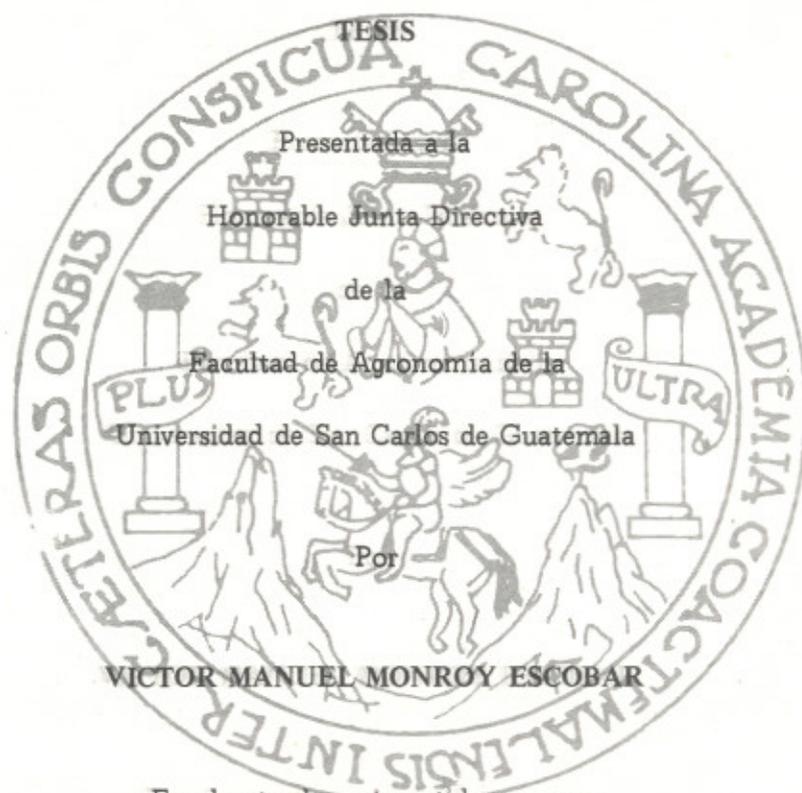


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE ESCARIFICACION Y DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION
EN SEMILLAS DE CARDAMOMO (ELETTARIA CARDAMOMUM (L) MATON) BAJO
CONDICIONES DE LABORATORIO Y DE CAMPO



En el acto de su investidura como:

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Agosto 1985

D. L.

01

T(62)

C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Oscar R. Leiva R.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Jorge Sandoval
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
VOCAL CUARTO:	P.A. Angel Leopoldo Jordan Z.
VOCAL QUINTO:	P.A. Axel Gómez Chavarry
SECRETARIO:	Ing. Agr. José Rodolfo Albizúrez P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
Examinador:	Ing. Agr. José Jesús Chonay
Examinador:	Ing. Agr. José Miguel Leiva
Examinador:	Ing. Agr. Alvaro Hernández
Secretario:	Ing. Agr. José Rodolfo Albizúrez P.

Guatemala, Agosto de 1985

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "EFECTO DE ESCARIFICACION Y DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION EN SEMILLAS DE CARDAMOMO (ELETTARIA CARDAMOMUM (L) MATON) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO Y DE CAMPO".

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a final flourish, positioned above the printed name.

Víctor Manuel Monroy Escobar



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1546

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....
.....

22 de julio de 1985

Ing. Agr. César A. Castañeda
Decano
Facultad de Agronomía

Señor Decano:

Tengo el agrado de informar a usted que he asesorado al estudiante Víctor Manuel Monroy Escobar, carnet No. 79-15202, en su trabajo de tesis titulado "EFECTO DE ESCARIFICACION Y DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION EN SEMILLAS DE CARDAMOMO (Elettaria cardamomum (L.) Maton) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO Y DE CAMPO".

Concluído el trabajo y revisado el manuscrito, considero que llena los requisitos para ser aprobado como tesis de grado; en consecuencia solicito a usted su consentimiento para su publicación como tal.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Carlos Aguirre C.
M.Sc. en Horticultura
Asesor

ACTO Y TESIS QUE DEDICO

A MI PADRE:

LICDO. VICTOR MANUEL MONROY LEFEBVRE

A MI MADRE:

LICDA. CARLOTA ESCOBAR DE MONROY

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el financiamiento, la asesoría técnica y la amistad que me brindó el personal del programa "APROCAR-UVG"*: P.A. Rolando Mejía Canjura, Ing. Agr. Adolfo Boppel Carrera, Ing. Agr. Julio Roberto Tejada, Ing. Agr. César Menéndez, Ing. Agr. Oscar Bonilla, Claudia Marroquín, Sabrina Castillo, Patricia De León, Rigoberto Castañeda, Radu Badulescu y Marco Antonio Arévalo

Agradezco la ayuda de mis amigos y compañeros: Ing. Agr. José Manuel del Valle, Ing. Agr. Marco Tulio Urizar, Ing. Agr. Víctor Alvarez Cajas, Rudy del Cid, Sergio Cardona, Sergio González, Patricia Muralles, Leonel Imeri, y Leonel Navas.

Agradezco la colaboración de mis hermanas Licda. Carlota Monroy de Gómez y Licda. Violeta Monroy.

Agradezco la colaboración de mi asesor: Ing. Agr. Carlos H. Aguirre C.

Agradezco muy especialmente a: P.A. Rolando Mejía Canjura (extensionista del programa APROCAR-UVG, quien me brindó su amistad y su enorme cúmulo de conocimientos en cardamomo).

Walter Soel García Castro y Udine Rolando Aragón Barrios (compañeros y amigos).

* APROCAR (Asociación de Productores de Cardamomo)

* UVG (Universidad del Valle de Guatemala)

CONTENIDO

	Página
Indice de Cuadros	
Indice de Gráficas	
Indice de Anexos	
Resumen	
I. Introducción	1
II. Hipótesis	3
III. Objetivos	5
IV. Revisión de Literatura	7
IV.A. Importancia Económica del Cultivo del Cardamomo	7
IV.B. Aspectos Generales del Cardamomo	8
IV.B.1 Clasificación	8
IV.B.2 El Fruto y la Semilla	8
IV.C. Métodos de Propagación del Cardamomo	9
IV.D. La Germinación	11
IV.E. La Escarificación	12
IV.F. Estimuladores de la Germinación	15
IV.F.1 Las Giberelinas	15
IV.F.2 La Thiourea	19
IV.F.3 El Nitrato de Potasio	20
V. Materiales y Métodos	23
V.A Metodología de la Primera Fase (Escarificación a nivel de laboratorio)	23
V.A.1 Descripción del Area	23
V.A.2 Descripción del Trabajo de Investigación	23
V.A.3 Período de Conducción de la Investigación	25
V.A.4 Manejo del Material Experimental	25
V.A.5 Técnicas de Campo	28
V.A.6 Registro de la Información	29
V.A.7 Análisis de la información	29
V.A.8 Calendarización	30
V.B. Metodología de la Segunda Fase (Estimuladores de la Germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, utilizados a nivel de campo)	30
V.B.1 Descripción del Area	30
V.B.2 Descripción del Trabajo de Investigación	31
V.B.3 Período de Conducción de la Investigación	31
V.B.4 Manejo del Material Experimental	33
V.B.5 Técnicas de Campo	34
V.B.6 Registro de la Información	35
V.B.7 Análisis de la información	36
V.B.8 Calendarización	36
VI. Resultados y Discusión de Resultados	37
VII. Conclusiones	67
VIII. Recomendaciones	69
IX. Bibliografía	71

i. INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Tratamientos de escarificación en semillas de cardamomo realizados a nivel de laboratorio	24
Cuadro 2. Estimuladores de la germinación en semillas de cardamomo, con y sin tratamiento previo de escarificación, utilizados a nivel de campo	32
Cuadro 3. Efecto de escarificación sobre el porcentaje de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio	38
Cuadro 4. Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un uno por ciento de germinación)	41
Cuadro 5. Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un diez por ciento de germinación)	44
Cuadro 6. Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas duras en cardamomo bajo condiciones de laboratorio	46
Cuadro 7. Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas suaves en cardamomo bajo condiciones de laboratorio	50
Cuadro 8. Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre el porcentaje de germinación bajo condiciones de campo	53
Cuadro 9. Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre el porcentaje de germinación bajo condiciones de campo. Para los factores escarificación, productos, concentración y tiempo de inmersión	55
Cuadro 10. Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre el porcentaje de germinación bajo condiciones de campo. Para la interacción doble productos-concentración y la interacción triple productos-concentración-tiempo de inmersión	56
Cuadro 11. Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre la velocidad de germinación bajo condiciones de campo. (Velocidad para alcanzar un diez y seis por ciento de germinación).	57

Cuadro 12.	Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre la velocidad de germinación bajo condiciones de campo. (Velocidad para alcanzar un diez por ciento de germinación). Para el factor productos y las dobles interacciones productos-concentración y productos-tiempo de inmersión	59
Cuadro 13.	Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre la altura de la plántula y la longitud de la raíz, bajo condiciones de campo	60
Cuadro 14.	Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre el peso seco de las plántulas, bajo condiciones de campo	61
Cuadro 15.	Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre el peso seco de las plántulas, bajo condiciones de campo. Para el factor productos y las dobles interacciones escarificación-productos y productos-concentración	64
Cuadro 16.	Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, sobre el peso seco de las plántulas, bajo condiciones de campo. Para la triple interacción productos-concentración-tiempo de inmersión	65

ii. INDICE DE GRAFICAS

	Página
Gráfica 1. Efecto de escarificación sobre el porcentaje de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio	39
Gráfica 2. Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un uno por ciento de germinación)	42
Gráfica 3. Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un diez por ciento de germinación)	45
Gráfica 4. Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas duras en cardamomo bajo condiciones de laboratorio	47
Gráfica 5. Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas suaves en cardamomo bajo condiciones de laboratorio	51
Gráfica 6. Efecto de la mejor escarificación en semillas de cardamomo sobre el porcentaje de germinación, velocidad de germinación, cantidad de semillas duras y suaves, bajo condiciones de laboratorio	52

iii. INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Análisis de varianza de las variables respuesta estudiadas a nivel de laboratorio en semillas de cardamomo	79
Anexo 2. Análisis de varianza de las variables respuesta estudiadas a nivel de campo en semillas de cardamomo. Sin arreglo factorial (incluye a los testigos)	80
Anexo 3. Análisis de varianza del porcentaje y velocidad de germinación en semillas de cardamomo, bajo condiciones de campo. Con arreglo factorial (no incluye a los testigos)	81
Anexo 4. Análisis de varianza del peso seco en plántulas de cardamomo, bajo condiciones de campo. Con arreglo factorial (no incluye a los testigos)	82
Anexo 5. Costo de los tratamientos de escarificación en semillas de cardamomo, aplicados a nivel de laboratorio. Para una libra de semilla	83
Anexo 6. Costo de los tratamientos utilizando estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo, bajo condiciones de campo. Para una libra de semilla	84

RESUMEN

La principal enfermedad actualmente del cardamomo es el Virus Mosaico del Cardamomo (VMCar). Una planta que adquiere la enfermedad en su edad temprana, toma un porte achaparrado y no llega a alcanzar el tamaño normal, ni a producir fruto. Si una planta adulta es afectada, los síntomas se observan en las hojas jóvenes, la planta sigue viviendo aunque la producción se reduce drásticamente.

Si continúa extendiéndose dicha enfermedad, es probable que en un corto tiempo ya no sea rentable el cultivo del cardamomo, con los consecuentes resultados negativos para el país.

Una de las medidas para evitar su diseminación es sembrar plantas provenientes de semilla, ya que se ha demostrado que el VMCar no se transmite por semilla botánica. Sin embargo, la reproducción por semilla presenta, el inconveniente de un bajo porcentaje y velocidad de germinación.

Los objetivos de esta investigación fueron los siguientes: 1) Determinar el tratamiento de escarificación que eleve más el porcentaje y la velocidad de germinación. 2) Determinar si la escarificación es necesaria antes de aplicar los estimuladores de la germinación. 3) Determinar él o los estimuladores de la germinación, con o sin tratamiento previo de escarificación, que eleven más el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas y que modifiquen positivamente el desarrollo de las plántulas.

La investigación se realizó en dos fases, la primera de ellas se hizo a nivel de laboratorio (en dos cámaras de germinación) y consistió en escarificar las semillas con papel lija, cal viva, agua caliente, agua caliente seguido de hielo y con ácido sulfúrico. En total se probaron en esta fase 35 tratamientos, cada tratamiento constó de 400 semillas divididas en cuatro réplicas de cien, se trabajó con 14,000 semillas de cardamomo.

Las variables respuesta que se tomaron en cuenta fueron las siguientes:

- a) Porcentaje de germinación.
- b) Velocidad de germinación (número de días para alcanzar un uno por ciento de germinación).
- c) Velocidad de germinación (número de días para alcanzar un diez por ciento de germinación).
- d) Semillas duras.
- e) Semillas suaves.

Los germinadores se mantuvieron bajo las siguientes condiciones: 26 grados centígrados, humedad relativa muy alta y sin iluminación. La semilla que se utilizó fue de la selección Altamira, con tres meses de almacenamiento bajo las siguientes condiciones: temperatura promedio 24 grados centígrados, obscuridad y sin envoltura en la semilla; éstas condiciones corresponden a las de un gabinete de laboratorio.

La segunda fase se realizó a nivel de campo, en una finca de la costa sur. Consistió en aplicar tres estimuladores de la germinación (ácido giberélico, nitrato de potasio y thiourea) a semillas de cardamomo, con y sin escarificación previa (se utilizó el mejor tratamiento de escarificación de la primera fase).

A nivel de campo se probaron 42 tratamientos, cada tratamiento constó de 400

semillas divididas en cuatro réplicas de cien semillas; se trabajó con 16,800 semillas de la selección Altamira con un mes de almacenamiento.

Se analizaron cuatro factores con los siguientes niveles:

1. Factor escarificación (con y sin escarificación).
2. Factor productos (ácido giberélico, nitrato de potasio, thiourea).
3. Factor concentración (baja, media, alta).
4. Factor tiempo de inmersión (corto y largo).

Las variables respuesta que se tomaron en cuenta fueron las siguientes:

- a) Porcentaje de germinación.
- b) Velocidad de germinación (número de días para alcanzar un diez y seis por ciento de germinación).
- c) Altura de plántulas.
- d) Longitud de raíz.
- e) Peso seco de plántulas.

Se construyeron dos tablonces de 5 m. de largo por 1.10 m. de ancho por 0.30 m. de alto. Cada réplica de 100 semillas se sembró a lo ancho del tablón ocupando cien metros lineales, la separación entre réplicas fue de cinco centímetros.

Los principales resultados de ésta investigación fueron los siguientes:

1. El mejor tratamiento de escarificación a nivel de laboratorio fue LIJA FINA 15 MINUTOS; ya que elevó un 119.63 por ciento la germinación y la redujo 17.75 días en base al testigo. Además presentó un alto valor de semillas duras (29.50 semillas con probabilidad de germinar), un bajo valor de semillas suaves (10.30 semillas muertas) y un bajo costo de tratamiento (1.36 Quetzales por libra de semilla tratada). Este tratamiento se utilizó como la escarificación a nivel de campo.
2. La escarificación no fue tan efectiva en semillas de cardamomo con un mes de almacenamiento a nivel de campo, como en semillas con tres meses de almacenamiento a nivel de laboratorio.
3. El mejor tratamiento de la segunda fase fue el siguiente: SIN ESCARIFICACION AGUA POR 24 HORAS; ya que aumentó un 3.25 por ciento la germinación y la redujo tres días, aumentó una centésima de gramo el peso seco de las plántulas. Además el costo del tratamiento es insignificante y la aplicación del mismo es muy sencillo.

En consecuencia se recomienda escarificar la semilla de cardamomo de la selección Altamira con tres meses de almacenamiento por medio de un cilindro forrado en su interior con papel lija fina. Este cilindro se hace girar a una velocidad de 60 revoluciones por minuto durante quince minutos con las semillas en su interior.

También se recomienda remojar la semilla de cardamomo de la selección Altamira con un mes de almacenamiento, con agua a temperatura ambiental durante 24 horas, sin escarificación previa de la semilla.

No se recomendó utilizar ningún estimulador de la germinación debido a los resultados obtenidos, al alto costo de los estimuladores de la germinación y a la dificultad de adquirir los mismos actualmente.

INTRODUCCION

En Guatemala el cardamomo (Elettaria cardamomum (L.) Maton ocupa actualmente el cuarto lugar entre los productos de exportación más importantes (41) y nuestro país se ha colocado como el primer exportador de cardamomo en el mundo, desplazando a la India (6).

La enfermedad más importante para este cultivo es el Virus Mosaico del Cardamomo (41), su presencia en el país data desde 1974 pero la misma no se documentó sino hasta 1979 (45). Poco a poco se ha extendido por todas las plantaciones, particularmente en el área del pacífico, ocasionando grandes pérdidas económicas.

Una planta que adquiere la enfermedad en su edad temprana, toma un porte achaparrado y no llega a alcanzar el tamaño normal, ni a producir fruto. Si una planta adulta es afectada por la enfermedad, los síntomas se observan en las hojas jóvenes, la planta sigue viviendo, aunque la producción se reduce (12,28,33,62). El agente causante de la enfermedad es un virus de varilla flexible, cuyo vector es el áfido Pentalonia nigronervosa (12).

Si continúa extendiéndose dicha enfermedad, es probable que en un corto tiempo ya no sea rentable el cultivo del cardamomo, con los consecuentes resultados negativos para el país.

Una de las medidas para evitar su diseminación es no sembrar esquejes, sino plantas provenientes de semilla (1,14,43,63), ya que estudios realizados en Guatemala demostraron que el VMCar (Virus Mosaico del Cardamomo) no se transmite por semilla botánica (45, 57,62).

Sin embargo, la reproducción por semilla presenta el inconveniente en primer lugar, de un relativamente bajo porcentaje de germinación, en segundo lugar la velocidad de germinación es muy lenta y en tercer lugar la viabilidad de la semilla es muy corta.

Las semillas recolectadas completamente maduras y sembradas inmediatamente, germinan dentro de una proporción del 75 por ciento, pero 15 días después este porcentaje no es más que del 46 por ciento y tres meses y medio más tarde de la recolección no hay más que el seis por ciento de germinación (2,37,57,60,64).

No obstante otros investigadores afirman que el porcentaje de germinación en semilleros va del 11 al 15 por ciento (2); mientras que en la India en el mes de septiembre se da el porcentaje más alto de germinación con 72 por ciento, comparado con sólo el 7 por ciento en el mes de enero (96). Aunque otro autor reporta que en la India, bajo condiciones normales no se obtiene un porcentaje de germinación mayor del 20 - 30 por ciento (80).

En Guatemala, San Marcos, se han reportado porcentajes de germinación del 42 por ciento con semilla recién cosechada, del 41 por ciento a los 30 días después de la cosecha y del 36 por ciento a los 90 días después de la recolección, sin existir diferencia significativa entre éstos datos (11).

Parece ser que la temperatura de almacenamiento tiene más influencia en la pérdida del aceite de la semilla que el tipo de envoltura o duración del almacenamiento (13).

Existe mucha discrepancia también sobre la duración del período de germinación de las semillas de cardamomo, a continuación se citan algunas opiniones al respecto:

La germinación comienza un mes después de la siembra y se prolonga muchas veces a los 4 ó 5 meses (37, 55). Las semillas germinan en 15 ó 20 días (42); la germinación tiene lugar a los 35 días de sembrar la semilla en lugares de alta temperatura (25 grados centígrados) ó a los 40 a 60 días en lugares más fríos, pudiendo llegar hasta los 75 días (43).

La germinación comienza un mes después de la siembra y se prolonga por 6 hasta 8 meses (60,64). Las semillas germinan de 5 a 7 semanas después de la siembra, pero la germinación es irregular y a veces se prolonga a un año (96). La germinación tarda de 28 a 30 días en alturas de 2,600 a 3,000 pies sobre el nivel del mar (57) y finalmente, la germinación ocurre entre los 30 y los 40 días (30).

Conociendo los problemas en la germinación de las semillas de cardamomo y los estragos que causa el VMCar en las plantaciones del país, se decidió realizar la presente investigación, la cual se dividió en dos fases.

La primera de ellas se realizó a nivel de laboratorio (en dos cámaras de germinación) y consistió en escarificar las semillas con papel lija, cal viva, agua caliente seguido de hielo y con ácido sulfúrico.

La segunda fase se realizó a nivel de campo, en una finca de la costa sur y consistió en aplicar tres estimuladores de la germinación (ácido giberélico, nitrato de potasio y thiourea) a semillas de cardamomo, con y sin escarificación previa (se utilizó la mejor escarificación de la primera fase).

La información disponible sobre el cardamomo es sumamente escasa e inclusive, la literatura especializada de instituciones internacionales como Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), reconocen esta deficiencia de información a nivel mundial (41,55).

Debido a la amenaza en la declinación de los precios del cardamomo y al surgimiento de nuevas plagas y enfermedades, la tecnificación del cultivo del cardamomo es necesaria e impostergable.

En consecuencia es necesario efectuar investigaciones sobre el cardamomo, recopilando toda la información que sea posible sobre el mismo, así como desarrollar labores de investigación y asistencia técnica sobre aquellos aspectos cruciales del cultivo (2,24,36,41,76).

HIPOTESIS

1. La escarificación aumenta el porcentaje y la velocidad de germinación en semillas de cardamomo.
2. La efectividad de los estimuladores de la germinación se ve afectada por la escarificación previa de las semillas de cardamomo.
3. Con o sin escarificación previa de las semillas de cardamomo, los estimuladores de la germinación aumentan el porcentaje y la velocidad de germinación, sin modificar negativamente el crecimiento de las plántulas.

OBJETIVOS

GENERALES:

1. Aumentar el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas de cardamomo, sin afectar negativamente el desarrollo de las plántulas, mediante la aplicación de tratamientos de escarificación y de estimuladores de la germinación.

ESPECIFICOS:

1. Determinar el tratamiento de escarificación que aumente más el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas de cardamomo.
2. Determinar si es necesaria la escarificación antes de aplicar los estimuladores de la germinación.
3. Determinar el ó los estimuladores de la germinación de las semillas de cardamomo, con o sin tratamiento previo de escarificación, que aumenten más el porcentaje y la velocidad de germinación, modificando positivamente el desarrollo de las plántulas.

REVISION DE LITERATURA

Importancia Económica del Cultivo del Cardamomo.

El cardamomo se cultiva en Guatemala, tanto en el norte del país como en la zona sur occidental. Una característica importante de este cultivo es, que por tener una fructificación constante a lo largo del año, requiere que se efectúen cortes periódicos, dando así una ocupación de mano de obra en forma permanente (41).

La producción de cardamomo, significa para el país una fuente importante de trabajo, pues la totalidad de labores de cultivo se efectúan a mano (102).

El cardamomo requiere aproximadamente 221 jornales por manzana al año, los requerimientos de mano de obra por manzana de este cultivo son sustancialmente mayores que los del algodón (44 jornales), café (86 jornales) y de caña de azúcar (83 jornales) (41).

En 1978 esta actividad dio ocupación a 14,700 personas, lo que significa que de la población económicamente activa ocupada en la agricultura, el 2.9 por ciento estuvo dedicada a este cultivo. El cardamomo es por su valor uno de los cuatro productos de exportación más importantes del país y los insumos importados que utiliza representan menos del dos por ciento de la producción (41).

Ya en el año 1977 Guatemala poseía la distinción de tener la mayor plantación de cardamomo en el mundo (83).

Para el año 1982 se estimó que la superficie cultivada de cardamomo en Guatemala fue de 39,300 manzanas, con una producción de aproximadamente 137,700 quintales, obteniéndose 44,233,100 quetzales por conceptos de exportación (42). Para el año 1983 se contó con una producción de 170,500 quintales con un rendimiento promedio de cuatro quintales por manzana (57).

El rendimiento promedio en la costa sur cardamomera del país es mayor que el rendimiento promedio en la zona norte. Esto se debe principalmente a la alta tecnología empleada en las grandes plantaciones de la costa sur. En la zona norte los bajos rendimientos promedio se deben probablemente a la baja fertilidad del suelo en algunas regiones y a la gran cantidad de pequeños agricultores que utilizan en sus plantaciones una baja tecnología.

En el período anual comprendido de agosto de 1983 a junio de 1984, las ventas de cardamomo dejaron para el país un total de divisas de 62,605,311 dólares, con un volumen de exportación de 104,306 quintales y a un precio promedio de 600.20 quetzales por quintal de cardamomo en pergamino (7).

Para enero de 1983 el total de área cultivada con cardamomo en el mundo fue de 200,000 hectáreas (59). La producción mundial de cardamomo para el período 1982-1983 se estimó en 8,500 toneladas, de esas Guatemala produjo 4,000 toneladas y la India 3,800 toneladas (78).

Guatemala, en cuanto a exportaciones se refiere, ha desplazado a la India, colocándose de este modo como el primer país exportador de cardamomo en el mundo, con el consecuente dominio del mercado mundial de esta especia (6).

En los últimos años la India ha perdido el monopolio del cardamomo en el mercado mundial debido a la baja producción de sus plantaciones; su producción tuvo una declinación del 75 por ciento aproximadamente (57).

