco hasta el anaranjado oscuro, pasando por el amarillo, como puede observarse en la fotografía numero 2. La última tendencia es la reducción del tamaño de las plantas, conociéndose en el medio local como plantas enanas, y en Estados Unidos como “petit”.

El material genético estuvo durante mucho tiempo en manos de empresas estadounidenses, en la actualidad ya se encuentran empresas japonesas y holandesas trabajando también sus materiales genéticos. La variabilidad fue extraída de Mesoamérica donde las plantas se encuentran en forma silvestre, siendo común observar todavía hoy en día habitantes que el “día de muertos” adornan las tumbas de sus familiares con este tipo de flores.

El trabajo de maquilado actual se realiza a través del sistema de cuotas, en donde la empresa comercializadora proporciona el material genético, y las metas de producción, con una calendarización que debe de cumplirse con pequeños márgenes de error, con controles muy estrictos de calidad y pureza.



Fotografía 2. Flores de Marigold provenientes de semilla híbrida.

Para la producción de semilla híbrida es necesario el cruce de líneas genéticamente estabilizadas en las cuales una actúa como hembra (plantas androestériles que en el lenguaje técnico en la producción de semillas de flores se conocen como plantas madres) y la otra como macho (plantas que producen flores hermafroditas que actúan como padres, que en el lenguaje técnico se conocen como plantas polen).

La polinización artificial cruzada necesita de grandes cantidades de polen, el cuál es de alto costo, la aplicación se realiza con una brocha especial y se hace en forma manual, la cantidad de polen a aplicar y la mano de obra a utilizar puede reducirse utilizando un aparato polinizador que coloque el polen en una forma suave sobre los estigmas, asegurando un buen porcentaje de cuajamiento. El autor ha desarrollado un prototipo de aparato polinizador, el cuál tiene un embolo que inyecta aire a alta presión, el cual ingresa en una cámara cerrada donde se provoca una turbulencia sobre la cuál se deja caer el polen con un dosificador de gramos, luego el aire con el polen sale por un dispositivo con doble cono contrapuesto en donde el aire es forzado a pasar por un espacio pequeño desde donde entra a la punta del cono para salir en una forma lenta sobre los estigmas de las flores. Este prototipo de aparato en sus primeras pruebas promete ser un buen polinizador, ya que se obtuvo cuajamientos adecuados en estas pruebas exploratorias y es necesario evaluarlo experimentalmente para demostrar estadística y económicamente que es una alternativa mejor que la tradicional, la cual permite mejorar la rentabilidad del cultivo.

4.2. Polinización

Para poder comprender el mecanismo de polinización es necesario conocer las partes de las que se compone una flor completa: el androceo, es el conjunto de órganos masculinos de la planta y se compone de estambres. El estambre a su vez, está compuesto por un filamento y anteras. La antera está formada por sacos polínicos donde se encuentran los granos de polen. Cada grano posee dos membranas, una externa o EXINA y una interna ó INTINA. La Exina posee poros por donde sale el tubo polínico una vez que germina el grano de polen. El gineceo ó conjunto de carpelos es el órgano femenino de las plantas. Cada carpelo se compone de ovario, estilo y estigma.

El ovario es la cavidad donde se encuentran los óvulos (ovocelula). Se llama polinización a la transferencia de polen desde la antera, hacia el estigma, cuando el polen se adhiere al estigma germina y produce un tubo polínico que crece en dirección al ovario, el gameto masculino se transfiere a través del tubo y se une al gameto femenino para formar un huevo o cigoto, permitiendo de esta forma el desarrollo del fruto que protege a las semillas. Así una semilla es un óvulo fecundado y maduro, mientras que un fruto es el ovario fecundado y maduro. Cuando la polinización ocurre hacia el estigma de una flor de otra planta se denomina polinización cruzada (Xenogamia), lo cuál ofrece a las plantas una gran variabilidad genética, con mayores posibilidades de adaptarse a nuevos ambientes, competir y ocupar nuevas posiciones ecológicas, en este caso provoca una flor de belleza extraordinaria que se utiliza con fines comerciales.

4.3. Proceso de producción de Semilla de Marigold

La producción de semilla de Marigold se realiza bajo invernaderos, y es necesario sembrar las líneas hembras (madres) y los machos (padres) por separado, ya que el cruce de las dos líneas es lo que produce el vigor híbrido llegándose a manifestar en un fenotipo que produce flores de gran atractivo visual.

La siembra se realiza en una relación de 3:1. Para la producción del polen se hacen necesarias varias labores culturales, siendo uno de los cuidados principales el control de trips (insectos que se alimentan básicamente de polen). Cuando las plantas entran a la fase de floración debe de realizarse todos los días una revisión visual para estar seguros que no se encuentren plantas que no sean del tipo que se está trabajando, si aparece una con fenotipo ó genotipo diferente deben eliminarse de la banca (a este proceso se le conoce como selección, y se realiza en el 100% de las bancas).



Fotografía 3. Succión de Polen

El polen es succionado por medio de una pipeta que está conectado a una alimentación de succión², la pipeta es conectada a un tubo que en su entrada tiene un filtro de papel que atrapa el polen, (ver fotografía numero tres) el polen es almacenado temporalmente en hieleras que contienen hielo (para proporcionar un ambiente fresco) y silica (para adecuar un ambiente seco), (ver fotografía número 4.) Deben de identificarse adecuadamente cada uno de los sobres donde se almacena el polen.



Fotografía 4. Almacenamiento temporal de polen en hieleras

La succión del polen se realiza durante las horas con más altas temperaturas del día que es cuando los estambres sueltan los granos de polen. Durante los días nublados y lluviosos no es posible recolectar polen. Este trabajo se acostumbra realizar con mujeres, pues las plantas son sembradas al ras del suelo y es necesario acucillarse para poder efectuar el trabajo de succión.

² “La succión es provocada por bombas especiales y es conducida por tubería de PVC hasta los invernaderos” Reyes S. Producción de semillas de Marigold, Guatemala 1995.

