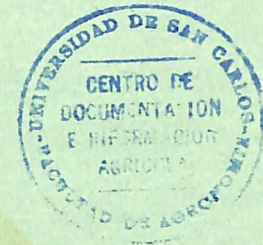


7-01900

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS



**EVALUACIÓN DE 9 HORARIOS DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL
Y DOS SUSTANCIAS DISPERSANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE
SEMILLA HÍBRIDA DE DOS CULTIVARES DE MARIGOLD
(*Tagetes erecta* L.), EN VILLA CANALES, GUATEMALA.**

Juan José Loarca Morales

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2,000.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**“EVALUACIÓN DE 9 HORARIOS DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL Y
DOS SUSTANCIAS DISPERSANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE
SEMILLA HÍBRIDA DE DOS CULTIVARES DE MARIGOLD (*Tagetes
erecta* L.), EN VILLA CANALES, GUATEMALA.”**

T E S I S

**Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de
Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.**

P O R :

Juan José Loarca Morales

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2,000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNÁNDEZ FIGUEROA.
VOCAL CUARTO	Prof. JACOBO BOLVITO RAMOS.
VOCAL QUINTO	Br. JOSE BALDOMERO SANDOVAL ARRIAZA.
SECRETARIO	Ing. Agr. EDIL RENE RODRÍGUEZ QUEZADA.

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2,000.

Guatemala, noviembre del 2,000.

Honorable Junta Directiva.
Honorable Tribunal Examinador.
Facultad de Agronomía.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Señores miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DE 9 HORARIOS DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL Y DOS SUSTANCIAS DISPERSANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE DOS CULTIVARES DE MARIGOLD (*Tagetes erecta* L.), EN VILLA CANALES, GUATEMALA.

Presentándolo como requisito, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,


Juan José Loarca Morales
93-10100

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi Patria Guatemala. Para que cada vez hagamos de ti una patria mejor.

La Escuela Nacional Central de Agricultura. Por haberme formado con los conocimientos agrícolas.

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por haberme brindado los conocimientos superiores.

La empresa Mayacrops S. A. Por haberme dado la oportunidad de realizar tan valioso trabajo.

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por permitirme llegar a tan preciado paso en mi vida. Gracias señor.

MIS PADRES: Gloria Elizabeth Morales Herrera.
Juan Francisco Loarca Alvarado.
Por su apoyo desde el primer momento de mi carrera y por su ejemplo en mi vida. Este logro con cariño para ustedes.

MI ESPOSA: Susana Lucrecia Camacho de Loarca.
Por tu comprensión e incondicional apoyo en la realización de esta meta. Con amor para ti.

MIS HIJITAS: Rocío Mercedes Loarca Camacho.
Andrea Susana Loarca Camacho.
Angelitos que iluminan mi vida, esta es una muestra de mi amor hacia ustedes.

MIS HERMANOS: Marco Antonio e Ileana del Rosario.
Por haber compartido momentos inolvidables.
Con especial aprecio.

**MI FAMILIA
EN GENERAL:** Gracias por compartir conmigo este momento tan especial.

MIS AMIGOS: Marlon Carrera, Eduardo Moreira, Rony Ixcot, Héctor González, Oscar García, Sergio Lopez, Sergio Flores. Gracias por su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A:

El Ing. Agr. Francisco Vasquez, quien con su orientación fue posible realizar el presente documento.

La empresa Mayacrops S. A. Por haber proporcionado los recursos necesarios para la realización de la presente investigación.

El Ing. Tim Crawford, Ing. Agr. Luis Pacheco, Ing. Agr. Rolando Arévalo, Ramón Monzón, Vilma Pelen, Carmen Gil, y a todas aquellas personas que participaron directa o indirectamente en la elaboración del presente trabajo.

CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE GRAFICAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACION	5
4. MARCO TEORICO	7
4.1. Marco Conceptual	7
4.1. 1 Tipos de Flores	7
4.1.1.1 Perfectas	7
4.1.1.2 Imperfectas	7
4.1.2 Tipos de Plantas	7
4.1.3 Características del capítulo	9
4.1.4 El Polen	9
4.1.5 Almacenamiento del polen	10
4.1.6 Características del estigma	12
4.1.7 Estigma receptivo	13
4.1.8 Polinización	13
4.1.9 Fecundación	15
4.1.10 Horarios de polinización	17
4.1.11 Autoincompatibilidad	17
4.1.12 Inicio de estudios de polinización cruzada	18
4.1.13 Híbridos	19
4.1.13.1 Definición	19
4.1.13.2 Ventajas de los híbridos	19
4.1.13.3 Producción de híbridos	20
4.1.13.4 Clases de semilla	21
4.1.14 Marigold	23
4.1.14.1 Clasificación botánica	23
4.1.14.2 Origen y distribución	23
4.1.14.3 Descripción botánica	23
4.1.14.4 Usos	24
4.2 Marco Referencial	25
4.2.1 Ubicación	25
4.2.2 Características de la zona de vida	25
4.2.3 Características de los cultivares a trabajar	25

4.2.4 Dispersantes a utilizar	26
4.2.4.1 Portulaca	26
4.2.4.2 Gelatina	26
4.2.5 Otras investigaciones	27
5. OBJETIVOS	29
6. HIPOTESIS	30
7. METODOLOGIA	31
7.1 Tratamientos	31
7.2 Preparación de los tratamientos	31
7.3 Diseño experimental	33
7.3.1 Unidad experimental	33
7.4 Variables respuesta	33
7.5 Toma de datos	33
7.6 Manejo del cultivo	35
7.6.1 Descripción del área de trabajo	35
7.6.2 Semillero	35
7.6.3 Preparación del suelo	36
7.6.4 Plantado	36
7.6.5 Selección de plantas	37
7.6.6 Riego y fertilización	37
7.6.7 Control fitosanitario	38
7.6.8 Colección del Polen	39
7.6.9 Colocación de la rafia	40
7.6.10 Polinización cruzada artificial	40
7.6.11 Cosecha	41
7.6.12 Procesamiento de la semilla	41
7.7 Análisis de la información	42
7.7.1 Análisis estadístico	42
7.7.2 Análisis económico	43
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
8.1 Atlantis Primrose	44
8.2 Atlantis Gold	50
9. CONCLUSIONES	57
10. RECOMENDACIONES	59
11. BIBLIOGRAFIA	60
12. ANEXO	63

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación entre las principales características entre un polen bi y trinucleado.	11
Cuadro 2. Condiciones de almacenamiento de polen.	12
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados.	32
Cuadro 4. Fertilización para la producción de plántula de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.)	35
Cuadro 5. Programa de protección fitosanitaria en semillero de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.)	36
Cuadro 6. Programa de fertilización para la etapa I del cultivo de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.)	38
Cuadro 7. Programa de fertilización para la etapa II del cultivo de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.)	38
Cuadro 8. Programa de control fitosanitario contra plagas insectiles y fungosas en el cultivo de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.)	39
Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, Villa Canales, 1,999.	44
Cuadro 10. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, en el factor horario de polinización, Villa Canales.	45
Cuadro 11. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, en el factor agente dispersante y su efecto en las variables peso de semilla pura y porcentaje de pureza, Villa Canales, 1999.	46
Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.), Atlantis Gold, Villa Canales, 1,999.	51
Cuadro 13. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.), Atlantis Gold, en el factor agente dispersante y su efecto en la variable porcentaje de germinación, Villa Canales, 1,999.	52
Cuadro 14. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.), A. Gold, para la variable porcentaje de germinación, en la interacción de los factores, Villa Canales, 1,999.	53
Cuadro 15.A. Croquis de campo de la distribución de los tratamientos	64
Cuadro 16.A. Resultados de campo de las variables, peso de semilla pura, porcentaje de semilla y porcentaje de germinación en <i>Tagetes erecta</i> cultivar Atlantis Primrose, Villa Canales, 1,999.	66
Cuadro 17.A. Resultados de campo de las variables, peso de semilla pura, porcentaje de semilla y porcentaje de germinación en <i>Tagetes erecta</i> cultivar Atlantis Gold, Villa Canales, 1,999.	66
Cuadro 18.A. Resumen del análisis de varianza general para los cultivares de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.), Atlantis Primrose y Atlantis Gold, tomando en cuenta el tratamiento testigo, Villa Canales, 1,999.	67
Cuadro 19.A. Resumen de Tukey general para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, para la variable peso de semilla pura en gramos.	68

Cuadro 20.A. Resumen de Tukey general para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, para la variable porcentaje de pureza.	68
Cuadro 21.A. Resumen de Tukey general para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Gold, para la variable porcentaje de germinación.	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción morfológica de la inflorescencia de Marigold.	8
Figura 2A. Ubicación de la Finca Villa Canales de Mayacrops S.A.	65

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, para la variable peso de semilla pura, Villa Canales, 1999.	46
Gráfica 2. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, para la variable peso de semilla pura, en el factor agente dispersante, Villa Canales, 1,999.	47
Gráfica 3. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, para la variable porcentaje de pureza de semilla, Villa Canales, 1,999.	48
Gráfica 4. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Primrose, para la variable porcentaje de pureza de semilla, en el factor agente dispersante, Villa Canales, 1,999.	49
Gráfica 5. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Gold, para la variable porcentaje de germinación, en el factor agente dispersante, Villa Canales, 1,999.	52
Gráfica 6. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (<i>Tagetes erecta</i> L.) Atlantis Gold, para la variable, porcentaje de germinación, en la interacción de los factores, Villa Canales, 1,999.	54

“Evaluación de 9 horarios de polinización artificial y dos sustancias dispersantes para la producción de semilla híbrida de dos cultivares de Marigold (*Tagetes erecta* L.), en Villa Canales, Guatemala”

“Evaluation of 9 artificial pollination schedules and two disperser substances to produce hybrid seed of two cultivars of Marigold (*Tagetes erecta* L.), at Villa Canales, Guatemala”

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la finca Villa Canales, de la empresa Mayacrops S. A. ubicada en el municipio de Villa Canales, en el departamento de Guatemala en los meses de octubre a diciembre de 1999. Esta se realizó con el objetivo de encontrar un sustituto para la dilución del polen de Marigold (*Tagetes erecta* L.), y a la vez determinar si existe un horario específico en el cual se pueda realizar la polinización de Marigold en donde se obtenga un mayor rendimiento de semilla híbrida. La evaluación se realizó en los cultivares Atlantis Primrose y Atlantis Gold, esta es continuación de la realizada por Sosa (22) en 1,998, quien evaluó diferentes sustancias dispersantes a diferentes concentraciones. A diferencia de la investigación realizada por Sosa, la presente lleva consigo diferentes horarios de polinización.

Hasta el momento la dilución del polen de Marigold para la producción de semilla híbrida, se ha realizado con polen de Portulaca (*Portulaca sp.*), la que sirve para no utilizar el 100% de polen de Marigold por su alto costo. Al hacerlo de esta forma se han obtenido buenos resultados en cuanto al rendimiento de semilla híbrida, sin embargo el costo de producción de este polen diluyente, sigue siendo alto. Por tal razón se estudió la sustitución de la Portulaca por la gelatina, la cual por sus características ofrece una buena alternativa para la dilución del polen de Tagetes.

Tay (23), quien realizó en 1995 un estudio en Marigold cultivar Antigua Yellow, evaluó diferentes horarios de polinización, donde concluye que entre las 12 y 16 horas, se obtiene el mayor rendimiento de semilla híbrida. Para corroborar esto datos se evaluaron las polinizaciones de los

cultivares mencionados, desde las 8 hasta las 16 horas, para conocer si en realidad existe diferencia en el rendimiento de semilla híbrida en alguna de las horas específicas de polinización.

La metodología consistió en hacer combinaciones de los dos factores evaluados, es decir, agente dispersante (gelatina y Portulaca) y los horarios de polinización (9 horarios), dando un total de 18 tratamientos más el testigo que fue polinización con polen puro a las 10:00 horas, dando un total de 19 tratamientos evaluados. Las variables respuesta evaluadas para ambos cultivares fueron: Peso de semilla pura; Porcentaje de pureza de la semilla y Porcentaje de germinación. Luego se realizó un análisis de presupuestos parciales al factor agente dispersante debido que es en este factor donde los costos varían según tratamiento (gelatina o Portulaca), con el objetivo de determinar cual de los tratamientos generaba un mayor beneficio económico.

Los resultados muestran que para el cultivar Atlantis Primrose la gelatina produjo un mayor rendimiento de semilla, en base tanto a su resultado de peso de semilla pura (6.9 gr), como en el porcentaje de pureza de la semilla (38.15%), lo que demuestra que la gelatina realizó mejor el trabajo de agente de dispersión que el polen de Portulaca. También se observó que la polinización a las 9:00 horas redundó en un mayor rendimiento de semilla (6.59 gr. de semilla pura y 37.91 % de pureza de semilla). Mientras tanto para el cultivar Atlantis Gold no hubo diferencia tanto para el factor agente dispersante como para el horario de polinización, lo que muestra que el efecto tanto del agente dispersante como del horario de polinización dependerá básicamente del material genético que se trabaje. En general para ambos cultivares se observó que no hubo interacción entre los factores que influyera en el rendimiento de semilla híbrida de Marigold.

En el análisis de presupuesto parcial que se realizó para el factor agente dispersante, se pudo observar que en el momento de utilizar gelatina como agente dispersante se obtuvo un menor costo de aplicación (90 % menos que al usar el polen de Portulaca) en ambos cultivares evaluados y por ende redunde en un mayor beneficio económico.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda para la producción de semilla híbrida de Marigold utilizar para la polinización artificial de las plantas androestériles la dilución de su polen con gelatina. A la vez se recomienda realizar la polinización entre los horarios de 8 a 15 horas para el cultivar Atlantis Primrose, que fue donde mayor rendimiento de semilla híbrida se produjo. También se recomienda que para la determinación del horario de polinización así como el agente dispersante para otros cultivares de Marigold se realicen otras investigaciones similares, ya que las presentes recomendaciones son específicamente para Atlantis Primrose y Atlantis Gold y el efecto de estos factores depende básicamente del material genético que se trabaje.

1. INTRODUCCION

Dentro de los cultivos no tradicionales de exportación en Guatemala se tiene el cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.). Este cultivo constituye parte del grupo de plantas ornamentales que se utiliza tanto en decoración como medicinalmente en la cura natural de cólicos y dolores estomacales.(4) El mejoramiento de Marigold, se realiza por medio de la polinización cruzada artificial, de donde se obtienen híbridos que son comerciales, principalmente en los Estados Unidos de América, donde el mayor uso de esta semilla es de planta ornamental.

En la producción de semilla híbrida de plantas ornamentales es importante la polinización controlada para la dirigir los cruces deseados.

El éxito que se ha tenido hasta el momento obedece a la implementación de nuevas técnicas, las cuales se han generado por la experiencia, la observación y la experimentación en el campo. Esto ha permitido que gradualmente mejore la producción de dicho cultivo. Este mejoramiento ha sido básicamente en el manejo agronómico del progenitor masculino, el progenitor femenino, las técnicas de almacenamiento de polen, y todo aquello que esté involucrado con la producción de esta semilla híbrida, principalmente con las técnicas de polinización, las que juegan un papel muy importante.

Es de hacer ver que si bien se han mejorado ciertas técnicas, existen todavía factores que pueden mejorar para incrementar su producción, es decir, como se estudió en el presente trabajo, encontrar una alternativa para la dispersión del polen de Marigold, ya que hasta el momento el principal agente dispersante ha sido el polen de *Portulaca oleraceae* L.), el cual conlleva en sí un costo de producción alto. A la vez también cabe mencionar que es necesario encontrar el horario para la polinización artificial en el cual se produzca la mayor cantidad de aquenios por capítulo, si es que existe relación el horario con la actividad de fecundación, que va a ser en el momento en que el estigma esté más susceptible para la germinación del grano de polen.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar si existe un horario de polinización en donde el estigma estuviera más receptivo al grano de polen y por ende tener una mayor producción de semilla híbrida, al mismo tiempo evaluar dos medios dispersantes del polen puro, con el propósito de corroborar las recomendaciones de Sosa realizada en su trabajo de tesis (22), en busca de alternativas de agentes dispersantes para la polinización artificial en Marigold. Dicho estudio se realizó en Villa Canales, Guatemala, en los meses de octubre a diciembre de 1999.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La producción de semilla híbrida de Marigold (*Tagetes erecta* L.) se encuentra limitada por varios factores, dentro de los que se puede mencionar, el porcentaje en la fecundación en los capítulos, el cual va a estar determinado tanto por la viabilidad del polen, como de la receptividad del estigma. Encontrar el momento en que el estigma esta receptible al grano de polen para que este pueda germinar y fecundar es determinante para un mayor éxito en la producción. Hasta el momento existe poca información acerca de polinizaciones en diferentes horarios, lo que es necesario para encontrar el momento adecuado para realizar esta actividad.

Por otro lado, para poder polinizar artificialmente a una planta femenina se necesitan aproximadamente 4 progenitores masculinos, lo que hace que el costo de producción de polen sea alto. Actualmente se diluye el polen progenitor con polen de Portulaca (*Portulaca oleraceae*), este polen no es compatible con Marigold y se utiliza para dispersar los granos de polen de este, teniendo así un menor consumo de polen progenitor puro, dando resultados similares de fecundación con respecto a la polinización con polen progenitor puro.

La producción de polen de Portulaca pesar de tener menor costo que el polen progenitor de Marigold, siempre lleva consigo un costo de producción alto, por lo que se hace necesario encontrar otros medios dispersantes que tengan el mismo resultado respecto a la fecundación y que sean de un menor costo. Dentro de estos sustitutos esta la gelatina, la cual por sus características ha demostrado tener buenos resultados, también están la leche en polvo, la harina de arroz no tiendo tan buenos resultados como el primero (22).