El rendimiento en la india es muy bajo, debido principalmente a la gran cantidad de pequeños agricultores que utilizan una baja tecnología. En los años 1974-1975 el área de producción de cardamomo en la India fue de 82,470 hectáreas (3). En el año 1976 el 92 por ciento del total de productores de cardamomo en la India fueron pequeños productores (con extensiones menores de ocho hectáreas. El área cubierta por estos pequeños productores representó el 45 por ciento del área total sembrada con cardamomo (19).

En Guatemala la calidad de cardamomo que se obtiene es buena y como consecuencia el producto guatemalteco goza de prestigio en los mercados internacionales, lo que se refleja en las cotizaciones alcanzadas (40,57).

El cardamomo llegó a alcanzar un auge económico en el país en 1977 cuando el precio del quintal llegó a valer más de 500 quetzales y en 1978 pasó de 600 quetzales. El cultivo se expandió considerablemente, despertando el entusiasmo de profesionales y estudiantes; los primeros buscando nuevos horizontes de trabajo en un cultivo próspero y los segundos en busca de temas de investigación para sus inversiones como profesionales (43).

Aspectos Generales del Cardamomo.

Clasificación.

La clasificación del cardamomo es la siguiente:

Reino	: Vegetal
Sub-Reino	: Embryobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Sub-Clase	: Zingiberidae
Orden	: Zingiberales
Familia	: Zingiberaceae
Género	: <u>Elettaria</u>
Especie	: <u>cardamomum</u> (L.) Maton (23,46,54).

El Fruto y la Semilla.

El cardamomo es originario del sur de la India y de Sry Lanka, donde crece libremente en alturas comprendidas de 760 a 1500 metros sobre el nivel del mar (46,57,96).

El cardamomo es una planta de tipo arbustivo perenne, que alcanza desde 11 hasta 17

pies de altura, de acuerdo con la variedad y el medio en que se cultive (39).

El fruto es una cápsula loculicida, trilocular, tardíamente dehiscente. La cápsula tiene forma ovoide o fusiforme, con tres ángulos, es redondeada en su base y de ápice puntiagudo, mide de 10-20 milímetros de largo y de 5-10 milímetros de diámetro, de color verde pálido a amarillo. Cada lóculo tiene de 5-7 semillas (1,14,22,28,31,41,46,54,64,83).

Las semillas miden de 3-4 milímetros de largo, son angulosas, duras, con la superficie corrugada y estriada transversalmente. Tienen un surco a todo lo largo y una membrana delgada, incolora y mucilaginosas que recibe el nombre de arilo. El color de las semillas es oscuro en el exterior y blanco en el interior, debajo de la epidermis está la capa de células grandes que contienen los aceites que le dan el aroma y sabor picante característicos (2,13,31,37,40,43,46,54,55,62,63,76,96).

El principal constituyente de las semillas es almidón, arriba del 50 por ciento. El aceite volátil es localizado predominantemente en las semillas, las cuales comprenden del 59 al 79 por ciento del peso de la fruta seca; el aceite volátil está compuesto principalmente por 1,6 cineolina y alfa-terpenilacetato, con pequeñas cantidades de otros monoterpenos oxigenados, hidrocarbonados y sesquiterpenos (13).

Las semillas negras contienen sólo ligeramente más aceite volátil que las pardas y no hay una marcada diferencia entre las semillas negras de frutos verdes o completamente maduros de color amarillento (13).

La cantidad de semillas contenidas en una libra de cardamomo oro depende del tamaño de las mismas, debido a esto existe divergencia entre las cantidades citadas a continuación:

Un kilogramo de semillas contiene aproximadamente 44,000 semillas (96); también se afirma que de una libra de cardamomo oro se obtienen 35,000 semillas (57) y finalmente se reporta que una libra de semillas de cardamomo contiene aproximadamente 50,000 simientes (83).

Métodos de Propagación del Cardamomo.

Los vegetales se perpetúan por medio de la propagación, el hombre ha aprendido a través de siglos de experiencia, a utilizar varios métodos, técnicas y prácticas para obtener los mejores resultados en la multiplicación de las plantas de cultivo (69).

Los sistemas de propagación en cardamomo son los siguientes:

1. Reproducción por semilla
2. Reproducción vegetativa (2,39,43,63).

En la India ya se ha trabajado con cultivo de meristemas para la propagación del cardamomo con resultados satisfactorios y en Guatemala estas investigaciones se realizarán en un futuro muy cercano.

Actualmente se recomienda la reproducción por semilla botánica, debido a que la reproducción vegetativa presenta el grave riesgo de la diseminación del VMCar (33,43,57,62,63).

La propagación por semilla botánica es lenta y ocasiona una serie de prácticas que hacen más costoso el cultivo (43); además el cardamomo inicia su producción a los tres años cuando la reproducción se hace por rizomas y a los 4 ó 5 años cuando se usa el método de propagación por semilla (39,96).

El método de propagación por semillas es usado en Guatemala por un reducido número de agricultores, debido a que además de necesitar mano de obra especializada, las plantas necesitan más tiempo para iniciar la producción y el costo de una plantación es mayor (41,43).

Las ventajas de la reproducción por semilla residen en que pueden obtenerse plantas más vigorosas y resistentes a plagas y enfermedades, con mayores rendimientos y con una vida productiva más larga. La propagación por rizomas es el método más usado en Guatemala por su fácil manejo y menor costo, pero entre sus desventajas pueden señalarse su menor productividad y que las plantas están más expuestas a la contaminación de enfermedades virosas como el Virus Mosaico del Cardamomo (41,43).

La semilla que se utiliza para la propagación debe provenir de plantas bien seleccionadas que reúnan las condiciones siguientes:

1. Plantas sanas y vigorosas
2. Plantas con un promedio de 6 a 7 años.
3. Plantas con alto rendimiento.
4. Seleccionar los frutos por su tamaño y características varietales.
5. Recolectar los frutos que se encuentren completamente maduros, de color amarillentos (57,63,85,96).

Si se utiliza semillas provenientes de plantas infectadas con el VMCar el porcentaje de germinación es del 38.2 por ciento, mientras que el porcentaje de germinación en semillas provenientes de plantas sanas es del 92 por ciento (14).

Aún cuando la semilla provenga de una planta sana, de buenas condiciones, no existe garantía de que la descendencia sea igual a la progenitora, por la posible polinización cruzada. Las plantas provenientes de semilla, a menos que se les haya sujetado a muchas generaciones de autofecundación o polinización cruzada controlada, generalmente son extremadamente variables en cuanto a rendimiento, la calidad de la cosecha y la precocidad de la fructificación (69).

La semilla de cardamomo pierde rápidamente su viabilidad, siendo necesario sembrarla poco tiempo después o inmediatamente después de su recolección (2,37,43,60); aunque en la India han logrado almacenar las semillas hasta por un año, manteniendo las mismas una germinación comparable a las de las semillas frescas (73).

En Guatemala, no se obtuvo diferencia en el porcentaje de germinación de semilla fresca contra semilla de 30 y 90 días de almacenamiento (11).

Cuando se han obtenido los frutos, se procede a extraer la semilla empleándose para ello dos métodos: con y sin fermentación. En el primer sistema se colocan las cápsulas en pilas de fermentación, donde permanecerán de 24 a 36 horas, luego reciben un ligero secamiento, procediéndose después al despulpado y lavado para eliminar la melaza que recubre los granos. A continuación se secan a la sombra antes de proceder a la siembra (63).

En el segundo sistema se hace el despulpado inmediatamente después de cosechado el fruto, procediéndose al lavado para eliminar la melaza. Se secan a la sombra únicamente con la finalidad de eliminar el agua del lavado y se procede a la siembra (63).

En la India acostumbran lavar las semillas con agua y sembrarlas inmediatamente ó las mezclan con ceniza y las secan por 2 a 9 días antes de proceder a la siembra de las mismas (96).

Existe inclusive diversidad de opiniones en lo que se refiere a profundidad de siembra en semillas de cardamomo, a continuación algunas referencias:

La profundidad de siembra es de un centímetro (15), la semilla debe sembrarse a una profundidad de dos centímetros (2) ó casi dos centímetros (57). La profundidad de siembra es del doble del espesor de la semilla (14,43); a la semilla debe aplicarse una capa de arena de tres milímetros (55,64).

La Germinación.

Las semillas son el vehículo que sirve para que la vida embrionaria, casi suspendida, renueve su desarrollo aún años después de que sus progenitores han muerto y desaparecido (29).

El fenómeno de la germinación puede definirse como una cadena compleja de cambios que empiezan con la absorción, de agua y conducen a la ruptura de la cubierta seminal por la radícula ó la plúmula. Estos cambios van acompañados por divisiones y agrandamientos de las células del embrión y por el agrandamiento de la actividad metabólica. Aunque la verdadera germinación empieza largo tiempo antes de la ruptura de la cubierta seminal, la germinación suele poderse patentizar de forma visible, mediante la observación de la salida de la plúmula o de la radícula (27).

La germinación se mide en dos parámetros: el porcentaje y la velocidad de germinación. En los casos de germinación lenta, la indicación del porcentaje de germinación debe incluir una consideración del elemento tiempo, indicando el número de plántulas producidas en un período determinado. La velocidad de germinación puede medirse con varios métodos; se puede determinar el número de días requerido para lograr un porcentaje de germinación especificado (44).

El proceso de la germinación puede definirse de varias formas, según el grado de

profundización que se requiera, existen definiciones simples y complejas. En los laboratorios la germinación se define como la salida de adentro del embrión de la semilla y el desarrollo de todas aquellas estructuras esenciales que para la clase de semilla de que se trate, pongan de manifiesto su potencialidad para desarrollarse bajo condiciones favorables de terreno y producir una planta normal (16,18).

El porcentaje de germinación indica la proporción de semillas que han producido plántulas clasificadas como normales, bajo las condiciones y dentro del término especificado por las reglas internacionales para el ensayo de semillas (18,90).

Las semillas germinadas no se deben contar como normales o anormales y descartarlas, sino hasta que han crecido lo suficiente para que el analista confirme si se encuentran presentes o no, las partes esenciales de las plántulas (29).

Para obtener una buena prueba de germinación es necesario por lo menos utilizar 400 semillas y dividir las en réplicas de 100 semillas (18,32,103).

La Escarificación.

La escarificación es un tratamiento mediante el cual se logra que la cubierta seminal se haga permeable al agua y ó a los gases (27,44).

Existen muchos factores que contribuyen a la falta de uniformidad y rapidez en la germinación; resultantes unos de las características hereditarias de las semillas y otras de las condiciones inducidas por la extracción y almacenamiento (16).

Son dos las causas que contribuyen con una defectuosa germinación:

1. Una capa externa impermeable de la semilla, como cutículas o envolturas duras que dificultan la absorción de agua y oxígeno, e incluso en algunos casos, impiden que el embrión emerga rompiendo el epispermo de la semilla, aunque haya pasado agua y oxígeno.
2. Condiciones del embrión como maduración y latencia tardías, y presencia de determinados inhibidores almacenados en la semilla, que impiden la germinación (16,99).

En la naturaleza las cubiertas duras de las semillas se ablandan por medio de diversos agentes del ambiente, tales como abrasión mecánica, congelamiento y deshielo alternados, ataque por microorganismos del suelo, paso por el tracto digestivo de aves y mamíferos, desgaste por el fuego, sol y agua (44,53,94,99).

Artificialmente esta deficiencia se puede superar con los siguientes tratamientos:

- a) Escarificación de las semillas con limas, lijas y vasos de agitación.
- b) Inmersión en agua caliente y en agua hirviendo.

- c) Congelamiento por inmersión en nitrógeno líquido (a 190 grados centígrados bajo cero).
- d) Presiones hidrostáticas elevadas (2,000 atmósferas).
- e) Vibraciones de alta frecuencia.
- f) Ataque por ácido sulfúrico concentrado.
- g) Lavados con etanol y otros disolventes (53).

La escarificación puede agruparse en dos categorías generales:

1. Escarificación mecánica
2. Escarificación química (27).

La escarificación mecánica es cualquier proceso de ruptura, rayado o alteración mecánica de las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua o a los gases (44).

El desgaste o la ruptura de la cubierta seminal se puede lograr con la agitación de las semillas con algún material abrasivo como la arena o mediante raspado, también cortando la cubierta con un cuchillo (27).

El frotar las semillas con papel lija, rayarlas con una lima y romper las cubiertas con un martillo, son métodos sencillos y útiles para lotes pequeños de semillas relativamente grandes (44,53).

Las semillas de árboles, como los pinos, pueden revolverse en barriles forrados con papel lija o en mezcladoras de concreto combinándolas con arena o grava. La escarificación mecánica es sencilla y efectiva en muchas especies; además las semillas después del tratamiento quedan secas y pueden ser plantadas de inmediato (44).

La escarificación química es un método muy eficaz para interrumpir el reposo debido a la cubierta seminal. Si se sumergen las semillas en ácidos fuertes, como el ácido sulfúrico, o en disolventes orgánicos como la acetona o el alcohol, se puede interrumpir este tipo de reposo. Para este propósito incluso se ha empleado con éxito el agua hirviendo, especialmente para algunas leguminosas (16,27).

El propósito de remojar las semillas en agua es modificar las cubiertas duras, remover los inhibidores, ablandar las semillas y reducir el tiempo de germinación. Algunas cubiertas impermeables pueden suavizarse colocando las semillas de cuatro a cinco veces su volumen en agua caliente (de 77 a 100 grados centígrados), se retiran del fuego de inmediato y las semillas se dejan remojando en el agua que se enfría gradualmente. En algunos casos se han hecho hervir las semillas en agua por unos minutos pero el procedimiento es demasiado riesgoso (10).

La escarificación con ácido tiene el objeto de modificar los tegumentos duros e impermeables de las semillas, el remojo con ácido sulfúrico concentrado es un método efectivo para lograrlo. Las semillas se colocan en recipientes de vidrio o de barro y se cubren con el ácido en proporción de una parte de semilla por dos partes de ácido. La duración del tratamiento varía desde 10 minutos en algunas especies hasta 6 ó más horas en otras. Al final

del tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con una lechada de cal, luego se sumergen en agua corriente por 10 minutos (44).

La germinación de las semillas con cutículas duras, a veces se acelera y mejora por medio de tratamientos con ácidos o remojándolas en agua caliente; estos tratamientos han dado buenos resultados con semillas de Pueraria sp., Mimosa sp., Centrosema sp. y otras (69,91).

La aplicación de cal viva a las semillas es un método utilizado desde la época de los antiguos mayas y aún se sigue utilizando para el ablandamiento de los granos de maíz, se ha demostrado que puede mejorar la germinación de las semillas (71).

A continuación se citan algunos resultados que se han obtenido con la escarificación de semillas:

En PUERTO RICO (1961) aplicaron tres tratamientos de escarificación mecánica a semillas de sandía, con el primer tratamiento se eliminó la parte basal de las semillas, limándolas suavemente; en el segundo tratamiento se eliminó la parte apical y en el tercero se eliminó ambas partes. Los resultados obtenidos demostraron que ningún tratamiento superó al testigo (56,77).

En GUATEMALA (1977) sumergieron semillas de teca Tectona grandis por doce horas en una solución de cal viva (CaO), a razón de una libra por cinco litros de agua, logrando aumentos en el porcentaje de germinación (71).

En HAWAII (1979) escarificaron mecánicamente semillas de dos clases de palmeras, raspando con una lima la superficie lateral de las semillas, hasta que el endospermo se hizo visible; lograron aumentos en el porcentaje de germinación (66).

En USA (1979) agitaron semillas frescas de arroz silvestre, Zizania palustris, con arena de granito por 60 minutos, logrando aumentos en el porcentaje de germinación (70).

En GUATEMALA (1980) obtuvieron 90 por ciento de germinación en semillas de Leucaena leucocephala al sumergirlas en ácido sulfúrico concentrado por 13 minutos, mientras que al sumergirlas en agua caliente a 80 grados centígrados por 2 a 3 minutos, lograron 80 por ciento de germinación. También escarificaron mecánicamente las semillas abriéndoles un pequeño agujero con un punzón, obteniendo el mayor porcentaje de germinación. Recomendaron el tratamiento con agua caliente debido a su simplicidad, sencillez, utilización de menos tiempo y a su bajo costo (10).

En PUERTO RICO (1980) lograron un 97 por ciento de germinación al sumergir semillas frescas de papaya en agua caliente a 70 grados centígrados por 15 segundos. Con semillas de tres años de edad lograron los mejores resultados al aplicarles además del tratamiento anterior, un período de inmersión de 24 horas en agua destilada (74).

En GUATEMALA (1981) obtuvieron éxito en la germinación de más de 25 especies forestales, al aplicarles a la semilla agua a 80 grados centígrados y dejarlas en remojo por 24 horas (99).

En USA (1982) sumergieron semillas de Zamia furfuracea en ácido sulfúrico concentrado por 15 minutos, logrando 82.2 por ciento de germinación en 75 días (26).

En GUATEMALA (1982) obtuvieron buenos resultados en la germinación de semillas de las siguientes especies: Casesalpinia sp., Gliricidia sp., Calliandra sp. y otras, al sumergirlas por 3 a 5 minutos en agua a 80 grados centígrados y luego sumergirlas en agua fría (61).

En LA INDIA (1982) sumergieron semillas de marañón en cloroformo y acetona por dos horas. Los solventes orgánicos removieron la capa cerosa del pericarpio, por lo cual se facilitó la absorción de agua y se aceleró la germinación (86).

En AUSTRALIA (1982) escarificaron semillas de pasto signal, Brachiaria decumbens, con ácido sulfúrico concentrado, aumentando el porcentaje de germinación al 72 por ciento comparado con el testigo con un 40 por ciento (95).

En GUATEMALA (1984) aplicaron ácido nítrico al 25 por ciento en semillas de cardamomo por 5, 10, 20 y 30 minutos. Se utilizaron 400 semillas por tratamiento, cada réplica de 100 semillas se sembró a lo ancho de un tablón de 1.30 metros, la separación entre réplicas fue de 0.1 metros. Como cobertura se utilizó pasto vetiver, los resultados fueron los siguientes:

HNO ₃ al 25 por ciento por 5 min.	40 por ciento de germinación
HNO ₃ al 25 por ciento por 10 min.	41 por ciento de germinación
HNO ₃ al 25 por ciento por 20 min.	11 por ciento de germinación
HNO ₃ al 25 por ciento por 30 min.	12 por ciento de germinación
Testigo	52 por ciento de germinación

Se estudió también la viabilidad de la semilla, los resultados fueron los siguientes:

Porcentaje de germinación inicial	42 por ciento
Porcentaje de germinación a los 30 días	41 por ciento
Porcentaje de germinación a los 90 días	36 por ciento

No hubo diferencias entre los tratamientos para el porcentaje de germinación (11).

Estimuladores de la Germinación.

Trabajando con semillas muy distintas, se ha demostrado en muchas ocasiones que hay diversos compuestos estimuladores de la germinación, los más conocidos y empleados actualmente son el nitrato de potasio, la thiourea, el etileno, las giberelinas y la cinetina (27).

Las Giberelinas. (GA₃ C₁₉H₂₂O₆) (51).

Se reconoce actualmente que la mayoría, sino la totalidad de la actividad fisiológica de las plantas está regulada por un conjunto de sustancias químicas llamadas hormonas (27).

Los reguladores del crecimiento son preparaciones químicas que al ser aplicadas en cantidades pequeñas estimulan o retardan la germinación, floración, fructificación, crecimiento, maduración del fruto y otros procesos de la planta (25).

El término hormona se aplica en exclusiva a los productos naturales de las plantas, mientras que el término regulador no se limita a los compuestos sintéticos, sino que puede incluir hormonas (94).

Los efectos del hongo Gibberella fujikuroi en arroz fueron notados primeramente por los japoneses y los productos metabólicos llamados giberelinas fueron aislados del mismo por Yabuta y Sumiki en 1938 (98).

No obstante el descubrimiento de las giberelinas se atribuye a Kurosawa en 1926, denominando a la enfermedad Bakanae, a la producida por un ascomiceto, fase sexual Gibberella fujikuroi, fase asexual Fusarium moniliforme (94).

Hasta el año 1957 se habían aislado únicamente 5 giberelinas, por medio del cultivo del hongo en tanques sometidos a temperaturas de 20-33 grados centígrados, pH de 3.0-4.4 y con una duración de 30 hasta 40 días (79).

Debido a su compleja estructura todavía no ha sido posible sintetizar a las giberelinas o producir sustancias sintéticas con una actividad comparable (92).

Hasta el año 1976 se conocían cuando menos 38 giberelinas, variando enormemente su eficacia relativa (27). La más conocida de las giberelinas es el GA₃, ácido giberlélico; además de ésta se encuentran disponibles en el mercado mezclas de GA₄ y GA₇ (97). Actualmente las giberelinas se producen comercialmente utilizando una larga escala de fermentación (92).

Las giberelinas pueden definirse como compuestos que tienen un esqueleto de gibane y estimulan la división o la prolongación celular o ambas cosas (94).

Están químicamente relacionadas con un grupo de compuestos naturales denominados terpenoides, los cuales están constituidos por unidades de isopreno de cinco átomos de carbono (27).

Algunas giberelinas tienen 20 y otras 19 átomos de carbono, todas las últimas son ácidos monocarboxílicos, tienen el grupo COOH en la posición 7 y un anillo de lactona (94). El precursor inmediato de la giberelina es el diterpeno, 20 carbonos, denominado kaureno (27).

El efecto principal de la giberelina es la estimulación de la mitosis en los meristemos subapicales y su característica más visible causada sobre las plantas es el desarrollo del tallo y de las hojas, observándose un mayor crecimiento de los entrenudos, llegándose en algunos casos a alturas diez veces mayores que las de plantas no tratadas (101).

La función de las giberelinas en la germinación de semillas y en la expansión de las

células no se conoce aún bien, pero se han propuesto varias teorías. Una de estas teorías se refiere a los mecanismos de acción de las giberelinas durante la germinación e indica que las mismas inducen la producción de enzimas del tipo alpha-amilasas, proteasas y lipasas, las cuales descomponen rápidamente las paredes celulares de los endospermos e hidrolizan después los almidones y proteínas, liberando así los nutrientes y la energía necesarios para el desarrollo de los embriones (38,94).

Algunas experiencias indican que actúan a nivel genético excitando la actividad de genes responsables de la síntesis de éstas enzimas (101).

Las giberelinas pueden provocar la expansión mediante la inducción de enzimas que debiliten las paredes celulares o mediante la hidrólisis del almidón, resultante de la producción de alpha-amilasa generada por las giberelinas, pudiendo incrementar la concentración de azúcares y elevando así la presión osmótica del fluido celular, de modo que el agua entra a la célula y tiende a expandirla (94).

Algunos autores opinan que el crecimiento de los tejidos vegetales se debe probablemente al ablandamiento de la pared celular, más bien que por el aumento de la presión turgente (27).

Los fitorreguladores se aplican para restablecer el equilibrio hormonal y por tanto el desarrollo normal de la planta o bien para activar, retardar o modificar algún aspecto del desarrollo; los fitorreguladores solamente excitan potencialidades naturales y no se deben esperar resultados maravillosos por su uso (35).

Ningún desarrollo agrícola reciente es tan poco entendido y al mismo tiempo ofrece tanto potencial para mejorar la producción o la calidad de las cosechas como los reguladores del crecimiento vegetal (89).

Al presente pocos reguladores del crecimiento han logrado aceptación comercial, pero su potencial es muy real (27).

Se ha reportado que el GA_3 modifica los siguientes procesos: la germinación de semillas, el crecimiento de plantas, la floración, la fructificación, el contenido de sustancias internas, inducen partenocarpia e incluso han logrado eliminar la sintomatología de algunas enfermedades, principalmente virosas.

El ácido giberélico fomenta la germinación de semillas que requieren un período de dormancia, pero no la fomentan en aquellas que no lo requieren (68). La efectividad del GA_3 está limitada por su habilidad de penetrar dentro de la semilla (66).

A continuación se citan algunas investigaciones realizadas con el objetivo de mejorar la germinación de las semillas:

En USA (1960) fomentaron la germinación en semillas de lechuga al aplicar GA_3 a razón de 10 y 100 partes por millón (PPM) (49).

En INGLATERRA (1961) aplicaron GA_3 a razón de 100 mg. por litro en semillas

dormantes de avellano y de haya colocadas sobre papel, las sometieron a la oscuridad y a temperatura ambiental, logrando estimular la germinación. En ese mismo año en Canada demostraron que el GA_3 apresura la germinación de muchas especies de árboles (34,75).

En PUERTO RICO (1961) no lograron fomentar la germinación en semillas de sandía al aplicarles GA_3 en concentraciones de 50 y 100 partes por millón (56).

En EGIPTO (1975) sumergieron semillas estratificadas de pecana por 24 horas en GA_3 a razón de 100 PPM, acelerando la germinación y aumentando el porcentaje de germinación (67).

En MEXICO (1975) lograron cien por ciento de germinación en granos de maíz al aplicarles ácido giberélico a razón de 325 PPM (72).

En ARGENTINA (1975) aumentaron el porcentaje de germinación en semillas de Chirimoya al aplicarles GA_3 a razón de 500 PPM (88).