Al final de la jornada el polen es llevado al banco de polen (ver fotografía numero cinco) en donde se coloca debidamente identificado en enfriadores donde es almacenado por el tiempo necesario para que las plantas madres estén receptivas. Acá se realizan las pruebas necesarias de viabilidad, observando los granos de polen por medio de microscopios y estereoscopios para asegurar que el mismo se encuentre en perfecto estado fisiológico.



Fotografía 5. Análisis de polen en el Banco de Polen

Las plantas madres se siembran en invernaderos con mejor acondicionamiento y se realizan una serie de labores culturales antes que llegue a la etapa de floración; las plantas madres son androestériles (no producen polen), lo cual evita la auto polinización (ver fotografía 6.). La androesterilidad se ha logrado a través de un trabajo genético que aun no ha logrado el 100% de efectividad por lo que es necesario hacer un proceso de selección diario para evitar plantas fuera de tipo.

La planta madre es una planta con tallo delgado que necesita un trabajo de tutorado para evitar que se acamen.



Fotografía 6. Flores Androesteriles. (Hembras)

Cuando la planta madre entra a la etapa de floración, principia la polinización. Un grupo de 10 trabajadoras por invernadero realizan el trabajo, para ello se utilizan brochas fabricadas con cáñamo entorchado dentro de pajillas, anteriormente se utilizaban brochas fabricadas con tres pajillas las cuales se redujeron a una pajilla.

El polen se lleva en hieleras hacia los invernaderos y se realiza el trabajo aplicando con cuidado el polen sobre los estigmas, la cantidad que se aplica debe ser adecuada, aproximadamente 13.33 gramos por banca de 12 metros (para evitar que los estigmas se deshidraten y se “quemen” por efecto del polen).

Por ser una flor compuesta es necesario realizar hasta tres aplicaciones para que la planta quede completamente polinizada. La semilla es cosechada a las tres semanas, y es llevada a una planta de preparación en donde primero secan adecuadamente las cabezuelas y de ahí se separan las semillas siendo necesario cortarles la cola para darles una mejor presentación, las semillas vanas y con poco peso son separadas para asegurar semilla de buena calidad (ver fotografía numero 7.).



Fotografía numero 7. Preparación de semilla

La semilla es introducida en una desbrozadora (Clipper), la cual separa basuras grandes y pequeñas, y hace una ligera separación entre semillas buenas y livianas, luego la semilla es sometida a un tratamiento en agua clorada al 5.5 % durante 4 minutos, después se coloca en una solución de un fungicida a 1 gramos por litro durante media hora, con el propósito de eliminar cualquier microorganismo presente y con una centrífuga se elimina el agua superficial. El agua que le queda a la semilla es eliminada al introducirla a un secador durante 24 horas a una temperatura entre 30 y 35 grados centígrados.

Este es el producto final que se envía a la empresa comercializadora, en empaque de diez kilogramos, por el valor del producto normalmente se reserva el asiento de un avión comercial para el transporte.

La empresa comercializadora realiza el empaque final en diferentes presentaciones, regularmente en cantidad de 5 a 10 semillas las cuales se peletizan incluyéndoles fertilizantes, insecticidas y fungicidas, para que estén listas para la siembra sin requerir mayores cuidados posteriores.

Este aparato se comercializará en Guatemala en las empresas que actualmente están maquilando este tipo de productos, actualmente son pocas empresas, el número no supera las diez empresas, si se hacen las adaptaciones y se patenta puede negociarse el precio en función del mejoramiento de las rentabilidades, luego se comercializará en otros países maquiladores: en Centroamérica, El Caribe, Vietnam y países de África. La comercialización a mayor escala podrá realizarse si se le realizan adaptaciones para otro tipo de cultivos.

5. METODOLOGIA

Esta investigación se realizó bajo ambientes controlados, en invernaderos de 1800 mts² (30 por 60 metros), en el municipio de Monjas, Jalapa. El trabajo de polinización y cosecha se efectuó de septiembre a diciembre del año 2005 en invernaderos en plena floración, cuya planta había sido sembrada en el mes de junio del año 2005.

5.1. Variables

Para la validación del prototipo del aparato polinizador se identificaron las siguientes variables:

5.1.1. **Variable independiente** Cantidad de polen en gramos, en tres diferentes tratamientos 3, 6 y 9 gramos, y un testigo (brocha con 40 gramos por banca en promedio).

5.1.2. Variables dependientes

Porcentaje de semillas cuajadas por flor.

Tiempo utilizado por tratamiento.

5.2. Tipo de investigación.

La investigación realizada fue de tipo experimental, buscando la validación del prototipo del aparato y fue realizada en áreas bajo invernadero en plena producción, sin variar las condiciones en que se realiza la producción actual.

5.3. Diseño

Se usó un diseño de experimentos “completamente al azar”, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. El experimento se realizó en invernaderos de plantas madres con condiciones controladas.

Los tratamientos fueron los siguientes:

Cuadro 1. TRATAMIENTOS PROPUESTOS PARA VALIDAR EL APARATO PROTOTIPO

No.Tratamiento	Descripción
1	Prototipo de aparato con dosis de 3 gramos
2	Prototipo de aparato con dosis de 6 gramos
3	Prototipo de aparato con dosis de 9 gramos
4	Brocha de cáñamo dosis libre

Fuente: propia.

Las parcelas experimentales se arreglaron en el invernadero sobre las bancas con áreas de 2 por 1 metros, se realizaron cuatro repeticiones en cuatro bancas continuas; el número de unidades experimentales total fue de dieciséis (16), los cuales se muestran en el cuadro número dos a continuación:

Cuadro 2. MATRIZ DE UNIDADES EXPERIMENTALES EN FUNCION DE TRATAMIENTOS Y REPETICIONES

	Repetición			
Tratamiento	1	2	3	4
1	11	12	13	14
2	21	22	23	24
3	31	32	33	34
4	41	42	43	44

Fuente: propia.

Las Unidades experimentales se aleatorizaron, obteniéndose el croquis de campo siguiente:

Cuadro 3. CROQUIS DE CAMPO DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES DENTRO DEL INVERNADERO

BANCA 1	13	21	31	12
BANCA 2	32	42	23	41
BANCA 3	22	11	44	33
BANCA 4	43	34	14	24

Fuente: propia.