Al mismo tiempo, al momento de utilizar polen de Portulaca como agente dispersante, se trabaja con el riesgo de contaminar las plantas progenitoras femeninas cuando exista una infección en él, ya que las esporas de patógenos pueden ser transportadas por este polen dispersante hacia los

capítulos de las plantas progenitoras femeninas, las que son susceptibles a infecciones principalmente por Alternaria.

3. JUSTIFICACION

En los últimos años ha habido un incremento en las áreas de producción para exportación, dentro de estas los cultivos no tradicionales han ido creciendo con el transcurso del tiempo. En el cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.) se ha creado nuevos cultivares de los cuales se exporta su semilla híbrida, con el principal uso de ornamento. La producción de esta semilla híbrida es de importancia para el país por las divisas que genera.

En Guatemala se han implementado el uso de diferentes técnicas para promocionar el aumento en la producción de su semilla híbrida del cultivo de Marigold, por lo mismo se han hecho investigaciones que se han enfocado en este objetivo, tal es el caso de K. Tay.

Tay (24), observó que la capacidad de formar aquenios por capítulo obedece a parámetros posiblemente relacionados con el horario de polinización, ya que pruebas experimentales han demostrado que la polinización entre 12:00 a 16:00 horas produce el doble de semilla que al polinizar entre 8:00 y 12:00 horas en el cultivar 1307-1B.

En 1996 E. Sosa (22), evaluó cuatro sustancias dispersantes de polen para la producción de semilla híbrida de Marigold, concluyendo que no existe diferencia significativa en la producción entre el uso del dispersante tradicional (*Portulaca oleraceae*), versus el uso de la gelatina como alternativa de dispersión, sin embargo si existe diferencia entre ambos al momento de su análisis económico ya que el costo de la gelatina es de un 90% menos que el costo de la Portulaca. En esta investigación la polinización se realizó de 10:00 a 14:00 horas, siendo esta la diferencia con el presente estudio, ya que se estará evaluando el efecto de la polinización desde las 8:00 hasta las 16:00 horas, para obtener el horario más recomendado para polinizar y así obtener la mayor producción de semilla híbrida, constituyéndose este trabajo complemento del realizado anteriormente por E. Sosa (1996). La identificación del mejor horario para polinizar, implicará un incremento en la cantidad de semilla híbrida producida, lo que al mismo tiempo aumentará la rentabilidad del cultivo de Marigold.

Tanto en las investigaciones de Tay como la de Sosa, se realizaron en cultivares diferentes a los que se van a evaluar en la presente investigación.

4. MARCO TEORICO

4.1 Marco Conceptual

4.1.1 Tipos de Flores

4.1.1.1 Perfectas

Para un botánico, una flor perfecta es una hermafrodita. Lo que significa que una flor contiene ambas estructuras reproductoras, masculina y femenina. (12)

La flor del progenitor masculino de Marigold (*Tagetes erecta* L.), es una flor perfecta, es decir tiene los dos sexos y puede formar semilla.

Por el contrario las plantas con flores perfectas en el progenitor femenino poseen pétalos y estigmas de color verde, estas hay que eliminarlas desde que se pueden reconocer, ya que de lo contrario podrían afectar la pureza de la semilla híbrida que se produce en el invernadero al momento de haber una autopolinización (24).

4.1.1.2 Imperfectas

En contraste con las flores perfectas, las imperfectas son incompletas. Una flor imperfecta puede ser masculina o femenina, lo que significa que en una flor se encontrará un solo sexo (12).

En el caso de los progenitores femeninos de Marigold, son flores femeninas (24). En la figura 1 se puede observar los tipos de flores que existen para la producción de Marigold.

4.1.2 Tipos de Plantas

En diferentes especies de plantas se encontrarán diferentes tipos de flores. Algunas especies tienen flores imperfectas en plantas separadas, por tal motivo estas son llamadas masculinas o femeninas. Estas especies son llamadas Dioicas, lo que en su significado griego significa "dos casas", indicando que la parte masculina se encuentra en diferente planta (casa) que la femenina. Otras

especies tienen los dos tipos de flor en la misma planta, lo que significa que en las flores femeninas y las masculinas se encuentran en la misma planta. A estas especies se les llama Monoicas (una casa) (12).

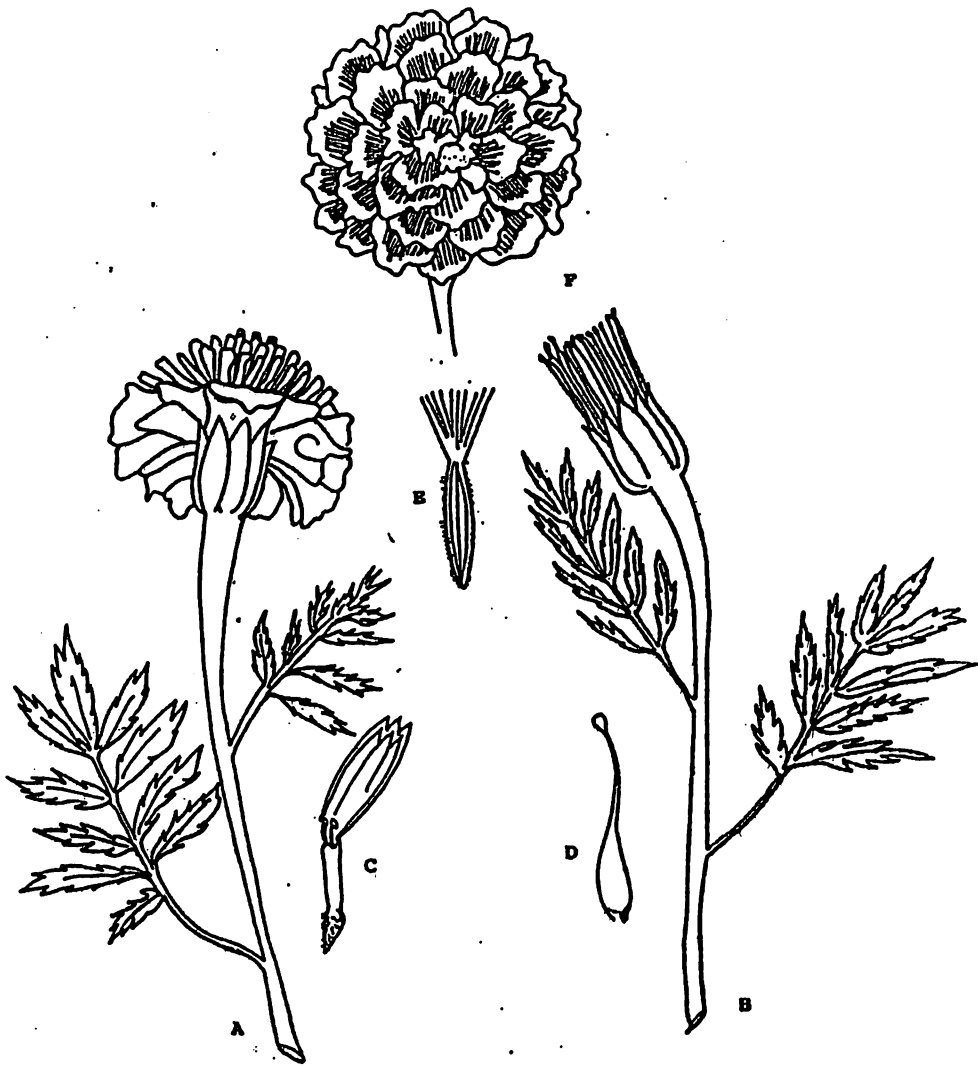


Figura 1 Descripción morfológica de la inflorescencia de Marigold (*Tagetes erecta* L.) (a) Cabezuela del progenitor masculino. (b) Cabezuela del progenitor femenino. (c) Ligula. (d) Gineceo capitado. (e) Aquenio. (f) Híbrido F1. (22)

4.1.3 Características del Capítulo

Tagetes erecta pertenece a la tribu Helenieae, de la familia Compositae, la que tiene flores compuestas en forma de capítulo (inflorescencia elemental, propia de esta familia, en la cual un conjunto apretado de flores descansa sobre el receptáculo y está circundado por el involucre que a veces simula una flor polipétala.), con las siguientes características: flores del disco tubulosas o bilabiadas; plantas generalmente sin látex. Anteras con las bases obtusas a flechadas. Ramas del estilo de las flores del disco, pubescentes a todo lo largo en sus caras dorsales, las ramas angostas, largas y agudas. Involucro de brácteas libres. Flores nunca amarillas o anaranjadas; hojas no peltadas. Aquenios tetragonales, claviformes; vilano de escamas provistas de una nervadura media pronunciada (20).

4.1.4 El Polen

Al proceso de la formación de polen (esporas reproductivas masculinas) se le llama microsporogénesis y se lleva a cabo en la antera de la flor. Esta formación se deriva de las células madres de microsporas diploides. La antera tiene a menudo cuatro lóbulos y cada lóbulo contiene una masa central de tejido esporógeno del cual se originarán muchas células madres de las microsporas. Estas células son diploides y cada paquete o grupo dentro de cada una de las anteras está rodeado por una capa de células especializadas llamadas el tapetum. Esta capa de células puede estar en estrecha relación con los eventos que llevan a la meiosis en las células madres de las microsporas y la formación de los granos de polen. En la meiosis cada una de las células madres de las microsporas produce cuatro microsporas haploides que se desarrollan formando granos de polen con una pared celular fuerte y a menudo con ornamentación conspicua. El núcleo haploide se divide por mitosis produciendo dos núcleos; uno de ellos será el núcleo del tubo o núcleo vegetativo y el otro el núcleo generador que se va a dividir posteriormente dando dos núcleos espermáticos. El grano de polen con sus tres núcleos es el

gametofito masculino total, que aunque pueda aumentar notablemente de tamaño durante el crecimiento del tubo polínico, nunca excede de este número de núcleos (26).

Todo gránulo de polen debe poseer dos células espermáticas en el momento de fusionarse con el óvulo, pero no todo gránulo maduro de polen posee desde el inicio las dos células espermáticas. Cuando el gránulo de polen posee desde el inicio la célula vegetativa más dos células espermáticas, se le clasifica como trinucleado, ej., *Compositae*, entre ellas *Marigold*. Cuando el gránulo de polen posee inicialmente una sola célula espermática más una vegetativa, se le clasifica como polen binucleado. En un polen binucleado, la formación de la segunda célula espermática ocurre por mitosis de la primera célula, post-polinización (24).

El polen de *Marigold*, es un polen del tipo trinucleado, lo cual le hace tener una vida útil sumamente corta. Todos los pasos desarrollados en Guatemala han sido diseñados para que el polen conserve la mayor viabilidad posible desde el momento en que es cosechado en el campo (24). En el cuadro 1 se puede observar la comparación entre un polen binucleado y uno trinucleado.

4.1.5 Almacenamiento de Polen

Se asume que siempre existe polen fresco cuando los estigmas están receptibles, así que no debería haber inconveniencia. Considerando la polinización entre una variedad temprana y una tardía, la temprana no debería estar en floración cuando la tardía comienza. Si no se puede controlar el tiempo de floración, se debe aprender a almacenar el polen por un período largo de tiempo. La regla general es: el polen binucleado puede ser almacenado frío y seco (en un refrigerador con un secador, alrededor de gel de sílica activada) por largo tiempo. Mientras que el

Cuadro 1 Comparación de las principales características entre un polen bi y trinucleado

Característica	Polen Binucleado	Polen Trinucleado
1. Germinación <i>in vitro</i>	Gemina fácilmente	Difícilmente logra germinar
2. Almacenamiento	Tolera almacenamiento prolongado	Pierde viabilidad rápidamente después de su deiscencia en la antera.
3. Polinizaciones incompatibles	Inhibición a nivel de estilo	Inhibición en la superficie del estigma.
4. Tasa respiratoria y metabólica	Lenta. Hay especies que gradualmente pierden su viabilidad a lo largo de una semana a temperatura ambiente.	Rápida. (3 veces mayor que en polen binucleado). En promedio, las <i>Compositae</i> pierden su viabilidad en 3 horas a temperatura ambiente.
5. Hidrodinámica	Pierden lentamente su humedad y requieren pocos nutrientes para su desarrollo.	Pierden rápidamente su humedad y requieren biomoléculas específicas para su desarrollo.
6. Desarrollo de calosa dentro del tubo polínico.	Se forma hasta después de la división mitótica de la primera célula espermática.	Se forma inmediatamente durante el desarrollo del tubo polínico.

polen trinucleado no puede ser almacenado por más de un día. El polen de tomate puede ser almacenado por años; y el polen de maíz puede ser almacenado por un día (11).

Por las grandes cantidades de polen requeridas por las plantas progenitoras femeninas de Marigold, se hace impráctico polinizar con polen del mismo día. Por ello, se necesita almacenar el polen succionado, teniendo cuidado de no almacenarlo por mas de 8 días, ya que pierde su viabilidad después de este tiempo (24).

Para prolongar el mayor tiempo posible la viabilidad del polen, este debe ser almacenado bajo

las condiciones descritas en el cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones de almacenamiento del polen para prolongar su viabilidad.

CONDICION	INTERVALO	OPTIMO
Tiempo	0-8 dias	0 dias
Humedad	3-4.8%	3.5
Temperatura	5 a -5 °C	0

La humedad del polen durante su almacenamiento, incide considerablemente sobre su viabilidad, humedades mayores de 4.8 % o menores de 3 %, pueden reducir a la mitad su viabilidad (24).

El almacenamiento de polen por debajo de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, sin una deshidratación adecuada, provoca la ruptura de membranas celulares y literalmente puede "matar al polen", al cristalizarse el agua contenida en su interior. La deshidratación parcial de polen y su almacenamiento bajo condiciones refrigeradas, reducen el metabolismo de la célula y prolongan su viabilidad hasta el momento de la polinización (24).

4.1.6 Características del estigma

Existen dos tipos de estigma, el tipo húmedo y el tipo seco que no presenta exudación.

- a. Tipo húmedo: este se presenta en Marigold y se caracteriza por exudaciones en la superficie receptiva (13).
- b. Tipo Seco: no presenta exudación. El estigma esta libre de secreciones y generalmente está cubierto por una cutícula gruesa y continua. La cutícula puede presentar una película proteica hidratada. La cutícula presenta discontinuidades donde la película sale en la superficie de la papila. Realmente el estigma seco no es tan seco como se pensaba. La película viene a ser análoga a ala

exudación del estigma húmedo. Tanto el exudado como la película de los estigmas son útiles durante la interacción polen-estigma (13).

4.1.7 Estigma receptivo

Usualmente existe un cambio en la estructura de la punta del estigma cuando este está receptivo. Si el estigma esta partido en dos partes (como la lengua de una serpiente), la ántesis debe ir muy cerca de este evento, pero esta abierto y esparcido cuando esta receptible. En algunas especies, el estigma esta "arriba" cuando no es receptivo, y "abajo" cuando sí lo esta. "Arriba" regularmente significa "fuera del paso de polinizadores", y "abajo" indica "en el paso de los polinizadores" (11).

4.1.8 Polinización

El polen es producido en la antera, y el óvulo en el ovario. La polinización es la unión de las dos partes juntas (12).

La polinización envuelve el movimiento del grano de polen de la parte masculina de una flor, llamada Estambre hacia la estructura femenina (óvulo) de otra flor (12).

La polinización es a menudo una interacción compleja entre la planta y un polinizador. Regularmente este polinizador es un insecto, pero también puede ser un ave o un mamífero. Si se poliniza manualmente (artificialmente), por cualquier razón, se está tomando el papel de estos polinizadores naturales. En muchas flores existen puntos de miel, llamados Nectáreos en la base en la parte interior de la flor en donde los filamentos y los pétalos se unen con la base del ovario (en una flor perfecta). Para llegar a estos nectáreos, un insecto polinizador tiene que atravesar una vía traslapada de estructuras. Típicamente la primer parte que pasa es el estigma, y el polen adherido al insecto puede ser transferido del insecto hacia el estigma. El insecto va al fondo de la flor, toma un trago de néctar y regresa para salir de la flor. Al mismo tiempo de su salida, pasa cepillándose con las anteras, y queda

cubierto de polen. El insecto deja la flor y toma el polen hacia la siguiente flor, haciéndose de esta forma la polinización cruzada (17).

La polinización es un evento interesante, porque el grano de polen actúa como una semilla. Cuando un grano de polen llega a un estigma receptivo, germina como lo hace una semilla, y una estructura en forma de raíz llamada Tubo Polínico, crece hacia abajo del estilo desde el estigma hasta el ovario. Solamente el tipo correcto de polen puede germinar (compatibilidad), y solo el tipo correcto de polen puede crecer hacia abajo en el estilo y llegar al ovario. El control de la polinización es todo acerca de la reproducción sexual en las plantas, a nivel celular. El objetivo de la reproducción sexual en las plantas es producir semillas. Esto requiere que el número de lugares de cromosomas en la célula de la planta sea reducido de dos lugares (células normales) a un lugar (células reproductivas). A este proceso de reducción se le conoce como meiosis (17).

La meiosis deshabilita el número de lugares de cromosomas para que se quede el mismo cuando el espermatozoide y el óvulo se unan en la fertilización para formar un embrión. Cada célula normal tiene dos lugares. El espermatozoide tiene uno y el óvulo tiene el otro. Una vez unidos volverán a tener dos. ¿Por qué es esto importante? Esto guarda la cantidad de ADN constante en cada célula de cada especie. Los dos se vuelven uno y éste se vuelve en dos, este proceso también pone un sistema en donde los genes se mezclan e intercambian con cada generación, y esto es lo que alimenta el proceso evolucionario. Es también importante porque la meiosis es parte del desarrollo y maduración del polen. El tiempo de meiosis en el desarrollo del polen determina cuanto tiempo el polen puede sobrevivir, y determina si un polen puede o no ser almacenado. Si se puede almacenar el polen, entonces la polinización será fácil: se podrá tomar polen y hacerse la polinización cuando se desee. Si no, se necesitará una fuente de polen fresco para cada día que se desee polinizar. La meiosis final puede ocurrir antes de la polinización o después de la polinización (17).