En JAPON (1979) sumergieron semillas de palma por 72 horas en GA_3 a razón de 1000 PPM, acelerando la germinación y obteniendo los mejores resultados con un pretratamiento de escarificación (66).

En USA (1979) sumergieron semillas de pepino por 1, 12 y 24 horas en GA_3 en concentraciones de 0.3, 1.0, 3.0 milimoles estimulando la germinación conforme aumentaba el tiempo de inmersión en todas las concentraciones (68).

En ISRAEL (1979) sumergieron semillas dormantes de ajonjolí por 48 horas en GA_3 a razón de 100 y 500 PPM, rompiendo completamente la dormancia de las semillas (5).

En LA INDIA (1979) sumergieron semillas de durazno por 24 horas en GA_3 a razón de 100, 150 y 200 PPM, aumentaron significativamente el porcentaje de germinación y redujeron el número de días necesarios para la germinación (48).

En USA*(1979) escarificaron semillas dormantes de arroz silvestre y las sumergieron en GA_3 por 24 horas en concentración de cinco por diez a la menos tres moles, logrando fomentar la germinación (70).

En HAWAII (1979) despulparon semillas de Alyxia olivaeformis y las sumergieron por 24, 48 y 72 horas en ácido giberélico en concentraciones de 500 y 1000 PPM, logrando aumentos en el porcentaje de germinación (87).

En JAPON (1979) sumergieron semillas de lechuga por períodos de una a ocho horas en GA_3 en concentraciones de diez a la menos cinco y diez a la menos tres moles, colocándolas en discos de Petri. Fomentaron la germinación al aumentar la dosis y al disminuir el tiempo de inmersión, excepto al usar la concentración de diez a la menos tres moles, en donde se obtuvo la máxima germinación independientemente del tiempo de inmersión (52).

* USA (Estados Unidos de Norte América)

En JAPON (1979) lograron completa germinación en semillas de mostaza al aplicarles GA_3 a razón de cinco por diez a la menos cuatro moles (47).

En URSS* (1980) sumergieron semillas de Triticum agropyron por 10 horas en GA_3 a razón de 10 mg. por litro, colocándolas bajo condiciones adversas a la germinación (40 grados centígrados); aumentaron la capacidad germinativa de las semillas (58).

En ITALIA (1980) aplicaron GA_3 en semillas de jobjoba en concentración de 400 PPM con y sin endocarpo, aumentaron el porcentaje de germinación solamente en aquellas semillas sin endocarpo (17).

En USA (1980) despulparon semillas de Liriope muscari y las sumergieron por 24 horas en GA_3 en concentraciones de 30, 60 y 90 PPM, lograron aumentar el porcentaje de germinación en comparación a las semillas no despulpadas (30).

En JAPON (1980) fomentaron la germinación en semillas de papaya al aplicarles ácido giberélico a razón de 500 y 1000 PPM (100).

En LA INDIA (1981) aumentaron el porcentaje de germinación en semillas de tabaco al aplicarles ácido giberélico a razón de 50 PPM bajo condiciones de oscuridad (84).

En SUDAFRICA (1981) lograron 88 por ciento de germinación en semillas de Ricinodendron rautanenii al aplicarles GA_3 en concentración de 20 miligramos por decímetro cúbico (50).

En USA (1982) aplicaron ácido sulfúrico concentrado por 15 minutos en semillas de Zamia furfuracea obteniendo un 82 por ciento de germinación en 75 días. Lograron disminuir significativamente los días a germinación en 53 días al aplicarles seguidamente un tratamiento con GA_3 a 1000 PPM por 24 horas de inmersión, sin afectar el porcentaje de germinación. Cuando aplicaron el tratamiento con ácido sulfúrico concentrado por 30 minutos y 24 horas de inmersión en GA_3 a 1000 PPM, los días a germinación se redujeron significativamente a 38, sin afectar el porcentaje de germinación (26).

En EGIPTO (1982) aumentaron el porcentaje de germinación en semillas de chile, almacenadas durante dos años, al aplicarles ácido giberélico a razón de 100 PPM (65).

En USA (1982) aumentaron el porcentaje de germinación en semillas de chile al aplicarles ácido giberélico (GA_3) a razón de 100 partes por millón (PPM) (93).

La Thiourea. (NH_2CSNH_2) (51).

Compuesto químico perteneciente al grupo de los tiocarbamatos, se obtiene de la fusión del tiocianato de amonio, posee reacción neutra (97).

Esta sustancia química se ha empleado para estimular la germinación de algunas semillas latentes, en particular de aquellas que no germinan en la oscuridad o que requieren (URSS*) Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas.

un tratamiento de enfriamiento en húmedo. Se emplean soluciones acuosas del 0.5 al 3 por ciento. Como la thiourea inhibe algo el crecimiento, es conveniente no remojar las semillas por más de 24 horas (44).

La thiourea fue uno de los primeros agentes que se usaron en el tratamiento de hipertiroidismo, pero debido a su alta toxicidad fue reemplazada por otros productos (21).

Se utiliza como agente fijador fotográfico, para eliminar manchas de negativos y como acelerador en la vulcanización. Debe evitarse el contacto de este producto con los ojos, piel o ropa ya que causa irritación (51,97).

Algunos de los efectos conocidos por la thiourea en la germinación de semillas son los siguientes:

En USA (1960) sumergieron semillas de lechuga por 24 horas en una solución de thiourea al 0.5 y al 0.2 por ciento, colocándolas en la oscuridad; lograron aumentos en el porcentaje de germinación (49).

En INGLATERRA (1961) sembraron semillas dormantes de avellano (Corylus avellana) y de haya (Fapus sylvatica) sobre papel absorbente saturado con thiourea en concentración de 7.5 gramos por litro. Las colocaron en la oscuridad y a temperatura ambiental, logrando la germinación en solo tres semanas (34).

En LA INDIA (1975) semillas de papaya con sarcotesta presentaron un 30 por ciento de menos germinación que las semillas sin sarcotesta. Un tratamiento con thiourea a 200 PPM eliminó el efecto causado por la sarcotesta (4).

En la INDIA (1979) sumergieron semillas de durazno por 24 horas en thiourea en concentraciones de 2500, 5000 y 7500 PPM, lograron aumentos en el porcentaje de germinación y redujeron el número de días necesarios para la germinación (48).

En NIGERIA (1983) sumergieron tubérculos de ñame (Dioscorea rotundata) en una solución al dos por ciento de thiourea por una hora; lograron la inducción en el desarrollo de brotes pocos días después (82).

El Nitrato de Potasio. (KNO_3) (51).

El nitrato de potasio se presenta en forma de prismas transparentes, incoloros o en polvo cristalino de color blanco. Es inodoro, tiene sabor salino y produce una sensación de frío en la boca (21).

Se utiliza principalmente como diurético y como vasodilatador. El nitrato de potasio es un oxidante muy fuerte, se debe evitar el contacto con materiales orgánicos, ya que pueden producirse explosiones. La pólvora negra de cañón está formada de 10 partes de azufre, 15 partes de carbón vegetal y 75 partes de nitrato de potasio (21, 51, 97).

Muchas semillas latentes recién cosechadas germinan mejor después de un remojo en una solución de nitrato de potasio. Esta técnica se emplea en gran parte en los laboratorios de semillas. Las semillas se colocan en charolas de germinación o en cajas de Petri y el sustrato se humedece con una solución de nitrato de potasio al 0.2 por ciento, preparada disolviendo dos gramos de substancia en mil mililitros de agua (18,44).

Algunos efectos conocidos del nitrato de potasio en la germinación de semillas son las siguientes:

En INGLATERRA (1961) saturaron papel absorbente con una solución de KNO_3 a razón de dos gramos por litro, sembraron semillas de avellano, haya y fresno colocándolas en la obscuridad y bajo temperatura ambiental; no lograron aumentos en el porcentaje de germinación (34).

En PUERTO RICO (1980) sumergieron semillas frescas de papaya por 24 horas en una solución de nitrato de potasio al 1.5 por ciento, aumentando el porcentaje de germinación (74).

En LA INDIA (1981) aumentaron el porcentaje de germinación en semillas de tabaco al aplicarles nitrato de potasio a razón de 500 PPM bajo condiciones de obscuridad, encontrando además una marcada interacción del nitrato de potasio con el ácido giberélico (84).

MATERIALES Y METODOS

Debido a que el presente trabajo de investigación se realizó en dos fases o etapas, la descripción de la metodología se hizo describiendo la metodología de la primera y luego la de la segunda fase.

Metodología de la Primera Fase. (Escarificación a nivel de Laboratorio).

La metodología se efectuó describiendo el área experimental, el trabajo de investigación, el período de conducción de la investigación, el manejo del material experimental, las técnicas de campo, el registro de la información, el análisis de la información y la calendarización de la investigación. A continuación se describen cada uno de estos aspectos:

Descripción del Area.

La primera fase de la investigación se realizó en el laboratorio de semillas del proyecto "APROCAR-UVG", situado en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala, zona 15 de la ciudad capital.

Se utilizaron dos cámaras de germinación, cada una de ellas con 6 bandejas de aluminio. Las cámaras de germinación se mantuvieron bajo las siguientes condiciones: 26 grados centígrados, humedad relativa muy alta (casi del 100 por ciento) y sin iluminación.

Se ha demostrado que las semillas de la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales, germinan mejor en temperaturas entre los 20 y los 30 grados centígrados, aunque otros autores afirman que la mayoría de las semillas no latentes se prueban a temperaturas de 15 a 30 grados centígrados. (29,61).

Descripción del Trabajo de Investigación.

La primera fase consistió en la aplicación de tratamientos de escarificación mecánica y química en semillas de cardamomo con tres meses de almacenamiento. El esquema de los tratamientos de escarificación utilizados a nivel de laboratorio se encuentra en el Cuadro 1.

A continuación los tratamientos se describen brevemente, extendiéndose su descripción en el inciso manejo del material experimental:

- a) Escarificación con papel lija utilizando tres tipos de lija y tres tiempos de tratamiento.
- b) Aplicación de cal viva, óxido de calcio, a las semillas disolviendo tres concentraciones en un litro de agua y por dos tiempos de inmersión.
- c) Aplicación de agua caliente utilizando cuatro temperaturas diferentes.
- d) Aplicación de agua caliente utilizando cuatro temperaturas diferentes seguido de inmersión en agua con hielo.
- e) Aplicación de ácido sulfúrico en tres concentraciones y por tres tiempos de inmersión.

La ubicación de los tratamientos en las unidades experimentales se realizó por medio de un sorteo completamente al azar. En esta fase se trabajó con 14,000 semillas de cardamomo.

Período de Conducción de la Investigación.

Las semillas se sembraron sobre el sustrato el 7 de septiembre de 1984, la última lectura se realizó el 7 de diciembre del mismo año o sea que la primera fase tuvo una duración de tres meses. La primera plántula germinó a los 31 días después de la siembra.

El experimento se prolongó hasta los tres meses, debido a que se esperó a que el testigo alcanzara un porcentaje de germinación representativo.

Manejo del Material Experimental.

Un día antes de la colocación de las semillas dentro de las cámaras de germinación, el equipo a utilizar como el siguiente: cámaras de germinación, bandejas, pinzas y mesas de trabajo se lavaron con agua y jabón.

Después se les aplicó formaldehído al 40 por ciento en solución al 1.5 por ciento. Ya que se ha demostrado que el formaldehído puede aplicarse contra hongos, bacterias y virus. Además el formaldehído al 1.5 por ciento ha registrado en experimentos el mejor control, de los patógenos fungosos sin provocar disminución en el porcentaje de germinación; su manipuleo es fácil por su alta solubilidad y es menos peligroso que otros productos (90).

Cada vez que se realizaron conteos en las bandejas, las mesas de trabajo y las pinzas se desinfectaron con formaldehído al 1.5 por ciento. Los riegos dentro de las cámaras de germinación no fueron necesarios debido a la alta humedad relativa imperante dentro de las mismas.

Se utilizaron cámaras de germinación de modelos y marcas diferentes, debido a esto

las bandejas de germinación tuvieron dimensiones diferentes en cada cámara; las bandejas mayores tenían 53 cm. de largo por 38 cm. de ancho, las menores tenían 40 cm. de largo por 38 cm. de ancho.

Como sustrato se utilizó algodón prensado, denominado comercialmente como Kimpac, especial para pruebas de germinación. Debido a la diferencia en tamaño de las bandejas de germinación y para uniformizar el distanciamiento de las semillas sobre el sustrato, se cortaron trozos de Kimpac de 10 cm. de largo por 10 cm. de ancho, por lo que el distanciamiento de las semillas sobre cada trozo de sustrato fue de casi un centímetro.

Se colocaron nueve trozos de sustrato de cien centímetros cuadrados en las bandejas pequeñas y 15 trozos del mismo tamaño en las bandejas grandes. Cada unidad experimental fué un trozo de sustrato de cien centímetros cuadrados, sobre el cual se sembraron cien semillas. Cada tratamiento constó de 400 semillas divididas en cuatro réplicas de cien.

Las semillas fueron proporcionadas por el proyecto "APROCAR-UVG" de la finca Altamira, municipio de San Francisco Zapotitlán, departamento de Suchitepéquez.

Se trabajó con la selección Altamira, esta selección posee características muy similares a la variedad Mysoure. Estas características son las siguientes: plantas robustas, de color verde oscuro, miden tres metros de altura, sus hojas son grandes y gruesas, miden de 0.30 a 0.90 metros de longitud, son glabras en el haz y en el envés. La inflorescencia es erecta, flexuosa, doblándose por el peso de las cápsulas, las cápsulas son grandes, fusiformes, anguladas, con tres aristas bien definidas, su color es verde intenso en el punto de madurez comercial.

Las semillas se cosecharon estando los frutos completamente maduros, la cosecha se hizo con el objetivo de obtener semilla seleccionada para semilleros.

Esta semilla se almacenó en una gaveta de laboratorio por espacio de tres meses; lo que se pretendía con esto era ejercer mayor presión de selección, para escoger el mejor tratamiento de escarificación. Se trabajó con semilla normalmente descartada por el agricultor.

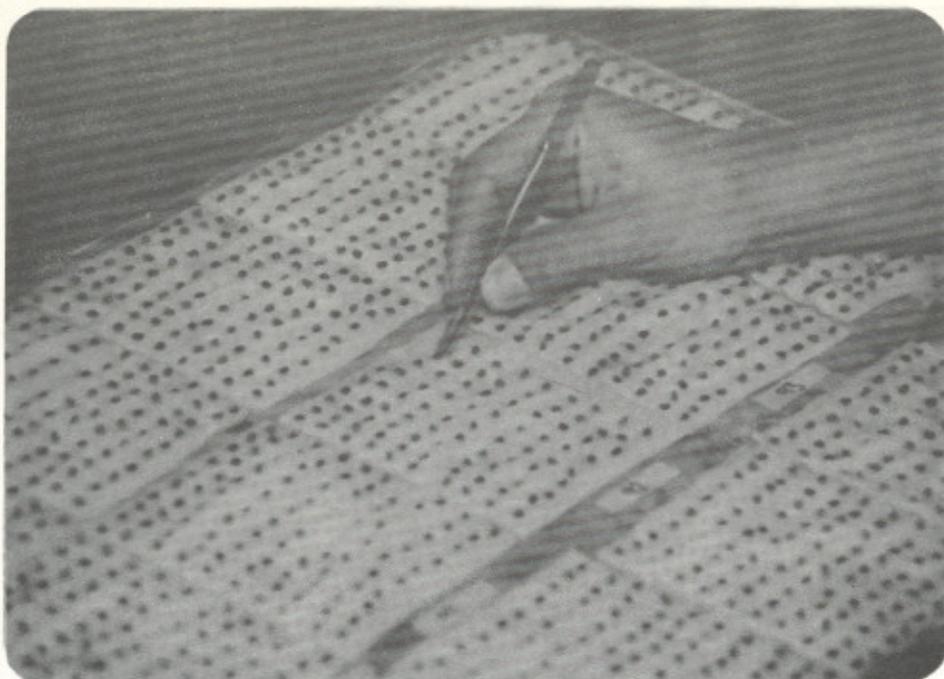
Las condiciones de almacenamiento fueron las siguientes: obscuridad, temperatura promedio 24 grados centígrados, no se colocó ningún tipo de envoltura a las semillas.

A continuación se describen cada uno de los tratamientos de escarificación:

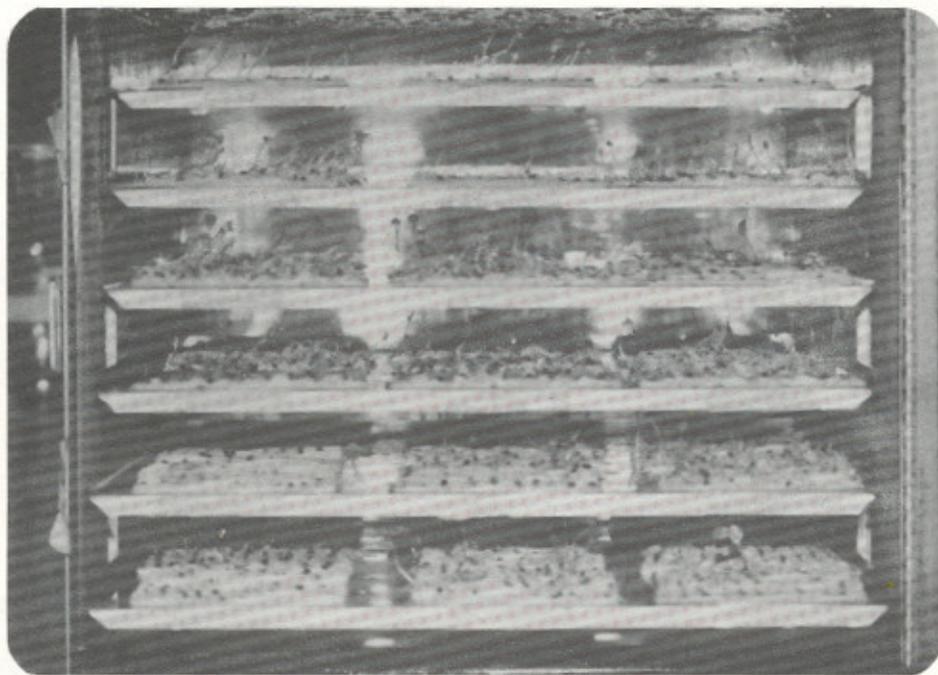
Los tratamientos con lija se realizaron forrando internamente con papel lija botes de metal con capacidad para un diez y seisavo de galón, donde se colocaron las 400 semillas de cada tratamiento.

Se utilizaron tres tipos de lija para madera marca 3M (fina No. 100, media No. 60 y gruesa No. 36), los botes se hicieron girar a una velocidad promedio de 60 revoluciones por minuto, por los tiempos indicados en el Cuadro 1.

Al finalizar los tratamientos las semillas se sacaron de los recipientes y se trataron con un fungicida, Captán, a razón de 0.22 gramos por medio litro de agua. Esta solución sirvió



Fotografía 1. Siembra de las semillas de cardamomo sobre el sustrato.



Fotografía 2. Germinación de las semillas de cardamomo dentro de la cámara de germinación.

para desinfectar la semilla de los 35 tratamientos, la semilla permaneció en cajas de Petri con la solución por doce horas, luego se colocaron en las bandejas en la forma ya indicada, colocando identificaciones claramente visibles.

Los tratamientos con cal viva, óxido de calcio, se realizaron disolviendo tres concentraciones en un litro de agua. A los lotes de 400 semillas se les aplicó esta solución, se utilizaron dos tiempos de inmersión (45 y 90 minutos), Cuadro 1. Las semillas se sacaron de los beakers, se lavaron con agua y se trataron con el fungicida en la forma ya indicada: después se colocaron en las bandejas de germinación.

Debido a que la cal viva está conformada en terrones, se tuvo mucha dificultad al querer separar la semilla de la cal, al finalizar los tratamientos. Para esto se utilizaron coladores convencionales los cuales facilitaron la tarea, sin embargo el tiempo promedio para limpiar la semilla de cada tratamiento fue de 30 minutos.

El efecto principal de disolver cal viva en agua, es un violento aumento en la temperatura del agua, la cual desciende conforme pasa el tiempo. Debido a esto se midió la temperatura del agua cada minuto durante toda la duración de los tratamientos, a continuación se presentan las temperaturas obtenidas:

Temperatura en grados centígrados	82 gramos		132 gramos		182 gramos	
	45 min.	90 min.	45 min.	90 min.	45 min.	90 min.
Mínima	38	31	38	38	49	49
Media	42	36	54	45	75	57
Máxima	52	52	60	60	86	86

Los tratamientos con agua caliente se hicieron sumergiendo lotes de 400 semillas en beakers conteniendo un litro de agua. Todos los tratamientos a excepción de los dos en que se hizo llegar la temperatura a punto de ebullición, Cuadro 1, se retiraron de la fuente de calor (estufa eléctrica Nouva II de 840 Watts) al llegar a la temperatura indicada. Se dejó que la temperatura bajara por tres minutos en los beakers conteniendo a las semillas, luego las mismas se retiraron del agua, se trataron con el fungicida y se sembraron en las bandejas de germinación.

A continuación se presenta el tiempo necesario para alcanzar las temperaturas indicadas y la disminución de la temperatura conforme al tiempo:

Temperatura del agua en grados centígrados	Tiempo en minutos	Temperatura del agua tres minutos después
70	10.10	64°C
80	12.25	73°C
90	20.50	80°C
Punto de ebullición	24.30	Pto. Eb.

Los tratamientos con agua caliente seguidos de inmersión en hielo se hicieron siguiendo el mismo procedimiento que los tratamientos sólo con agua caliente, pero después se sumergieron en un beaker conteniendo hielo. Los tratamientos que no llegaron a punto de ebullición, se sumergieron en hielo por tres minutos y los que sí llegaron se sumergieron por el tiempo indicado en el Cuadro 1. Finalizados los tratamientos se les aplicó a las semillas el fungicida y se colocaron en las bandejas de germinación.

Los tratamientos con ácido sulfúrico se hicieron colocando lotes de 400 semillas en cajas Petri conteniendo una parte de volumen de semilla y dos partes de volumen del ácido, a la concentración y por el tiempo indicados en el Cuadro 1.

Terminados los tratamientos se lavó inmediatamente las semillas con una lechada de cal; esta lechada se realizó mezclando cal hidratada con tres ó cuatro veces su peso de agua, por ser una solución fuertemente alcalina, neutraliza la acción del ácido sulfúrico (21).

Después de esto se lavó las semillas con agua, para eliminar los restos de la cal. El ácido sulfúrico debe usarse con cuidado porque es muy corrosivo y reacciona violentamente con el agua, elevando la temperatura en forma considerable y produciendo salpicaduras (44).

A fin de lograr resultados uniformes las semillas se menearon con precaución a intervalos convenientes, cada dos minutos; como el meneado de las semillas tiende a elevar la temperatura, se debe evitar agitar la mezcla con vigor, pues de hacerlo se puede dañar la semilla y producir salpicaduras.

Técnicas de Campo.

El diseño experimental utilizado en la primera fase (escarificación a nivel de laboratorio) fue el siguiente:

Completamente al azar

Modelo Estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \text{ (tratamientos)} \\ j = 1, 2, \dots, r \text{ (repeticiones)} \end{array}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta observada en la repetición j del tratamiento i .

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental (20).

Número de tratamientos = 34 más un testigo absoluto = 35

Número de repeticiones =

$$t (r - 1) = 12$$

$$r = 1.34$$

con fines de análisis de germinación se realizaron cuatro repeticiones.

Número de unidades experimentales = 140 (35 por 4).

Variables respuesta:

- a) Porcentaje de germinación
- b) Velocidad de germinación (días para alcanzar un uno por ciento de germinación)
- c) Velocidad de germinación (días para alcanzar un diez por ciento de germinación)
- d) Semillas duras
- e) Semillas suaves.

Se utilizó un diez por ciento de germinación, para calcular la velocidad de germinación, debido a que muchos tratamientos presentaron porcentajes de germinación muy bajos. Si se hubiera utilizado un porcentaje de germinación más alto, muchos tratamientos no hubieran presentado valores.

Para las variables respuesta, semillas duras y semillas suaves, se ejerció presión con un clavo a las semillas al realizar la última lectura de la primera fase. Si la semilla cedía a la presión, se consideró que la misma estaba muerta; si no cedía a la presión, se consideró a la semilla como viva.

Registro de la Información.

La toma de datos se realizó cada dos días por espacio de dos meses. Se hizo uso de tarjetas de germinación, donde se anotó la fecha de la toma de datos, el número de días transcurridos a la fecha de siembra y el número de semillas germinadas.

Para considerar a una semilla como germinada, la plántula producida debía poseer todas sus estructuras bien desarrolladas, siguiendo el criterio de las reglas internacionales para el ensayo de semillas (18).

Cada tratamiento tuvo su propia tarjeta de germinación, donde se anotó los datos para cada una de las cuatro réplicas. Al realizar la última lectura, muchas semillas presentaban ya la plúmula o la radícula, pero no las demás estructuras (como tallos, hojas, raíces); a éstas semillas se les consideró como germinadas, pero esta última lectura no se consideró para calcular la velocidad de germinación. El número de semillas duras y suaves se anotó al reverso de las mismas tarjetas de germinación.

Análisis de la Información.