5.4. Toma de datos

Los tratamientos se aplicaron en invernaderos en plena floración, realizándose tres aplicaciones de polen acuerdo con el crecimiento de las cabezuelas. En este momento se tomó el tiempo empleado por trabajadora por parcela experimental traduciéndose a mts², esta fue la primera variable que se midió.

La segunda variable que es la semilla producida se tomó al momento de la cosecha, la cuál se realizó tres semanas después de la polinización, contándose el número de semillas cuajadas por parcela y posteriormente se realizó el Análisis de Varianza correspondiente, asumiendo como

hipótesis alternativa que existe diferencia entre tratamientos, luego se realizó una prueba de medias aritméticas para definir el tratamiento significativamente mejor.

6. RESULTADOS

Los datos resultantes obtenidos del experimento en el campo de cada uno de los tratamientos y de cada una de las variables dependientes, se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 4. NÚMERO DE SEMILLAS CUAJADAS PROMEDIO POR FLOR

Repetición	Polen			
	3 gramos	6 gramos	9 gramos	gramos libres
1	45	100	105	111
2	60	110	109	110
3	75	114	114	109
4	80	118	118	120

Fuente: propia.

Cuadro 5. TIEMPO PROMEDIO PARA POLINIZAR (minutos)

Repetición	Polen			
	3 gramos	6 gramos	9 gramos	Gramos libres
1	20	28	25	60
2	22	20	20	68
3	21	22	19	54
4	18	20	18	70

Fuente: propia.

7. ANALISIS Y DISCUSION RESULTADOS

7.1. Análisis estadístico.

Se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) para las dos variables estudiadas: a) porcentaje de cuajamiento; y, b) tiempo; asumiendo como hipótesis alternativa que existe diferencia entre tratamientos,

El modelo estadístico que se usó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

Y_{ij} : porcentaje de cuajamiento y/o tiempo según el caso, de la ij -ésima unidad experimental.

μ = efecto de la media general

T_{ij} = efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = error experimental.

Hipótesis nula $H_0 : T_1 = T_2 = T_3 = T_4$

Hipótesis alternativa $H_a : T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$

Este diseño experimental se utilizó debido a que las condiciones bajo las cuales se efectuó el experimento eran controladas, y por lo tanto no existían otros factores que pudieran condicionar el experimento.

El análisis se realizó utilizando el software estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS) y cuya salida para la variable semilla fue la siguiente:

Cuadro 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE SEMILLA

ANOVA

	Suma de cuadrados	grados de libertad	Medio cuadrado	F	Sig.
Entre grupos	40	2	20	20.000	.000
Dentro de grupos	11	17	.647		
Total	51	19			

Fuente: output SPSS.

Donde:

Tratamientos: En SPSS aparece “entre grupos”, se refiere a la variabilidad debida a los tratamientos

Error: En SPSS aparece “dentro de grupos”, se refiere a la variabilidad debida al error

Grados de libertad: En SPSS aparece df: grados de libertad de la fuente de variación.

Suma de Cuadrados: suma de cuadrados de las desviaciones respecto a la media general.

Media de cuadrados: Suma de cuadrados dividido los grados de libertad..

F: estadístico de prueba Fischer, comparador de variabilidad.

Sig: Probabilidad de la significancia, indica la probabilidad de cometer un error tipo I, entre más cercano es el valor a 0 permite rechazar con mayor probabilidad la hipótesis nula.

En estos resultados se observa que sí existe diferencias entre tratamientos pues el análisis de varianza (ANDEVA) indica una alta significancia en la prueba, el error para indicar que los tratamientos son diferentes es muy cercano a 0, por lo que estadísticamente se puede decir que los tratamientos son diferentes.

Al ser diferentes los tratamientos se procedió a realizar una prueba de medias aritméticas comparando cada media de tratamientos contra el resto de tratamientos, ver cuadro número siete.

A continuación se presenta el resultado del análisis utilizando la prueba de Tukey

Cuadro 7. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS PARA LA VARIABLE SEMILLA

Comparación Múltiple

		Diferencia de Medias	Error estándar (1-f)	Intervalo de Confianza 95%	Significancia	Intervalo de Confianza	
						Límite superior	Límite inferior
1	2	-40.3	0.1130	-40.3	.000	-40.0217	-39.5783
	3	-40.3	0.1130	-40.3	.000	-40.0217	-39.5783
	4	-41.3	0.1130	-41.3	.000	-41.0217	-40.5783
2	1	40.30	0.1130	40.30	.000	40.0217	40.5783
	3	-1.00	0.1130	-1.00	.999	-1.1172	-0.8828
	4	-2.00	0.1130	-2.00	.991	-2.1172	-1.8828
3	1	40.30	0.1130	40.30	.000	40.0217	40.5783
	2	1.0000	0.1130	1.0000	.999	1.1172	0.8828
	4	-1.00	0.1130	-1.00	.999	-1.1172	-0.8828
4	1	41.30	0.1130	41.30	.000	41.0217	41.5783
	2	2.0000	0.1130	2.0000	.991	2.1172	1.8828
	3	1.0000	0.1130	1.0000	.999	1.1172	0.8828

Fuente: Output SPSS.

Donde:

Dependent Variable: variable dependiente.

Tukey: estadístico de prueba.

Diferencia de Medias: diferencias entre la media I y la J.

Error Estándar: Error Estándar de la comparación de medias.

Sig. Significancia. Probabilidad de cometer un error tipo I.

Intervalo de confianza: Intervalo de confianza de la diferencia al 95%.

Con el resultado de este análisis se formaron subconjuntos de tratamientos con medias estadísticamente iguales. Los subconjuntos pueden observarse en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. SUBCONJUNTOS DE MEDIAS

Semilla	Subconjuntos para	alpha=05	
		1	2
S	1	0.0000	
	2	+	0.0000
	3	+	0.0000
	4	+	0.0000
	5		0.0000
L	1	0.0000	
	2	+	0.0000
	3	+	0.0000
	4	+	0.0000
	5		0.0000
Q	1	0.0000	
	2	+	0.0000
	3	+	0.0000
	4	+	0.0000
	5		0.0000

Fuente: output SPSS.