Si es antes, entonces los granos de polen son de tres núcleos (conocido como trinucleado), es de vida muy corta y generalmente no esta disponible para un exitoso almacenamiento. Las especies que dependen de la polinización por el viento (como gramas) tienden a ser trinucleados en la polinización. El polen trinucleado tiende a ser liviano y seco. El polen trinucleado no se almacena bien o por mucho tiempo.

En especies en donde la última división se da después de la polinización tienen dos núcleos en la polinización y son llamados binucleados. Las especies que dependen de animales o insectos en su polinización son frecuentemente binucleados. El polen binucleado tiende a ser pesado y grueso. Este se puede almacenar exitosamente frío y seco por años. Estas reglas generales funcionan para muchas especies, pero no para todas. Si no se conoce exactamente, la literatura botánica usualmente describe la ecología de la polinización de las especies (17).

Los detalles sobre los eventos en la polinización en Marigold no han sido estudiados. Los estigmas de Marigold aparentemente permanecen receptivos durante 48-72 horas, lo cual permite espaciar la polinización. De hecho, la polinización se lleva a cabo cada 2 a 3 días, politizando únicamente los estigmas que no hayan sido previamente polinizados. Se poliniza en forma circular, siguiendo el patrón de maduración de los estigmas, de la periferia al centro de la flor. Una cabeza llevará cerca de 3 a 5 polinizaciones para completarla y estará lista parra ser cosechada dos semanas después de la ultima polinización, en verano, y en invierno, la cosecha puede retrasarse hasta tres semanas (24).

4.1.9 Fecundación

El proceso de fusión del gameto masculino con el femenino para formar el cigoto se conoce como fecundación. En muchos casos ocurre polinización pero no ocurre fecundación.

El estigma es la porción del pistilo que es receptiva del polen, es aquí donde la superficie estigmática reconocerá, por reacciones bioquímicas, el tipo de polen que está arribando a su superficie y dependiendo de su morfología y composición genética se le permitirá o no germinar, es decir emitir su tubo polínico. La superficie estigmática, puede ser ramificada o pilosa, de tal manera que puede captar los granos de polen en sus ramas, o secretar un fluido estigmático denso al cual se adhieren los granos de polen. El polen germina sobre el estigma y un tubo polínico delgado crece a través del estilo y penetra y penetra en la punta del óvulo a través de una abertura conocida con el nombre de micrópilo. Por medio de división del núcleo generativo del grano de polen se forman dos células germinales macho, llamados espermias o núcleos generatrices. Los espermias se mueven a través del tubo polínico y son descargados dentro del saco embrionario.

La célula germinal hembra o gameto, se produce dentro del óvulo por una sucesión de etapas. Dentro de cada óvulo se encuentra una célula individual llamada célula madre megaspora, la cual, como en el caso de las células madres microspora, sufre dos divisiones nucleares sucesivas para producir una tétrada de cuatro megasporas. Tres de estas se desintegran. La otra que es generalmente la más alejada del micrópilo, continúa sufriendo divisiones nucleares adicionales y forma un ovoide, que es el saco embrionario con ocho nucleolos adicionales (sinérgidas) que quedan cerca del micrópilo, otros tres nucleolos (antipodales) quedan en el lado opuesto del saco embrionario y los dos restantes conocidos como nucleolos polares quedan en el área central. Después de que los dos espermias son descargados dentro del saco embrionario, uno de ellos se fusiona con el huevo para formar el cigoto ($2n$); este proceso constituye la fertilización y fecundación. El otro esperma se une con el núcleo que se formó por la fusión previa de los dos núcleos polares o dicha fusión de los tres puede efectuarse en forma simultánea. El núcleo que resulta de esta triple fusión constituye el núcleo endospermático primario ($3n$). Estos procesos en los cuales ambos núcleos espermáticos fusionan, constituye lo que se conoce como fertilización doble (26).

En Marigold, la fecundación se hace notar alrededor de una semana después de la polinización, en donde se puede distinguir dentro del capítulo, que los ovarios del pistilo de color negro son los achenios que se han formado, mientras que los que no llegaron a fecundar, no llegan a formar semilla y el ovario es de color blanco.

4.1.10 Horarios de polinización

Se ha podido corroborar que la producción de semilla (receptividad del estigma) de Marigold, se encuentra relacionada más bien a factores de orden fisiológico y no genético. Por ejemplo, la polinización con brocha, produce sustancialmente más semilla que cualquier método de polinización que no involucre un contacto físico directo con los estigmas. También se ha observado que la capacidad de formar semilla obedece a parámetros posiblemente relacionados con el horario de polinización, ya que pruebas experimentales han demostrado que la polinización entre 12:00 a 16:00 horas produce el doble de semilla que al polinizar entre 8:00 a 12:00 horas en el cultivar 1307-1B (24).

4.1.11 Autoincompatibilidad

La autoincompatibilidad se refiere a la condición entre el estigma y el polen en donde se inhibe la germinación del polen (18). Muchas plantas tienen un mecanismo de seguridad en la que aseguran que la polinización cruzada ocurra. En muchas especies de flores perfectas, incluyendo la familia Brassicaceae, el grano de polen de una misma planta no germina o crece en el estigma de la misma planta. Este rechazo del mismo polen es debido a un fenómeno bioquímico llamado autoincompatibilidad, y ha sido estudiado por décadas, y más aún en la familia Brassicaceae debido a su importancia económica global (17). Tanto en la autoincompatibilidad como en plantas dioicas es necesario realizar una polinización cruzada entre plantas compatibles si se quiere tener éxito en producción de semillas (1).

En Marigold, no todos los granos de polen producidos por los progenitores masculinos son compatibles con los femeninos. Básicamente existen dos mecanismos de incompatibilidad: 1) inhibición de la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico a nivel del estigma

(incompatibilidad esporofítica), que se encuentra en las Cruciferae y Compositae, y 2) no ocurre inhibición de la germinación del polen, el tubo polínico penetra normalmente el estigma, pero gradualmente la tasa de crecimiento disminuye hasta que finalmente queda inhibida (inhibición gametofítica) (24).

En Marigold, por ser Compositae posiblemente podría operar el primer mecanismo de incompatibilidad. En este caso, solamente el estigma se encontraría involucrado en la inhibición, donde ocurre una inhibición específica de la enzima cutinasa, evitando que el tubo polínico penetre la cutícula que recubre las papilas estigmáticas; sin embargo, hasta la fecha no existe evidencia de que en Marigold esté operando algún posible mecanismo de incompatibilidad, ya que la digestión de la superficie proteica del estigma empleando una enzima proteolítica (pepsina) no ha inducido incrementos en la cantidad de semilla formada por cabeza floral (24).

4.1.12 Inicio de estudios de polinización cruzada

La autopolinización en flores bisexuales era aparentemente tan obvio que antes de 1750 no se pensaba en otras alternativas, y los primeros descubrimientos de la polinización cruzada se le atribuyó a A. Dobbs (1750) y H. Müller (1751) quienes también descubrieron el papel que desempeñaban los insectos en la polinización. Sin embargo, Dobbs y Müller no profundizaron en sus estudios de la ecología de la polinización, y otros dos botánicos, Koelreuter y Sprengel son generalmente aceptados como los padres de esta rama de la ciencia (6).

Joseph Gottlieb Koelreuter (1733-1806) fue el primer botánico en llevar a cabo la hibridación a gran escala para propósitos específicos, con lo que se comprobó la maduración sexual del pistilo y la antera; él describió el grano de polen y su función en algunos detalles (no siempre correctos) y definió la superficie estigmática como una parte separada de la superficie del pistilo. Él reconoció la autogamia, la polinización anemófila y entomófila, y el papel del néctar. Él también reconoció la

dicogamia y la función de los movimientos de algunas partes florales. El principal trabajo de Koelreuter en polinización fue publicado en 1761-6 (6).

La siguiente publicación mayor fue por Christian Konrad Sprengel (1750-1816), su famoso trabajo fue publicado en 1793. Sin conocer acerca del trabajo de Koelreuter él redescubrió la polinización entomófila, la dicogamia e interpretó su importancia mas apropiadamente. Al mismo tiempo encontró que la polinización cruzada era obligatoria en algunas plantas (6). Charles Darwin estudió la ecología de la polinización mas profundamente que nadie en todo el siglo XIX (6).

4.1.13 Híbridos

4.1.13.1 Definición

Un híbrido es el resultado de la polinización de dos diferentes miembros de una misma especie (polinización cruzada de dos generaciones P). A las semillas de esta polinización cruzada se les llaman híbridos F1 (11).

4.1.13.2 Ventajas de los híbridos

Existen tres razones: 1. Por su vigor híbrido. Tomando el ejemplo del maíz, existe un 2X o más incrementados al momento de comparar el crecimiento de un F1 con relación al crecimiento de los progenitores. Las mazorcas son más largas, más pesadas, cargan más semilla, las plantas producen más hojas, tienen más follaje, y tallos más fuertes. Este crecimiento en el tamaño de la planta, rendimiento y salud es conocido como vigor híbrido. 2. Por su uniformidad. Cada planta en una descendencia F1 son idénticas una con otra. Esta uniformidad tiene la ventaja que cuando se va a cosechar, se puede hacer al mismo tiempo. 3. Por la disponibilidad de ciertas combinaciones genéticas que sólo están presentes en un F1 comercial. Por el valor de un F1, las compañías los realizan cada vez que pueden. Esto significa que muchas de las combinaciones más deseadas (resistencia a plagas/enfermedades, producción, etc.), están disponibles únicamente como híbridos F1 (11).

Las plantas producidas de estas semillas (F1), incorporan las mejores características de ambos progenitores, y en su naturaleza, exhiben vigor híbrido (heterosis), uniformidad, y desarrollo en la resistencia de plagas y enfermedades. Los híbridos F1 son usados en muchas áreas de la horticultura, pero algunos de los más grandes beneficios son derivados en la industria de plantas de cama (25).

4.1.13.3 Producción de híbridos

La clave para producir híbridos F1, está en el control de la polinización. Para producir un híbrido F1, se necesita desarrollar por lo menos dos líneas puras, una para ser progenitor polen y la otra para ser la progenitora femenina. En la realidad se hacen más de dos, para crear todas las posibles combinaciones (11).

Cuando un híbrido es creado, este ha sido el resultado del cruzamiento entre dos líneas de progenitores. Para evitar una mezcla de polen, uno de los progenitores es designado como el progenitor femenino y el otro como el masculino. Los sacos polínicos de las anteras de las plantas femeninas son removidos y estas reciben polen solamente de las plantas masculinas, las que han sido seleccionadas como progenitores. A este proceso se le conoce como emasculación (25).

El primer paso en la producción de semilla híbrida, es el crecimiento de las líneas progenitoras. Las plantas femeninas son crecidas en bancas dentro de un invernadero, aislado de otras fuentes de polen que sean compatibles y de insectos que los puedan polinizar. El progenitor masculino puede ser crecido en el suelo o en bolsas fuera de los invernaderos para conservar espacio en los invernaderos. Cuando las plantas de cada progenitor empiezan a florear, empieza la polinización. Tomando las petunias como ejemplo, las plantas femeninas se chequean temprano en la mañana, y los botones inmaduros se abren para emascularlos. Por otro lado se esta colectando el polen del progenitor masculino. De las flores se colectan todas las anteras las que se almacenan. Grandes cantidades de anteras son colectadas diariamente y son almacenadas a baja temperatura y baja humedad relativa. Conforme las anteras se van secando, su polen es removido y entonces se puede tamizar, limpiar y

empacar en un profundo congelamiento. Este polen puede ser almacenado por días o meses. Mientras tanto los grupos de polinizadores, han colectado previamente polen de los progenitores masculinos en la emasculación. Es una labor muy ardua para los polinizadores, usando una pequeña brocha para la polinización, lo que involucra un tiempo crítico. Tiene que pasar varias horas o entre uno a dos días desde la emasculación de la flor hasta que el estigma este receptivo. Los técnicos polinizan las flores con estigmas receptivos y dejan sin polinizar a las inmaduras para otro día. Al momento en que las plantas empiezan a producir semillas, empiezan a producir flores más pequeñas ya que su energía se concentra en la maduración de las semillas híbridas. Cuando las cápsulas de las petunias se van madurando, se van tornando oscuro y café. Después de coleccionar las cápsulas, se trasladan a la bodega de semilla, en donde se seca y se limpia la basura. Finalmente sale a las pruebas de germinación y pureza, antes de ser vendida (25).

No todos los híbridos tienen exactamente este proceso. Con Impatiens, el trabajo es más fácil de hacer, ya que las plantas femeninas tienen un gen estéril masculino. Este no produce anteras y no hay producción de polen, esto elimina la labor de emasculación y muchas horas de intensivo trabajo. La polinización es posible debido a la colección del polen del progenitor macho en una pequeña brocha para trasladarlo al estigma receptivo de la planta progenitora femenina. Igualmente la polinización con Marigold y Zinnias se puede realizar aspirando directamente el polen de los progenitores masculinos y aplicarlo a las femeninas (25).

Finalmente para mantener las mejores condiciones de viabilidad y longevidad en el almacenaje, se necesita mantener la semilla fuera de la humedad, sellada a una temperatura de 4 a 5 ° C, con baja humedad relativa y en un lugar oscuro (10).

4.1.13.4 Clases de semilla

La semilla obtenida directamente por el genotecnista después de sus trabajos para formar una nueva variedad, cuando ya está debidamente experimentada para poderla introducir a la producción

comercial, es llamada semilla original. Esta es la que debe ser más fiel a las características hereditarias propias de la variedad, la más pura y absolutamente libre de enfermedades transmisibles por semilla. Esta semilla habrá de pasar por varias generaciones antes de llegar al agricultor y por tanto, cualquier defecto que pudiere tener de origen genético se habrá de multiplicar muchas veces. Por estas razones y porque ordinariamente se dispone de una cantidad muy pequeña para iniciar su reproducción, la semilla original es sumamente costosa (3).

La multiplicación de semilla original da una generación, en la que la semilla es ya más abundante, pero debe de tener todavía características de muy alta fidelidad genética, pureza, etcétera, a esta se le llama semilla básica. Según los diferentes sistemas y organizaciones que existan para la producción de semilla, puede ser que la semilla básica se produzca todavía dentro de los campos experimentales. En todo caso, se trata aún de una semilla muy valiosa que debe ser manejada y vigilada por personal técnico especialmente capacitado. También en este estado de desarrollo cualquier error en la producción de la semilla que permita una mezcla genética o mecánica puede causar graves daños en las generaciones subsiguientes, ya que, según la planta de que se trata, su multiplicación alcanzará y acaso supere, un nivel de mil veces o más antes de llegar al agricultor (3).

A partir de la semilla básica se obtiene la llamada semilla registrada, que es la que ordinariamente debe sembrar el productor de semilla comercial (como la semilla de los progenitores en Marigold), para obtener de esa siembra la que se designa como semilla certificada (el híbrido a exportar en el caso de Marigold), y que es la que ordinariamente usa el agricultor (3).

En algunos países existe una clase más, llamada elite, que se coloca entre la semilla original y la básica. También hay variación considerable por cuanto al sistema de vigilancia oficial, que en algunos casos depende directamente de los gobiernos y en otros está determinada por las propias asociaciones productoras de semilla que desean garantizar la calidad de sus productos.

4.1.14 Marigold

4.1.14.1 Clasificación Botánica

Familia: Compositae (Asteraceae)

Tribu: Helenieae

Nombre científico: *Tagetes erecta* L.

Nombres comunes: Flor de muerto, Caléndula, Clavel de muerto, Clavellina, Clavelón, Copete, Copetuda, Pastora, Ruda, Rojao, Amarilla, Rueda de arado, Marigold, Grand Oeillet D'inde, Chus, Cempoalxóchitl, Sanpuel, Sin Paul, Tutz, X-puhuk, Zempanichil (4).

4.1.14.2 Origen y distribución

La planta silvestre se da naturalmente a través de área tropical y subtropical de México, Centroamérica, Sur América, y las Indias del Este. Se emplea en jardines alrededor de todo el mundo .

4.1.14.3 Descripción botánica

La planta silvestre es herbácea, con hojas divididas y aromáticas. Las flores son de color amarillo, anaranjado o rojizo, de olor penetrante. Tiene hojas alternas, sésiles y pubescentes de 5-15 cm. de largo, con cabezas florales grandes. Las semillas son negras, de 7 a 8 mm de largo, con lígulas amarillas, ápice rojo-anaranjado, vilano compuesto de dos escamas lineares de 6 a 10 mm de largo y 2 escamas anchas de 2 a 3 mm de largo (4).

El género *Tagetes* está constituido por plantas herbáceas que poseen hojas o brácteas involucrales o ambas estructuras con glándulas oleíferas translúcidas, puntiformes o lineares. Vilano de escamas (que a menudo se dividen o terminan en cerdas) o aristas adicionales, o a veces en forma de

anillo. Las brácteas involucrales están unidas, al menos hasta la mitad de su largo. Ramas del estilo alargadas, con apéndices involúcro a menudo con cálculo. Vilano de escamas, rara vez ausente. Las escamas del vilano generalmente menos de 10 (a veces ausentes), desiguales, 1 a 3 de ellas más largas y angostas que las demás. Su semilla es un aquenio (20).