Los valores de las variables de la primera fase, se transformaron para que el análisis de varianza fuera valedero, ya que los mismos no se comportaron normalmente (9).

Las transformaciones efectuadas fueron las siguientes:

Variables respuesta	Transformación
Porcentaje de germinación	$\arcsen \sqrt{X}$
Velocidad de germinación (uno por ciento)	$\sqrt{X + 1}$
Velocidad de germinación (diez por ciento)	$\sqrt{X + 1}$
Semillas duras	$\sqrt{\quad}$
Semillas suaves	$\sqrt{\quad}$

A los resultados se les aplicó en su orden:

1. Análisis de varianza
2. Prueba múltiple de medias de Duncan

Se utilizó la prueba de Duncan, debido a que el número de tratamientos de esta fase fue de treinta y cinco. No se utilizó la prueba de Tukey debido a que sus tablas poseen valores sólo para hasta veinte tratamientos.

Calendarización.

Las diferentes actividades efectuadas durante esta fase se realizaron en las siguientes fechas:

Actividad	Fecha
Cosecha de los frutos	2 de junio 1984
Obtención y secamiento de semillas	3 de junio al 6 junio 1984
Almacenamiento de las semillas	6 de junio al 6 septiembre 1984
Desinfestación del equipo	6 septiembre 1984
Tratamientos y desinfección de semilla	6 al 7 septiembre 1984
Siembra de las semillas	7 de septiembre 1984
Realización de la última lectura	7 de diciembre 1984

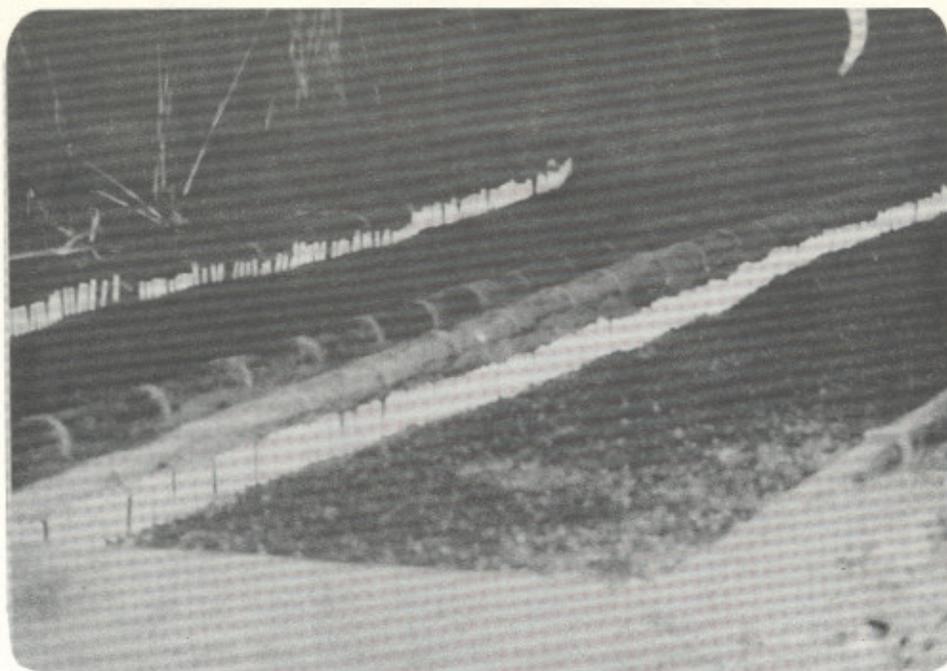
Metodología de la Segunda Fase. (Estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, utilizados a nivel de campo).

La metodología se efectuó describiendo el área experimental, el trabajo de investigación, el período de conducción de la investigación, el manejo del material experimental, las técnicas de campo, el registro de la información, el análisis de la información y la calendarización de la investigación. A continuación se describen cada uno de estos aspectos:

Descripción del Area.

La investigación se realizó en la finca Las Acacias, Nueva Concepción, Escuintla, distante de la capital 145 kilómetros y con una altura promedio de 70 metros sobre el nivel del mar.

Estas no son regiones cardamomeras, pero actualmente los semilleros y almácigos de



Fotografía 5. Distribución de los tratamientos aplicados a las semillas de cardamomo en los tabloncillos germinadores.



Fotografía 6. Germinación de las semillas de cardamomo en el tabloncillo germinador.

cardamomo se están realizando en zonas cálidas, libres del VMCar, donde tanto la germinación como el desarrollo vegetativo se ven favorecidos.

Las condiciones climáticas en los meses de investigación fueron las siguientes: (proporcionadas por la estación meteorológica de Tiquisate, Escuintla).

Mes	Días de lluvia	Precipitación (mm)	Temperatura promedio
Febrero	2	15.97	27.50°C
Marzo	3	12.44	28.38°C
Abril	8	108.19	29.01°C

Se construyeron dos tablonces con las siguientes dimensiones: 1.10 m. de ancho por 5 m. de largo por 0.30 m. de alto, bordeados con tallos de bambú. Los tablonces se realizaron utilizando una mezcla de tierra, materia orgánica y arena en proporción de 2:1:1 respectivamente, el pH del suelo fue de 6.5, como sombra se utilizó hule en una plantación comercial.

Descripción del Trabajo de Investigación.

La segunda fase consistió en la aplicación de tres estimuladores de la germinación (ácido giberélico, nitrato de potasio y thiourea) en semillas de cardamomo, con y sin escarificación previa (se aplicó el tratamiento de escarificación con el cual se obtuvieron los mejores resultados, LIJA FINA 15 MINUTOS).

Cada estimulador de la germinación se aplicó en tres concentraciones y en dos tiempos de inmersión. El esquema de los tratamientos de la segunda fase se encuentra en el Cuadro 2.

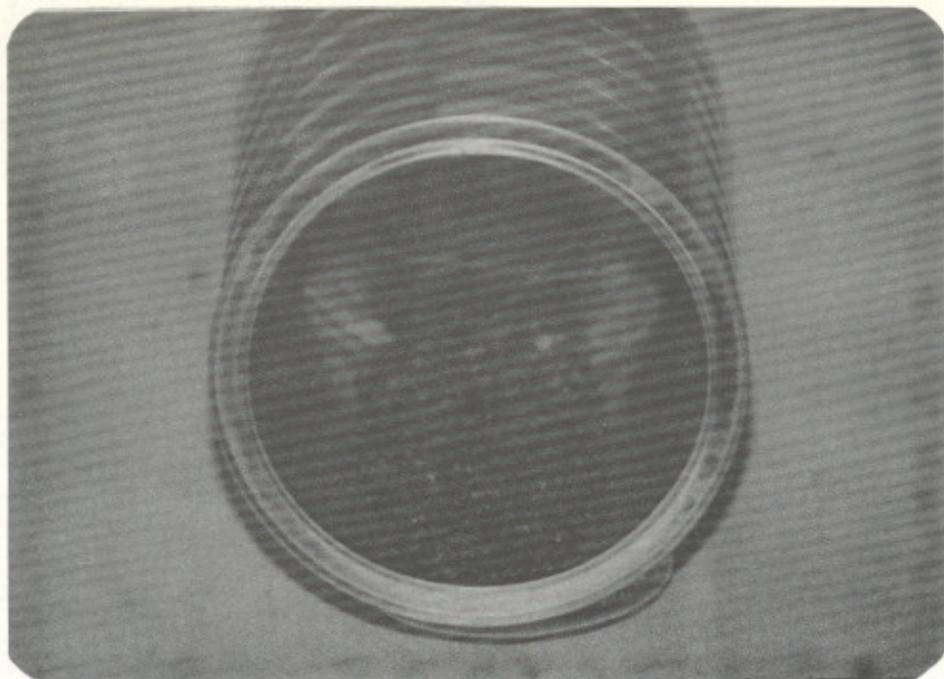
Se trabajó con seis testigos; cuatro utilizando inmersión en agua a temperatura ambiental (24 grados centígrados) por 24 y 48 horas, con y sin escarificación previa de la semilla, un testigo con solo escarificación de la semilla y un testigo absoluto, Cuadro 2.

El ordenamiento de los tratamientos en el tablón, se realizó por un sorteo al completo azar. En esta fase se trabajó con 16,800 semillas de cardamomo, haciendo un gran total en ambas fases de 30,800 semillas.

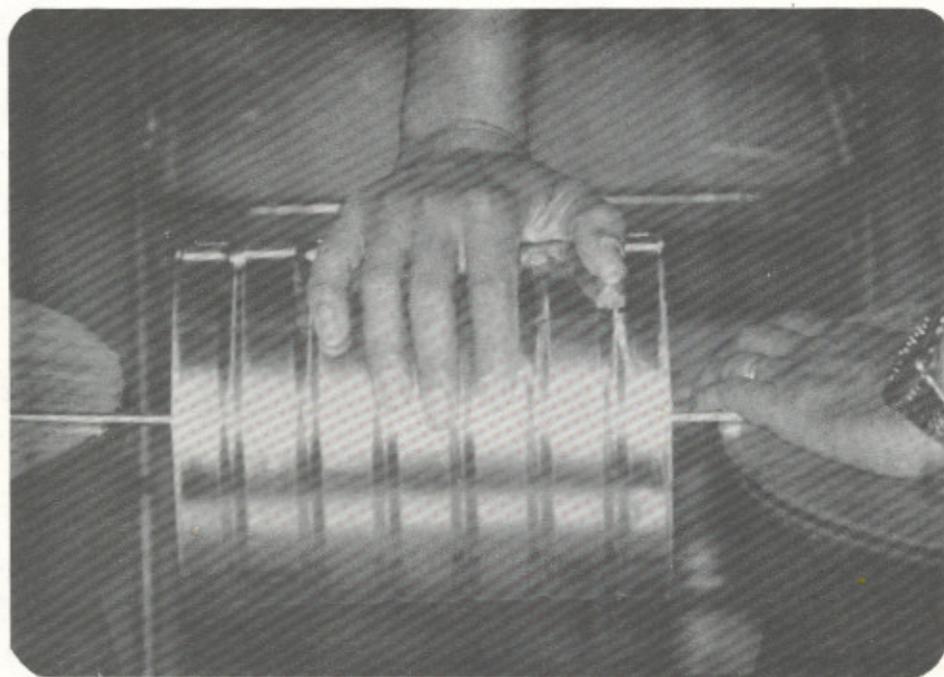
Período de Conducción de la Investigación.

Las semillas se sembraron en los tablonces el primero de febrero de 1985, la última lectura en los tablonces se realizó el 11 de abril de 1985, o sea que esta fase tuvo una duración de 69 días. La segunda fase fue más corta que la primera debido principalmente a las condiciones ambientales del lugar.

La primera plántula germinó a los 35 días después de la siembra, la última lectura para determinar el porcentaje de germinación se realizó el 15 de abril de 1985; después de esto se esperó casi un mes para poder determinar la altura de las plántulas, la longitud de la raíz y el peso seco de las plántulas (el desarrollo posterior a la germinación).



Fotografía 3. Cilindro forrado en su interior con papel lija fina, conteniendo semillas de cardamomo.



Fotografía 4. Escarificación de las semillas de cardamomo girando el cilindro a una velocidad de sesenta revoluciones por minuto.

Manejo del Material Experimental.

Los tablonces se desinfectaron con Bromuro de Metilo, ya que se ha demostrado que mata a la mayoría de nemátodos, insectos, semillas de malezas y algunos hongos, pero no a Verticillium sp. (44).

El Bromuro de Metilo se aplicó en la forma y dosis recomendada por la casa comercial, 50 a 200 gramos por metro cuadrado, sellando el tablón con plástico por cuatro días y dejando dos días de ventilación antes de la siembra.

Los riegos se realizaron a diario y cuando la germinación comenzó se realizaron cada dos días. Las semillas se sembraron casi superficialmente, cubriéndolas con una capa fina de tierra de aproximadamente cinco milímetros.

La semilla fue proporcionada por el proyecto "APROCAR-UVG", de la finca Altamira, se utilizó la selección Altamira. La forma en que se cosechó y trató la semilla, fue la misma que la descrita en la primera fase.

La semilla se almacenó en igual forma que en la primera fase, con la diferencia que el período de almacenamiento fue solamente de 27 días. Esta semilla se considera fresca según Barrios (11) y Pattansheffi (73).

En la India recomiendan aplicar sobre los semilleros una capa de seis milímetros de altura de una mezcla que contiene estiércol de ganado seco y cenizas de madera en igual proporción. Se les aplica quincenalmente una mezcla al uno por ciento de Caldo Bordelés, para prevenir ataques fungosos (96).

En esta investigación se aplicó semanalmente después de la germinación un fungicida, Agallol, a razón de 25 centímetros cúbicos por bomba de cuatro galones.

Cada tratamiento constó de 400 semillas divididas en cuatro réplicas de cien, se sembraron las 100 semillas de cada réplica a lo ancho del tablón, ocupando cien metros lineales. La separación entre semillas fue de un centímetro y la separación entre hileras de réplicas fué de cinco centímetros. Cada unidad experimental constituyó cien metros lineales.

La aplicación de los diferentes estimuladores de la germinación se realizó sumergiendo réplicas de 100 semillas en cajas de Petri conteniendo la solución de tal forma que cubriera totalmente a las semillas.

Finalizados los tratamientos, se trató a la semilla con un fungicida, Captán, en la forma y dosis indicada en la primera fase. Después cada réplica se colocó en una bolsa plástica conteniendo su respectiva identificación, para facilitar su traslado al campo.

En los tratamientos en los cuales se realizó la escarificación previa de la semilla, la misma se realizó de la siguiente forma: se utilizó la escarificación que presentó los mejores resultados a nivel de laboratorio, LIJA FINA 15 MINUTOS. Se forró en su interior con lija un bote metálico con capacidad para cinco libras de leche en polvo; las 8,400 semillas, Cuadro 2, se colocaron dentro del cilindro y el mismo se hizo girar por 15 minutos a una velocidad de 60 revoluciones por minuto. Terminado el tratamiento de escarificación se prosiguió con la aplicación de los estimuladores de la germinación.

Técnicas de Campo.

El diseño experimental utilizado en la segunda fase fue el siguiente:

Arreglo Factorial ($2 \times 3 \times 3 \times 2$) Completamente al Azar

Los factores en estudio con sus respectivos niveles fueron los siguientes:

Factor	Niveles
A. Escarificación	A ₁ A ₂
B. Productos	B ₁ B ₂ B ₃
C. Concentración	C ₁ C ₂ C ₃
D. Tiempo de Inmersión	D ₁ D ₂

El significado de los niveles es el siguiente:

A ₁	Con escarificación
A ₂	Sin escarificación
B ₁	Acido giberélico
B ₂	Nitrato de potasio
B ₃	Thiourea
C ₁	Concentración baja
C ₂	Concentración media
C ₃	Concentración alta
D ₁	Tiempo corto
D ₂	Tiempo largo

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_l + AB_{ij} + AC_{ik} + AD_{il} + BC_{jk} + BD_{jl} + CD_{kl} + ABC_{ijk} + ACD_{ikl} + ABD_{ijl} + BCD_{jkl} + ABCD_{ijkl} + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Variable respuesta observada en la ijklm-ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del Factor A

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del Factor B

C_k = Efecto del k-ésimo nivel del Factor C

D_l = Efecto del l-ésimo nivel del Factor D

AB_{ij} = Interacción del factor A y el factor B

AC_{ik} = Interacción del factor A y el factor C

AD_{il} = Interacción del factor A y el factor D

BC_{jk} = Interacción del factor B y el factor C

BD_{jl} = Interacción del factor B y el factor D

- CD_{kl} = Interacción del factor C y el factor D
 ABC_{ijk} = Interacción del factor A, el factor B y el factor C
 ACD_{ikl} = Interacción del factor A, el factor C y el factor D
 ABD_{ijl} = Interacción del factor A, el factor B y el factor D
 BCD_{jkl} = Interacción del factor B, el factor C y el factor D
 $ABCD_{ijkl}$ = Interacción del factor A, el factor B, el factor C y el factor D
 E_{ijklm} = Error experimental asociado a la ijklm-ésima unidad experimental.

Número de tratamientos = $36 + 6$ testigos = 42

$$\begin{aligned} \text{Número de repeticiones} &= \\ &= (r - 1) abcd \geq 12 \\ & r \geq 1.33 \end{aligned}$$

Con fines de análisis de germinación se realizaron cuatro repeticiones.

Número de unidades experimentales = 168 (42 por 4).

Las variables respuesta que se estudiaron en esta fase fueron las siguientes:

- a) Porcentaje de germinación
- b) Velocidad de germinación (16 por ciento de germinación)
- c) Altura de plántulas
- d) Longitud de raíz
- e) Peso seco de plántulas

Los incisos c, d y e se calcularon treinta días después de la última toma de datos.

Registro de la Información.

La toma de datos se realizó cada siete días, debido a la ubicación del lugar y porque se consideró innecesario efectuar las lecturas cada dos días (en la primera fase se pudo observar que casi no existía variación en el porcentaje de germinación con la toma de datos cada dos días).

Se utilizaron tarjetas de germinación donde se anotó la fecha de la toma del dato, el número de días a la siembra y el número de semillas germinadas. Se hizo uso del criterio de plántulas normales germinadas dado por las reglas internacionales para el ensayo de semillas (18).

Para las variables respuesta altura de plántulas y longitud de raíz, se realizaron muestreos, tomando de cada unidad experimental, las dimensiones de diez plántulas (para estas dos variables se realizaron un total de 3,360 lecturas), esto se realizó a nivel de laboratorio.

Para el caso de la variable respuesta, peso seco de plántulas, se realizaron muestreos tomando de cada unidad experimental, veinte plántulas (en total se pesaron 3,360 plántulas). Las veinte plántulas de cada réplica se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas y

se colocaron dentro de un horno a 65 grados centígrados por 48 horas, el peso se determinó por medio de una balanza.

Análisis de la Información.

Los valores de las variables respuesta porcentaje y velocidad de germinación, se transformaron debido a que los mismos no se comportaron normalmente, la transformación se realizó para que el análisis de varianza fuera valedero (9).

Las transformaciones efectuadas fueron las siguientes:

Variable respuesta	Transformación
Porcentaje de germinación	$\sqrt{\frac{X}{100}}$
Velocidad de germinación	$\sqrt{X + 1}$

A los resultados se les aplicó en su orden:

1. Análisis de varianza
2. Prueba de Duncan
3. Prueba de Tukey

Se utilizó la prueba de Duncan debido a que el número de tratamientos de esta fase fue de cuarenta y dos. No se pudo hacer uso de las tablas de Tukey, debido a que las mismas poseen valores sólo para hasta veinte tratamientos. En los casos en que se compararon menos de veinte tratamientos, si se utilizó la prueba de Tukey.

Calendarización.

Las diferentes actividades efectuadas en esta fase se realizaron en las siguientes fechas:

Actividad	Fecha
Cosecha de la semilla	29 diciembre 1984
Secamiento de la semilla	30 diciembre – 2 enero 1985
Almacenamiento de la semilla	2 enero – 29 de enero 1985
Desinfección de los tablonos	26 enero – 31 de enero 1985
Tratamientos en la semilla	30 enero – 31 de enero 1985
Siembra de la semilla	1 febrero 1985
Ultima lectura en el campo	11 abril 1985
Cálculo del peso seco	14 abril 1985

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados y la discusión de los mismos para cada una de las variables respuesta estudiadas:

A) Efecto de escarificación sobre el porcentaje de germinación bajo condiciones de laboratorio.

De los 35 tratamientos de escarificación realizados, 15 fueron estadísticamente inferiores al testigo, 15 iguales y 4 superiores al mismo (Lija fina 15 minutos, Lija fina 10 minutos, Lija gruesa 15 minutos y Acido sulfúrico al 75 por ciento 4 minutos), Cuadro 3.

La transformación efectuada y la rigidez de la prueba de Duncan, ocasionaron una gran presión de selección, ya que tratamientos con porcentajes de germinación del 47.25 por ciento resultaron ser iguales al porcentaje de germinación del testigo (26.75 por ciento). Para que se marcaran las diferencias estadísticas, se necesitó que los tratamientos fueran por lo menos un 98.13 por ciento mayores que el testigo.

De los catorce mejores tratamientos, siete pertenecieron al grupo de las lijas, seis al grupo de los ácidos y uno al grupo de agua caliente seguido de hielo, Cuadro 3.

Los tratamientos con agua caliente y agua caliente seguido de hielo, resultaron ser muy malos, a excepción de pocos casos en los cuales el porcentaje de germinación de los mismos fue similar al testigo. Los tratamientos con cal tampoco superaron al testigo, pero sus porcentajes de germinación no fueron tan bajos como los tratamientos con agua caliente y agua caliente seguido de hielo, Cuadro 3 y Gráfica 1.

Estos resultados sugieren que las semillas de cardamomo con tres meses de almacenamiento no soportan altas temperaturas; en el caso del agua caliente se pudo notar que el mayor porcentaje de germinación, 23.25 por ciento, se obtuvo con agua a 70 grados centígrados; con las demás temperaturas no se superó el 0.25 por ciento de germinación. En el caso de agua caliente seguido de hielo, ningún tratamiento superó el 0.75 por ciento de germinación, a excepción de agua a 70 grados centígrados seguido de hielo, donde se obtuvo el 47 por ciento de germinación, no superior al testigo estadísticamente, Cuadro 3.

Los tratamientos con cal viva se caracterizaron por un aumento en la temperatura del agua, las temperaturas promedio en grados centígrados alcanzadas por las distintas concentraciones de cal fueron las siguientes: 82 gramos = 39°C, 132 gramos = 50°C y 182 gramos = 66°C; aquí también se pudo notar que a mayor temperatura menor porcentaje de germinación. Las temperaturas promedio de los tratamientos con cal viva, fueron menores que los tratamientos con agua caliente, esto provocó que sus porcentajes de germinación fueran mayores. No se obtuvo mayores porcentajes de germinación, debido probablemente a lo extenso del tiempo de inmersión (45 y 90 minutos).

Solamente un cambio brusco de temperatura (agua a 70 grados centígrados seguido de hielo) aumentó el porcentaje de germinación en base al testigo y en base a sólo el tratamiento con agua caliente, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa (con

CUADRO 3

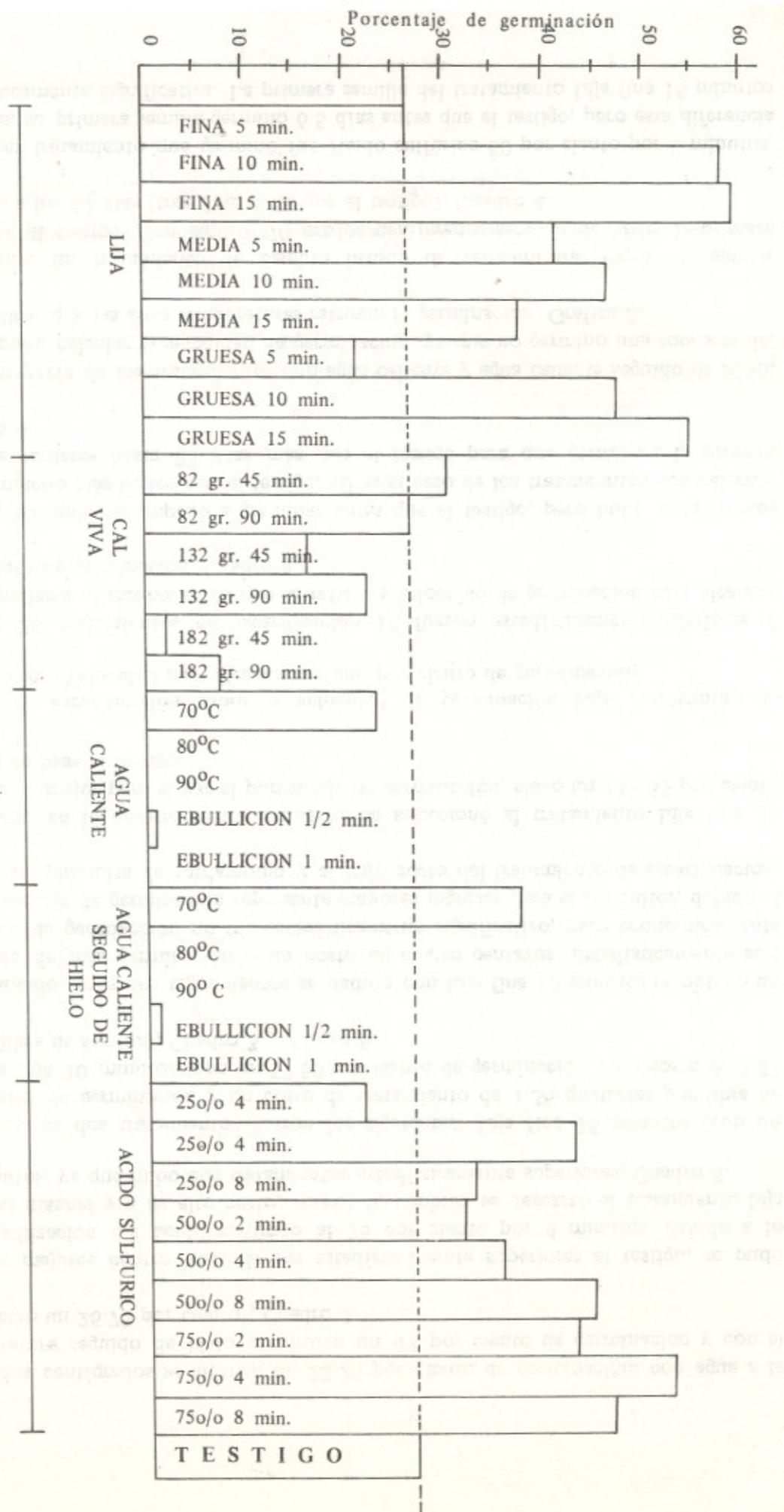
EFFECTO DE ESCARIFICACION SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION EN SEMILLAS DE CARDAMOMO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

TRATAMIENTOS	MEDIA									
LIJA FINA 15 MINS.	58.75	a								
Lija Fina 10 Mins.	57.50	a								
Lija Gruesa 15 Mins.	54.25	a	b							
Acido 75o/o 4 Min.	53.00	a	b							
Lija Gruesa 10 Mins.	47.25	a	b	c						
Agua 70°C. Hielo	47.00	a	b	c						
Lija Media 10 Mins.	46.00	a	b	c						
Acido 50o/o 8 Mins.	44.25	a	b	c	d					
Acido 75o/o 8 Mins.	43.75	a	b	c	d					
Acido 25o/o 4 Mins.	41.75	a	b	c	d					
Acido 75o/o 2 Mins.	41.50	a	b	c	d					
Lija Media 5 Mins.	40.50	a	b	c	d	e				
Lija Media 15 Mins.	37.50	a	b	c	d	e	f			
Acido 50o/o 4 Mins.	35.25	a	b	c	d	e	f	g		
Acido 25o/o 8 Mins.	32.25		b	c	d	e	f	g		
Acido 50o/o 2 Mins.	31.25			c	d	e	f	g		
Cal 82 Grs. 45 Mins.	30.25			c	d	e	f	g		
Cal 82 Grs. 90 Mins.	27.25			c	d	e	f	g		
Testigo	26.75			c	d	e	f	g		
Lija Fina 5 Mins.	26.75			c	d	e	f	g		
Agua 70°C.	23.25				d	e	f	g		
Cal 132 Grs. 90 Mins.	22.25					e	f	g		
Acido 25o/o 2 Mins.	21.25						f	g		
Lija Gruesa 5 Mins.	20.50						f	g	h	
Cal 132 Grs. 45 Mins.	16.25							g	h	i
Cal 182 Grs. 90 Mins.	6.50								h	i
Cal 182 Grs. 45 Mins.	1.50									i
Agua Pto. Ebu. Hielo 1/2 Min.	0.75									i
Agua Pto. Ebu. 1/2 Min.	0.25									i
Agua 80°C.	0.00									j
Agua 90°C.	0.00									j
Agua Pto. Ebu. 1 Min.	0.00									j
Agua 80°C. Hielo	0.00									j
Agua 90°C. Hielo	0.00									j
Agua Pto. Ebu. Hielo 1 Min.	0.00									j

(Prueba Múltiple de Duncan, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

GRAFICA 1. Efecto de escarificación sobre el porcentaje de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio.



agua a 70 grados centígrados se alcanzó un 23.25 por ciento de germinación, con agua a la misma temperatura seguido de hielo se obtuvo un 47 por ciento de germinación y con el testigo se alcanzó un 26.75 por ciento), Cuadro 3.