Student-Newman-Keuls, Tukey HSD y Duncan son estadísticos similares que se utilizan para comparación múltiples de medias.

Subset for alpha: son subconjuntos con un nivel de significancia al 5%.

Al observar los subconjuntos de tratamientos de acuerdo a sus medias, los tratamientos de aplicación de polen a 6, y 9 gramos con el prototipo del aparato y la aplicación con la brocha tradicional son prácticamente iguales; el único tratamiento diferente es de la aplicación con 3 gramos.

Este análisis permite descartar el tratamiento con 3 gramos de polen, debido a que es diferente al testigo, su porcentaje de cuajamiento es más bajo que los otros tres y por lo tanto compromete la producción, el testigo es el que actualmente genera la producción esperada por los productores, el cuál estadísticamente es igual al de 6 y 9 gramos; y por lo tanto permite recomendar utilizar el tratamiento con 6 gramos de polen, ya que utiliza menos polen que los tratamientos de 9 gramos y

el de pólen libre con la brocha, (que en promedio utiliza 13.33 gramos por banca), además permite concluir que el uso del aparato es técnicamente adecuado ya que la producción de semilla con dosis por encima de 6 gramos se equipara al testigo con brocha de cáñamo, que se ha venido utilizando tradicionalmente.

En el caso de la variable tiempo el Análisis de varianza fue el siguiente:

Cuadro 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TIEMPO.

ANDEVA

	Suma de	Grados	Cuadrado de			
	cuadrado	de	Medio	F	Sig.	
1	04	1	04	2.0000	.000	
2	11	1	11	11.6667		
3	10	1	10	10.0000		

Fuente: output SPSS.

Ver la descripción de cada uno de los términos en la página 21.

Puede observarse que si existe diferencia entre tratamientos, el error es prácticamente cero, por lo que puede asegurarse que por lo menos uno de los tratamientos es diferente a los demás.

Se procedió a realizar una comparación múltiple de medias utilizándose el estadístico de Tukey, cuyos resultados son los siguientes:

Cuadro 10. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS PARA LA VARIABLE TIEMPO

Comparación múltiple

Tratamiento	Diferencia de Medias	Error Estándar (t)	Intervalo de Confianza 95%	Intervalo de Confianza 95%	
				Límite Superior	Límite Inferior
1	2	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
	3	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
	4	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
2	1	0.1130	0.0000	-0.0070	0.0000
	3	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
	4	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
3	1	0.1130	0.0000	-0.0070	0.0000
	2	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
	4	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
4	1	0.1130	0.0000	-0.0070	0.0000
	2	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000
	3	0.1130	-0.0070	0.0000	0.0000

Ver la descripción en la página 22.

Con este análisis se procedió a formar subconjuntos de tratamientos con medias iguales, habiendo hecho una comparación de cada uno de los tratamientos contra los otros, el uno contra dos, tres y cuatro y así con los siguientes, lo que puede observarse en el siguiente cuadro:

Cuadro 11. SUBCONJUNTOS DE MEDIAS PARA VARIABLE TIEMPO.

		Subconjuntos alpha	
		1	2
S	1	0.0001	0.0001
	2	+	0.0001
	3	+	0.0001
	4	+	0.0001
	5	0.0001	0.0001
L	1	0.0001	0.0001
	2	+	0.0001
	3	+	0.0001
	4	+	0.0001
	5	0.0001	0.0001
□	1	0.0001	0.0001
	2	+	0.0001
	3	+	0.0001
	4	+	0.0001
	5	0.0001	0.0001

Fuente: output SPSS.

Este análisis permite concluir que el tiempo para el tratamiento sin el prototipo (número 4) es diferente a los demás y es el más alto, permite demostrar que el uso del prototipo ahorra tiempo hasta en un 300% menos.

El análisis de varianza permite observar que sí existe diferencia entre tratamientos, no se acepta la hipótesis nula, ya que el estadístico F estimado es mucho mayor que el teórico. En las dos variables respuestas: a) semillas fecundadas, la probabilidad es cercana a 0, lo cuál permite rechazar la hipótesis nula planteada; por lo tanto, se puede afirmar con un 99% de confiabilidad que sí existe diferencia entre tratamientos.

7.3. Análisis Financiero.

El Análisis Financiero se realizó con el cálculo de la rentabilidad sin considerar el valor del dinero en el tiempo y luego se calcularon indicadores financieros considerando el valor del dinero en el tiempo.

7.3.1. Cálculo de rentabilidad.

Debido a que la producción de semilla por planta en el tratamiento elegido, 6 gramos por banca de 12 mts², es similar al testigo que en promedio utiliza 13.33 gramos por banca, lo cuál no compromete la producción, en el presente análisis se realizó un cálculo de rentabilidad, utilizando los grupos relevantes de costos para esta investigación, y comparando el uso tradicional con brocha de cáñamo contra el uso del aparato prototipo tipo venturi, todo sobre la base de la producción de un kilogramo de semilla, según los promedio estándares actuales.

Los ingresos por kilogramo de semilla actualmente son de Q. 7500.00 (US \$ 1,000.00). Para producir un kilogramo de semilla se invierten aproximadamente Q. 4,000.00, dato que incluye Q. 2500.00 de polen, con relación de polen madre de 3 a 1, Q. 1,000.00 de mano de obra, y Q.500.00 de otros insumos necesarios para la producción.

La reducción de aproximadamente 40 gramos de polen a 18 significa una reducción de hasta Q.1,375.00, lo cuál significa una reducción de 55% del costo total. Con el tratamiento de la brocha se emplean 40 gramos promedio en las tres aplicaciones de la inflorescencia, mientras que con el tratamiento de 6 gramos de polen por banca el total sería de 18 gramos de polen por banca.

La reducción del tiempo en forma experimental implica que puede reducirse el promedio en minutos por banca hasta en un 64.28%, dejando un margen de error discrecional de 14.28% al validar el aparato prototipo, se concluye que los jornales utilizados pueden ser hasta un 50% menos que realizándolo con brocha, esto implica reducir el personal por invernaderos a la mitad, y considerando que el costo de mano de obra significa el 25 % del costo total, podrían reducirse el costo total de obra hasta en un 12.5%.