4.1.14.4 Usos

Adicionalmente al uso decorativo, la planta silvestre se emplea medicinalmente en la cura natural de cólicos y dolores estomacales. Las raíces producen compuestos tiofénicos que actúan como nematocidas naturales. La esencia del aceite de la planta se emplea comercialmente en condimentos y bebidas suaves (4).

4.2 Marco Referencial

4.2.1 Ubicación

La finca Villa Canales de Mayacrops S. A., en donde se realizó la investigación se encuentra situada en el municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala.

Dicha finca tiene acceso por la ruta asfaltada que conduce de la cabecera municipal hacia la aldea El Zapote a 3.5 Km. y se encuentra en la cuenca del río Villalobos entre las coordenadas son 90°33.34' latitud norte y 14°27.37' longitud oeste (22).

4.2.2 Características de la zona de vida

Según Simmons, Villa Canales se encuentra dentro del bosque húmedo subtropical, cuyas particularidades muestran una elevación de 1300 msnm, con una inclinación del terreno de 14°30', la precipitación media anual es de 1946 mm y una evapotranspiración media anual de 125 mm (21).

4.2.3 Características de los cultivares a trabajar

a) Híbrido a producir: **Atlantis Primrose**

Características: planta de 40-50 cm de alto, con ancho de 25-30 cm, con color de flores amarillo pálido y con porcentaje de germinación mayor del 85%.

Progenitor Masculino: (D-221), es una planta de 20-30 cm de altura (enana), su ancho es de aproximadamente 25 cm, el color de sus flores es amarillo pálido, y el porcentaje de germinación de su semilla es de 64%.*

Progenitor Femenino: (D-237), es una planta de 75 cm de altura aproximadamente (alta), su ancho es de 25-30 cm, el color de sus flores es amarillo, las plantas poseen solo flores femeninas, el porcentaje

* Fuente, Bodger Seeds Ltd.

de germinación de su semilla es de 94%, y posee un total del 50% de plantas hermafroditas, las que se determinan por la forma aplanada del botón (estas plantas deben ser erradicadas para evitar su auto polinización). *

b) Híbrido a producir: **Atlantis Gold**

Características: planta de 40-50 cm de alto, con ancho de 25-30 cm, con color de flores doradas y con porcentaje de germinación mayor del 85%.

Progenitor Masculino: (D-191), es una planta de 20-30 cm de altura (enana), su ancho es de aproximadamente 25 cm, el color de sus flores es dorado, y el porcentaje de germinación de su semilla es de 72%. *

Progenitor Femenino: El progenitor femenino para el híbrido Atlantis Gold es el mismo que para Atlantis Primrose, la línea femenina D-237.

4.2.4 Dispersantes a utilizar

4.2.4.1 *Portulaca* (*Portulaca oleraceae*)

Según Tay (24), el polen de *Portulaca* era el medio, ensayado hasta ese momento, más efectivo para diluir el polen de Marigold, sin afectar su viabilidad. En general, la mayoría de procedimientos establecidos en lo que respecta a succión de polen de Marigold se aplican al polen de *Portulaca*.

4.2.4.2 Gelatina

Según Sosa (22), la respuesta de los diversos agentes evaluados en esa oportunidad, en los cuatro cultivares producidos, permite establecer que es factible producir aquenios de *Tagetes erecta*, mediante el uso de otros agentes diluyentes, tal es el caso de gelatina y leche, evitándose con ello la siembra de una mayor área de progenitores masculinos (productores de polen) y del cultivo de *Portulaca*. Al mismo tiempo, muestra en su análisis económico que el tratamiento más adecuado para

diluir el polen de Marigold y poder polinizar artificialmente es gelatina 75%, debido a que se presentó en la mayoría de cultivares de Marigold evaluados, en esa ocasión.

4.2.5 Otras investigaciones

En 1995 Tay (23), realizó un estudio en el cultivar de Marigold Antigua Yellow (1318-1A), en donde evaluó tres distintas sustancias de dispersión, (caolín, maicena y polen de Portulaca), de las cuales la mejor fue el polen de Portulaca. Estos resultados Tay los relacionó con el porcentaje de humedad que contenían cada uno de los dispersantes, ya que el polen de Portulaca contenía un 40% de humedad, la maicena un 8% y el caolín un 0%. Los resultados mostraron que utilizando portulaca, se produjeron en promedio 50 semillas híbridas por flor, la maicena 30 semillas por flor y el caolín ninguna semilla. Esto pudo ser debido también al tamaño de grano de cada uno de los dispersantes, ya que en el caso del caolín, sus partículas son mucho más pequeñas que las del polen de Marigold, por lo que las partículas de caolín pudieron cubrir la superficie de los granos de polen por su diferencia de humedad entre ambas superficies, impidiendo de esta forma que se completara la polinización al momento de no haber contacto entre el polen con el estigma.

En 1995 Tay (23), también realizó estudios de polinización en Marigold a diferentes horarios, en donde menciona que la capacidad de formar semilla obedece a parámetros posiblemente relacionados con el horario de polinización, ya que de los horarios que se evaluaron (de 8:00-10:00, 10:00-12:00, 12:00-14:00, y de 14:00-16:00 hrs), la polinización entre 12:00 a 16:00 horas fueron los que produjeron los mejores resultados.

En 1998 Sosa (22), realizó una investigación en polinización de Marigold donde se evaluaron cuatro sustancias dispersantes de polen (gelatina, leche, polen de Portulaca, y harina de arroz). En base a los resultados y a su análisis económico, el tratamiento más adecuado para la dilución del polen de Marigold y poder así polinizar artificialmente, es el de gelatina. A la vez Sosa evaluó tres

proporciones de estas sustancias dispersantes (25, 50 y 75%) con polen de Marigold, en donde recomienda polinizar con dispersantes al 75%.

5. OBJETIVOS

1. Determinar el agente dispersante que produce mayor rendimiento de semilla híbrida de Marigold (*Tagetes erecta*), en los dos cultivares a evaluar.
2. Determinar el horario para la polinización artificial que produzca el mayor rendimiento de semilla híbrida de Marigold , en los dos cultivares a evaluar.
3. Determinar si existe interacción entre el agente dispersante y el horario de polinización en ambos cultivares.
4. Determinar cual de todos los tratamientos posee el mayor rendimiento económico a través del análisis de presupuestos parciales.

6. HIPOTESIS

1. Por lo menos uno de los agentes utilizados para la dispersión del polen de Marigold (*Tagetes erecta* L.), producirá mayor rendimiento de semilla híbrida, en ambos cultivares estudiados.
2. Al menos uno de los horarios de polinización dará un mejor resultado en cuanto al rendimiento de la semilla híbrida de Marigold, en los cultivares evaluados.
3. Existe interacción entre al menos un agente dispersante en una hora específica de polinización, en cuanto al rendimiento de semilla híbrida de Marigold, de ambos cultivares en estudio.
4. Por lo menos uno de los tratamientos posee mayor rendimiento económico.

7. METODOLOGIA

7.1 Tratamientos

Los tratamientos evaluados se obtuvieron de la combinación de los dos factores en estudio. El factor "A", constituido por el horario de polinización(9 horarios) ; y el factor "B" , el agente dispersante de polen de Marigold (*Tagetes erecta* L.) (2 agentes).

Los tratamientos que se evaluaron fueron un total de 19, siendo este el resultado de la combinación de los niveles de los factores a evaluar en cada cultivar mas el testigo absoluto. (ver cuadro 3)

El factor "A" se constituyó por los diferentes horarios de polinización (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 horas), siendo un total de 9 horarios. Y el factor "B" lo constituyó la polinización con los dos agentes dispersantes de polen de Marigold (polen de *Portulaca sp.* y gelatina). El testigo lo representó la polinización con polen puro de Marigold a las 10:00 Hrs. que es el horario en que habitualmente se realiza esta actividad. Haciendo la combinación de los dos factores da un total de 18 tratamientos, que al agregarle el testigo, resulta un total de 19 tratamientos que se realizaron para cada cultivar en un ensayo para cada uno por separado, debido a la contaminación varietal que se puede generar al momento de hacerlos juntos.

El cuadro 3 muestra la descripción de los tratamientos, que se evaluaron para cada cultivar de Marigold .

7.2 Preparación de los tratamientos

Las diferentes mezclas utilizadas se prepararon en la bodega de polen utilizando para su efecto equipo esterilizado, preparando para cada unidad experimental 2 gr tanto la mezcla de gelatina como la de *Portulaca* a una proporción de 1:3, lo que es una parte de polen puro de Marigold por tres de la sustancia dispersante, esta mezcla iba en sobres de papel filtro bien identificados con: el código del

tratamiento, fecha de preparación, cultivar, peso de la mezcla, proporción de la mezcla, agente dispersante, fecha de succión del polen y el horario en que se debe polinizar dicha mezcla como el número de invernadero a polinizar. Estas preparaciones se realizaron a cada hora para evaluar el factor A, que son los diferentes horarios de polinización.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados en Villa Canales, 1,999, donde A, son los diferentes horarios de polinización y B, son los agentes dispersantes de polen de *Togetes*.

NO. DE TRATAMIENTO	COMBINACION	DESCRIPCION	
		HORARIO	DISPERSANTE
1	A1B1	8:00 hrs	GELATINA
2	A1B2	8:00 hrs	PORTULACA
3	A2B1	9:00 hrs	GELATINA
4	A2B2	9:00 hrs	PORTULACA
5	A3B1	10:00 hrs	GELATINA
6	A3B2	10:00 hrs	PORTULACA
7	A4B1	11:00 hrs	GELATINA
8	A4B2	11:00 hrs	PORTULACA
9	A5B1	12:00 hrs	GELATINA
10	A5B2	12:00 hrs	PORTULACA
11	A6B1	13:00 hrs	GELATINA
12	A6B2	13:00 hrs	PORTULACA
13	A7B1	14:00 hrs	GELATINA
14	A7B2	14:00 hrs	PORTULACA
15	A8B1	15:00 hrs	GELATINA
16	A8B2	15:00 hrs	PORTULACA
17	A9B1	16:00 hrs	GELATINA
18	A9B2	16:00 hrs	PORTULACA
19	TESTIGO	10:00 hrs	POLEN PURO

Estos sobres fueron llevados a los invernaderos dentro de recipientes plásticos con tapadera de 0.1*0.1*0.1 m, los que en su interior llevaron sílica gel congelada. Los recipientes plásticos se

transportaron dentro de hieleras de duropord de 0.3 m de largo, 0.2 m de ancho y 0.3 m de alto, las que llevaban tres pastillas de hielo para mantener la temperatura fresca (12°C).

7.3 Diseño experimental

El diseño utilizado fue el completamente al azar con arreglo bifactorial, teniendo como factor "A" los horarios de polinización, y el factor "B" los dispersantes de polen de Marigold.

7.3.1 Unidad experimental

La unidad experimental se constituyó por parcelas de 0.50 mt de ancho por 1 mt de largo, conteniendo cada una de ellas 10 plantas progenitoras femeninas de las que se polinizaron 5 flores por planta teniendo un total de 50 flores por unidad experimental, en cada cultivar.

7.4 Variables Respuesta

Las variables respuesta medidas fueron:

1. Peso total de aquenios formados en gramos(Peso de semilla pura).
2. Porcentaje de pureza de semilla .
3. Porcentaje de germinación de los aquenios producidos.

A continuación se describe como fueron medidas las variables respuesta:

7.5 Toma de datos

Al momento de la cosecha se cortaron 50 cabezuelas por tratamiento las cuales midieron entre 1.7 y 2.0 cm de diámetro para tener un lote homogéneo en la toma de datos (similar cantidad de estigmas por capítulo).

Después de cosechada la semilla en bruto (cabezuelas), se procedió a realizar la toma de datos de las variables respuesta de la siguiente forma:

1. El peso de la semilla pura, fue obtenido de la semilla limpia, lo que significa, libre de toda impureza física (sin residuos de corola, pistilos, etc) luego de su proceso post-cosecha. Este peso fue tomado de la semilla pura para cada tratamiento.
2. El porcentaje de pureza de aquenios formados, es el porcentaje de semilla pura que se obtiene de la semilla sucia, es decir, el grado de pureza que tiene la semilla sucia. Para su obtención, primero se procedió al corte de estigma manualmente con tijera, se pesó ésta que constituye la semilla total (semilla buena, vana mas residuos de la corola y estigmas) en una balanza semianalítica, luego se procesó la semilla (limpieza de semilla), separando los aquenios formados (que son los ovarios de color negro y consistencia dura), los que fueron pesados y luego se procedió a obtener el porcentaje de pureza de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Peso neto de semilla pura (gr)}}{\text{Peso total de semilla (semilla pura, vana y corola) (gr)}} \times 100$$

3. Luego de pesar los tratamientos se procedió a sacar el porcentaje de germinación por tratamiento, tomando dos lotes de 100 semillas por tratamiento. Estos se distribuyeron en cajas petri. Las cajas contenían papel filtro más 10 CC de agua destilada, en donde la semilla se colocó sobre esta superficie. Se revisó la humedad de las cajas cada día, y se le agregó agua destilada cuando fue necesario. La lectura de porcentaje de germinación se tomó a los 8 días después de la siembra.

7.6 Manejo del Cultivo

7.6.1 Descripción del Area de Trabajo

Los progenitores se ubicaron en invernaderos que están contruidos de madera, los que tienen las paredes con sarán anti trips (0.32 x 0.50 mm) y están techados de plástico. Las dimensiones de los invernaderos son de 25 mt de ancho por 60 mt de largo, teniendo ubicados dentro de ellos 80 bancas de 1 mt de ancho por 12 mt de largo.

7.6.2 Semillero

El semillero tanto del progenitor femenino como del masculino, se realizó utilizando como medio peat moss para germinación de semillas. Se utilizó bandejas de 288 espacios de 0.015 * 0.015 * 0.04 mt , las cuales se llenaron con el sustrato.

La siembra se realizó manualmente colocando una semilla por postura.

La fertilización del semillero se detalla en el cuadro 4.

Cuadro 4. Fertilización para la producción de plántulas de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

PRODUCTO	DOSIS	DIA DE LA APLICACION DESPUES DE LA SIEMBRA
Nitrato de Potasio	1 gr/lt	Del 1ro al 5to.
20-20-20	1 gr/lt	Del 6to al 30vo.
Nitrato de Calcio	1 gr/lt	Cada 5 dias.

El programa fitosanitario preventivo se detalla en el cuadro 5.

Cuadro 5. Programa de protección fitosanitario en semillero de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

PRODUCTO	DOSIS	FORMA DE APLICACION	DIA DE LA APLICACION DESPUES DE LA SIEMBRA
FUNGICIDAS			
Metil Tiofanato	0.5 gr/lt	Al suelo	3ro.
Mancozeb	1 gr/lt	Foliar	7mo y 21vo.
Benomil	1 gr/lt	Foliar	14vo y 27vo.
INSECTICIDAS			
Imidacloprid	0.5 gr/lt	Al suelo	2do y 30vo.
Endosulfan	1 cc/lt	Foliar	10mo y 23vo.
Oxidemeton Metil	1 cc/lt	Foliar	16vo y 28vo.

7.6.3 Preparación del suelo

Se procedió a tapar el suelo con plástico para la aplicación de bromuro de metilo a una dosis de 45.4 gr/m², se mantuvo tapado durante 48 horas. Después de destapado se dejó 48 horas para su aireación. Luego se procederá a banquear. Las bancas tenían una longitud de 12 mt, un ancho de 1 mt y un alto de 0.20 mt. La calle entre bancas fue de 0.30 mt.

7.6.4 Plantado

El plantado se realizó de la siguiente forma para los dos progenitores:

- a) Para el progenitor masculino (polen) las plantas quedaron distanciadas a 0.25 mt entre surco y 0.15 mt entre planta, teniendo una densidad de 26 plantas por metro cuadrado.
- b) Para el progenitor femenino (madre), se tuvo un distanciamiento de 0.15 mt entre surco y 0.10 mt entre planta, teniendo una densidad de 66 plantas por metro cuadrado. (El progenitor femenino se hace con mayor densidad ya que produce un 50% de flor hermafrodita, la que se elimina al momento de la selección, de esta forma quedan aproximadamente 33 plantas por metro cuadrado)

Seguidamente después del plantado se realizó un riego con solución de captan a 2 gr/lit a modo de sellar las heridas de las raíces, producidas por daño mecánico al momento del plantado.

7.6.5 Selección de plantas

La selección de plantas se realizó tanto en el progenitor femenino como en el masculino.

La selección del progenitor femenino fue aproximadamente el 50%, en donde la mayor parte de esta selección fueron plantas hermafroditas (ya que deben ser plantas ginoicas), un porcentaje bajo de selección fue constituido por plantas atípicas (+/- 2%), ya sea por altura, color de follaje o flor, tamaño de planta o flor, etc.

La selección del progenitor masculino fue aproximadamente 2% y fueron plantas principalmente atípicas de la variedad (diferentes características morfológicas).

7.6.6 Riego y fertilización

El riego se realizó dos veces por semana en donde una se utilizó únicamente con agua y la otra se realizó con el fertilizante, manteniendo el suelo a capacidad de campo.

La fertilización se realizó por medio de fertirriego teniendo el siguiente programa por etapas:

a) Etapa I: Consistió en la etapa vegetativa de la planta, la cual fue desde el primer día de plantado en el campo hasta el inicio de la floración, tardó aproximadamente 30 días. En esta primer etapa se fertirrigó una vez por semana, aplicando 3 lt/m² de la solución descrita en el cuadro 6.