De los mejores cuatro tratamientos estadísticamente superiores al testigo, se pudo descartar la utilización del ácido sulfúrico al 75 por ciento por 4 minutos, debido a lo peligroso de su manejo y a su alto costo, Anexo 5, también se descartó el tratamiento Lija gruesa 15 minutos, ya que hubo dos tratamientos estadísticamente superiores, Cuadro 3.

Los mejores dos tratamientos fueron los siguientes: Lija fina 15 minutos (con un 58.75 por ciento de germinación y un costo de tratamiento de 1.36 quetzales por libra de semilla) y Lija fina 10 minutos (con un 57.50 por ciento de germinación y un costo de 1.32 quetzales por libra de semilla), Cuadro 3 y Anexo 5.

Comparando estos dos tratamientos se dedujo: con Lija fina 15 minutos se obtuvo un 1.25 por ciento de más germinación a un costo de cuatro centavos. Estadísticamente este 1.25 por ciento de germinación no fue estadísticamente significativo, pero económicamente ese mayor porcentaje de germinación representa mayores ingresos para el agricultor, debido al alto precio de las plántulas de cardamomo y al bajo costo del tratamiento de escarificación.

Basándose en lo anteriormente expuesto, se seleccionó al tratamiento Lija fina 15 minutos, como el mejor para elevar el porcentaje de germinación, elevó un 119.63 por ciento la germinación en base al testigo.

B) Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un uno por ciento de germinación).

De los 35 tratamientos de escarificación 12 fueron estadísticamente inferiores al testigo y 22 similares al mismo en lo que se refiere a velocidad de germinación para alcanzar un uno por ciento de germinación, Cuadro 4.

Ningún tratamiento empezó a germinar antes que el testigo, pero hubo tratamientos que sí fueron mucho más lentos que el testigo, tal es el caso de los tratamientos con cal viva, que llegaron a tardarse hasta 23 días más que el testigo para que germinara la primera semilla, Cuadro 4.

En la mayoría de los tratamientos con agua caliente y agua caliente seguido de hielo, ni siquiera se pudo calcular la velocidad de germinación, ya que no germinó una sola semilla. Esto parece indicar que las altas temperaturas retrasan la germinación, Gráfica 2.

Solamente un tratamiento de cambio brusco de temperatura, logró ser similar estadísticamente al testigo. Con agua a 70 grados centígrados seguido de hielo, la primera semilla germinó a los 40 días (tres días antes que el testigo), Cuadro 4.

El primer tratamiento que germinó fue Acido sulfúrico 50 por ciento por 8 minutos, tardó 36.5 días; su primera semilla germinó 6.5 días antes que el testigo, pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa. La primera semilla del tratamiento Lija fina 15 minutos

CUADRO 4

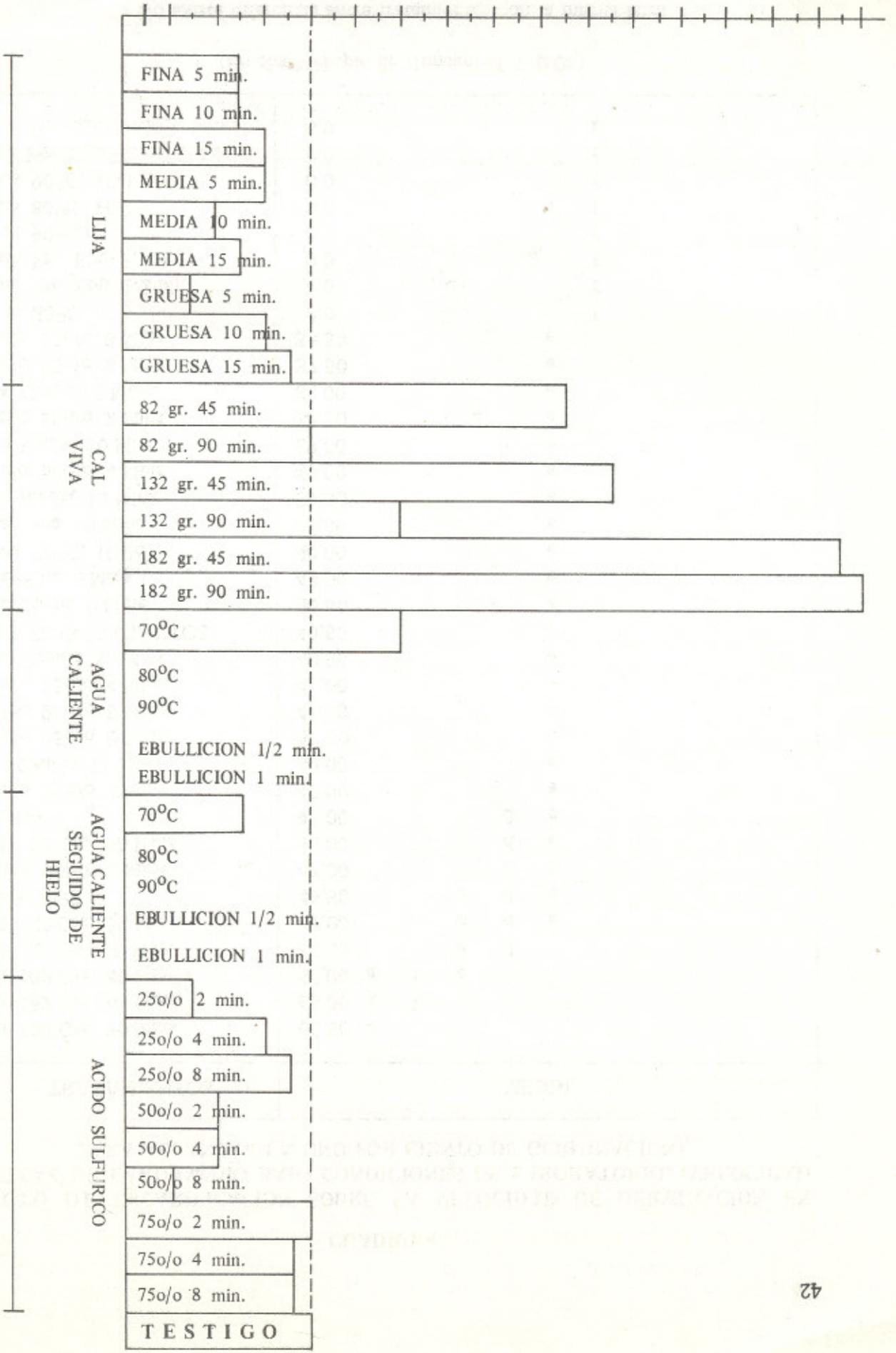
EFFECTO DE ESCARIFICACION SOBRE LA VELOCIDAD DE GERMINACION EN SEMILLAS DE CARDAMOMO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO. (VELOCIDAD PARA ALCANZAR UN UNO POR CIENTO DE GERMINACION).

TRATAMIENTOS	MEDIA				
Cal 182 Grs. 90 Mins.	66.50	a			
Cal 182 Grs. 45 Mins.	66.00	a	b		
Cal 132 Grs. 45 Mins.	56.00	a	b	c	
Cal 82 Grs. 45 Mins.	53.50			c	d
Cal 132 Grs. 90 Mins.	47.00			c	d e
Agua 70°C.	46.50			c	d e
Acido 75o/o 2 Mins.	43.00				d e
Cal 82 Grs. 90 Mins.	43.00				d e
Testigo	43.00			d	e
Acido 75o/o 4 Mins.	42.00				e
Lija Gruesa 15 Mins.	42.00				e
Acido 75o/o 8 Mins.	41.50				e
Acido 25o/o 8 Mins.	41.50				e
Acido 25o/o 4 Mins.	41.00				e
Lija Gruesa 10 Mins.	40.50				e
LIIJA FINA 15 MINUTOS	40.50				e
Lija Media 5 Mins.	40.50				e
Lija Fina 5 Mins.	40.00				e
Agua 70°C. Hielo	40.00				e
Lija Fina 10 Mins.	40.00				e
Lija Media 15 Mins.	39.50				e
Acido 50o/o 4 Mins.	39.00				e
Lija Media 10 Mins.	39.00				e
Acido 50o/o 2 Mins.	38.50				e
Lija Gruesa 5 Mins.	38.00				e
Acido 25o/o 2 Mins.	37.50				e
Acido 50o/o 8 Mins.	36.50				e
Agua 80°C.	0.0				f
Agua Pto. Ebu. 1/2 Min.	0.0				f
Agua Pto. Ebu. 1 Min.	0.0				f
Agua 90°C.	0.0				f
Agua 80°C. Hielo	0.0				f
Agua 90°C. Hielo	0.0				f
Agua Pto. Ebu Hielo 1/2 Min.	0.0				f
Agua Pto. Ebu. Hielo 1 Min.	0.0				f

(Prueba Múltiple de Duncan, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra

37 39 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67



GRAFICA 2. Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un uno por ciento de germinación).

tardó en germinar 40.5 días; su primera semilla germinó 2.5 días antes que el testigo y 0.5 días después del tratamiento Lija fina 10 minutos (diferencia estadísticamente no significativa), Cuadro 4.

Esta variable respuesta no es tan importante como otras, ya que en realidad lo que interesa es obtener un porcentaje de germinación alto, con una velocidad de germinación adecuada. No tiene mucha utilidad un tratamiento en el cual la primera semilla germina rápidamente, si las demás semillas no germinan con velocidad similar.

C) Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un diez por ciento de germinación).

De los 35 tratamientos de escarificación 16 fueron estadísticamente inferiores al testigo, 17 iguales y solamente uno (Lija fina 15 minutos) superior al mismo en lo que se refiere a velocidad de germinación. Este tratamiento tardó 49.50 días para germinar, necesitó 17.75 días menos que el testigo (67.25 días) para alcanzar un diez por ciento de germinación. El segundo mejor tratamiento fue Lija media 15 minutos, que tardó 4.25 días más que el tratamiento Lija fina 15 minutos, Cuadro 5.

Doce tratamientos no alcanzaron un diez por ciento de germinación por lo que no se pudo calcular su velocidad de germinación, Gráfica 3.

Todos los tratamientos con cal viva, agua caliente y agua caliente seguido de hielo, fueron inferiores al testigo, a excepción de cal 82 gramos por 90 minutos y agua 70 grados centígrados seguido de hielo, que fueron similares al testigo. Esto parece indicar que las altas temperaturas disminuyen la velocidad de germinación de las semillas, Cuadro 5.

Solamente un cambio brusco de temperatura, agua 70 grados centígrados seguido de hielo, mejoró la velocidad de germinación en 7.5 días, pero esta diferencia no fue estadísticamente significativa, Cuadro 5.

Se utilizó un porcentaje de germinación del diez por ciento, debido a que si se hubiera utilizado un porcentaje mayor, muchos tratamientos no hubieran presentado valores.

El mejor tratamiento de escarificación en lo que se refiere a porcentaje y velocidad de germinación fué Lija fina 15 minutos, aumentó en un 119.63 por ciento la germinación y la redujo en 17.75 días, Cuadro 3 y Cuadro 5.

D) Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas duras bajo condiciones de laboratorio.

De los 35 tratamientos de escarificación 11 fueron estadísticamente superiores al testigo, 13 iguales y 10 inferiores al mismo en lo que se refiere a semillas duras, Cuadro 6.

Los tratamientos que presentaron los más bajos porcentajes de germinación (agua caliente, agua caliente seguido de hielo y cal viva), presentaron los más altos valores de semillas duras. Esto parece indicar que las altas temperaturas disminuyen el porcentaje y la velocidad de germinación, pero aparentemente sin matar a las semillas, Cuadro 6 y Gráfica 4.

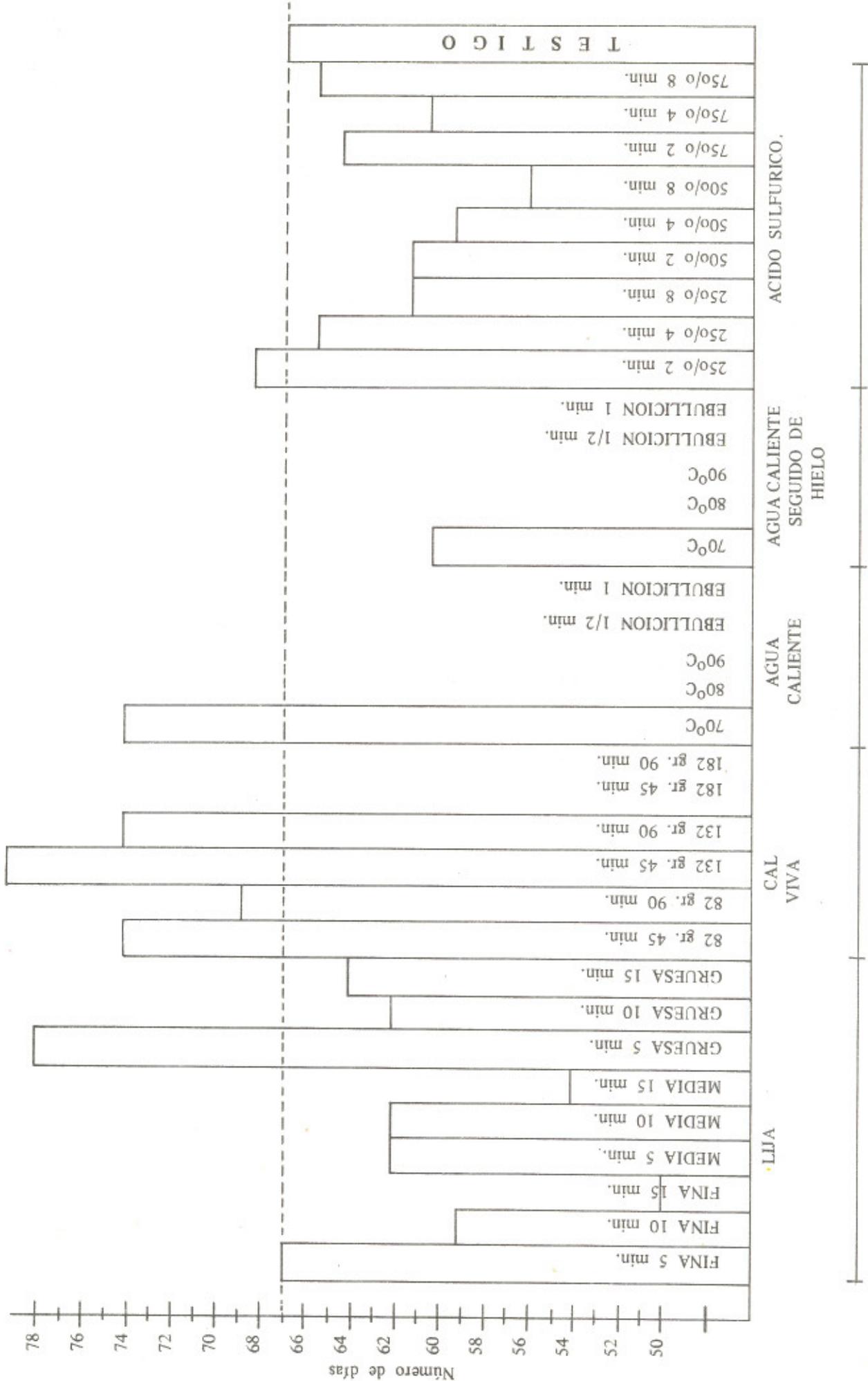
CUADRO 5

EFFECTO DE ESCARIFICACION SOBRE LA VELOCIDAD DE GERMINACION EN SEMILLAS DE CARDAMOMO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO. (VELOCIDAD PARA ALCANZAR UN DIEZ POR CIENTO DE GERMINACION)

TRATAMIENTOS	MEDIA				
Lija Gruesa 5 Mins.	77.50	a			
Agua 70°C.	74.00	a	b		
Cal 82 Grs. 45 Mins.	73.75	a	b		
Cal 132 Grs. 90 Mins.	73.75	a	b		
Testigo	67.25	a	b	c	
Lija Fina 5 Mins.	67.00	a	b	c	
Cal 82 Grs. 90 Mins.	66.25	a	b	c	
Acido 25o/o 4 Mins.	64.75	a	b	c	
Acido 75o/o 8 Mins.	64.75	a	b	c	d
Lija Gruesa 15 Mins.	63.75	a	b	c	d
Acido 75o/o 2 Mins.	63.50	a	b	c	d
Lija Media 5 Mins.	62.25	a	b	c	d
Lija Gruesa 10 Mins.	62.00	a	b	c	d
Lija Media 5 Mins.	61.50	a	b	c	d
Acido 50o/o 2 Mins.	61.25	a	b	c	d
Acido 25o/o 8 Mins.	60.50	a	b	c	d
Agua 70°C. Hielo	59.75		b	c	d
Acido 75o/o 4 Mins.	59.75		b	c	d
Acido 50o/o 4 Mins.	58.75		b	c	d
Lija Fina 10 Mins.	58.75		b	c	d
Acido 50o/o 8 Mins.	55.75			c	d
Lija Media 15 Mins.	53.75			c	d
LIJA FINA 15 MINUTOS	49.50				d
Cal 132 Grs. 45 Mins.	0.0				e
Cal 182 Grs. 45 Mins.	0.0				e
Cal 182 Grs. 90 Mins.	0.0				e
Agua 80°C.	0.0				e
Agua 90°C.	0.0				e
Agua Pto. Ebu. 1/2 Min.	0.0				e
Agua Pto. Ebu. 1 Min.	0.0				e
Agua 80°C. Hielo	0.0				e
Agua 90°C. Hielo	0.0				e
Agua Pto. Ebu. Hielo 1/2 Min.	0.0				e
Agua Pto. Ebu. Hielo 1 Min.	0.0				e
Acido 25o/o 2 Mins.	0.0				e

(Prueba Múltiple de Duncan. $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra



GRAFICA 3. Efecto de escarificación sobre la velocidad de germinación en semillas de cardamomo bajo condiciones de laboratorio. (Velocidad para alcanzar un diez por ciento de germinación).

CUADRO 6

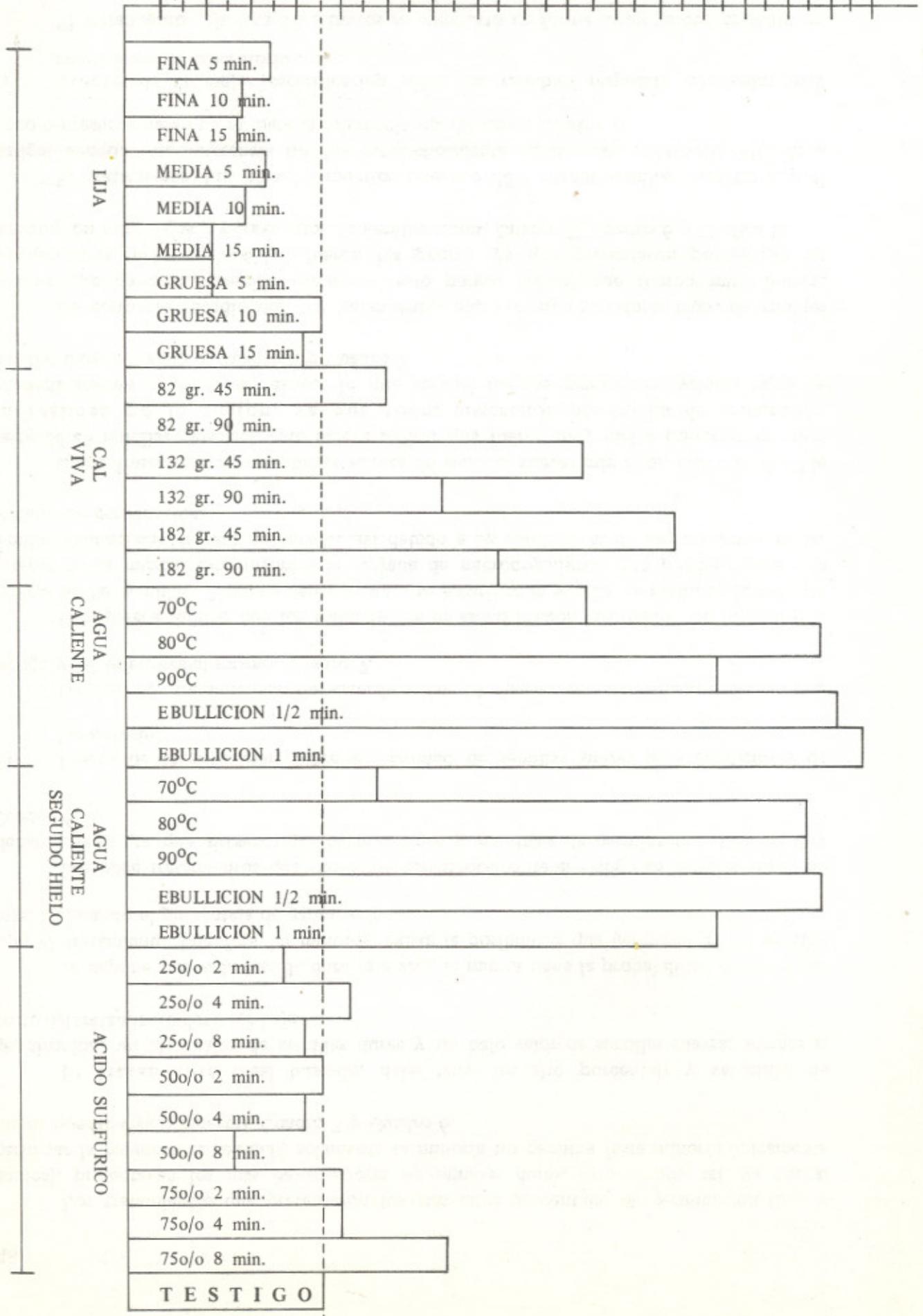
EFFECTO DE ESCARIFICACION SOBRE LA CANTIDAD DE SEMILLAS
DURAS EN CARDAMOMO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

TRATAMIENTOS	MEDIA									
Agua Pto. Ebu. 1 Min.	96.50	a								
Agua Pto. Ebu. 1/2 Min.	93.50	a	b							
Agua 80°C.	93.25	a	b							
Agua Pto. Ebu. Hielo 1/2 Min.	92.25	a	b							
Agua 80°C. Hielo	90.00	a	b							
Agua 90°C. Hielo	89.75	a	b							
Agua 90°C.	81.25	a	b							
Agua Pto. Ebu. Hielo 1 Min.	79.50	a	b	c						
Cal 182 Grs. 45 Mins.	77.00	a	b	c	d					
Cal 132 Grs. 45 Mins.	66.50		b	c	d	e				
Agua 70°C.	66.50		b	c	d	e				
Cal 182 Grs. 90 Mins.	57.75			c	d	e	f			
Acido 75o/o 8 Mins.	52.00				d	e	f	g		
Cal 132 Grs. 90 Mins.	51.25					e	f	g		
Cal 82 Grs. 45 Mins.	45.00					e	f	g	h	
Agua 70°C. Hielo	42.50						f	g	h	i
Acido 75o/o 4 Mins.	40.25						f	g	h	i
Acido 25o/o 4 Mins.	40.25						f	g	h	i
Acido 75o/o 2 Mins.	39.50						f	g	h	i
Lija Gruesa	38.25						f	g	h	i
Testigo	37.25						f	g	h	i
Acido 50o/o 2 Mins.	37.25						f	g		i
Lija Gruesa 15 Mins.	35.75						f	g	h	i
Acido 25o/o 8 Mins.	34.75						f	g	h	i
Acido 50o/o 4 Mins.	34.50						f	g	h	i
Lija Fina 5 Mins.	32.75							g	h	i
Acido 25o/o 2 Mins.	32.50							g	h	i
Lija Media 5 Mins.	32.00							g	h	i
Lija Fina 10 Mins.	29.75								h	i
LIJA FINA 15 MINUTOS	29.50								h	i
Lija Media 10 Mins.	29.50								h	i
Cal 82 Grs. 90 Mins.	27.75								h	i
Acido 50o/o 8 Mins.	27.50								h	i
Lija Gruesa 5 Mins.	26.25								h	i
Lija Media 15 Mins.	26.00									i

(Prueba Múltiple de Duncan $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

26 36 46 56 66 76 86 96



GRAFICA 4. Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas duras en cardamomo bajo condiciones de laboratorio.

