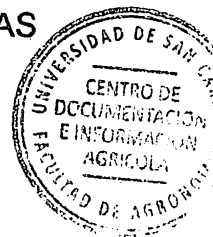


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS



ESCARIFICACIÓN FÍSICA Y APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO A SEMILLAS DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.), PARA PRODUCIR PORTAINJERTOS. ALDEA CAXAQUE, SAN MARCOS.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

CARLOS HUMBERTO GONZÁLEZ VÁSQUEZ

EN EL ACATO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, Febrero 2,002

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Ing. Agr. EFRAÍN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL I	Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCÍA TELLO
VOCAL II	Ing. Agr. MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ OVALLE
VOCAL III	Ing. Agr. ERBERTO RAÚL ALFARQ ORTIZ
VOCAL IV	Profesor ABELARDO CAAL ICH
VOCAL V	Bachiller AXEL AURELIANO HERRERA PÉREZ
SECRETARIO	Ing. Agr. EDIL RENE RODRÍGUEZ QUEZADA

Guatemala, Febrero del 2,002.

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

Señores representantes:

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

ESCARIFICACIÓN FÍSICA Y APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO A SEMILLAS DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.), PARA PRODUCIR PORTAINJERTOS. ALDEA CAXAQUE, SAN MARCOS.

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

Esperando merezca su aprobación, me suscribo de ustedes,

ATENTAMENTE,


Carlos Humberto González Vásquez

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Ser supremo, creador de mi vida, por llenarme de bendiciones y permitirme finalizar esta meta en mi vida.

MI ABUELO

Pablo Benigno Vásquez (Q.E.P.D.), por todos sus sabios consejos y guiar mi vida siempre bajo cualquier circunstancia.

MI MADRE

Aracely Vásquez, mujer gracias por regalarme la vida, por comprenderme y ayudarme siempre en los momentos más difíciles y fortalecerme con tu fe y amor y como una pequeña recompensa a todos sus sacrificios. Te Amo.

MI PADRE

Humberto González, por regalarme la vida, por escucharme, ayudarme y sobretodo comprenderme.

MIS TIOS

Luis Alfonso, Amilcar Moisés, Fredy Etelmo y especialmente a Epifania Elizabeth, muchas gracias por sus sabios consejos, sacrificios y por todo lo que han contribuido para poder estar yo, el día de hoy aquí.

MIS HERMANOS

José Luis y Mayra Yaneth, gracias por entenderme y apoyarme incondicionalmente y que este acto sea un logro de todos que también se lo merecen.

MI NOVIA

Syndy Cardona, por todo su amor y comprensión, especialmente en momentos difíciles.

MIS AMIGOS Y AMIGAS

Esvin Orozco, Byron Ramírez, Julio Juárez, Rene González, Mynor Gallo, Ervin Vásquez, Roni Orozco, Roman y Alfredo López, Carlos Búcaro, Marlon Nájera, Alfonso Sirin, Allan Escott, Emerson Herrera, Omar Samayoa, Luis Macz, Ron Méndez y Boanerges Orozco, Brenda Molina, Claudia Moscoso, Teresa Hernández, Ana Guillén, Nancy López y especialmente a Vivian Carias. A todos gracias por brindarme una amistad sincera.

TESIS QUE DEDICO

A:

Guatemala, país con un gran potencial en recursos agrícolas, los cuales en nuestras manos está poder explotarlos, así como preservarlos para futuras generaciones como profesionales en el ramo agrícola.

La universidad de San Carlos de Guatemala, por forjar en mi persona ese espíritu y filosofía de superación, honestidad, lealtad, servicio y trabajo.

La facultad de Agronomía, por permitirme culminar uno de mis grandes sueños y contribuir en mi persona a cuidar, respetar y amar la sabia naturaleza y sus componentes.

Todas aquellas personas que se les veda el derecho a la educación y a los que se les priva a expresarse libremente.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis Asesores

Ing. Agr. Msc. Edgar Oswaldo Franco e Ing. Agr. Msc. Domingo Amador, por todas sus contribuciones técnicas y científicas a este trabajo de investigación.

Mis amigos

Alfredo López, Edgar Vásquez y Alberto Dionisio, por su valiosa ayuda durante el desarrollo de la fase de campo y por los gratos momentos vividos durante la misma.

Ing. Agr. Byron González, por su colaboración en el análisis estadístico de los resultados y su amistad.

La familia González Fuentes, por toda su ayuda durante el desarrollo de la fase de campo de esta investigación.

La familia Vásquez Perdomo, por toda su ayuda y colaboración en la realización de este trabajo.
A todos muchas gracias.