Cuadro 6. Programa de fertilización en la etapa I del cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

ELEMENTO	PPM
NITROGENO	268
FOSFORO	50
POTACIO	100
BORO	1

b) Etapa II: Consistió en la etapa de producción de ambos progenitores, tanto de la producción de semillas como de producción de polen. Esta etapa empezó a los 30 días después del trasplante, junto con el inicio de la floración.

En la etapa II siempre se utilizó 3 lt por m² con la solución del cuadro 7.

Cuadro 7. Programa de fertilización en la etapa II del cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

ELEMENTO	PPM
NITROGENO	200
FOSFORO	100
POTACIO	100
BORO	1

7.6.7 Control fitosanitario

Para el control de insectos se programó hacer aplicaciones contra trips (*Frankliniella* sp.), mosca minadora (*Liriomyza* sp.), larvas de lepidópteros (Spodoptera), rotando familias químicas para evitar resistencias.

Para el control de enfermedades fungosas o bacteriales, se aplicó contra Alternaria, Botritis y Phytium, y bacterias, de la misma forma que en los insecticidas se realizó rotación de familias

químicas. El cuadro 8 muestra la programación de control fitosanitario en la plantación en producción.

Cuadro 8. Programa de control fitosanitario, contra plagas insectiles y fungosas en el cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.).

PRODUCTO	DOSIS	FORMA DE APLICACION	INTERVALO DE APLICACION
FUNGICIDA			
Truban+Metiltiofanato	0.5 gr/lt	Al suelo	Cada 4 semanas
Folpet	1 gr/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Clorotalonil	1 gr/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Iprodiona	1 gr/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Mancozeb	1 gr/lt	Foliar	Cada 4 semanas
INSECTICIDA			
Imidacloprid	0.5 gr/lt	Al suelo	Cada 4 semanas
Endosulfan	1 cc/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Basillus thuringiensis	1 gr/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Tiociclam oxalato	1 cc/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Metiocarb	1 gr/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Permetrinás	1 cc/lt	Foliar	Cada 4 semanas
Ciromazina	0.2 gr/lt	Foliar	Cada 4 semanas

7.6.8 Colección del Polen

El polen se succionó mediante un sistema de vacío, disponible en tubería de PVC dentro de los invernaderos, este vacío se produjo por una bomba central de succión, que genera una presión de 6 PSI, de manera que en la manguera de succión debe existir de 1 a 3 PSI, siendo el óptimo 2, ya que en el caso que fuera mayor puede dañar a los estambres y anteras. El polen quedó colectado en una bolsa de papel filtro previamente identificado con su cultivar, día de colección y número de invernadero.

La succión de polen se realizó a partir de las 11:00 hrs. , o desde el momento en que las condiciones ambientales lo permitan, ya que en días nublados y alta humedad relativa (60%), el polen esta disponible hasta las 13:00 hrs.

7.6.9 Colocación de la rafia

Se realizó la colocación de rafia en el progenitor femenino ya que por su altura, necesitó un tutoreo. Se puso la primer cama de rafia a los 0.25 m y luego después de la primera, se pusieron tres más a 0.2 m de distancia una de la otra. El primer nivel de rafia, se colocó aproximadamente a los 15 días después del trasplante, luego cada dos semanas se puso un nuevo nivel hasta que la planta se determinó, que fue cuando empezó la floración.

7.6.10 Polinización cruzada artificial

Se realizaron dos polinizaciones a la semana, a modo de que cada flor femenina recibiera de 3 a 4 polinizaciones en total. La polinización se hizo en forma manual por medio de una brocha de cáñamo de 0.01 m de diámetro, la cual se introduce en la mezcla de polen de Marigold con el agente dispersante, se agita para botar el excedente de mezcla y luego se procedió a aplicar el polen a la flor femenina (polinización).

La flor femenina va teniendo sus estigmas receptivos en forma concéntrica empezando por los estigmas de la orilla hacia el centro(flores del disco), razón por la cual la polinización se realizó en forma circular teniendo el cuidado de polinizar los estigmas que estuvieran receptivos (que generalmente son los que están de un color amarillo brillante) de una forma suave para no dañarlos. Esta polinización se realizó de una forma uniforme para que la mezcla quedara bien distribuida en los estigmas de la flor y así asegurar el contacto de la mayor cantidad de granos de polen con la superficie de los estigmas.

7.6.11 Cosecha

La cosecha se realizó dos semanas después de la última polinización (que es el tiempo que el aquenio necesita para madurar en la planta), se hizo cuando los estigmas estuvieran secos y de una coloración de café oscuro. Se realizó manualmente, y se colectaron en bolsas de popelina previamente desinfectadas e identificadas con los datos de código del lote (fecha en que se polinizó la flor), híbrido (resultado de la polinización cruzada), código del tratamiento, horario de polinización y mezcla utilizada. Luego de colectada las flores femeninas, se trasladaron a la bodega de semillas para su procesamiento.

7.6.12 Procesamiento de la semilla

En la bodega de semilla se pusieron las bolsas con flores a un horno eléctrico a una temperatura de 35 a 50 °C, hasta que la humedad de las flores descendió a 30%. Luego antes de proceder al corte de estigmas se almacenaron en el cuarto seco (especial para almacenamiento de semillas), el que tiene las condiciones de 12 °C y 30% de humedad.

Luego de tener seca las flores se procedió al corte de estigmas. Este se realizó en forma manual, por medio de tijeras de teflón, las que debían tener suficiente filo para no dañar los aquenios en el momento del corte. Este corte debe ser en forma circular, de la misma forma en que los estigmas llegaron a ser receptibles. Luego de tener los estigmas cortados se procedió a la separación de la semilla (aquenios), del resto de material vegetal por medio de maquinas sopladoras, las cuales funcionan por medio de motores de 0.06 HP y tubos con niveles, los que hicieron que en los niveles mas altos se quede el material que no pesa (residuos vegetales), y en los niveles bajos queden los aquenios de Marigold, sin material vegetal. Luego limpiada la semilla se procedió a almacenarla en el cuarto seco.



7.7 Análisis de la información

7.7.1 Análisis estadístico

Para analizar todos los tratamientos fue necesario realizar dos ANDEVAS para las variables: Peso total de aquenios formados en gramos; Porcentaje de pureza de los aquenios formados; y Porcentaje de germinación de la semilla. Uno realizándolo con los 19 tratamientos, haciendo un análisis de varianza simple (general) para determinar si existía diferencia en el tratamiento testigo y los demás que son las combinaciones de los dos factores; el otro consistió en analizar únicamente los 18 tratamientos resultantes de la combinación de los factores, realizando el análisis factorial. En donde existía diferencias significativas en los tratamientos se procedió a realizar la prueba de medias de Tukey. Estos resultados a su vez se analizaron con ayuda de cuadros de datos y graficas para su mejor interpretación.

El diseño que se utilizó fue el completamente al azar con arreglo bifactorial, cuyo modelo estadístico se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta.

μ = Media general de las variables en estudio.

A_i = Efecto de los diferentes horarios de polinización.

B_j = Efecto de las diferentes sustancias dispersantes.

AB_{ij} = Efecto de la interacción entre los dispersantes y los horarios de polinización.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado a los 19 tratamientos.

La investigación consistió en evaluar los 19 tratamientos con tres repeticiones en la producción de semilla híbrida de los cultivares Atlantis Primrose y Atlantis Gold de Marigold (un ensayo por separado para cada uno para evitar contaminación varietal).

7.7.2 Análisis económico

Para su análisis económico se procedió a realizar el análisis de presupuesto parcial, con el objetivo de determinar cual de los tratamientos obtendría un mayor beneficio neto. Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos. Este consiste en evaluar los beneficios netos los que se determinan por medio de restarle a los beneficios brutos (valor total del producto), los costos que varían (estos son exclusivamente los costos de los tratamientos alternativos) (5). En este caso se los costos que varían son de los agentes dispersantes ya que el horario de polinización no lleva consigo un costo diferente en cada uno y el mejor resultado económico en este caso será el que mejor rendimiento obtenga, por tal motivo se realizó el análisis en los agentes de dispersión.

8. RESULTADOS Y DISCUSION:

Los resultados de campo se pueden observar en los cuadros 16.A y 17.A para cada cultivar en el anexo. A continuación se detalla el análisis de los resultados para cada cultivar:

8.1. Atlantis Primrose:

En el análisis de varianza general para el peso de semilla pura (cuadro 18.A), se puede observar que si hubo diferencia altamente significativa entre el tratamiento de polinización de polen puro a las 10:00 horas (testigo), y las demás combinaciones de los tratamientos. Aunque en la prueba de medias Tukey (cuadro 19.A), muestra que este (testigo), no fue el mejor tratamiento, como se hubiera esperado, por el hecho de haberse polinizado con polen puro de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

El análisis de varianza factorial para el peso de semilla pura (Cuadro 9), muestra que existe diferencia significativa en las horas de polinización y altamente significativa en los agentes

Cuadro 9. Resumen del análisis de varianza factorial (factores: Horario de polinización; agente dispersante, y su interacción), para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.), Atlantis Primrose, Villa Canales, 1999.

Fuente	GL	SC	CM	F Calc.	Pr > F	Signif.	C.V.	Media Gral.
1. Variable Peso de semilla pura (gr.)								
Horario de polinización	8	27.0221	3.3778	2.93	0.0125	*		
Dispersante	1	57.5774	57.5774	49.99	0.0001	**		
Horario * Dispersante	8	3.4065	0.4258	0.37	0.9297	NS		
Error	36	41.4656	1.1518					
Total	53	129.4715					18.2983	5.8652
2. Variable Porcentaje de pureza de semilla.								
Horario de polinización	8	849.4727	106.1841	2.68	0.0204	*		
Dispersante	1	1036.1328	1036.1328	26.22	0.0001	**		
Horario * Dispersante	8	325.7883	40.7235	1.03	0.4348	NS		
Error	36	1428.7885	39.6886					
Total	53	3640.1823					18.6565	33.7678
3. Variable Porcentaje de germinación.								
Horario de polinización	8	28.8148	3.6019	1.18	0.3385	NS		
Dispersante	1	8.1667	8.1667	2.67	0.1108	NS		
Horario * Dispersante	8	44.0000	5.5000	1.8	0.1094	NS		
Error	36	110.0000	3.0556					
Total	53	190.9815					1.78403	97.9815

* = Diferencia significativa

** = Diferencia altamente significativa

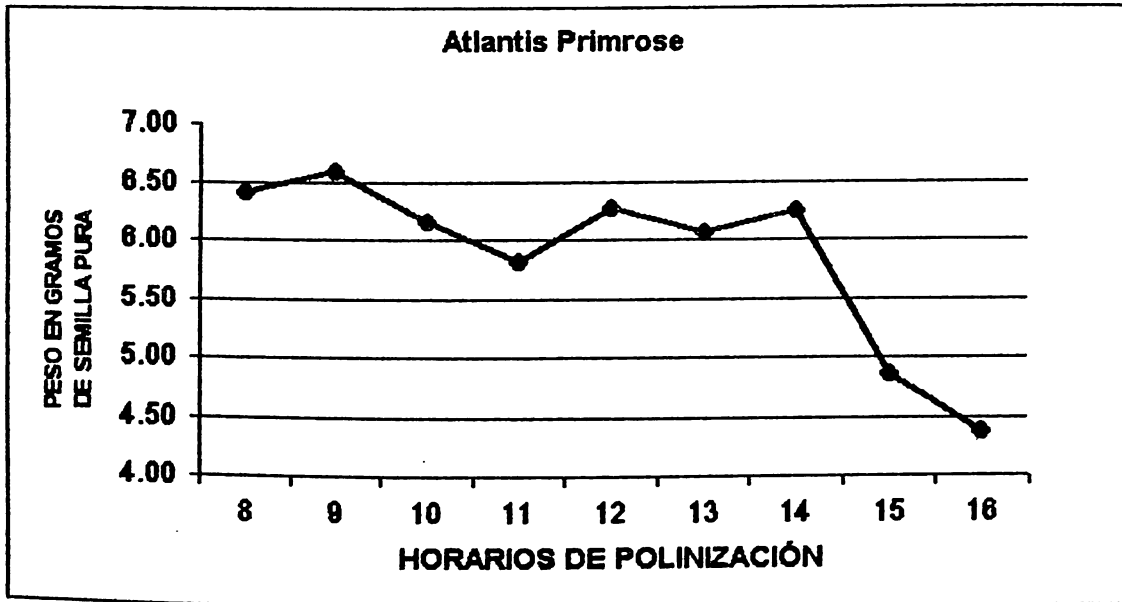
NS = No hay significancia

dispersantes, no habiendo significancia en la interacción de las horas de polinización con los agentes dispersantes. Según la prueba de Tukey (Cuadro 10) para el horario de polinización, la mejor hora para efectuar esta actividad fue 9:00 horas teniendo una media de 6.59 gramos, siendo el único tratamiento encontrado en el grupo A.

Cuadro 10. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.), Atlantis Primrose, en el factor horario de polinización, en Villa Canales, 1999.

Horario	Peso de semilla pura		Porcentaje de pureza	
	Media	Tukey	Media	Tukey
9	6.59	A	37.91	A
8	6.42	AB	37.08	AB
12	6.27	AB	35.01	AB
14	6.25	AB	33.39	AB
10	6.15	AB	37.17	AB
13	6.06	AB	35.86	AB
11	5.81	AB	33.39	AB
15	4.86	AB	27.82	AB
16	4.38	B	25.99	B

En la grafica 1, se puede apreciar que el punto más alto fue el de las 9:00 horas, mientras que el tratamiento más bajo fue a las 16:00 horas con una media de 4.38 gramos, esto indica que para este cultivar se tendría mejor resultado polinizando antes de las 16:00 horas obteniéndose los mejores resultados a las 9:00 horas. Esto difiere con los resultados de Tay (23), quien concluye que el mejor horario de polinización está entre las 12 y 16 horas, aunque esto puede ser aceptado si se toma en cuenta que fueron cultivares diferentes los que evaluaron en ese entonces (Antigua Yellow).



Grafica 1. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

Atlantis Primrose, para la variable peso de semilla pura, en Villa Canales, 1999.

Mientras tanto la prueba de Tukey realizada para la variable dispersantes (cuadro 11), muestra que la gelatina responde mejor a la dispersión del polen de *Tagetes* ya que produjo una media 6.90 gramos de semilla pura, y la dispersión con *Portulaca* produjo 4.83 gramos, es decir, 30% menos que la producción con gelatina (Gráfica 2).

Cuadro 11. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) Atlantis Primrose, en el factor agente dispersante y su efecto en las variables peso de semilla pura y porcentaje de pureza, en Villa Canales, 1999.

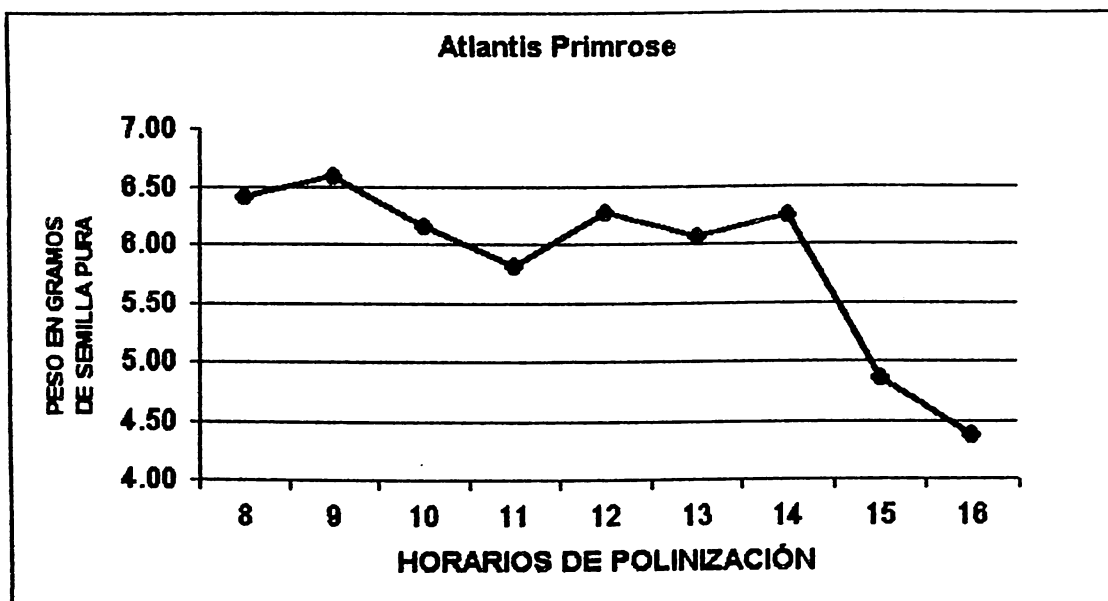
Dispersante	Peso de semilla pura (gr).		Porcentaje de pureza	
	Media	Tukey	Media	Tukey
Gelatina	6.90	A	38.15	A
Portulaca	4.83	B	29.39	B

dispersantes, no habiendo significancia en la interacción de las horas de polinización con los agentes dispersantes. Según la prueba de Tukey (Cuadro 10) para el horario de polinización, la mejor hora para efectuar esta actividad fue 9:00 horas teniendo una media de 6.59 gramos, siendo el único tratamiento encontrado en el grupo A.

Cuadro 10. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.), Atlantis Primrose, en el factor horario de polinización, en Villa Canales, 1999.