Los tratamientos que presentaron los más altos porcentajes de germinación (lijas y ácidos), presentaron los más bajos valores de semillas duras, esto sucede así, ya que al germinar la mayoría de semillas, solamente la minoría no germina (esta minoría únicamente puede quedar viva o muerta), Cuadro 3 y Cuadro 6.

El tratamiento ideal buscado, debe tener un alto porcentaje y velocidad de germinación, un alto valor de semillas duras y un bajo valor de semillas suaves, además el costo del tratamiento debe ser bajo.

Se supone que si la semilla dura está viva, la misma tiene la probabilidad de germinar. Con el tratamiento Lija fina 15 minutos, existe la posibilidad que germinen 29.50 semillas más, mejorando el porcentaje de germinación.

Los once tratamientos que superaron estadísticamente al testigo en semillas duras, no tienen interés ya que presentaron los más bajos porcentajes de germinación, Cuadro 3 y Cuadro 6.

E) Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas suaves bajo condiciones de laboratorio.

De los 35 tratamientos de escarificación 14 fueron estadísticamente similares al testigo y 20 inferiores al mismo, Cuadro 7.

Esto parece indicar que los tratamientos de escarificación efectuados, no favorecen la muerte de las semillas. Supuestamente cuando se escarifica la semilla, se modifica la cubierta externa de la misma, esto favorece la entrada de microorganismos que pueden matar a la semilla. Probablemente esto no sucedió así debido a las condiciones de asepsia dentro de las cámaras de germinación.

Cinco tratamientos presentaron valores de semillas suaves más altos que el testigo (de hasta 53.25 semillas muertas), esto parece indicar que fueron muy malos tratamientos, pero en realidad no lo fueron, ya que todos presentaron porcentajes de germinación estadísticamente similares al testigo; lo que sucedió fué que presentaron valores bajos de semillas duras, Cuadro 3, Cuadro 6 y Cuadro 7.

Lo contrario sucedió con los tratamientos que presentaron valores bajos de semillas suaves (de hasta 3.5 semillas muertas), esto parece indicar que fueron muy buenos tratamientos, pero en realidad fueron los peores, ya que presentaron porcentajes de germinación muy bajos y valores altos de semillas duras, Cuadro 3, Cuadro 6 y Gráfica 5.

El tratamiento Lija fina 15 minutos presentó 25.7 menos semillas muertas que el testigo, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa (solamente hizo falta cinco centésimas para que se diera la diferencia significativa), Cuadro 7.

F) Efecto de la mejor escarificación sobre las variables respuesta estudiadas bajo condiciones de laboratorio.

El tratamiento Lija fina 15 minutos se comportó en forma ideal; ya que presentó un

alto porcentaje de germinación (58.75 por ciento), una alta velocidad de germinación (49.50 días), un alto valor de semillas duras (29.50 semillas con probabilidad de germinar), un bajo valor de semillas suaves (10.30 semillas muertas) y además el costo del tratamiento fué bajo (1.36 quetzales para tratar una libra de semilla, Anexo 5). Por lo anteriormente expuesto se consideró como el mejor tratamiento en semillas de cardamomo con tres meses de almacenamiento, bajo condiciones de laboratorio al tratamiento LIJA FINA 15 MINUTOS, Gráfica 6.

G) Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, sobre el porcentaje de germinación bajo condiciones de campo.

De los 42 tratamientos efectuados a nivel de campo, 10 fueron estadísticamente inferiores al testigo absoluto y 31 similares al mismo en lo que se refiere a porcentaje de germinación, Cuadro 8.

El tratamiento con mayor porcentaje de germinación fue el siguiente: con escarificación Thiourea 7500 PPM por 12 horas. Presentó un 37.50 por ciento de germinación, o sea 5.5 por ciento de más germinación que el testigo absoluto (testigo sin escarificación, 32 por ciento de germinación), Cuadro 8.

Al aplicar agua a la semilla por 24 horas, no se aumentó estadísticamente el porcentaje de germinación. Si no se escarifica la semilla y luego se aplica agua por 24 horas, se obtiene un 35.25 por ciento de germinación (3.25 por ciento de más germinación que el testigo absoluto). Si se escarifica la semilla y luego se aplica agua por 24 horas, se obtiene un 29 por ciento de germinación (3 por ciento de menos germinación que el testigo absoluto). Esto parece indicar que la semilla no se debe escarificar si se va aplicar agua por 24 horas, Cuadro 8.

Ya sea que se escarifique o nó la semilla y se aplique agua por 48 horas, el porcentaje de germinación se reduce estadísticamente, comparado con el testigo absoluto la germinación se reduce en un 13.5 por ciento, Cuadro 8.

El testigo con escarificación presentó 34.25 por ciento de germinación, el testigo absoluto 32 por ciento; con la escarificación solamente hubo un aumento de 2.25 por ciento en la germinación, Cuadro 8.

De los 10 tratamientos inferiores estadísticamente al testigo absoluto, seis utilizaron thiourea en concentraciones altas y medias, esto indica que la thiourea no se debe utilizar en esas concentraciones porque disminuye el porcentaje de germinación, Cuadro 8.

De lo anteriormente expuesto se deduce que con semilla fresca de cardamomo (con un mes de almacenamiento) lo mejor que se puede hacer para aumentar el porcentaje de germinación es aplicar agua por 24 horas sin escarificación previa de la semilla. Ya que éste es un tratamiento prácticamente sin costo y además se obtiene un 3.25 por ciento de más germinación.

CUADRO 7

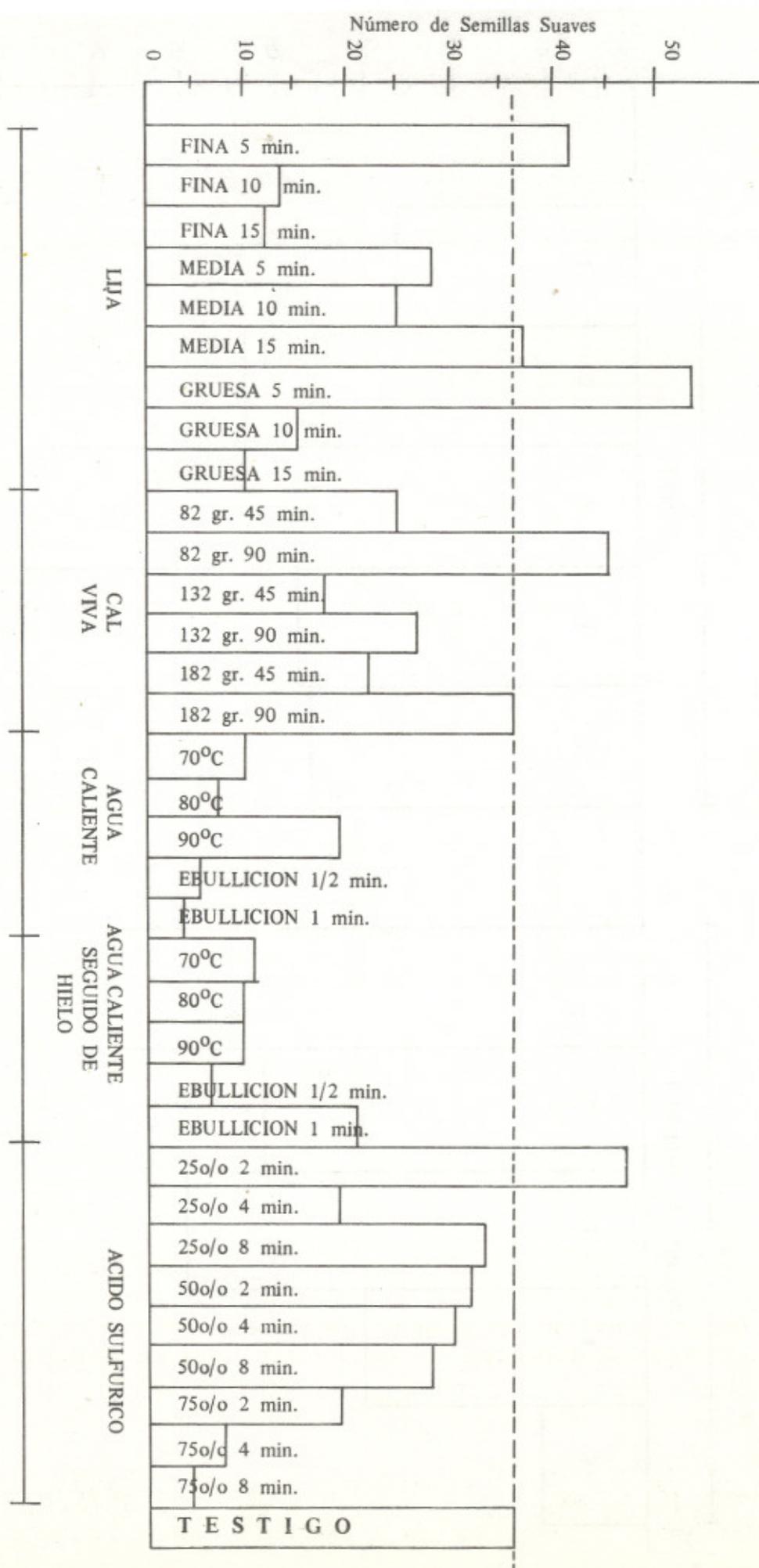
EFFECTO DE ESCARIFICACION SOBRE LA CANTIDAD DE SEMILLAS
SUAVES EN CARDAMOMO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

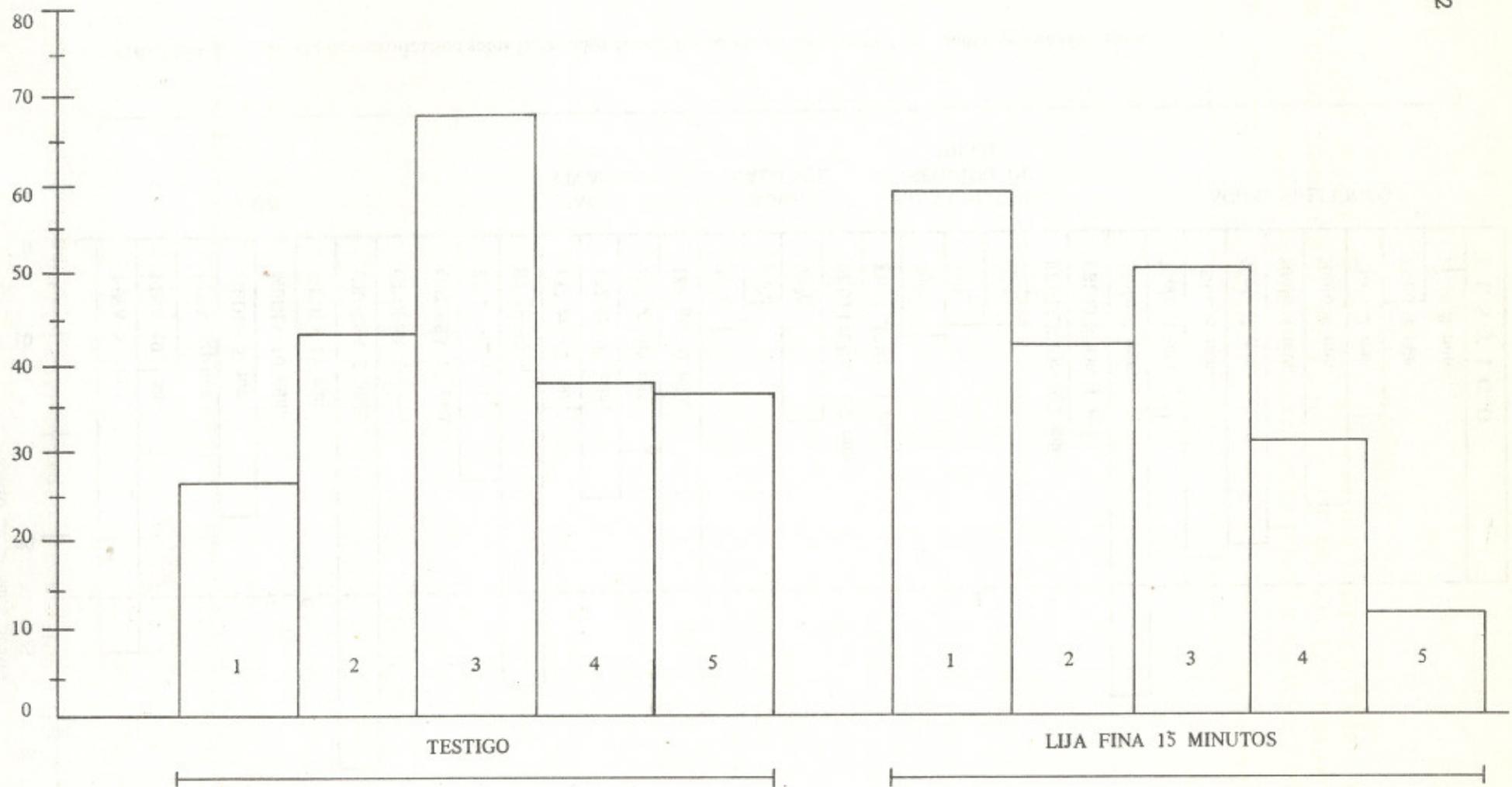
TRATAMIENTOS	MEDIA												
Lija Gruesa 5 Mins.	53.25	a											
Cal 82 Grs. 90 Mins.	45.50	a	b										
Acido 25o/o 2 Mins.	45.00	a	b	c									
Lija Fina 5 Mins.	40.50	a	b	c	d								
Lija Media 15 Mins.	36.50	a	b	c	d	e							
Testigo	36.00	a	b	c	d	e	f						
Acido 25o/o 8 Mins.	35.75	a	b	c	d	e	f	g					
Cal 182 Grs. 90 Mins.	33.00	a	b	c	d	e	f	g	h				
Acido 50o/o 2 Mins.	31.50	a	b	c	d	e	f	g	h				
Acido 50o/o 4 Mins.	30.25	a	b	c	d	e	f	g	h				
Acido 50o/o 8 Mins.	28.25	a	b	c	d	e	f	g	h				
Lija Media 5 Mins.	27.50	a	b	c	d	e	f	g	h				
Cal 132 Grs. 90 Mins.	26.50	a	b	c	d	e	f	g	h	i			
Cal 82 Grs. 45 Mins.	24.75	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j		
Lija Media 10 Mins.	24.50	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j		
Cal 182 Grs. 45 Mins.	21.50		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
Agua 90°C.	18.75		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Acido 25o/o 4 Mins.	18.00		b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Acido 75o/o 2 Mins.	16.89			c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Cal 132 Grs. 45 Mins.	16.72			c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Agua Pto. Ebu. Hielo 1 Min.	15.21				d	e	f	g	h	i	j	k	l
Lija Gruesa 10 Mins.	14.50				d	e	f	g	h	i	j	k	l
Lija Fina 10 Mins.	12.75					e	f	g	h	i	j	k	l
Agua 70°C. Hielo	10.50						f	g	h	i	j	k	l
LIJA FINA 15 MINUTOS	10.30						f	g	h	i	j	k	l
Agua 70°C.	10.25							g	h	i	j	k	l
Agua 90°C. Hielo	10.25							g	h	i	j	k	l
Lija Gruesa 15 Mins.	10.00							g	h	i	j	k	l
Agua 80°C. Hielo	10.00								h	i	j	k	l
Agua 80°C.	6.75									i	j	k	l
Acido 75o/o 4 Mins.	6.55									i	j	k	l
Agua Pto. Ebu. Hielo 1/2 Min.	5.95										j	k	l
Agua Pto. Ebu. 1/2 Min.	5.81										j	k	l
Acido 75o/o 8 Mins.	4.25											k	l
Agua Pto. Ebu. 1 Min.	3.50												l

(Prueba Múltiple de Duncan, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

GRAFICA 5. Efecto de escarificación sobre la cantidad de semillas suaves en cardamomo bajo condiciones de laboratorio.





GRAFICA 6. Efecto de la mejor escarificación sobre el porcentaje de germinación (1), la velocidad de germinación para uno por ciento de germinación (2), la velocidad de germinación para diez por ciento de germinación (3), la cantidad de semillas duras (4) y cantidad de semillas suaves (5) en cardamomo bajo condiciones de laboratorio.

CUADRO 8

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION BAJO CONDICIONES DE CAMPO.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	
Con. Thiourea 7500 PPM/ 12 Hr.	37,50	a
Con. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	37,00	a
Con. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	36,00	a b
Con. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	35,50	a b
Sin. Agua/24 Hr.	35,25	a b
Con. Testigo	34,25	a b c
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	34,25	a b c
Con. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	34,00	a b c d
Sin. Testigo	32,00	a b c d e
Sin. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	31,00	a b c d e
Sin. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	30,50	a b c d e
Con. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	29,50	a b c d e f
Con. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	29,25	a b c d e f
Con. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	29,25	a b c d e f
Con. Agua/24 Hr.	29,00	a b c d e f g
Sin. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	28,75	a b c d e f g
Con. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	28,25	a b c d e f g h
Con. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	27,25	a b c d e f g h
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	27,00	a b c d e f g h
Con. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	27,00	a b c d e f g h
Sin. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	25,75	a b c d e f g h i
Sin. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	25,75	a b c d e f g h i
Sin. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	25,00	a b c d e f g h i
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	24,75	a b c d e f g h i
Sin. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	24,75	b c d e f g h i j
Con. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	24,25	c d e f g h i j
Con. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	23,00	c d e f g h i j k
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	22,75	d e f g h i j k l
Con. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	22,00	e f g h i j k l
Con. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	21,50	e f g h i j k l
Sin. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	21,25	e f g h i j k l m
Sin. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	21,00	e f g h i j k l m
Con. Agua /48 Hr.	19,00	f g h i j k l m
Con. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	19,00	f g h i j k l m
Sin. Agua/48 Hr.	18,50	g h i j k l m
Sin. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	17,75	h i j k l m
Sin. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	16,25	i j k l m
Sin. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	14,75	j k l m
Con. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	14,50	k l m
Sin. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	13,50	l m
Con. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	12,25	m
Sin. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	5,25	n

(Prueba Múltiple de Duncan, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

- H) Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, sobre el porcentaje de germinación bajo condiciones de campo. Para los factores e interacciones estadísticamente significativos.

Los resultados de los Cuadros 9 y 10 no toman en cuenta a los seis testigos de la segunda fase, ya que los mismos rompen el arreglo factorial; debido a esto se eliminaron para analizar los valores factorialmente.

Debido a que ningún tratamiento superó al testigo absoluto estadísticamente en porcentaje de germinación, no se profundizó mucho en los factores e interacciones estadísticamente significativos.

La escarificación es estadísticamente necesaria para que los productos aplicados aumenten el porcentaje de germinación, aunque este aumento no sea significativamente mayor que el testigo absoluto, Cuadro 9.

El estimulador que más aumentó el porcentaje de germinación fué el nitrato de potasio, en segundo lugar el ácido giberélico y en último lugar la thiourea, Cuadro 9 y Cuadro 10.

Para los tres productos utilizados la concentración baja y el tiempo de inmersión corto, fueron los que dieron mejores resultados, Cuadro 9 y Cuadro 10.

Los resultados obtenidos no concuerdan con lo citado en la literatura, ya que supuestamente el ácido giberélico es el producto más efectivo para aumentar el porcentaje de germinación, los otros dos productos tienen una acción similar al ácido giberélico pero no son tan efectivos. La razón de probar el nitrato de potasio y la thiourea fué el bajo precio de los productos y no tanto la eficacia de los mismos. Estos resultados se pudieron deber probablemente a que se trabajó con ácido giberélico en forma comercial, Pro-Gibb al 10 por ciento.

- I) Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, sobre la velocidad de germinación bajo condiciones de campo.

De los 42 tratamientos aplicados a nivel de campo, 18 fueron estadísticamente superiores al testigo absoluto y 23 similares al mismo, Cuadro 11.

Ningún tratamiento mejoró la velocidad de germinación en comparación al testigo absoluto. El tratamiento con mayor velocidad de germinación fué con escarificación thiourea 7500 PPM por 12 horas (31 días), redujo en cinco días la germinación en comparación con el testigo absoluto (36 días), aunque la diferencia no fué estadísticamente significativa, Cuadro 11.

Entre los tratamientos más velóces se encuentra con más frecuencia al nitrato de potasio y entre los más lentos a la thiourea (con excepción del anteriormente mencionado), Cuadro 11.

Si se aplica agua por 24 horas sin escarificación (33 días), la velocidad de germinación se aumenta, ya que se necesitan tres días menos para la germinación que el testigo absoluto (36 días). Si se escarifica la semilla y luego se aplica agua por 24 horas (39 días), la velocidad

CUADRO 9

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION BAJO CONDICIONES DE CAMPO. PARA LOS FACTORES ESCARIFICACION, PRODUCTOS, CONCENTRACION Y TIEMPO DE INMERSION

Factor ESCARIFICACION

Niveles	Media
Con escarificación	26, 11 a
Sin escarificación	22, 18 b

Factor PRODUCTOS

Niveles	Media
Nitrato de Potasio	28, 94 a
Acido Giberélico	24, 80 b
Thiourea	19, 18 c

Factor CONCENTRACION

Niveles	Media
Baja	27, 35 a
Media	24, 21 a b
Alta	20, 98 b

Factor TIEMPO DE INMERSION

Niveles	Media
Corto	27, 67 a
Largo	20, 79 b

(Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

CUADRO 10

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION BAJO CONDICIONES DE CAMPO. PARA LA DOBLE INTERACCION PRODUCTOS-CONCENTRACION Y LA TRIPLE INTERACCION PRODUCTOS-CONCENTRACION-TIEMPO DE INMERSION.