Utilizando el criterio de la máxima ganancia como método para tomar decisiones sobre inversiones, se aplicó para el cálculo de la rentabilidad la siguiente fórmula:

$$R = ((IB-CT)/CT)*100$$

Donde: R = Rentabilidad en %
 IB = Ingreso Bruto
 CT = Costo Total

La rentabilidad es una relación entre quetzales ganados versus quetzales invertidos, expresado en porcentaje.

En el siguiente cuadro se muestra la comparación entre la rentabilidad utilizando la brocha de cáñamo entorchado contra el uso del prototipo del aparato polinizador.

Cuadro 12. ANALISIS RENTABILIDAD PRODUCCION SEMILLA DE MARIGOLD³ (Quetzales/kg. Semilla)

Grupo	Testigo	Aparato Prototipo 6 gr
Polen	2,500.00	1,125.00
Mano de obra	1,000.00	500.00
Otros insumos	500.00	500.00
Prototipo de aparato	-----	100.00
Costos Totales	4,000.00	2,225.00
Ingresos	7,500.00	7,500.00
<i>Utilidad</i>	3,500.00	5,275.00
Rentabilidad	87.50%	237.07%

Fuente: Propia.

³ Grupos de costos relevantes para esta investigación. Promedio de Quetzales/kilogramo de semilla

Como puede observarse, con el uso del prototipo del aparato puede lograrse una mejora de la rentabilidad desde el 87.50% hasta el 237.07%, lográndose un aumento del 149.57%, superior al 100% lo que indica que el prototipo sigue siendo muy prometedor.

Los resultados expresados son aún conservadores, pues con leves mejoras los resultados pueden ser más significativos.

7.3.2. Calculo de Indicadores Financieros.

En el siguiente cuadro se presentan las cifras de los grupos relevantes de costos que se utilizarán para el cálculo de los indicadores financieros, se supone una producción de 40 kgs. de semilla por invernadero, y el número de veces que se puede cultivar en el invernadero en el año es de dos, se presentan los ingresos y luego los egresos para el testigo y para el mejor tratamiento: el uso del prototipo del aparato con 6 grs. por banca.

Cuadro 13. CEDULA PARA CÁLCULOS DE INDICADORES FINANCIEROS
(Cifras expresadas en quetzales)

INGRESOS

Ingreso por kilogramo de semilla	7500
Producción de Kilogramos por invernadero	40
Numero de Ciclos por año	2
Ingresos por año	600000

EGRESOS (Testigo)

Costo por kilogramo de semilla	4000
Produccion de kilogramos por invernadero	40
Numero de Ciclos por año	2
Costos por año	320000

EGRESOS (Aparato Prototipo 6 gramos)

Costo por kilogramo de semilla	2225
Producción de kilogramos por invernadero	40
Número de Ciclos por año	2
Costos por año	178000

Fuente: propia.

En el cuadro 14 se presenta el cálculo de los indicadores financieros proyectados a cinco años, en el año 0 se incluye el costo de inversión de Q. 300,000.00 (invernadero y su acondicionamiento).

Se utilizó una tasa de descuento del 25%, que incluye un 15% de la tasa activa actual de los bancos, un 5% de tasa de riesgo y un 5% de ganancia, el autor considera importante incluir además del costo de oportunidad una tasa de riesgo y asumir una ganancia puesto que se considera, que, al superar los indicadores financieros el equilibrio entre costos e ingresos estos prueban que el proyecto financieramente es aceptable.

Cuadro 14. **INDICADORES FINANCIEROS PROYECTADOS A 5 AÑOS (Quetzales)**

Testigo

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		600000	600000	600000	600000	600000
EGRESOS	300000	320000	320000	320000	320000	320000
UTILIDAD	-300000	280000	280000	280000	280000	280000

Valor Actual Neto (tasa 25%)	Q452,998.40
Tasa Interna de Retorno	90%
Valor Actual Neto (tasa 25%)	
Ingresos	Q1,613,568.00
Valor Actual Neto (tasa 25%)	
Egresos	Q1,160,569.60
Relacion Ingreso/Costo	1.390324199
Valor Anual Equivalente	Q168,445.98

Aparato Prototipo 6 gramos

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		600000	600000	600000	600000	600000
EGRESOS	300000	178000	178000	178000	178000	178000
UTILIDAD	-300000	422000	422000	422000	422000	422000

Valor Actual Neto (tasa 25%)	Q834,876.16
Tasa Interna de Retorno	139%
Valor Actual Neto (tasa 25%)	
Ingresos	Q1,613,568.00
Valor Actual Neto (tasa 25%)	
Egresos	Q778,691.84
Relacion Ingreso/Costo	2.072152188
Valor Anual Equivalente	Q.310,445.98

Se nombra el indicador “relación ingreso/costo” en forma diferente de como aparece en la mayoría de libros financieros, debido a que en español es mas adecuado este término. Se le ha denominado a este indicador “relación beneficio/costo” lo cuál en español sugiere utilidad/costo, pues el término beneficio no se interpreta como ingreso, sino más bien como utilidad..

Como puede observarse los indicadores financieros muestran que el cultivo es rentable al proyectarlo a 5 años, y que los mismos mejoran notablemente al comparar el testigo contra el aparato Prototipo con dosis de 6 gramos. El Valor Actual Neto aumenta de Q. 452,998.40 a Q. 834,876.16, La Tasa Interna de Retorno de 90% a 139% y la Relacion Ingreso/Costo de 1.39 a 2.07.

Se calculo el Valor Anual Equivalente (VAE), por sí en el futuro se necesita comparar este tipo de cultivos con otros donde el horizonte de tiempo sea diferente, este indicar significa el Valor Actual Neto prorrateado a un año.