Horario	Peso de semilla pura		Porcentaje de pureza	
	Media	Tukey	Media	Tukey
9	6.59	A	37.91	A
8	6.42	AB	37.08	AB
12	6.27	AB	35.01	AB
14	6.25	AB	33.39	AB
10	6.15	AB	37.17	AB
13	6.06	AB	35.86	AB
11	5.81	AB	33.39	AB
15	4.86	AB	27.82	AB
16	4.38	B	25.99	B

En la grafica 1, se puede apreciar que el punto más alto fue el de las 9:00 horas, mientras que el tratamiento más bajo fue a las 16:00 horas con una media de 4.38 gramos, esto indica que para este cultivar se tendría mejor resultado polinizando antes de las 16:00 horas obteniéndose los mejores resultados a las 9:00 horas. Esto difiere con los resultados de Tay (23), quien concluye que el mejor horario de polinización está entre las 12 y 16 horas, aunque esto puede ser aceptado si se toma en cuenta que fueron cultivares diferentes los que evaluaron en ese entonces (Antigua Yellow).



Grafica 1. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

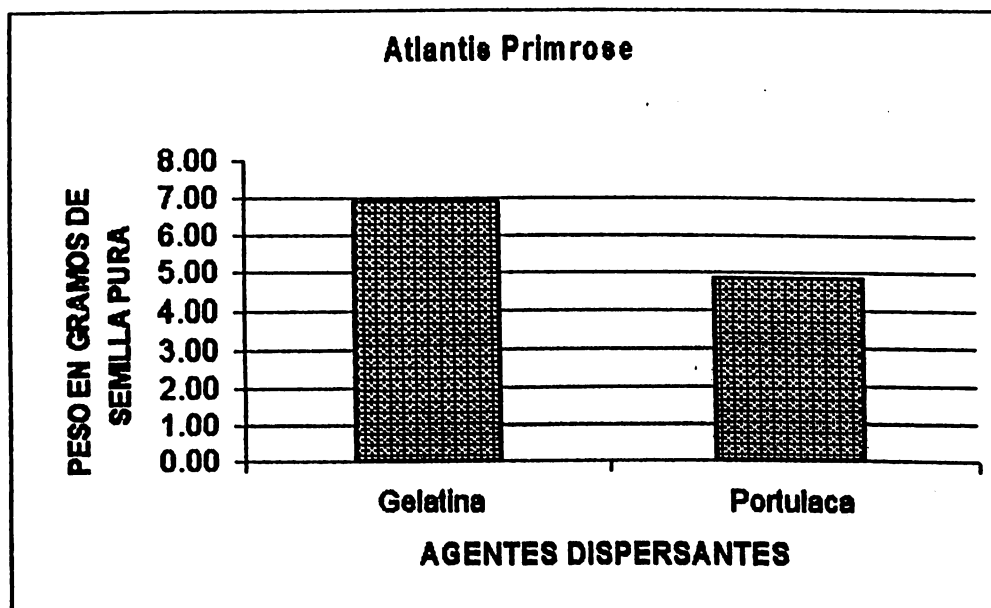
Atlantis Primrose, para la variable peso de semilla pura, en Villa Canales, 1999.

Mientras tanto la prueba de Tukey realizada para la variable dispersantes (cuadro 11), muestra que la gelatina responde mejor a la dispersión del polen de *Tagetes* ya que produjo una media 6.90 gramos de semilla pura, y la dispersión con *Portulaca* produjo 4.83 gramos, es decir, 30% menos que la producción con gelatina (Gráfica 2).

Cuadro 11. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) Atlantis Primrose, en el factor agente dispersante y su efecto en las variables peso de semilla pura y porcentaje de pureza, en Villa Canales, 1999.

Dispersante	Peso de semilla pura (gr).		Porcentaje de pureza	
	Media	Tukey	Media	Tukey
Gelatina	6.90	A	38.15	A
Portulaca	4.83	B	29.39	B

Lo que coincide con las recomendaciones de Sosa (22), quien recomienda el uso de la gelatina para la dilución del polen puro de Marigold , debido a que produce por lo menos igual que el polen de Portulaca, a un menor costo.

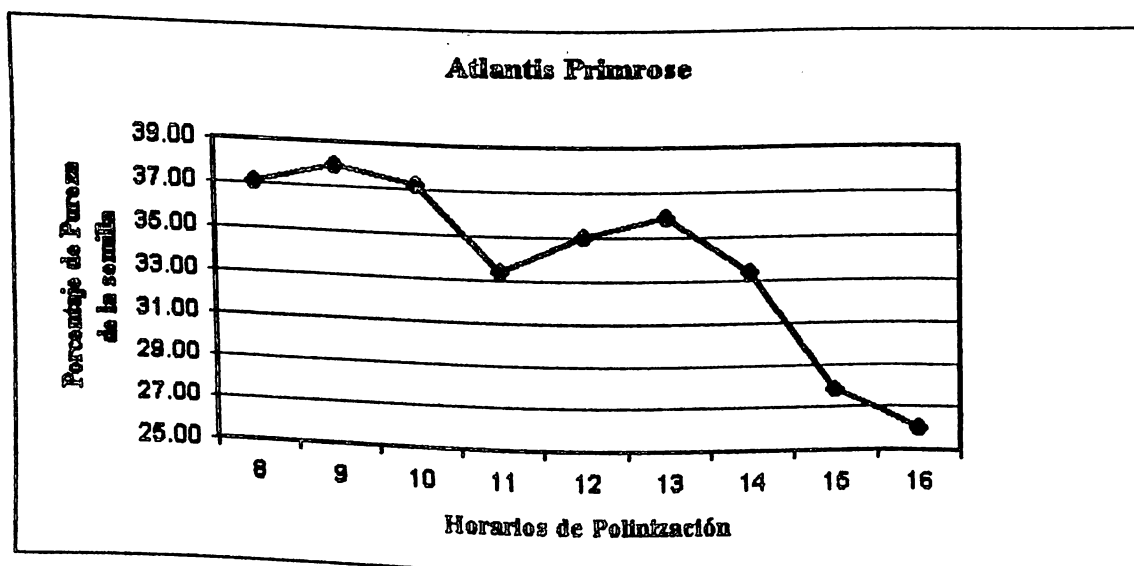


Grafica 2. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) Atlantis Primrose, para la variable peso de semilla pura, en el factor agente dispersante, Villa Canales, 1999.

El análisis de varianza general (cuadro 18.A) para el porcentaje de pureza de aquenios producidos en A. Primrose, mostró diferencia significativa entre los tratamientos, observándose de nuevo en la prueba de Tukey (cuadro 20.A), al igual que en el peso de semilla pura, que el la polinización con polen puro de Marigold a las 10:00 horas, no fue el mejor como se pudo esperar.

El análisis de varianza factorial en cuanto a porcentaje de pureza de la semilla(cuadro 9), mostró diferencias significativas entre los horarios de polinización, así como altamente significativas en los agentes dispersantes, a la vez de mostrar no haber significancia en la interacción entre los factores.

La prueba de Tukey para los horarios de polinización (cuadro 10), muestra nuevamente al igual que en la variable peso de semilla pura, que el mejor horario para la polinización fue a las 9:00 horas con una media de 37.91 % de pureza de semilla y el porcentaje más bajo también se reflejó a las 16:00 horas con una media de 25.99% de pureza de semilla, lo que significa que no sólo se alcanzó la mayor producción de semilla, sino también mejor pureza de la misma polinizando a las 9:00 horas. Se puede observar que la tendencia de la gráfica 3 es muy similar a la de la gráfica 1. En ambos casos se ven mayores resultados por lo que se puede concluir que este horario es el mejor para este cultivar. (Atlantis Primrose)

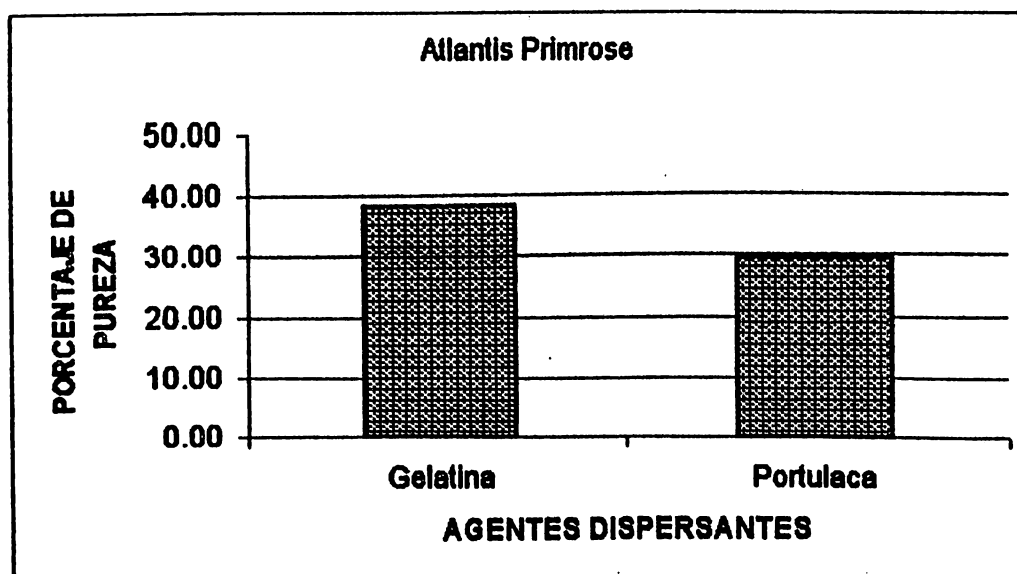


Gráfica 3. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.)

Atlantis Primrose, para la variable porcentaje de pureza de semilla, en Villa Canales, 1999.

La prueba de Tukey para los agentes de dispersión (cuadro 11) mostró al igual que en la variable peso de semilla pura, que la gelatina fue mejor como dispersante en cuanto a porcentaje de pureza con media de 38.15 %, que con Portulaca el cual tuvo una media de 29.39 % de pureza, esto es

un 23% menos que al usar gelatina (Gráfica 4). Esto muestra que no solo tuvo mayor peso de semilla pura sino también mayor porcentaje de pureza al momento de utilizar la gelatina como dispersante en el cultivar *A. Primrose*. Desde este punto de vista se puede observar que la gelatina aventaja al polen de *Portu laca Sp.* en la dilución del polen de *Tagetes* resultado que también concuerda con el de Sosa(22) en sus recomendaciones.



Gráfica 4. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) Atlantis Primrose, para la variable porcentaje de pureza, en el factor agente dispersante, Villa Canales, 1999.

En cuanto al análisis de varianza general del porcentaje de germinación, no existió diferencia significativa entre tratamientos. (cuadro 18.A)

Al mismo tiempo, el análisis de varianza factorial para el porcentaje de germinación (cuadro 9), muestra que tanto en los diferentes horarios de polinización como en los agentes dispersantes, no existe diferencia significativa al igual que su interacción por lo que no fue necesario realizar prueba de medias. Lo que se puede apreciar es que tanto el horario de polinización como el uso de los

dispersantes gelatina o Portulaca, no interfieren en el porcentaje de germinación en el cultivar Atlantis Primrose.

Para el análisis económico de Marigold, cultivar Atlantis Primrose, se puede observar lo siguiente: en la polinización con gelatina como dispersante, se necesita un consumo de gelatina de 76.8 Kg/Ha, de este consumo se obtiene un rendimiento de semilla híbrida de 88.32 Kg/Ha. Lo que al momento de valorizar, da un costo de gelatina de Q 23,961.60/Ha y un beneficio bruto de Q 618,240.00/Ha de semilla híbrida. Mientras que al momento de polinizar con polen de Portulaca (*Portulaca sp.*) como dispersante, se obtiene un consumo de 76.8 Kg/Ha, y su rendimiento de semilla híbrida es de 61.82 Kg/Ha, esto al valorizarlo da un costo de Q 230,400.00/Ha (Q 206,438.40/Ha más que cuando se poliniza con gelatina como dispersante), y un beneficio bruto de Q 432,740.00/Ha (Q 185,500/Ha menos que cuando se poliniza con gelatina como dispersante). Es decir, cuando se poliniza con gelatina como dispersante, se obtiene menor costo por hectárea y a la vez se obtiene un mayor ingreso por hectárea debido a su mayor rendimiento por hectárea que al polinizar utilizando polen de Portulaca como dispersante. Esto corrobora con la recomendación de Sosa(22), quién recomienda el uso de la gelatina como dispersante en la polinización por su mayor beneficio económico.

8.2. Atlantis Gold:

En los análisis de varianza general para el cultivar A. Gold, tanto en la variable peso de semilla pura como porcentaje de pureza de semilla no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, lo que significa que no hubo diferencia entre el tratamiento testigo, con la combinación de los factores agentes dispersantes y horario de polinización. (cuadro 18.A)

En el cuadro 12, se puede observar al momento de realizar el análisis de varianza factorial, que tanto en la variable peso de semilla pura y en el porcentaje de pureza de semilla no hubo diferencia significativa entre los horarios de polinización y los agentes dispersantes, así como no existir interacción entre los factores(horarios de polinización-agentes dispersantes). Esto indica que para el

cultivar de Marigold, Atlantis Gold, al momento de polinizar con Portulaca o Gelatina, y realizarse a diferente horario esta actividad, se obtendrán los mismos resultados.

Cuadro 12. Resumen del análisis de varianza factorial (factores: Horario de polinización, agente dispersante, y su interacción), para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.), Atlantis Gold, Villa Canales, 1,999.

Fuente	GL	SC	CM	F Calc.	Pr > F	Signif.	C.V.	Media Gral.
1. Variable Peso de semilla pura (gr.)								
Horario de polinización	8	19.0883	2.3860	1.87	0.096	NS		
Dispersante	1	1.2422	1.2422	0.97	0.3306	NS		
Horario * Dispersante	8	8.7250	1.0906	0.85	0.5628	NS		
Error	36	45.9662	1.2768					
Total	53	75.0216					20.3837	5.5435
2. Variable Porcentaje de pureza de semilla.								
Horario de polinización	8	434.0806	54.2601	1.45	0.2099	NS		
Dispersante	1	0.9627	0.9627	0.03	0.8735	NS		
Horario * Dispersante	8	160.4638	20.0582	0.54	0.8214	NS		
Error	36	1346.9955	37.4165					
Total	53	1942.5045					15.83	38.6250
3. Variable Porcentaje de germinación.								
Horario de polinización	8	18.3333	2.2917	0.45	0.8824	NS		
Dispersante	1	42.6667	42.6667	8.38	0.0064	**		
Horario * Dispersante	8	189.0000	23.6250	4.64	0.0006	**		
Error	36	183.3333	5.0926					
Total	53	433.3333					2.43235	92.7778

* = Diferencia significativa.

** = Diferencia altamente significativa

NS = No hay significancia.

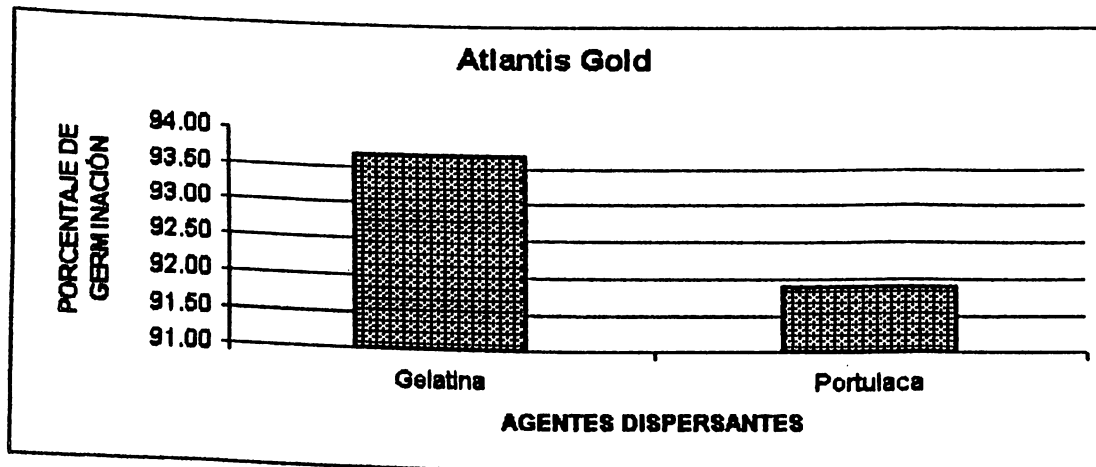
En el análisis de varianza general para el porcentaje de germinación (cuadro 18.A), se puede observar que sí existe diferencia entre los tratamientos, lo que al momento de realizar la prueba de medias Tukey (cuadro 21.A), se observa que la polinización con el tratamiento testigo, no es la que tiene el mayor porcentaje de germinación.

En su análisis de varianza factorial (cuadro 12) en cuanto al porcentaje de germinación, se puede apreciar que existe diferencia altamente significativa entre los diferentes agentes dispersantes así como en la interacción de los factores, no habiendo diferencia significativa entre los horarios de polinización.

Cuadro 13. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.), Atlantis Gold, en el factor agente dispersante y su efecto en la variable porcentaje de germinación, en Villa Canales, 1,999.

Dispersante	Porcentaje de germinación.	
	Media	Tukey
Gelatina	93.67	A
Portulaca	91.89	B

En la prueba de medias Tukey (cuadro 13), se observa que el uso de gelatina como dispersante da un mejor resultado en cuanto a porcentaje de germinación obteniendo 93.67 %, y en un segundo lugar se encuentra la Portulaca con 91.89 %. (1.78 % menos que cuando se usó gelatina gráfica 5) Lo cual se puede deber a una acción que provoque la gelatina al momento de la germinación del polen en el estigma, probablemente nutricional.



Gráfica 5. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) Atlantis Gold, para la variable porcentaje de germinación, en el factor agente dispersante, Villa Canales, 1,999.