Interacción PRODUCTOS-CONCENTRACIONES

Tratamientos	Medias
Nitrato de Potasio 20000 PPM	5,56 a
Thiourea 7500 PPM	5,50 a
Nitrato de Potasio 4000 PPM	5,31 a
Nitrato de Potasio 500 PPM	5,25 a
Acido Giberélico 1000 PPM	5,18 a b
Acido Giberélico 10 PPM	4,94 a b
Acido Giberélico 100 PPM	4,81 a b
Thiourea 15000 PPM	4,34 b
Thiourea 30000 PPM	3,25 c

Interacción PRODUCTOS-CONCENTRACIONES-TIEMPOS

Tratamientos	Medias
KNO_3 2000 PPM/24 Hr.	36,00 a
KNO_3 500 PPM/24 Hr.	34,57 a b
Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	33,06 a b
GA_3 10 PPM/24 Hr.	30,25 a b c
GA_3 100 PPM/24 Hr.	30,25 a b c d
KNO_3 4000 PPM/24 Hr.	28,94 a b c d
KNO_3 4000 PPM/48 Hr.	27,56 a b c d
GA_3 1000 PPM/24 Hr.	27,56 a b c d
GA_3 1000 PPM/48 Hr.	26,32 a b c d
KNO_3 2000 PPM/48 Hr.	26,32 a b c d
KNO_3 500 PPM/48 Hr.	21,44 b c d
GA_3 10 PPM/48 Hr.	19,18 c d
GA_3 100 PPM/48 Hr.	17,06 d

(Prueba de Tukey $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

CUADRO 11

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE LA VELOCIDAD DE GERMINACION BAJO CONDICIONES DE CAMPO. (VELOCIDAD PARA ALCANZAR UN DIEZ Y SEIS POR CIENTO DE GERMINACION)

TRATAMIENTOS	MEDIAS
Sin. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	67 a
Con. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	65 a b
Con. Agua/48 Hr.	59 a b c
Con. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	56 a b c d
Sin. Agua/48 Hr.	54 a b c d e
Sin. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	53 a b c d e
Con. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	53 a b c d e f
Con. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	53 a b c d e f
Sin. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	53 a b c d e f
Sin. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	51 a b c d e f g
Con. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	50 b c d e f g h
Sin. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	49 b c d e f g h i
Sin. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	49 b c d e f g h i
Sin. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	48 c d e f g h i j
Con. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	46 c d e f g h i j k
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	46 c d e f g h i j k l
Sin. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	46 c d e f g h i j k l
Sin. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	45 c d e f g h i j k l m
Sin. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	44 c d e f g h i j k l m n
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	42 d e f g h i j k l m n
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	42 d e f g h i j k l m n
Con. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	41 d e f g h i j k l m n
Con. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	40 d e f g h i j k l m n
Sin. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	39 e f g h i j k l m n
Con. Agua/24 Hr.	39 e f g h i j k l m n
Con. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	39 e f g h i j k l m n
Con. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	38 e f g h i j k l m n
Con. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	38 e f g h i j k l m n
Sin. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	38 e f g h i j k l m n
Con. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	37 f g h i j k l m n
Sin. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	37 g h i j k l m n
Sin. Testigo	36 h i j k l m n
Con. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	36 h i j k l m n
Con. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	35 i j k l m n
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	34 j k l m n
Con. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	34 j k l m n
Con. Testigo	34 j k l m n
Sin. Agua/24 Hr.	33 k l m n
Con. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	32 l m n
Con. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	32 m n
Con. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	31 n
Sin. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	0

(Prueba Múltiple de Duncan $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

de germinación se reduce, ya que se necesitan tres días más para la germinación. Esto indica que no se debe escarificar la semilla si se va aplicar agua por 24 horas, Cuadro 11.

Ya sea que se realice o no la escarificación y se aplique agua por 48 horas, la velocidad de germinación se reduce estadísticamente, ya que se llegan a necesitar en promedio 23 días más para la germinación, Cuadro 11.

Si se compara el testigo escarificado (34 días) con el testigo absoluto (36 días), la escarificación aumenta la velocidad de germinación, pero solamente existe una diferencia de dos días, Cuadro 11.

Para el caso de la velocidad de germinación lo más adecuado es no escarificar la semilla y aplicar agua por 24 horas.

J) Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, sobre la velocidad de germinación. Para el factor y las interacciones estadísticamente significativas.

Debido a que en el arreglo factorial no se incluyeron a los testigos, solamente se mencionará que el nitrato de potasio fue el producto que mejoró más la velocidad de germinación.

La thiourea y el ácido giberélico fueron los que mejoraron más la velocidad de germinación según el Cuadro 12, pero los datos de la prueba de Tukey para esta variable no son muy confiables. Debido a que algunos tratamientos, no presentaron todas sus cuatro réplicas y al aplicarles el análisis de varianza, se supuso que todos los tratamientos constaban de cuatro repeticiones; esto ocasionó que los valores presentados fueran más pequeños que los valores reales.

Estos valores no tienen mucho interés, ya que la prueba de Duncan (que sí tomó en cuenta las repeticiones de cada uno de los tratamientos), demostró que ningún tratamiento mejoró estadísticamente la velocidad de germinación en comparación con el testigo absoluto, Cuadro 11.

K) Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, sobre la altura de las plántulas y la longitud de la raíz bajo condiciones de campo.

El análisis de varianza para las variables respuesta altura de plántulas y longitud de raíz, no fue significativo, esto significa que no existe diferencia entre todos los tratamientos para las dos variables, Cuadro 13 y Anexo 2.

La altura de las plántulas se midió del cuello de la raíz hasta el principio de la última bifurcación de las hojas. Los valores de la longitud de raíz no son muy confiables, debido a que en el momento del arranque de las plántulas, muchas perdieron gran parte de su raíz.

L) Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, sobre el peso seco de las plántulas bajo condiciones de campo.

De los 42 tratamientos aplicados a nivel de campo, 20 fueron estadísticamente superiores al testigo absoluto y 21 similares al mismo, en lo que se refiere a peso seco de las plántulas, Cuadro 14.

CUADRO 12

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE LA VELOCIDAD DE GERMINACION BAJO CONDICIONES DE CAMPO. PARA EL FACTOR PRODUCTOS Y LAS DOBLES INTERACCIONES PRODUCTOS-CONCENTRACION Y PRODUCTOS-TIEMPO DE INMERSION.

Factor PRODUCTOS

Niveles	Medias
Nitrato de Potasio	38,06 a
Acido Giberélico	30,36 a b
Thiourea	21,75 b

Interacción PRODUCTOS-Concentraciones

Tratamientos	Medias
Nitrato de Potasio 500 PPM	42,96 a
Nitrato de Potasio 2000 PPM	36,58 a
Acido Giberélico 1000 PPM	36,58 a
Nitrato de Potasio 4000 PPM	35,00 a
Thiourea 7500 PPM	32,76 a
Acido Giberélico 100 PPM	29,91 a
Thiourea 15000 PPM	29,25 a
Acido Giberélico 10 PPM	25,32 a b
Thiourea 30000 PPM PMM	8,00 b

Interacción PRODUCTOS-Tiempos

Tratamientos	Medias
Nitrato de Potasio 48 Hr.	44,02 a
Acido Giberélico 24 Hr.	39,70 a b
Nitrato de Potasio 24 Hr.	32,52 a b c
Thiourea 12 Hr.	25,32 a b c
Acido Giberélico 48 Hr.	22,33 b c
Thiourea 24 Hr.	18,54 c

(Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

CUADRO 13

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE LA ALTURA DE LAS PLANTULAS Y LA LONGITUD DE LA RAIZ, BAJO CONDICIONES DE CAMPO.

TRATAMIENTOS	Altura (cm.)	Longitud (cm.)
Con. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	2,70	1,80
Con. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	2,50	1,40
Con. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	2,80	1,40
Con. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	2,20	1,50
Con. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	2,60	1,60
Con. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	2,70	1,50
Con. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	2,50	2,00
Con. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	2,70	1,20
Con. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	2,90	1,30
Con. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	2,70	1,10
Con. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	2,60	1,50
Con. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	2,30	1,30
Con. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	2,50	1,10
Con. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	2,70	1,30
Con. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	2,50	1,20
Con. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	2,60	1,00
Con. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	2,30	1,50
Con. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	2,10	1,50
Con. Agua / 24 Hr.	2,40	1,50
Con. Agua / 48 Hr.	2,70	1,40
Con. Testigo	2,60	1,50
Sin. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	2,60	1,40
Sin. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	2,60	1,30
Sin. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	2,10	1,10
Sin. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	2,40	1,10
Sin. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	2,40	1,30
Sin. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	2,60	1,40
Sin. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	2,50	1,20
Sin. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	2,40	1,30
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	2,60	1,20
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	2,60	1,20
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	2,50	1,20
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	2,50	1,00
Sin. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	2,50	1,10
Sin. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	2,30	1,30
Sin. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	2,60	1,00
Sin. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	2,20	1,40
Sin. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	2,10	1,50
Sin. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	2,10	0,80
Sin. Agua / 24 Hr.	2,80	1,80
Sin. Agua / 48 Hr.	2,60	1,40
Sin. Testigo	2,20	1,40

No existe diferencia entre tratamientos

CUADRO 14

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE EL PESO SECO DE LAS PLANTULAS BAJO CONDICIONES DE CAMPO.
(EN GRAMOS)

TRATAMIENTOS	MEDIAS
Con. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	0,03 a
Con. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	0,03 a
Con. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	0,03 a
Con. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	0,03 a
Con. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	0,03 a
Con. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	0,03 a
Con. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	0,03 a
Con. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	0,03 a
Con. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	0,03 a
Con. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	0,03 a
Con. Agua / 24 Hr.	0,03 a
Con. Agua / 48 Hr.	0,03 a
Con. Testigo	0,03 a
Sin. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	0,03 a
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	0,03 a
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	0,03 a
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	0,03 a
Sin. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	0,03 a
Sin. Agua / 24 Hr.	0,03 a
Sin. Agua / 48 Hr.	0,03 a
Con. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	0,02 b
Con. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	0,02 b
Con. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	0,02 b
Con. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	0,02 b
Con. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	0,02 b
Con. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	0,02 b
Con. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	0,02 b
Con. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	0,02 b
Sin. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	0,02 b
Sin. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	0,02 b
Sin. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	0,02 b
Sin. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	0,02 b
Sin. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	0,02 b
Sin. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	0,02 b
Sin. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	0,02 b
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	0,02 b
Sin. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	0,02 b
Sin. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	0,02 b
Sin. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	0,02 b
Sin. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	0,02 b
Sin. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	0,02 b
Sin. Testigo	0,02 b

(Prueba Múltiple de Duncan, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra

Esto parece contradecir a lo expuesto en el Cuadro 13, pero lo que sucedió fué que al medir la altura de las plántulas, una parte de las mismas no se midió (de la última bifurcación de hojas para arriba) y además el peso seco toma en cuenta otros aspectos de la plántula (dimensiones de las hojas, grosor del tallo y en general el vigor de las plántulas).

La diferencia en peso seco fue sólo de una centésima de gramo para todos los tratamientos, pero fué suficiente para marcar diferencias estadísticas, debido probablemente a la homogeneidad de resultados entre las réplicas, Cuadro 14.

Todos los tratamientos con agua, con y sin escarificación previa de la semilla, aumentaron el peso seco de las plántulas, Cuadro 14.

M) Efecto de tres estimuladores de la germinación, con y sin escarificación previa de la semilla, sobre el peso seco de las plántulas bajo condiciones de campo, Para los factores e interacciones estadísticamente significativas.

Los productos que más aumentaron el peso seco de las plántulas fueron el ácido giberélico y el nitrato de potasio, Cuadro 15.

Con la thiourea se obtuvo los valores más bajos con y sin escarificación previa de la semilla y a las concentraciones medias y bajas. Al utilizar ácido giberélico se obtuvo un mayor aumento en peso seco de las plántulas, con escarificación previa de la semilla. Con el nitrato de potasio no hubo diferencias con el factor escarificación en sus dos niveles, Cuadro 15.

El nitrato de potasio a 4000 PPM presentó el mayor aumento en peso seco de las plántulas, pero presentó valores bajos de porcentaje y velocidad de germinación, Cuadro 8, Cuadro 11 y Cuadro 16.

N) Efecto de la aplicación de agua por 24 horas sin escarificación previa de la semilla, sobre las variables respuesta estudiadas bajo condiciones de campo.

De los veinte tratamientos que superaron estadísticamente al testigo absoluto en peso seco de las plántulas, solamente dos superaron al tratamiento sin escarificación agua por 24 horas (no estadísticamente), en porcentaje y velocidad de germinación. El tratamiento sin escarificación agua por 24 horas presentó un 35.25 por ciento de germinación y una velocidad de germinación de 33 días, Cuadro 8 y Cuadro 11.

El tratamiento con escarificación nitrato de potasio 2000 PPM por 24 horas presentó un 35.50 por ciento de germinación, una velocidad de germinación de 32 días y un costo de tratamiento de 1.70 quetzales por libra de semilla. El tratamiento con escarificación thiourea 7500 PPM por 12 horas, presentó un 37.50 por ciento de germinación, una velocidad de germinación de 31 días y un costo de 2.88 quetzales por libra de semilla, Cuadro 8, Cuadro 11 y Anexo 6.

Con el nitrato de potasio solamente se obtiene una diferencia de 0.25 por ciento en la germinación y la misma se reduce un día, en comparación con el tratamiento sin escarificación agua por 24 horas. Estos resultados no ameritan la aplicación de éste tratamiento, Cuadro 8 y Cuadro 11.

En el caso de la thiourea el aumento en el porcentaje de germinación es de 2.25 por ciento y en la velocidad de germinación, se da una reducción de dos días, comparado con el tratamiento sin escarificación agua por 24 horas (comparado con el testigo absoluto el aumento es un 5.50 por ciento y la reducción en la velocidad de germinación es de cinco días). Este si es un aumento considerable, pero debido al alto costo de los productos y a la dificultad de comprar actualmente los mismos, se consideró más conveniente aplicar el tratamiento más barato y sencillo. Este tratamiento fué SIN ESCARIFICACION AGUA 24 HORAS, Cuadro 8, Cuadro 11 y Anexo 6.

TRATAMIENTO SIN ESCARIFICACION AGUA 24 HORAS

Medida (porcentaje)	Tratamiento
0.0000	Tratamiento absoluto
0.0000	Tratamiento agua 24 horas
0.0000	Tratamiento thiourea

TRATAMIENTO SIN ESCARIFICACION AGUA 24 HORAS

Medida (porcentaje)	Tratamiento
0.0000	Tratamiento absoluto
0.0000	Tratamiento agua 24 horas
0.0000	Tratamiento thiourea

TRATAMIENTO SIN ESCARIFICACION AGUA 24 HORAS

Medida (porcentaje)	Tratamiento
0.0000	Tratamiento absoluto
0.0000	Tratamiento agua 24 horas
0.0000	Tratamiento thiourea

(Frente de la página 62 - 63)
 El costo diferencial entre tratamientos con la misma fecha

CUADRO 15

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE EL PESO SECO DE LAS PLANTULAS. PARA EL FACTOR PRODUCTOS Y LAS DOBLES INTERACCIONES ESCARIFICACION-PRODUCTOS Y PRODUCTOS-CONCENTRACION.

Factor PRODUCTOS

Niveles	Medias (en gramos)
Acido Giberélico	0,0250 a
Nitrato de Potasio	0,0245 a
Thiourea	0,0204 b

Interacción ESCARIFICACION-PRODUCTOS

Tratamientos	Medias (en gramos)
Con esscarificación GA_3	0,0275 a
Sin esscarificación KNO_3	0,0250 a b
Con esscarificación KNO_3	0,0242 a b c
Sin esscarificación GA_3	0,0225 b c
Con esscarificación Thiourea	0,0204 c
Sin esscarificación Thiourea	0,0204 c

Interacción PRODUCTOS-CONCENTRACION

Tratamientos	Medias (en gramos)
Nitrato de Potasio 4000 PPM	0,0269 a
Acido Giberélico 10 PPM	0,0256 a
Acido Giberélico 100 PPM	0,0250 a b
Acido Giberélico 1000 PPM	0,0244 a b
Thiourea 7500 PPM	0,0244 a b
Nitrato de Potasio 2000 PPM	0,0238 a b
Nitrato de Potasio 500 PPM	0,0231 a b
Thiourea 15000 PPM	0,0200 b c
Thiourea 30000 PPM	0,0169 c

(Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

CUADRO 16

EFFECTO DE TRES ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO, SOBRE EL PESO SECO DE LAS PLANTULAS BAJO CONDICIONES DE CAMPO. PARA LA TRIPLE INTERACCION PRODUCTOS-CONCENTRACION-TIEMPO DE INMERSION.

Tratamiento	Medias (en gramos)
KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	0,0300 a
GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	0,0263 a b
Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	0,0263 a b
KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	0,0263 a b
GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	0,0250 a b
GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	0,0250 a b
GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	0,0250 a b
GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	0,0250 a b
GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	0,0238 a b
KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	0,0238 a b
KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	0,0238 a b
KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	0,0225 a b c
Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	0,0225 a b c
KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	0,0213 a b c
Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	0,0200 b c
Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	0,0200 b c
Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	0,0188 b c
Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	0,0150 c

(Prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$)

No existe diferencia entre tratamientos con la misma letra.

CONCLUSIONES

1. De los treinta y cinco tratamientos de escarificación aplicados a nivel de laboratorio, solamente cuatro superaron estadísticamente al testigo en porcentaje de germinación, éstos fueron los siguientes:

Lija fina 15 minutos	58.75 por ciento
Lija fina 10 minutos	57.50 por ciento
Lija gruesa 15 minutos	54.25 por ciento
Acido 75o/o 4 minutos	53.00 por ciento

2. Ningún tratamiento de escarificación empezó a germinar antes que el testigo, solamente uno lo superó estadísticamente en velocidad de germinación para alcanzar un diez por ciento de germinación, éste fué el siguiente:

Lija fina 15 minutos (49.50 días).

3. El mejor tratamiento de escarificación fué Lija fina 15 minutos, ya que aumentó significativamente el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas de cardamomo (elevó un 119.63 por ciento la germinación y la redujo en 17.75 días en base al testigo). Además presentó un alto valor de semillas duras (29.50 semillas con probabilidad de germinar), un bajo valor de semillas suaves (10.30 semillas muertas) y un bajo costo de tratamiento (1.36 quetzales por libra de semilla).
4. Los mejores dos grupos de escarificación fueron las lijas y los ácidos. Se consideró a las lijas como el mejor grupo, debido a su fácil manipuleo y a su bajo costo (el ácido sulfúrico es muy peligroso manipularlo y su costo es alto).
5. Las altas temperaturas (mayores de 70 grados centígrados) reducen el porcentaje y la velocidad de germinación de las semillas de cardamomo, con tres meses de almacenamiento pero sin matarlas.
6. De los cuarenta y dos tratamientos aplicados a nivel de campo, ninguno superó estadísticamente al testigo absoluto en porcentaje de germinación, velocidad de germinación, altura de plántulas y longitud de raíz.
7. De los cuarenta y dos tratamientos aplicados a nivel de campo, veinte superaron estadísticamente al testigo absoluto en peso seco de las plántulas (se aumentó en todos los casos una centésima de gramo).
8. El remojo de la semilla en agua a temperatura ambiental por 48 horas (con y sin escarificación previa de la semilla de cardamomo con un mes de almacenamiento), disminuye estadísticamente el porcentaje y la velocidad de germinación, pero aumenta significativamente el peso seco de las plántulas (disminuye en promedio 13.25 por ciento la germinación y la retrasa en 20.50 días).

9. El remojo de la semilla sin escarificación en agua a temperatura ambiental por 24 horas, aumentó el porcentaje de germinación, la velocidad de germinación y el peso seco de las plántulas (solamente hubo diferencia significativa en peso seco, se aumentó 3.25 por ciento la germinación y se redujo en tres días).
10. La escarificación en el testigo aumentó el porcentaje de germinación, la velocidad de germinación y el peso seco de las plántulas (solamente hubo diferencia significativa en el peso seco, se aumentó 2.25 por ciento la germinación y se redujo la misma en dos días).
11. La escarificación es necesaria para que los estimuladores de la germinación penetren dentro de la semilla y aumenten el porcentaje de germinación en semillas de cardamomo con un mes de almacenamiento, aunque éste aumento no es estadísticamente significativo.
12. La escarificación con Lija fina 15 minutos es mucho menos efectiva en semilla fresca de cardamomo, con un mes de almacenamiento, bajo condiciones de campo que en semilla de tres meses de almacenamiento, bajo condiciones de laboratorio.
13. El mejor estimulador de la germinación aplicado a nivel de campo fué el siguiente:

Con escarificación Thiourea 7500 PPM por 12 horas.

Aumentó 5.50 por ciento la germinación, la redujo en cinco días y aumentó una centésima de gramo el peso seco de las plántulas; solamente hubo diferencia significativa en el peso seco de las plántulas.

RECOMENDACIONES

1. Escarificar la semilla de cardamomo de la selección Altamira con tres meses de almacenamiento, por medio de un cilindro forrado en su interior con papel lija fina; éste cilindro se hace girar a una velocidad de sesenta revoluciones por minuto durante quince minutos con la semilla en su interior.
2. Remojar la semilla de cardamomo de la selección Altamira con un mes de almacenamiento, con agua a temperatura ambiental por 24 horas sin escarificación previa de la semilla.
3. Comprobar si existe diferencia en la germinación de las semillas de cardamomo, dependiendo del grupo, variedad, raza o línea de cardamomo que se utilice.
4. Determinar las condiciones ambientales más favorables para la germinación de las semillas de cardamomo.
5. Encontrar el tiempo y tipo de almacenaje óptimo de las semillas de cardamomo.
6. Determinar la profundidad de siembra más adecuada para las semillas de cardamomo.
7. Comprobar si existe diferencia en la germinación de las semillas de cardamomo, dependiendo del tipo de cobertura utilizado en el tablón germinador.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVARADO, C.M. El cultivo del cardamomo. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, s.f. 36 p.
2. AMEZQUITA, M.O. Técnicas de producción utilizadas en el cultivo del cardamomo (Elettaria cardamomum L.) según tamaño de explotación agrícola en Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. pp. 3-8.
3. ANON, C. Export map of cardamom. Abstracts on Tropical Agriculture 2(10):141. 1976.
4. ARUMUGAM, S. and SHANMUGAVELU, K.G. Studies on the effect of sarcotesta on the germination of papaya (Carica papaya L.). Abstracts on Tropical Agriculture 2(10):93. 1976.
5. ASHRI, A. and PALEVITCH, D. Seed dormancy in sesame (Sesamum indicum) and the effect of gibberellic acid. Abstracts on Tropical Agriculture 5(8):89. 1979.
6. ASOCIACION DE PRODUCTORES DE CARDAMOMO, GUATEMALA. De interés para los productores de cardamomo. Revista AGA (Guatemala) 21(87):40-43. 1979.
7. ————. Divisas por 62 millones deja el cardamomo. Prensa Libre, Guatemala; julio, 25, 1984:4.
8. BAKRY, A.M. El and GAWISH, R.A. Effect of soaking seeds in some growth regulator solutions on the growth, chemical constituents and yield of okra. Abstracts on Tropical Agriculture 6(11):86. 1980.
9. BARRIENTOS, M. y ALVAREZ, V. Algunas transformaciones necesarias para el análisis de varianza. Boletín Biométrico (Guatemala) 1(1):9-19. 1982.
10. BARRILLAS, R.R. Respuesta en la germinación de semillas de Leucaena leucocephala (Lam) De Wit a diferentes condiciones ambientales. Tesis Biol. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 1980. 33 p.
11. BARRIOS, C.L. Efecto de la aplicación de ácido nítrico en el comportamiento de la semilla de cardamomo (Elettaria cardamomum) en la finca Lorena, San Marcos. In Seminario sobre el cultivo del cardamomo, 3ro., Cobán, Guatemala 1984. Memorias. Cobán, CUNOR, 1985. pp. 57-60.
12. BONILLA AGUIRRE, O.D. Búsqueda de fuentes de resistencia y métodos de diagnóstico al virus del mosaico en cardamomo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias y Humanidades, Departamento de Ciencias Agrícolas, 1983. 67 p.

13. ————. Descripción botánica y condiciones ecológicas para el cultivo del cardamomo. In Simposio de cardamomo, Iro., Guatemala, 1985. Memorias. Guatemala, APROCAR, 1985. pp. 1-12.
14. CANO, M.F. Cultivo del cardamomo. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Formación de Recursos Humanos, 1985. 41 p. (1er. curso sobre protección de plantas, Amatitlán 21-1-85).
15. CARDAMOM CULTURE. Ernakulam, India, Cardamom Board, s.f. 20 p.
16. CARDENAS, M.H. Semillas y viveros. Siguatepeque, Honduras, s.e., 1973. 244 p. (mimeo.).
17. CASINI, E. and SALVADORI S. Investigation on the germination of jujube seeds. Abstracts on Tropical Agriculture 7(3):81. 1981.
18. CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA. Reglas internacionales para el ensayo de semillas. 5 ed. México D.F., 1965. 128 p.
19. CHERIANKUNJU, N.E. Predominance of small-holdings in the indian cardamom plantation industry. Abstracts on Tropical Agriculture 2(10):141. 1976.
20. COCHRAN, W.G. y COX, G.M. Diseños experimentales. México D.F., Trillas, 1965. 661 p.
21. COOK, E.F. y MARTIN, E.W. Farmacia práctica de Remington. Trad. de la 10 ed. en inglés por Carrera, O.G. México D.F., UTEHA, 1953. 1986 p.
22. COY, C. El cultivo del cardamomo. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, 1977. 4 p.
23. CRONQUIST, A. Introducción a la botánica. 2 ed. México D.F., Continental, 1981. 84 p.
24. CRUZ DELGADO, H. A. De La. Identificación de géneros de nemátodos fitoparásitos, su distribución general en almácigos y plantillas de cardamomo (Elettaria cardamomum L.) y su efecto sobre las plantas en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. p. 30.
25. DEASE, T. Reguladores del crecimiento; más rendimiento y mejor calidad? Agricultura de las Américas 27(12): 18-23. 1978.
26. DEHGAN, B. and SHUTZMAN, B. Effect of H₂SO₄ and GA₃ on seed germination of Zamia furfuracea. Hort Science 18(3): 371-372. 1983.
27. DEVLIN, R.M. Fisiología vegetal. Trad. de la 1 ed. en inglés por Llimona, P.X. 3 ed. Barcelona, Omega, 1980. 517 p.
28. DIEZ PESQUERA, M. Diagnóstico del virus mosaico del cardamomo utilizando la técnica inmunosorbente enzima conjugada (ELISA). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias y Humanidades, Departamento de Ciencias Agrícolas, 1982. 46 p.