8. CONCLUSIONES

8.1. Una nueva forma de polinizar flores de Marigold

1. El prototipo del aparato polinizador tipo venturi permitirá romper el paradigma de la polinización por medio de la brocha de cáñamo, el cuál primordialmente debía realizarse con mujeres, ya que este es un aparato que en dosis de 6 gramos por banca de 12 metros por aplicación permite un porcentaje de cuajamiento similar al de la brocha de cáñamo, como ventaja adicional el tiempo que se utiliza para la polinización por banca se reduce en una proporción de 3:1 al haberse comparado el uso del aparato contra del uso de la brocha tradicional, esto permite ahorrar costos por uso de polen de un 55% y un 50% del costo de la mano de obra. La rentabilidad mejora desde un 87.50% hasta un 237.07%.

2. Los Indicadores Financieros: Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, Relación Ingreso/Costo y Valor Anual Equivalente, mejoran considerablemente al utilizar el prototipo de aparato con dosis de 6 gramos. El Valor Actual Neto aumenta desde Q. 452,998 hasta Q.834,876.16, la Tasa Interna de Retorno de 90% a 139%, la Relación Ingreso/Costo de 1.39 a 2.072, y el Valor Anual Equivalente de Q168,445.98 a Q.310,445.98. Los criterios de decisión aceptados son: que, cuando la TIR supera el valor de 0, cuando la Tasa Interna de Retorno supera la tasa de descuento (que en este caso es del 25%), la relación Ingreso/Costo es mayor de 1, el Valor Anual Equivalente es positivo, estos son aceptables financieramente, y se recomienda que el proyecto se realice.

3. Las empresas extranjeras que solicitan la maquila de este producto lo hacen sobre la base de la mano de obra barata, pero este tipo de innovaciones pueden permitir a las empresas locales mejorar el salario de sus operarios al cambiarlos de un trabajo manual a un trabajo más especializado con el uso de este aparato, además permite al inversionista local aumentar su rentabilidad. Desde luego podría opinarse que se reduce el uso de mano de obra, lo cuál socialmente es peligroso, pero el país debe moverse hacia la competitividad y este tipo de iniciativas colaborar en este sentido.

4. Esta investigación confirma las hipótesis planteadas inicialmente, y da respuesta a los objetivos propuestos, permitiendo escoger uno de los tratamientos como el más adecuado: el uso del prototipo del aparato en dosis de 6 gramos por banca.

9. RECOMENDACIONES

1. El prototipo del aparato aún es rudimentario, por lo que se recomienda mejorar el diseño, debe sustituirse el embolo que compresiona el aire por un tanque de aire comprimido que facilitaría el trabajo del polinizador, esto reduciría aún más el tiempo y permite descargas de polen más controladas, además la tolva donde se coloca el polen puede también perfeccionarse, para que el dosificador funcione automáticamente.

Desde luego se necesita una inversión para el desarrollo de los nuevos aparatos de polinización, y se requiere continuar con esta investigación.

2. Deberá patentarse este aparato de tal manera que se den los créditos académicos y financieros al autor.

3. A este aparato podrá hacersele adaptaciones para poder utilizarlo en flores de otras especies, debiéndose principiar el diseño de las adaptaciones hacia las especies más emparentadas, es decir flores compuestas tipo las de la familia a la que pertenece la Marigold, y luego deberá probarse con otro tipo de flores.

10. BIBLIOGRAFIA.

1. MILLER, R. et al. 1992. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 4ª. Edición. México. 540 p..
2. NOURIS, M. 2003. SPSS/PC+ Base System User Guide. Chicago, Illinois, EEUU. 256p.
3. REYES, S. 1995. Producción de Semilla de Marigold. Guatemala. 125 p.
4. REYES, S. 2000. "Un negocio florido, producción de semillas para flores" El Caso de Marigold. Revista Agricultura. Guatemala 2000. Año III, No. 35 Editorial Impress. 20-22 p.
5. SAMPSON, R. 2005. Economics. Concepts Applications Análisis. Hought Mifflin Company. Boston. USA. 635 p.
6. SITUN, M. 1996. Guía para el Análisis Económico de Resultados Experimentales. CIAGROS. FAUSAC. 12 p.
7. SMITH, C. 1998. Marigold seeds. Green House Manager. Branco- Smith Publishing. Publicaciones 1991 a 2004. 60 p.
8. TRIOLA, M. 2000. Estadística. Pearson Education. México. 460 p.
9. UBSON, W. 2005. Botanics. University of Obregón. USA. 396 p.

11. GLOSARIO DE TERMINOS

ACAME: Consiste en que las plantas caen al suelo al no resistir mantenerse en pié; el peso superior es mayor que la consistencia del tallo.

AEREOGRAFO: Instrumento que se utiliza para dibujar, trabaja con aire y tinta.

ANDEVA: Análisis de Varianza. Prueba estadística para determinar la diferencia entre varianzas de dos o más factores.

ANOVA: Analisis of Variance. (Idem anterior), termino en inglés.

CUAJAMIENTO: Fenómeno en el cuál un ovario de una flor es transformado en una semilla producto del apareamiento con las células del pólen.

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR: Diseño experimental utilizado cuando se trabaja en ambientes controlados que no permiten que existan más fuentes de variación que los tratamientos y el error.

FLORES ANDROESTÉRILES: Flores de plantas modificadas genéticamente que no presentan estambres, y por lo tanto no producen polen. Las flores únicamente presentan pistilos (gametos femeninos).

HIBRIDO: cruce de dos plantas con el propósito de realzar ciertas características fenotípicas.

MARIGOLD: Nombre común de la planta *Tajetes erecta L.* de la familia Compositae, la cuál ha sido mejorada genéticamente para producir flores de gran belleza, en Guatemala a la planta en forma silvestre se le conoce como flor de muerto.

NEBULIZADOR: es un aplicador de agroquímicos que se caracteriza por utilizar pequeñas cantidades de agua y gran cantidad de producto, el cuál sale del mismo en una mezcla muy fina y atomizada.

OUTSORCING: Método de producción utilizado por algunas empresas que consiste en subcontrataciones para procesos específicos.

POLINIZACIÓN: Proceso por medio del cual el polen es colocado sobre el estigma de los pistilos de una flor, con el propósito de que ocurra la fecundación y cuajamiento..