Ing. Agr. Emerson Herrera y William Vásquez Perdomo, por su paciencia y colaboración en la elaboración de este documento.

INDICE GENERAL

	INDICE DE CUADROS	iv
	INDICE DE FIGURAS	v
	RESUMEN	vi
I	INTRODUCCION	1
II	DEFINICION DEL PROBLEMA	2
III	MARCO TEORICO	
	3.1 Marco conceptual.....	
	3.1.1 Origen y dispersión del aguacate.....	4
	3.1.2 Características de razas	
	A. Raza Mexicana.....	4
	B. Raza Guatemalteca.....	4
	C. Raza Antillana.....	5
	3.1.3 Clasificación botánica.....	5
	3.1.4 Especies existentes en Guatemala.....	6
	3.1.5 Características de las zonas geográficas de producción.....	6
	3.1.6 Demanda mundial del aguacate.....	6
	3.1.7 Producción en Centroamérica.....	7
	3.1.8 Mercado del aguacate.....	7
	3.1.9 La Semilla	
	A. Definición.....	7
	B. Morfología de la semilla.....	8
	C. Selección de semillas.....	9
	D. Preparación de las semillas.....	10
	3.1.10 Reguladores de crecimiento.....	11
	A. Giberelinas.....	12
	a. Lugares de síntesis de las giberelinas.....	14
	b. Fisiología de las giberelinas.....	14
	c. Mecanismos de acción de las giberelinas	
	i. Giberelinas y metabolismo de los ácidos nucleicos..	15
	ii. Giberelinas y membranas.....	16
	iii. Giberelinas como inductoras de auxinas.....	16
	iv. Influencia de los factores ambientales y otras	
	hormonas sobre las giberelinas	17
	3.1.11 La escarificación.....	17
	3.1.12 La germinación.....	19
	A. Control de la germinación de las semillas.....	20
	B. Proceso de germinación.....	21
	C. Factores ambientales que intervienen en la germinación	
	a. La luz.....	23
	i. Incidencia de la luz en la germinación.....	23
	b. Temperatura.....	23
	c. Humedad.....	24
	d. Oxígeno.....	26

	ii
e. Sustratos.....	27
D. Factores internos que afectan la germinación	
a. Letargo.....	28
i. Categorías del letargo	29
ii. Factores del letargo que afectan la germinación	
Cubiertas duras de las semillas.....	30
Inhibidores químicos.....	31
Presencia de capas de las semillas fisiológicamente activas.....	32
b. Parámetros de medición de la germinación.....	32
3.2 Marco referencial.....	33
3.3 Localización del experimento	35
IV OBJETIVOS.....	36
V HIPOTESIS.....	37
VI METODOLOGIA	
6.1 Factores evaluados.....	38
6.2 Tratamientos evaluados.....	38
6.3 Descripción de los tratamientos	
6.3.1 Sin corte en el endospermo.....	39
6.3.2 Corte superior en el endospermo	40
6.3.3 Corte inferior en el endospermo	40
6.3.4 Corte superior e inferior del endospermo	40
6.4 Diseño del experimento.....	40
6.5 Variables de respuesta	
6.5.1 Días a emergencia.....	41
6.5.2 Porcentaje de emergencia.....	41
6.5.3 Diámetro de portainjertos.....	42
6.5.4 Altura de portainjertos.....	42
6.6 Análisis de la información.....	42
6.7 Manejo del experimento	
6.7.1 Obtención de la semilla.....	43
6.7.2 Preparación de semilleros.....	43
6.7.3 Escarificación física.....	43
6.7.4 Preparación del ácido giberélico	44
6.7.5 Aplicación del ácido giberélico	44
6.7.6 Desinfestación de las semillas.....	45
6.7.7 Desinfección del sustrato.....	45
6.7.8 Siembra.....	45
6.7.9 Cuidados de semilleros.....	45
VII RESULTADOS Y DISCUSION	
7.1 Días a emergencia.....	46
7.2 Porcentaje de emergencia.....	49
7.3 Diámetro de portainjertos.....	54
7.4 Altura de portainjertos.....	58