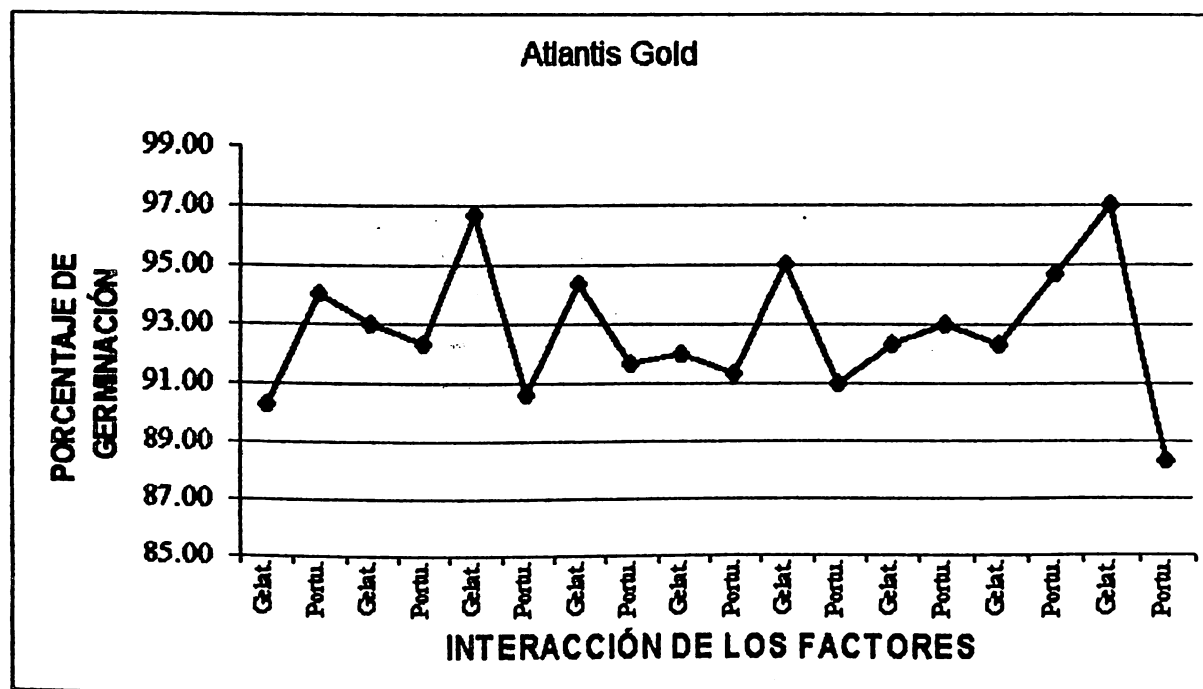
La prueba de Tukey para la interacción de los factores (Cuadro 14), muestra que la interacción de polinización con gelatina (factor A), a las 16:00 horas (factor B), produjo el mayor porcentaje de

Cuadro 14. Resumen de Tukey factorial para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) A. Gold, para la variable porcentaje de germinación, en la interacción de los factores (horario de polinización y agente dispersante), en Villa Canales, 1999.

Tratamiento	Interacción		Medía	Tukey
	Horario	Dispersante		
17	16	Gelat.	97.00	A
5	10	Gelat.	96.67	AB
11	13	Gelat.	95.00	AB
16	15	Portu.	94.67	AB
7	11	Gelat.	94.33	AB
2	8	Portu.	94.00	AB
14	14	Portu.	93.00	AB
3	9	Gelat.	93.00	AB
4	9	Portu.	92.33	AB
13	14	Gelat.	92.33	AB
15	15	Gelat.	92.33	AB
9	12	Gelat.	92.00	AB
8	11	Portu.	91.67	AB
10	12	Portu.	91.33	AB
12	13	Portu.	91.00	AB
6	10	Portu.	90.67	AB
1	8	Gelat.	90.33	AB
18	16	Portu.	88.33	B

germinación (97%), encontrándose en el grupo A de Tukey. Aquí se puede observar que la interacción contempla de nuevo el uso de la gelatina a las 16:00 horas. En el cuadro 14 se puede observar que las germinaciones mayores las obtiene en la mayoría de los casos la gelatina y en cuanto a horario de polinización no se observa una uniformidad en cuanto a las germinaciones ya que como se puede observar el tratamiento con germinación menor fue a las 16:00 horas con polinización con Portulaca .

El resto de los tratamiento se encontraron en el grupo AB de Tukey. En la gráfica 6, se puede observar que la mayoría de los tratamientos que obtuvieron mejores porcentajes de germinación, fueron polinizados con gelatina como dispersante (puntos mas altos en la gráfica), no habiendo un patrón en cuanto a los horarios de polinización, es decir, como concluye Tay (23) en su estudio.



Gráfica 6. Resumen de Tukey para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.), Atlantis Gold, para la variable porcentaje de germinación, en la interacción de los factores (horarios de polinización y agentes dispersantes), Villa Canales, 1999.

Para el análisis económico de Marigold, cultivar Atlantis Gold, se puede observar lo siguiente: en la polinización con gelatina como dispersante, se necesita un consumo de gelatina de 76.8 Kg/Ha, de este consumo se obtiene un rendimiento de semilla híbrida de 72.96 Kg/Ha. Lo que al momento de valorizar, da un costo de gelatina de Q 23,961.60/Ha y un beneficio bruto de Q510,720.00/Ha de semilla híbrida. Mientras que al momento de polinizar con polen de Portulaca como dispersante, se obtiene un consumo de 76.8 Kg/Ha, y su rendimiento de semilla híbrida es de 68.99 Kg/Ha, esto al valorizarlo da un costo de Q 230,400.00/Ha de Portulaca (Q206,438.40/Ha más que cuando se poliniza con gelatina como dispersante), y un beneficio bruto de Q482,930.00/Ha (Q27,790/Ha menos que cuando se poliniza con gelatina como dispersante). Es decir, que cuando se poliniza con gelatina como dispersante, se obtiene menor costo por hectárea y a la vez se obtiene un mayor ingreso por hectárea debido a su mayor rendimiento por hectárea que al polinizar utilizando polen de Portulaca

como dispersante. Esto corrobora con la recomendación de Sosa(22), quién recomienda el uso de la gelatina como dispersante en la polinización por su mayor beneficio económico.

En general se pudo observar que el efecto tanto del horario de polinización como el agente de dispersión en el rendimiento de semilla híbrida de Marigold, va a depender básicamente del cultivar que se esté trabajando, es decir, existe un efecto es varietal. Ya que, como lo menciona Tay (23) en su estudio realizado en 1,995 para el cultivar Antigua Yellow los mayores rendimientos se obtuvieron al momento de polinizar entre las 12:00 a las 16:00 horas, mientras que en la presente investigación se determinó que para el cultivar Atlantis Primrose el mejor horario para la polinización fue a las 9:00 horas, y para Atlantis Gold no existió diferencia en su rendimiento de semilla híbrida al momento de polinizar en los diferentes horarios evaluados (de 8:00 a 16:00 horas).

En referencia a los agentes de dispersión, existe un efecto similar al del horario de polinización ya que en las conclusiones de Sosa (22), se puede observar que para el cultivar Discovery Orange se obtuvo un mejor rendimiento de semilla híbrida cuando se usó polen de Portulaca como agente dispersante; para los cultivares Discovery Yellow y Discovery Yellow All Season los mejores resultados se obtuvieron utilizando la gelatina como agente dispersante en su polinización; por último el cultivar Discovery Orange All Season produjo sus mayores rendimientos utilizando el polen puro de Marigold . Mientras tanto en la presente investigación, para el cultivar Atlantis Primrose se obtuvo el mejor resultado cuando se utilizó la gelatina como agente dispersante en su polinización, y para Atlantis Gold no hubo diferencia en el rendimiento de semilla híbrida entre el uso de la gelatina y el de polen de Portulaca como agentes dispersantes en su polinización. Estos resultados muestran que el efecto del agente dispersante va a depender del cultivar que se esté trabajando y no se puede generalizar su efecto a la especie de Marigold, por lo que se puede concluir que también existe un efecto varietal .

Respecto al análisis económico se puede observar en ambos cultivares (Atlantis Primrose y Atlantis Gold), que cuando se utilizó la gelatina como agente dispersante para la polinización se obtuvo un mayor beneficio económico, dicho efecto se debe principalmente a la disminución de costos que se obtiene al momento de utilizar la gelatina como agente dispersante, en comparación con el uso de polen de Portulaca . Datos que concuerdan con lo que concluye Sosa (22) en su recomendación de usar gelatina como agente dispersante en la polinización de Marigold ya que produce los resultados con mayor beneficio económico.

9. CONCLUSIONES

1. En base a los análisis de varianza, para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.), Atlantis Primrose, para las variables, peso de semilla pura y porcentaje de pureza de semilla se ven afectados por ambos factores (horario de polinización y agente dispersante), sin que exista interacción entre ambos. Obteniéndose los mayores resultados polinizando a las 9:00 horas (6.59 gramos de semilla pura y 37.91 % de pureza de semilla), con el agente dispersante gelatina (6.90 gramos de semilla pura y 38.15 % de pureza de semilla). Para la variable porcentaje de germinación en este cultivar no fue significativo tanto el factor horario de polinización como el agente dispersante, así como no haber interacción entre ellos, lo que indica que ninguno de estos factores influye en la viabilidad de la semilla de Atlantis Primrose.
2. En base a los análisis de varianza, para el cultivar Atlantis Gold, en cuanto a las variables peso de semilla pura y porcentaje de pureza de semilla, no existe diferencia entre los factores estudiados (horario de polinización y agente dispersante) y no hubo interacción entre ellos. Es decir, se obtendrán iguales rendimientos de semilla híbrida de Marigold al momento de polinizar ya sea con gelatina o con polen de *Portulaca sp.* como dispersantes, a la vez de polinizar entre las 8:00 y las 16:00 horas. Mientras que para la variable, porcentaje de germinación si existió diferencias en el factor agente dispersante, así como existió interacción de los factores y no hubo diferencias en el factor horario de polinización. Obteniéndose mayores porcentajes de germinación con el agente dispersante gelatina (93.67 % de germinación), y la interacción de polinización a las 16:00 horas con gelatina de agente dispersante (97 % de germinación) probablemente a un efecto de la gelatina en el grano de polen al momento de la fecundación. (semilla mas viable)
3. El efecto de que produzca tanto el horario de polinización como el agente dispersante, va a depender directamente del material genético que se esté utilizando de Marigold, ya que el efecto

no es general en los cultivares estudiados, lo que significa que existe un efecto genético y no se puede generalizar.

4. El análisis económico mostró que el agente diluyente mas apropiado para la dilución de polen de Tagetes en los cultivares Atlantis Primrose y Atlantis Gold es la gelatina, principalmente debido a la reducción de costos que conlleva la utilización de la misma.

10. RECOMENDACIONES:

1. Debido a los resultados que se obtuvieron y al igual que concluye Sosa(22) en su investigación, se recomienda el uso de la gelatina como agente dispersante en la producción de semilla híbrida de Marigold (*Tagetes erecta* L.), ya que por sus características presentan benéficos económicos mayores comparados con los que se obtienen con la dilución con polen de Portulaca (*Portulaca sp.*).
2. Para el cultivar Atlantis Primrose de Marigold se recomienda que la polinización se realice a las 9:00 horas, que fue el horario que produjo el mayor rendimiento de semilla híbrida. Mientras que para el cultivar Atlantis Gold de Marigold se recomienda hacer la polinización entre las 8:00 y 16:00 horas ya que produce un mismo rendimiento de semilla híbrida al polinizar en este período de tiempo.
3. Para determinar el diluyente y el horario de polinización para otros cultivares de Marigold que no sean Atlantis Primrose o Atlantis Gold, y para obtener un mayor rendimiento de semilla híbrida, se recomienda realizar otras investigaciones similares a la presente ya que se concluyó que el efecto es genético y por lo tanto no se pueden tomar las presentes recomendaciones para otros cultivares.

11. BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R. W. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 498 p.
2. BIDWELL R., G. S. 1979. Fisiología vegetal. México, AGT p. 442-443.
3. BRAUER, O. 1976. Fitogenética aplicada. México, D. F., Limusa. 518 p.
4. CÁCERES, A.; SAMAYOA, B. 1979. Tamizaje de la actividad antibacteriana de plantas usadas en Guatemala para el tratamiento de afecciones gastrointestinales. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 215
5. CIMMYT. (México) 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D. F., México, CIMMYT. 79 p.
6. FAIEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. 1971. The principles of pollination ecology. 2 ed. Braunschweig, Alemania, Pergamon. 291 p.
7. GENETICS FOR seed savers. 1998. Tom Clothier's garden. 4 p.
<http://www.anet-chi.com/~manytimes/seedsav6.htm>
8. GREGOR MENDEL'S legacy. 1998. 4 p.
bioserve.latrobe.edu.au/vcebiol/cat3/u4aoslp4.html
9. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1978. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala, Tipografía Nacional. v. 4.
10. HOW TO save your seeds. 1999. 3 p.
St4.yahoo.net/seedschange/howtogrowand.html
11. INBREEDING DEPRESSION and hibrid vigor. 1998. Tom Clothier's garden. 5 p.
<http://www.anet-chi.com/~manytimes/seedsav4.htm>
12. INTRODUCTORY BOTANY for seed savers. 1998. Tom Clothier's garden. 4 p.
<http://www.anet-chi.com/~manytimes/seedsav1.htm>

13. JOHRI, B.M. 1982. Experimental embryology of vascular plants. New York, E.E.U.U., Berlin Heidelberg. 273 p.
14. MENDEL LIVES. 1998. Tom Clothier's garden. 3 p.
<http://www.anet-chi.com/~manytimes/seedsav3.htm>
15. PHILLIPS, S.; SIMPSON J. 1989. Hybrid cotton pollination in relation to accumulated degree days. *Agronomy Journal* (E.E.U.U.) 81(1): 975-980.
16. POLLINATE. 1998. 1 p.
www.wonderlab.org/olex/wonder/wonder1/pollinate.html
17. POLLINATION AS an ecological phenomenon. 1998. Tom Clothier's garden. 4 p.
<http://www.anet-chi.com/~manytimes/seedsav4.htm>
18. QUESTIONS AND answers. 1998. 1 p.
www.falstplants.cals.wisc.edu/newfaqs/wfpfaqs1.html
19. REAL, L. et al. 1983. *Pollination biology*. Florida, E.E.U.U., Academic Press. 338 p.
20. RZEDWSK, J. 1978. Claves para la identificación de los géneros de la familia compositae en México. México D.F., México, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 145 p.
21. SIMMONS, CH ; TARANO, J. M; PINTO, J.H. 1989. Clasificación del reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. p. 297-327.
22. SOSA, E. 1998. Evaluación de cuatro sustancias diluyentes-dispersantes de polen para producir semilla híbrida en cuatro cultivares de Marigold (*Tagetes erecta*), mediante polinización artificial, en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 49 p.
23. TAY, K. 1995. Producción de semilla híbrida de Marigold. 1er informe parcial. Villa Canales, Guatemala, Mayacrops, Departamento de Investigación y Desarrollo, 34 p.
24. _____. 1996. Guía de producción de semilla híbrida de Marigold. Guatemala, Mayacrops, Departamento de Investigación y Desarrollo. 100 p.

25. THE HYBRID story from goldsmith seeds. 1998. Goldsmith Seeds Inc. 4 p.

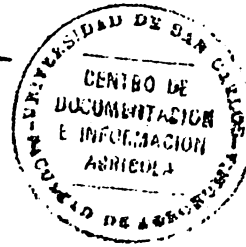
www.goldsmithseeds.com/faxback/seeds/hybrids.htm

26. VASQUEZ, F.J. 1999. Aspectos biológicos relacionados con la floración, polinización, fecundación y formación de frutos y semillas en los vegetales. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 59 p.

27. WHAT IS pollen? 1995. The American heritage student's dictionary. 1 p.

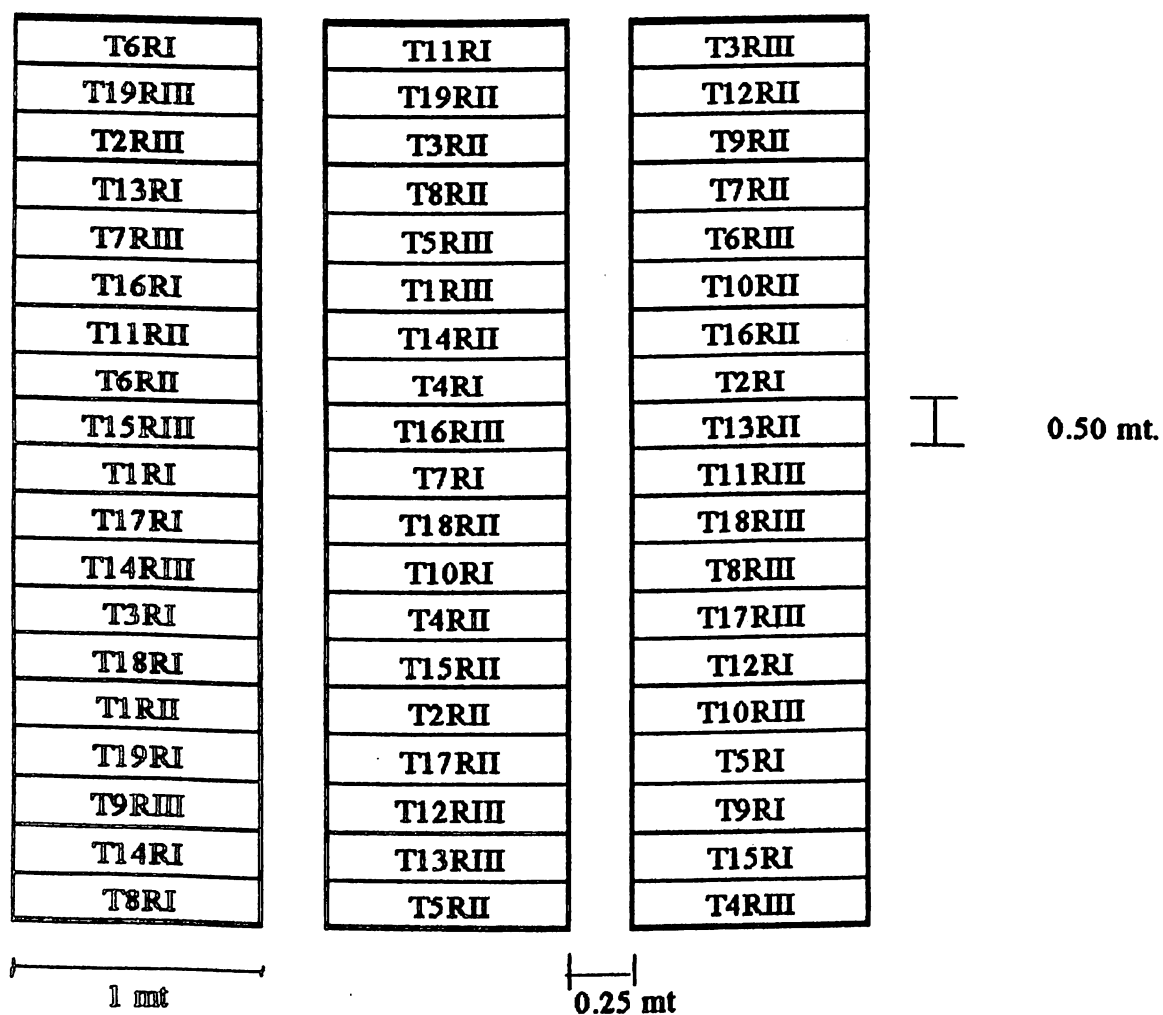
www.thebee.com/bweb/kids/pollen.htm

Vo. Bo.
P. R. R. R.