PRUEBA DE TUKEY. Prueba estadística que permite comparar dos medias diferentes y al realizar varias comparaciones permite hacer una comparación múltiple de medias, muy utilizada en el campo agronómico.

SPSS: Statistical Package for Social Sciences. Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales.

TESTIGO: Es el tratamiento que normalmente tiene el método que usa tradicionalmente y que sirve de comparador con otros, en una investigación..

VARIABLE. Característica cuantitativa de una población. Puede ser discreta ó continua.

VARIABLE DEPENDIENTE: En cualquier fenómeno, variable que está dependiendo de otra.

VARIABLE INDEPENDIENTE: En cualquier fenómeno, es la variable que no depende de otra, el investigador puede proponerla.

12. ANEXOS

12.1 ANEXO 1. INDICADORES FINANCIEROS

1. VALOR ACTUAL NETO

Es la diferencia entre todos los ingresos y egresos en un flujo de caja expresados en moneda actual.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_o$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_o$$

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_o$$

Donde BNt representa el beneficio neto del flujo en el período t. Obviamente BNt puede tomar un valor positivo y un negativo.

EL CRITERIO DEL VAN PLANTEA QUE EL PROYECTO DEBE ACEPTARSE SI SU VAN ES IGUAL O SUPERIOR A CERO.

Para calcular el Valor Actual Neto en Excel, se puede ingresar a *insertar función* y luego dentro de la categoría *financieras* se escoge VNA (tiene una mala traducción al español) y luego se ingresan los datos que el dialogo solicita, en la siguiente forma, luego al resultado debe de restársele la inversión porque la misma está en el año 0 y por lo tanto no debe ingresar a la fórmula la cuál asume la primera celda como año 1.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Cuadro 14. INDICADORES FINANCIEROS PROYECTADOS A 5 AÑOS (Quetzales)". The spreadsheet is divided into two sections. The top section (rows 5-9) shows data for years 0 to 5. The bottom section (rows 19-21) shows data for years 0 to 3. A dialog box "Argumentos de función" is open, showing the formula =VNA(0.25;B8:G8) and its result 362398.72. The dialog box also includes a description of the function and buttons for "Aceptar" and "Cancelar".

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		600000	600000	600000	600000	600000
EGRESOS	300000	320000	320000	320000	320000	320000
UTILIDAD	-300000	280000	280000	280000	280000	280000

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
INGRESOS		600000	600000	600000
EGRESOS	300000	178000	178000	178000
UTILIDAD	-300000	422000	422000	422000

2. LA TASA INTERNA DE RETORNO

Es la tasa de rendimiento por período con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fueran produciendo.

Es la tasa de interés para la cual el VAN = 0; es determinar la tasa que le permite al flujo actualizado ser cero..

Se aplica mediante la siguiente ecuación:

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_o = 0$$

En el criterio de decisión la tasa calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si la TIR es igual o mayor que ésta, el proyecto debe aceptarse y si es menor, debe rechazarse.

En Excel, se usa la opción Función del menú Insertar, se selecciona Financieras en la Categoría de Función y se elige TIR en el nombre de la función. En el cuadro TIR se selecciona el rango completo de valores del flujo, incluyendo la inversión en el año cero. Marcando la opción Aceptar, se obtiene la tasa interna de retorno del proyecto.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data tables:

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS		600000	600000	600000	600000	600000
EGRESOS	300000	320000	320000	320000	320000	320000
UTILIDAD	-300000	280000	280000	280000	280000	280000

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
INGRESOS		600000	600000	600000
EGRESOS	300000	178000	178000	178000
UTILIDAD	-300000	422000	422000	422000

The TIR dialog box shows the following information:

- Función: TIR
- Valores: B8:G8 = {-300000;280000;280000;280000;280000;280000}
- Estimar: = número
- Resultado de la fórmula = 0.895155378

La TIR también puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$TIR = i_1 + (i_2 - i_1) \left(\frac{VAN_1}{(VAN_1) - (VAN_2)} \right)$$

En donde EL VAN1 es el último VAN con valores positivos y el VAN2 es el primer VAN con valores negativos, es una fórmula que interpola los valores para poder encontrar el VAN igual a 0..

3. RELACION INGRESO/COSTO

Este indicador relaciona la sumatoria de los ingresos actualizados contra la sumatoria de los costos actualizados y es el cociente de ambas sumatorias, el criterio de decisión es que deberá ser mayor que uno para estar adecuado.

En la mayoría de libros aparece como relación Beneficio/Costo, término que el autor considera una mala traducción del inglés al español.

$$Rel.Ingreso / Costo = \frac{VAN_{Ingresos}}{VAN_{Negros}}$$

12.2. ANEXO 2. ANDEVA DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR EN SPSS

EJEMPLO PRÁCTICO DE ANALISIS ESTADISTICO DE UN DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR BALANCEADO

El programa estadístico SPSS es un software muy amigable, en pocas sesiones se adquiere el conocimiento mínimo para correr pruebas estadísticas, desde las más sencillas hasta las más complejas. En Internet la página www.estadístico.com es un buen soporte para cualquier académico autodidacta, ya que en el menú “artículos” de dicha página se encuentran ejemplos desarrollados.

El presente ejemplo muestra como trabajar el diseño completamente al azar balanceado con SPSS.