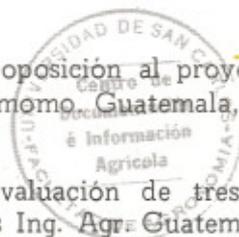
29. E.U. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. Semillas. Trad. de la 1 ed. en inglés por Marino. A. y Rodríguez, P. 4 ed. México D.F., Continental, 1975. 1020 p.
30. FAGAN, A.E., DIRR, M.A. and POKORNY, F.A. Effects of depulping, stratification and growth regulator on seed germination of Liriope muscari. Hort Science 16(2):208-209. 1981.
31. FEDERACION DE COOPERATIVAS DE LAS VERAPACES, GUATEMALA. Perfiles de proyectos agrícolas; cardamomo, achiote, cacao, frutales deciduos. Guatemala, IICA, 1985 pp. 1-31.
32. FEISTRITZER, W.P., comp. Tecnología de la semilla de cereales; manual de producción, control de calidad y distribución de semillas de cereales. FAO. Cuadernos de Fomento Agropecuario no. 98. 1977. p. 159.
33. FLORES, M.A. El mosaico del cardamomo. Revista Cafetalera (Guatemala) no. 182:26-27. 1979.
34. FRANKLAND, B. Effect of gibberellic acid, kinetin and other substances on seed dormancy. Nature no. 192:678-679. 1961.
35. GARCIDUEÑAS, M. Manual teórico-práctico de herbicidas y fitoreguladores. México D.F., Limusa, 1980. p. 93.
36. GARZA SAGASTUME, H.A. Respuesta del cardamomo (Elettaria cardamomun) a la fertilización bajo condiciones de campo en la finca Armenia, San Marcos, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1979. p. 11.
37. GONZALES, E.B. Cultivo del cardamomo. Cámara del Agro (Guatemala) 1 (17):6-8. 1979.
38. GOYAL, A.K. and BAIJAL, B.D. A note on gibberellic acid induced alpha-amylase activity during seeds germination in some rice (Oryza sativa) cultivars. Abstracts on Tropical Agriculture 7(6):113. 1981.
39. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. Apuntes sobre el cardamomo. Informe Económico 12(2):39-46. 1965.
40. ————. Situación nacional e internacional del cardamomo. Informe Económico 20(1):1-23. 1973.
41. ————. El cultivo del cardamomo. Informe Económico 24:1-40. 1979.
42. ————. Estadísticas de los principales productos agrícolas de consumo interno y de exportación. Informe Económico 29(4):83-101. 1982.
43. ————. INSTITUTO TECNICO DE CAPACITACION Y PRODUCTIVIDAD. Manual de cultivo del cardamomo. Guatemala, 1981. 29 p.

44. HARTMAN, T. y KESTLER, D.E. Propagación de plantas. Trad. de la 1 ed. inglesa por Ambrosio, A.M. 3 ed. México D.F., Continental, 1982. pp. 151-211.
45. HENTZE PENADOS, F.W. Estudio preliminar sobre la virosis del cardamomo (Elettaria cardamomum). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1982. 28 p.
46. HERRERA SOSA, M.E. Abscisión fenología y fenometría en inflorescencias, flores y frutos de cardamomo (Elettaria cardamomum (L.) Maton Grupo Minuscula Burkhill), en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1983. 108 p.
47. HSIAO, A.L. The effect of sodium hypochlorite, gibberellic acid and light on seed dormancy and germination of stinkweed and wild mustard. Canadian Journal of Plant Science 60(2):643-649. 1980.
48. HUNDAL, P.S. and KHAJURIA, H.N. Effect of GA₃ and thiourea on seed germination of different varieties of peach. Abstracts on Tropical Agriculture 6(1):77. 1980.
49. KAHN, A. Promotion of lettuce seeds germination by gibberellin. Plant Physiology 35:333-339. 1960.
50. KEEGAN, A.B. and VAN STADEN, J. Dormancy and germination of the mankettinut, Ricinodendron rautanenii. Abstracts on Tropical Agriculture 8(10):90. 1982.
51. KODAK. Laboratory chemicals. Rochester, 1981. 236 p. (Catalog No. 51).
52. KOJIMA, H. And OOTA, Y. Promotion by gibberellin of lettuce seed germination as a function of presoaking period. Plant and Cell Physiology 21(4):561-569. 1980.
53. LABOURIAU, L.G. A germinacao dos sementes. OEA. Serie de Biología, Monografía no. 24. 1983. p. 75.
54. LANG OVALLE, F.P. La flor, polinización y polinizadores del cardamomo (Elettaria cardamomum) en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1982. pp. 8-11.
55. LA PRODUCCION de cardamomo en San Pablo, San Marcos en el período 1983-84. Seminario 84. Segunda Promoción Peritos 84 "Humberto Bermúdez". San Marcos, Guatemala, Instituto de Mercadotecnia y Publicidad, 1984. 136 p.
56. LOPEZ, P.A. Effects of scarification and gibberellic acid on germination of congo watermelon seeds. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 45(3):182-187. 1961.
57. LUTTMANN, N.T. El cardamomo y su cultivo. Guatemala, EDINTER, 1985. 84 p.

58. LYUBARRSKAYA, N.G. and LIKHOLAT, T.U. Effects of cytokinin and gibberellin of germination of the seeds of a Tricicum agropyron hybrid under unfavorable conditions. Soviet Plant Physiology (Part 2) 28(4):614-619. 1981.
59. MACKAY, W.S. Cardamom: and ancient spice of Malabar. Abstracts on Tropical Agriculture 9(7):130. 1983.
60. MAISTRE, J. Las plantas de especias. Barcelona, Blume, 1969. pp. 223-233.
61. MARTINEZ, H.A. y ZANOTTI, R. Viveros forestales para producción de especies para leña. In Curso sobre metodologías de investigación y técnicas de producción de leña. Amatitlán, 1982. Actas. Guatemala, CATIE-INAFOR, 1983. p. 81.
62. MENENDEZ PEREZ, C.E. Zonificación del virus del mosaico del cardamomo en Guatemala y su distribución en la planta de cardamomo (Elettaria cardamomun). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias y Humanidades, Departamento de Ciencias Agrícolas, 1984. 62 p.
63. MOLINA CATALAN, A. El cardamomo y su cultivo. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, 1980. pp. 14-28.
64. MORENO CISNEROS, R. y VALENCIA, M.P. Perfil de un proyecto para la producción de cardamomo en oro Elettaria cardamomun. s.l., Banco de Fomento Agropecuario, 1980. 35 p.
65. MOSTAFA, H.A., MOHAMEDIEN, S.A. and NASSAR, S.M. A study on improving germination of old seeds of sweet pepper (Capsicum annum L.). Abstracts on Tropical Agriculture 9(2):127. 1983.
66. NAGAO, M.A., KANEGAWA, K. and SAKAI, W.S. Accelerating palm seed germination with gibberellic acid, scarification and bottom heat Hort Science 15(2):200-201. 1980.
67. NASR, T.A. and HASSAN, E.M. Effect of duration of after ripening and gibberellic acid on germination of seeds and growth of seedlings of pecan in Egypt. Abstracts on Tropical Agriculture 2(2):98. 1976.
68. NELSON, J.M. and SHARPLES, G.C. Effect of growth regulators on germination of cucumber and other cucurbit seed at suboptimal temperatures. Hort Science 15(3):253-254. 1980.
69. OCHSE, J.J. et al. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. Trad. de la 1 ed. inglesa por Blackaller, A.V. México D.F., Limusa, 1965. pp. 350-361.
70. OELKE, E.A. and ALBRECHT, K.A. Influence of chemical seed treatments on germination of dormant rice seeds. Crop Science 20(5):595-598. 1980.
71. PADILLA MENA, L.F. Análisis de germinación de teca Tectona grandis especie con grandes posibilidades de reforestación en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 77 p.

72. PAREDES, V.P. y HERRERA, T. Acción estimulante e inhibitoria del ácido giberélico, cinetina, hongos y bacterias en la germinación de granos de maíz y semillas de tomate. *Revista Latinoamericana de Microbiología (México)* 17(4): 233-247. 1975.
73. PATTANSHEFFI, H.V., RAFEEA, M. and PRASAD, A.B.N. Influence of the length and type of storage on the germination of cardamom seeds. *Abstracts on Tropical Agriculture* 8(2): 112. 1982.
74. PEREZ, A., REYES, M.N. and CUEVAS, J. Germination of two papaya varieties. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 64(2):173-180. 1980.
75. PHARIS, R.P. and ROSS, S.D. Gibberelins; their potential uses in forestry. *Outlook on Agriculture* 9(2):82-87. 1976.
76. RAMIREZ JIMENEZ, G. Análisis preliminar de la producción del cardamomo (*Elettaria cardamomum*) en base al contenido de nutrimentos minerales en la planta y su relación con los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1981. pp. 3-4.
77. RAMIREZ, O.D. Effects of gibberellic acid on germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 45(3):188-190. 1961.
78. REGAINING THE ground. *Abstracts on Tropical Agriculture* 9(7):130. 1983.
79. ROMPP, H. *Wuchstoffe*. Stuttgart, Deutschland, Franck'sche Verlagshandlung, 1958. pp.60-61.
80. SAHADEVAN, P.C. *Cardamom*. Trivandrum, India, 1965. 41 p.
81. SALAZAR, R. y PEREZ, A. Efecto de tres reguladores de crecimiento en la germinación de semillas de papaya (*Carica papaya* L.), *Revista I. A (Colombia)* 11(3):221-230. 1976.
82. SAMARAWIRA, L. Effect of thiourea treatments on the induction and developments of buds in white yam (*Dioscorea rotundata*) tubers. *Tropical Agriculture* 60(2):128-130. 1983.
83. SAMAYOA, J.C. and SUCHAND, G.J. *Cardamom (Elettaria cardamomum)*. San Luis Obispo, California Polytechnic State University, 1977. 28 p.
84. SARMA, C.M. and PHUKAN, J.D. Synergism between gibberellic acid and potassium nitrate on the germination of positively photoblastic seeds of tobacco. *Abstracts on Tropical Agriculture* 8(9):126. 1982.
85. SEMINARIO SOBRE EL CULTIVO DEL CARDAMOMO. 1ro., Cobán, Alta Verapaz, 1980. *Memorias*. Cobán, Guatemala, Universidad de San Carlos, Centro Universitario del Norte, 1980. 33 p.
86. SUBBAIAH, C.C. Effect of pre-soaking in organic solvents on seed germination and seedling growth of cashew. *Abstracts on Tropical Agriculture* 9(1):95. 1983.

87. TANABE, M.J. Effect of depulping and growth regulators on seed germination of Alyxia olivaeformis. Hort Science 15(2):199-200. 1980.
88. TOLL JUBES, J. et al. Effects of mechanical scarification, sowing medium, seed position and gibberellic acid on germination of cherimoya seeds (Annona cherimolia). Abstracts on Tropical Agriculture 2(5):96. 1976.
89. TRAUB, D. Reguladores del crecimiento vegetal. Agricultura de las Américas 30(12):40-57. 1981.
90. VASQUEZ RODRIGUEZ, J. R. Dosis para la desinfestación de equipo de laboratorio de semillas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 62 p.
91. WAIDYANATHA, U.P. and ARIYARATNE, W.A. Breaking dormancy in seeds of cover legumes. Abstracts on Tropical Agriculture 4(7):142-143. 1978.
92. WAREING, B.F. Modification of plant growth by hormones and other growth regulators. Outlook on Agriculture 9(2):42-45. 1976.
93. WATKINGS, J.T. and CANTLIFEE, C. Hormonal control of pepper seed germination. Hort Science 18(3):342-343. 1983.
94. WEAVER, R.J. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. de la 1 ed. en inglés por Contín, A. México D.F., Trillas, 1976. 622 p.
95. WHITEMAN, P.C. and MENDRA, K. Effect of storage and seed treatments on germination of Brachiaria decumbens. Abstracts on Tropical Agriculture 8(9):79. 1982.
96. WILLIS, J.C. Dictionary of the flowering plants and ferns. 7 ed. Cambridge, AIREY, 1966. pp. 581-591.
97. WINDHOLZ, M. et al. eds. The Merck index; an encyclopedia of chemicals and drugs. Rahway, U.S.A., Merck, 1976 p. 1210.
98. WITTWER, S.H. Growth regulants in agriculture. Outlook on Agriculture 6(5):206-217. 1971.
99. WOTOWIEC, P. Tratamientos sencillos de semillas forestales en viveros de Guatemala. Guatemala, CATIE-INAFOR. 1983. 10 p.
100. YAHIRO, M. and ORYOJI, Y. Effects of gibberellin and cytokinin treatments on the promotion of germination in papaya (Carica papaya) seeds. Abstracts on Tropical Agriculture 7(1):77. 1981.
101. YUFERA, E. y DORRIEN, J.M. Química agrícola; plaguicidas y fitoreguladores. Madrid, Alhambra, 1977. pp. 592-597.
102. YURRITA, R.E. y SAENZ, Z.C. Argumentos de oposición al proyecto de ley que crea el impuesto a la exportación del cardamomo. Guatemala, s.e., 1977. 4 p. (mimeo.).
103. ZEPEDA CHAVARRIA, M.E. Comparación y evaluación de tres métodos para determinar la germinación en semillas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 62 p.



ANEXO 1

ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES RESPUESTA ESTUDIADAS A NIVEL DE LABORATORIO EN SEMILLAS DE CARDAMOMO

"Porcentaje de Germinación"

FV	GL	SC	CM	FC	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	28	0,104	0,004	14,45	1,65		2,08 **
Error	82	0,021	2,58E-4				
Total	110	0,126					

CV = 15,59o/o

"Días a Germinación (1o/o de germinación)"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	34	821,59	24,16	193,01	1,55		1,86 **
Error	105	13,15	0,13				
Total	139	834,74					

CV = 6,71o/o

"Días a Germinación (10o/o de germinación)"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	34	1563,18	45,98	230,22	1,55		1,86 **
Error	105	20,97	0,20				
Total	139	1584,15					

CV = 7,995

"Semillas Duras"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	34	356,48	10,48	20,47	1,55		1,86 **
Error	105	53,78	0,51				
Total	139	410,26					

CV = 10,23 o/o

"Semillas Suaves"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	34	288,30	8,48	6,51	1,55		1,86 **
Error	105	136,83	1,30				
Total	139	425,13					

CV = 26,39o/o

** Diferencia altamente significativa

ANEXO 2

ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES RESPUESTA ESTUDIADAS A NIVEL DE CAMPO EN SEMILLAS DE CARDAMOMO. SIN ARREGLO FACTORIAL (INCLUYE A LOS SEIS TESTIGOS).

"Porcentaje de Germinación"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	41	116,04	2,83	5,88	1,39		1,59 **
Error	126	60,67	0,48				
Total	167	176,70					

CV = 14,05 o/o

"Días a Germinación (160/o de germinación)"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	40	52,69	1,32	3,46	1,53		1,82 **
Error	101	38,42	0,38				
Total	141	91,11					

CV = 9,30 o/o

"Altura de Plántulas"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	41	6,90	0,17	1,31	1,39		1,59 NS
Error	126	16,10	0,13				
Total	167	23,00					

CV = 15,28o/o

"Longitud de Raíz"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	41	8,38	0,20	0,91	1,39		1,59 NS
Error	126	28,15	0,22				
Total	167	36,53					

CV = 37,23o/o

"Peso Seco"

FV	GL	SC	CM	Fc	0,05	Ft	0,01
Tratamiento	41	21,03	0,51	2,07	1,39		1,59 **
Error	126	31,25	0,25				
Total	167	52,28					

CV = 21,18o/o

** Diferencia altamente significativa.

NS Diferencia no significativa.

ANEXO 3

ANALISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE Y VELOCIDAD DE GERMINACION EN SEMILLAS DE CARDAMOMO, BAJO CONDICIONES DE CAMPO. CON ARREGLO FACTORIAL (NO INCLUYE A LOS TESTIGOS)

"Porcentaje de Germinación"

FV	GL	SM	CM	Fc	Ft		
					0,05	0,01	
Trata.	35	109,58	3,13	5,43	1,55	1,85	**
A	1	5,84	5,84	10,13	3,94	6,90	**
B	2	24,35	12,17	21,12	3,09	4,83	**
C	2	10,01	5,01	8,69	3,09	4,83	**
D	1	18,06	18,06	31,34	3,94	6,90	**
AB	2	0,51	0,26	0,45	3,09	4,83	NS
AC	2	0,18	0,09	0,16	3,09	4,83	NS
AD	1	0,34	0,34	0,59	3,94	6,90	NS
BC	4	32,53	8,13	14,11	2,47	3,51	**
BD	2	0,88	0,44	0,76	3,09	4,83	NS
CD	2	1,79	0,90	1,55	3,09	4,83	NS
ABC	4	4,28	1,07	1,86	2,47	3,51	NS
ABD	2	2,26	1,13	1,96	3,09	4,83	NS
ACD	2	0,01	0,01	0,01	3,09	4,83	NS
BCD	4	6,33	1,58	2,75	2,47	3,51	*
ABCD	4	2,20	0,55	0,95	2,47	3,51	NS
Error	108	62,25	0,58				
Total	143	171,83					

CV = 15,46 o/o

"Días a Germinación (160/o de germinación)"

FV	GL	SM	CM	Fc	Ft		
					0,05	0,01	
Trata.	35	269,25	7,69	1,98	1,55	1,85	**
A	1	0,69	0,69	0,18	3,94	6,90	NS
B	2	52,79	26,40	6,78	3,09	4,83	**
C	2	18,38	9,19	2,36	3,09	4,83	NS
D	1	7,11	7,11	1,83	3,94	6,90	NS
AB	2	3,18	1,59	0,41	3,09	4,83	NS
AC	2	1,85	0,92	0,24	3,09	4,83	NS
AD	1	2,78	2,78	0,71	3,94	6,90	NS
BC	4	69,21	17,30	4,44	2,47	3,51	**
BD	2	37,51	18,76	4,82	3,09	4,83	*
CD	2	0,51	0,26	0,07	3,09	4,83	NS
ABC	4	26,40	6,60	1,70	2,47	3,51	NS
ABD	2	2,35	1,17	0,31	3,09	4,83	NS
ACD	2	4,60	2,30	0,59	3,09	4,83	NS
BCD	4	23,24	5,81	1,49	2,47	3,51	NS
ABCD	4	18,65	4,66	1,20	2,47	3,51	NS
Error	108	420,50	3,89				
Total	143	689,75					

CV = 35,61 o/o

** Diferencia altamente significativa.

* Diferencia significativa

NS Diferencia no significativa

ANEXO 4

ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO SECO EN PLANTULAS DE CARDAMOMO, BAJO CONDICIONES DE CAMPO. CON ARREGLO FACTORIAL (NO INCLUYE A LOS SEIS TESTIGOS).

"Peso Seco de Plántulas"

FV	GL	SM	CM	Fc	Ft		
					0,05	0,01	
Trata.	35	20,50	0,59	2,48	1,55	1,85	**
A	1	0,69	0,69	2,94	3,94	6,90	NS
B	2	6,17	3,08	13,06	3,09	4,83	**
C	2	0,79	0,40	1,68	3,09	4,83	NS
D	1	0,11	0,11	0,47	3,94	6,90	NS
AB	2	2,39	1,19	5,06	3,09	4,83	**
AC	2	0,01	0,01	0,03	3,09	4,83	NS
AD	1	0,03	0,03	0,12	3,94	6,90	NS
BC	4	5,17	1,29	5,47	2,47	3,51	**
BD	2	0,72	0,36	1,53	3,09	4,83	NS
CD	2	0,60	0,30	1,26	3,09	4,83	NS
ABC	4	0,78	0,19	0,82	2,47	3,51	NS
ABD	2	0,06	0,03	0,12	3,09	4,83	NS
ACD	2	0,26	0,13	0,56	3,09	4,83	NS
BCD	4	2,44	0,61	2,59	2,47	3,51	*
ABCD	4	0,28	0,07	0,29	2,47	3,51	NS
Error	108	25,50	0,24				
Total	143	46,00					

CV = 20.82 o/o

** Diferencia altamente significativa

* Diferencia significativa

NS Diferencia no significativa

A = Escarificación

B = Productos

C = Concentración

D = Tiempo de Inmersión

ANEXO 5

COSTO DE LOS TRATAMIENTOS DE ESCARIFICACION EN SEMILLAS DE
CARDAMOMO, APLICADOS A NIVEL DE LABORATORIO. PARA UNA LIBRA DE
SEMILLA

Tratamientos	Costo (Q.)
Lija fina 5 min.	1.290
Lija fina 10 min.	1.320
Lija fina 15 min.	1.360
Lija media 5 min.	2.090
Lija media 10 min.	2.120
Lija media 15 min.	2.160
Lija gruesa 5 min.	1.610
Lija gruesa 10 min.	1.640
Lija gruesa 15 min.	1.680
Cal 82 gr. 45 min.	0.370
Cal 82 gr. 90 min.	0.700
Cal 132 gr. 45 min.	0.400
Cal 132 gr. 90 min.	0.730
Cal 182 gr. 45 min.	0.430
Cal 182 gr. 90 min.	0.760
Agua 70°C	0.023
Agua 80°C	0.023
Agua 90°C	0.026
Agua Pt. Eb. 1/2 min.	0.011
Agua Pt. Eb. 1 min.	0.014
Agua 70°C-Hielo	0.225
Agua 80°C-Hielo	0.225
Agua 90°C-Hielo	0.228
Agua Pt. Eb. 1/2 min.-Hielo	0.215
Agua Pt. Eb. 1 min.-Hielo	0.221
Acido 25o/o 2 min.	3.120
Acido 25o/o 4 min.	3.140
Acido 25o/o 8 min.	3.170
Acido 50o/o 2 min.	6.230
Acido 50o/o 4 min.	6.250
Acido 50o/o 8 min.	6.280
Acido 75o/o 2 min.	9.350
Acido 75o/o 4 min.	9.370
Acido 75o/o 8 min.	9.400
Testigo	0.000

Precio de Materiales (1984):

1 pliego de lija fina (No. 100)	=	0.50	Q.
1 pliego de lija media (No. 36)	=	0.90	Q.
1 pliego lija gruesa (No. 60)	=	0.66	Q.
1 bote de 5 libras (leche)	=	0.25	Q.
1 libra de cal viva	=	0.25	Q.
1 kilovatio-hora	=	0.02	Q.
1 bolsita de hielo	=	0.10	Q.
473 ml. ácido sulfúrico al 98o/o	=	12.20	Q.
Tiempo (salario por 8 horas)	=	3.50	Q.

ANEXO 6

COSTO DE LOS TRATAMIENTOS UTILIZANDO ESTIMULADORES DE LA GERMINACION, CON Y SIN ESCARIFICACION PREVIA DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO BAJO CONDICIONES DE CAMPO. (PARA 1 LIBRA)

Tratamientos	Costo (Q.)
Con. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	1.39
Con. GA ₃ 10 PPM/48 Hr.	1.39
Con. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	1.69
Con. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	1.69
Con. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	4.66
Con. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	4.66
Con. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	1.45
Con. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	1.45
Con. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	1.71
Con. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	1.71
Con. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	2.05
Con. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	2.05
Con. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	2.88
Con. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	2.88
Con. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	4.39
Con. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	4.39
Con. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	7.42
Con. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	7.42
Con. Agua / 24 Hr.	1.36
Con. Agua / 48 Hr.	1.36
Con. Testigo	1.36
Sin. GA ₃ 10 PPM/24 Hr.	0.03
Sin. GA ₃ 10 PPM/28 Hr.	0.03
Sin. GA ₃ 100 PPM/24 Hr.	0.33
Sin. GA ₃ 100 PPM/48 Hr.	0.33
Sin. GA ₃ 1000 PPM/24 Hr.	3.30
Sin. GA ₃ 1000 PPM/48 Hr.	3.30
Sin. KNO ₃ 500 PPM/24 Hr.	0.09
Sin. KNO ₃ 500 PPM/48 Hr.	0.09
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/24 Hr.	0.35
Sin. KNO ₃ 2000 PPM/48 Hr.	0.35
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/24 Hr.	0.69
Sin. KNO ₃ 4000 PPM/48 Hr.	0.69
Sin. Thiourea 7500 PPM/12 Hr.	1.52
Sin. Thiourea 7500 PPM/24 Hr.	1.52
Sin. Thiourea 15000 PPM/12 Hr.	3.03
Sin. Thiourea 15000 PPM/24 Hr.	3.03
Sin. Thiourea 30000 PPM/12 Hr.	6.06
Sin. Thiourea 30000 PPM/24 Hr.	6.06
Sin. Agua / 24 Hr.	0.00
Sin. Agua / 48 Hr.	0.00
Sin. Testigo	0.00

Costo de materiales (1984):

Escarificación (Lija fina 15 min.)	=	1.36 Q.
Acido giberélico (Producto Comercial)	28.75 gr. =	9.50 Q.
Nitrato de potasio (al 98o/o)	500 gr. =	86.40 Q.
Thiourea (al 98o/o)	250 gr. =	50.50 Q.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
DECANO