12. ANEXO

Cuadro 15.A Croquis de campo en donde se muestra la distribución de los tratamientos y repeticiones evaluados en Marigold (*Tagetes erecta* L.), cultivares Atlantis Primrose y Atlantis Gold, Villa Canales, 1999.



T = TRATAMIENTO

R = REPETICIONES

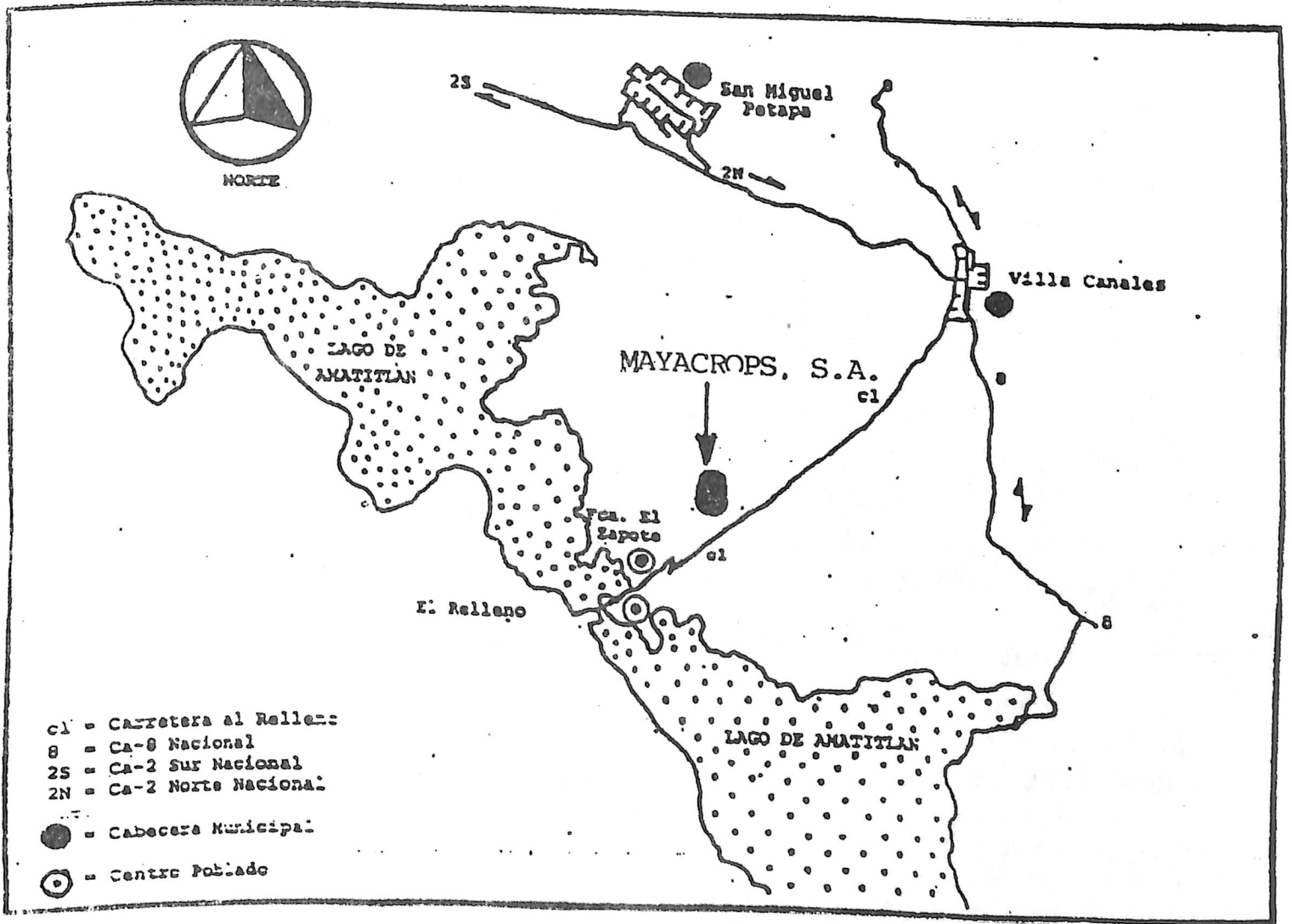


Figura 2.A Ubicación de la Finca Villa Canales de Mayacrops, S.A. en donde se realizó el estudio.

Cuadro 16.A. Resultados de campo de las variables peso de semilla pura, porcentaje de pureza de semilla, y porcentaje de germinación en Tagetes erecta cultivar Atlantis Primrose, Villa Canales, 1,999.

No. Tratam.	DESCRIPCIÓN		PESO DE SEMILLA PURA EN GRAMOS			PORCENTAJE DE PUREZA			PORCENTAJE DE GERMINACION		
	Hora de Poliniza	Agente Dispersar	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII
T1	8	Gelat.	7.83	7.38	6.92	48.72	35.87	40.14	92.00	99.00	97.00
T2	8	Portu.	7.48	4.77	4.02	43.01	27.16	27.58	100.00	100.00	99.00
T3	9	Gelat.	6.51	6.30	7.71	38.11	53.03	37.28	97.00	95.00	99.00
T4	9	Portu.	5.45	5.68	4.91	27.60	42.08	29.36	98.00	98.00	94.00
T5	10	Gelat.	6.36	8.67	5.68	34.88	41.04	40.52	96.00	97.00	98.00
T6	10	Portu.	6.37	5.54	4.28	37.72	44.66	24.18	97.00	99.00	100.00
T7	11	Gelat.	7.60	6.24	6.88	43.94	37.64	39.95	99.00	96.00	92.00
T8	11	Portu.	5.44	5.65	3.66	30.55	27.75	20.50	99.00	98.00	100.00
T9	12	Gelat.	7.35	8.77	6.50	31.94	38.87	35.04	97.00	99.00	100.00
T10	12	Portu.	4.66	5.74	4.59	34.52	35.73	33.85	97.00	98.00	99.00
T11	13	Gelat.	7.55	7.54	7.21	40.21	47.86	43.93	98.00	95.00	99.00
T12	13	Portu.	4.18	6.27	3.66	26.42	30.04	26.72	100.00	99.00	98.00
T13	14	Gelat.	7.97	7.64	5.63	41.83	36.90	28.23	98.00	100.00	100.00
T14	14	Portu.	4.56	5.70	5.99	20.30	42.48	32.37	100.00	98.00	99.00
T15	15	Gelat.	3.96	6.75	5.58	26.38	38.45	35.06	100.00	99.00	98.00
T16	15	Portu.	5.02	4.16	3.68	22.53	23.73	20.77	99.00	98.00	100.00
T17	16	Gelat.	4.85	5.92	5.86	27.08	34.42	32.68	97.00	99.00	99.00
T18	16	Portu.	2.95	3.85	2.82	17.45	27.32	17.00	95.00	97.00	97.00
T19	10	Gelat.	8.23	7.33	6.28	47.14	43.88	39.16	100.00	100.00	98.00

Cuadro 17.A. Resultados de campo de las variables peso de semilla pura, porcentaje de pureza de semilla, y porcentaje de germinación en Tagetes erecta cultivar Atlantis Gold, Villa Canales, 1,999.

No. Tratam.	DESCRIPCIÓN		PESO DE SEMILLA PURA EN GRAMOS			PORCENTAJE DE PUREZA			PORCENTAJE DE GERMINACION		
	Hora de Poliniza	Agente Dispersar	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII
T1	8	Gelat.	5.62	6.95	6.48	31.95	53.51	44.54	90.00	91.00	90.00
T2	8	Portu.	5.62	5.90	6.68	45.69	45.54	44.23	98.00	92.00	92.00
T3	9	Gelat.	4.88	4.86	7.49	32.26	35.34	43.82	95.00	90.00	94.00
T4	9	Portu.	4.63	6.24	7.57	34.52	46.21	42.77	93.00	92.00	92.00
T5	10	Gelat.	5.69	5.63	6.60	43.95	39.61	36.58	97.00	98.00	95.00
T6	10	Portu.	5.72	5.70	9.40	44.23	38.14	48.62	90.00	91.00	91.00
T7	11	Gelat.	5.22	5.49	6.32	34.10	42.63	43.32	94.00	98.00	91.00
T8	11	Portu.	3.45	5.43	4.30	29.38	37.18	33.22	92.00	93.00	90.00
T9	12	Gelat.	4.15	7.40	5.49	29.72	46.28	41.06	92.00	94.00	90.00
T10	12	Portu.	5.11	6.50	5.35	35.91	42.66	37.89	91.00	92.00	91.00
T11	13	Gelat.	4.46	7.23	5.50	28.79	45.93	38.85	95.00	97.00	93.00
T12	13	Portu.	4.17	7.64	5.65	27.73	44.82	41.10	90.00	92.00	91.00
T13	14	Gelat.	4.73	4.50	5.65	37.43	29.63	42.11	91.00	93.00	93.00
T14	14	Portu.	4.47	4.99	4.34	38.20	41.27	34.97	92.00	94.00	93.00
T15	15	Gelat.	5.63	6.88	6.46	41.93	44.81	33.47	94.00	93.00	90.00
T16	15	Portu.	5.03	3.14	5.14	36.75	31.24	38.90	92.00	99.00	93.00
T17	16	Gelat.	4.03	5.66	4.77	29.68	37.29	30.68	97.00	97.00	97.00



Cuadro 18.A Resumen del análisis de varianza general para los cultivares de Marigold (*Tagetes erecta* L.) Atlantis Primrose y Atlantis Gold, tomando en cuenta el tratamiento testigo, Villa Canales, 1999.

a. Atlantis Primrose	CL	SC	CM	FChc.	Pr>F	Signif.	CV.	Meda general
1. Variable Peso de semilla pura (gr)								
Tratamiento	18	93.6949298	520827739	456	00001	**		
Error	38	433705000	1.14133198					
Total	56	137.0689298					17.98644	5.93964912
2. Variable Porcentaje de pureza de semilla								
Tratamiento	18	2476.54559088	137.38986394	358	00005	**		
Error	38	1461.08800000	3844968421					
Total	56	3937.63359088					1809066	34.27614035
3. Variable Porcentaje de germinación								
Tratamiento	18	8617543860	478752437	161	01065	NS		
Error	38	112.66666666	296491228					
Total	56	198.84210526					175609	9808263158
b. Atlantis Gold								
	CL	SC	CM	FChc.	Pr>F	Signif.	CV.	Meda general
1. Variable Peso de semilla pura (gr)								
Tratamiento	18	31.99199298	1.77733294	144	01711	NS		
Error	38	47.06120000	1.23815263					
Total	56	79.05319298					1988805	5.59701754
2. Variable Porcentaje de pureza de semilla								
Tratamiento	18	596.96208860	3316455770	086	06223	NS		
Error	38	1461.89126660	3847082281					
Total	56	2058.85330926					1607387	38.58736842
3. Variable Porcentaje de germinación								
Tratamiento	18	277.50877198	1541715400	282	00036	**		
Error	38	208.00000000	547388421					
Total	56	485.50877198					2526173	92.61403809

* = Diferencia significativa

** = Diferencia altamente significativa

NS = No hay significancia

Cuadro 19.A. Resumen de Tukey general para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) A. Primrose, para la variable peso de semilla pura en gramos.

Tratamiento	Descripción		Media	Tukey
	Horario	Dispersante		
3	9	Gelat.	7.8400	A
9	12	Gelat.	7.5400	AB
11	13	Gelat.	7.4333	AB
1	8	Gelat.	7.4100	AB
19	10	Taget.	7.2800	AB
13	14	Gelat.	7.0800	AB
5	10	Gelat.	6.9033	AB
7	11	Gelat.	6.9000	AB
17	16	Gelat.	5.5433	ABC
15	15	Gelat.	5.4300	ABC
2	8	Portu.	5.4233	ABC
14	14	Portu.	5.4167	ABC
6	10	Portu.	5.3967	ABC
4	9	Portu.	5.3467	ABC
10	12	Portu.	4.9967	ABC
8	11	Portu.	4.7167	ABC
12	13	Portu.	4.7033	ABC
16	15	Portu.	4.2867	BC
18	16	Portu.	3.2067	C

Cuadro 20.A. Resumen de Tukey general para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.) A. Primrose, para la variable porcentaje de pureza.

Tratamiento	Descripción		Media	Tukey
	Horario	Dispersante		
11	13	Gelat.	44.0000	A
19	10	Taget.	43.4270	AB
3	9	Gelat.	42.8070	AB
1	8	Gelat.	41.5770	AB
7	11	Gelat.	40.5100	AB
5	10	Gelat.	38.8130	AB
13	14	Gelat.	35.6530	AB
6	10	Portu.	35.5200	AB
9	12	Gelat.	35.2830	ABC
10	12	Portu.	34.7330	ABC
15	15	Gelat.	33.2970	ABC
4	9	Portu.	33.0070	ABC
2	8	Portu.	32.5830	ABC
14	14	Portu.	31.7170	ABC
17	16	Gelat.	31.3930	ABC
12	13	Portu.	27.7270	ABC
8	11	Portu.	26.2670	ABC
16	15	Portu.	22.3430	BC
18	16	Portu.	20.5900	C

**Cuadro 21.A. Resumen de Tukey general para el cultivar de Marigold (*Tagetes erecta* L.)
A. Gold, para la variable porcentaje de germinación, en Villa Canales,
1999**

Tratamiento	Descripción		Medida	Tukey
	Horario	Dispersante		
17	16	Gelat.	97.0000	A
5	10	Gelat.	96.6670	AB
11	13	Gelat.	95.0000	AB
16	15	Portu.	94.6670	AB
7	11	Gelat.	94.3330	AB
2	8	Portu.	94.0000	AB
14	14	Portu.	93.0000	AB
3	9	Gelat.	93.0000	AB
4	9	Portu.	92.3330	ABC
13	14	Gelat.	92.3330	ABC
15	15	Gelat.	92.3330	ABC
9	12	Gelat.	92.0000	ABC
8	11	Portu.	91.6670	ABC
10	12	Portu.	91.3330	ABC
12	13	Portu.	91.0000	ABC
6	10	Portu.	90.6670	ABC
1	8	Gelat.	90.3330	ABC
19	10	Taget.	89.6670	BC
18	16	Portu.	88.3330	C



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

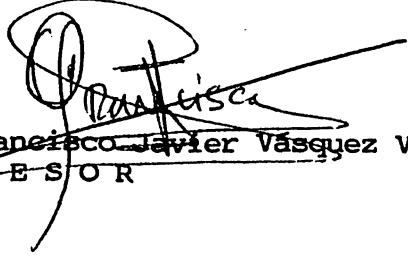
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE 9 HORARIOS DE POLINIZACION ARTIFICIAL Y DOS SUSTANCIAS DISPERSANTES PARA LA PRODUCCION DE SEMILLA HIBRIDA DE DOS CULTIVARES DE MARIGOLD (Tagetes erecta L.) EN VILLA CANALES, GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JUAN JOSE LOARCA MORALES

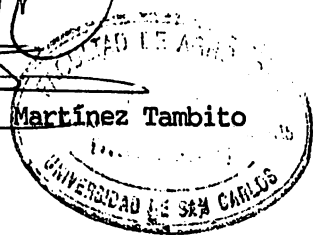
CARNET No: 9310100

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Estuardo Roca Canet
Ing. Agr. Eduardo Pretzanzin Tohom
Ing. Agr. Walter E. García Tello

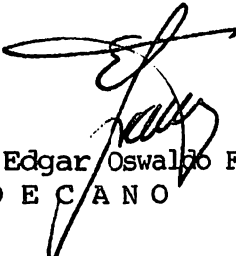
El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez
A S E S O R


Ing. Agr. Edgar Amílcar Martínez Tambito
DIRECTOR a.i. IIA.



I M P R I M A S E


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O