“Un experimento consistió en conocer la absorción media de humedad del concreto en cinco mezclas diferentes de concreto. Los datos son los siguientes”

Cuadro 1. ABSORCIÓN MEDIA DE HUMEDAD DEL CONCRETO EN CINCO
MEZCLAS DIFERENTES

Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5
551	595	369	417	563
457	580	615	449	631
450	508	511	517	522
731	583	573	438	613

Fuente: Walpole, Myers y Myers, 1999. Probabilidad y Estadística para Ingenieros

Procedimiento SPSS:

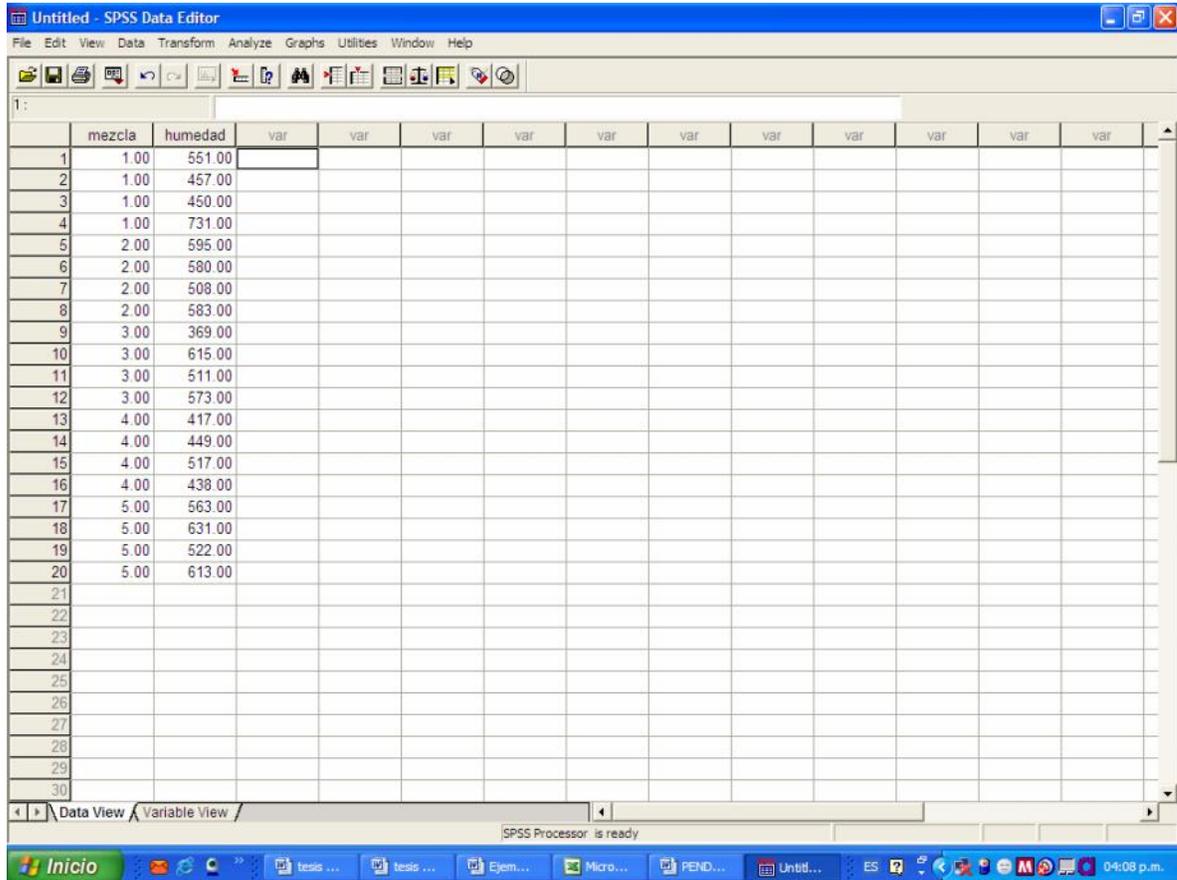
1. Ingresar al programa SPSS.
2. En la hoja electrónica aparecen en la parte inferior dos submenús:
DataView: Que sirve para ingresar los datos y visualizarlos
Variable View: Que sirve para definir las variables
3. Seleccionamos *Variable View* de la hoja electrónica y nombramos las variables con las que vamos a trabajar

Cuadro 2. VARIABLES A TRABAJAR.

	Name	Type	Width	Decimals	Label	Values	Missing	Columns	Align	Measure
1	mezcla	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
2	humedad	Numeric	8	2		None	None	8	Right	Scale
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										

4. Pasamos al menú Data View y entramos los datos así:

Cuadro 3. INGRESO DE DATOS.



The screenshot shows the SPSS Data Editor interface with a data table. The table has two columns: 'mezcla' and 'humedad'. The data is as follows:

	mezcla	humedad	var										
1	1.00	551.00											
2	1.00	457.00											
3	1.00	450.00											
4	1.00	731.00											
5	2.00	595.00											
6	2.00	580.00											
7	2.00	508.00											
8	2.00	583.00											
9	3.00	369.00											
10	3.00	615.00											
11	3.00	511.00											
12	3.00	573.00											
13	4.00	417.00											
14	4.00	449.00											
15	4.00	517.00											
16	4.00	438.00											
17	5.00	563.00											
18	5.00	631.00											
19	5.00	522.00											
20	5.00	613.00											
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													

Fuente: propia.

5. seleccionamos el menu *Analyze*
6. luego *Compare means*
7. *One-way ANOVA*
8. Ingresamos *Humedad* en la caja de análisis como una *dependent variable*
9. Ingresamos *mezcla* en *factor*
10. *post Hoc* para prueba de medias
11. Clic en la prueba a usar (Tukey, S.N.K y Duncan son las que usamos normalmente)
12. OK

Y nos dará el resultado con el análisis de varianza y la prueba de medias siguiente

Cuadro 4. ANALISIS DE VARIANZA PARA HUMEDAD DEL CONCRETO

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40199.300	4	10049.825	1.454	.265
Within Groups	103685.250	15	6912.350		
Total	143884.550	19			

Entre grupos se refiere a tratamientos, dentro de los grupos se refiere al error experimental.

Cuadro 5. PRUEBA DE MEDIAS PARA HUMEDAD DEL CONCRETO

Tukey HSD

MEZCLA	N	Subset for alpha = .05
		1
4.00	4	455.2500
3.00	4	517.0000
1.00	4	547.2500
2.00	4	566.5000
5.00	4	582.2500
Sig.		.247

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

Este programa ordena las medias de la menor a la mayor. En este caso todas las medias son estadísticamente iguales y la distancia que separa la media menor de la mayor tiene una significancia de 0.247 lo cuál permite concluir que se acepta la hipótesis nula de que las medias son iguales pues no hay evidencia suficiente de que sean diferentes (en cuyo caso la probabilidad de significancia debería estar por debajo del .05 para dar una confiabilidad del 95%).