	iii
VII CONCLUSIONES.....	62
IX RECOMENDACIONES.....	63
X BIBLIOGRAFIA.....	64
XI APENDICE	

INDICE DE CUADROS

Cuadro		página
1	Descripción de los factores y niveles evaluados en semillas de aguacate, Caxaqué, San Marcos.....	38
2	Descripción de los tratamientos evaluados en semillas de aguacate. Caxaque, San Marcos.....	39
3	Resumen del análisis de varianza para la variable días a emergencia Caxaque, San Marcos.....	47
4	Resumen de la prueba de Tukey para la variable Días a emergencia, correspondiente al factor tipo de corte.....	48
5	Resumen de la prueba de Tukey para la variable Días a emergencia, correspondiente al factor concentración de ácido giberélico.....	48
6	Resumen del analisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia. Caxaqué, San Marcos.....	50
7	Resumen de la prueba de Tukey para la variable porcentaje de emergencia correspondiente al factor tipo de corte.....	51
8	Resumen de la prueba de Tukey para la variable porcentaje de emergencia correspondiente al factor concentración de ácido giberélico...	52
9	Prueba de Tukey para la variable porcentaje de emergencia correspondiente a la interacción tipo de corte y concentración de ácido giberélico....	53
10	Resumen del análisis de varianza para la variable diámetro de portainjertos.....	55
11	Resumen de la prueba de Tukey para la variable diámetro de portainjertos, correspondiente al factor tipo de corte.....	56
12	Resumen de la prueba de Tukey para la variable diámetro de portainjertos correspondiente al factor concentración de ácido giberélico.....	57
13	Resumen del análisis de varianza, para la variable altura de portainjertos.....	59
14	Resumen de la prueba de Tukey para la variable altura de portainjertos correspondiente al factor tipo de corte.....	60
15	Resumen de la prueba de Tukey para la variable altura de portainjertos correspondiente al factor concentración de ácido giberélico.....	60
15A	Datos finales de campo para la variable porcentaje de emergencia.....	69
16A	Datos de campo finales para la variable días a emergencia.....	70
17A	Análisis de varianza para la variable días a emergencia en semillas de aguacate. Caxaque, San Marcos.....	70
18A	Datos finales de campo para la variable porcentaje de emergencia de semillas de aguacate.....	71
19A	Análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia de semillas de aguacate.....	71
20A	Datos finales de campo para la variable diámetro de portainjertos de aguacate. Caxaque, San Marcos.....	72
21A	Análisis de varianza para la variable diámetro de portainjertos de aguacate. Caxaque, San Marcos.....	72

22A	Datos finales de campo para la variable altura de portainjertos de aguacate. Caxaque, San Marcos.....	73
23A	Análisis de varianza para la variable altura de portainjertos de aguacate. Caxaque, San Marcos.....	73
24A	Cuadro resumen de valores finales de las diferentes variables evaluadas para cada uno de los tratamientos.....	74
25A	Importaciones de aguacate para Guatemala en Kg. período 1994-2001.....	79
26A	Exportaciones de Guatemala para el cultivo de aguacate en Kg.....	80
27A	Resumen de las pruebas a los supuestos básicos de normalidad del error experimental de las variables de respuesta evaluadas, para la producción de portainjertos en aguacate. Caxaque, San Marcos	81

INDICE DE FIGURAS

Figura		página
1	Días a emergencia de semillas de aguacate en función del lugar de corte y concentración de ácido giberélico, Caxaque, San Marcos.....	49
2	Porcentaje de emergencia en semillas de aguacate en función del lugar de corte y concentración de ácido giberélico, Caxaque, San Marcos.....	54
3	Diámetro de portainjertos de aguacate en función del lugar de corte y concentración de ácido giberélico. Caxaque, San Marcos.....	57
4	Altura de portainjertos de aguacate en función del lugar de corte y concentración de ácido giberélico. Caxaque, San Marcos.....	61
5A	Ubicación del área experimental en aldea Caxaque San Marcos.....	75
6A	Tipos de escarificación física realizados en semillas de aguacate.....	76
7A	Croquis de la unidad experimental.....	77
8A	Croquis de la distribución de tratamientos en el campo.....	78
9A	Gráfica de importaciones de aguacate a Guatemala 1994-2001.....	79
10A	Gráfica de exportaciones de Guatemala del cultivo de aguacate en Kg.....	80

ESCARIFICACIÓN FÍSICA Y APLICACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN SEMILLAS DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.), PARA PRODUCIR PORTAINJERTOS. ALDEA CAXAQUE, SAN MARCOS.

PHYSIC SCARIFICATION AND GIBBERELIC ACID APLICATION IN AVOCADO SEEDS (*Persea americana* Mill.), TO PRODUCE ROOTSTOCK. VILLAGE CAXAQUE, SAN MARCOS.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el método más adecuado para incrementar la producción de portainjertos uniformes en aguacate en la parte central y del altiplano del departamento de San Marcos, se estudió a nivel de campo el efecto de la escarificación física y la aplicación de ácido giberélico a semillas de aguacate, durante la época seca.

Para ello se evaluaron 16 tratamientos producto de la combinación de dos factores que fueron: Escarificación física que incluyo cortes en el endospermo de la semilla en la parte superior, inferior, parte superior e inferior y sin corte, así como ácido giberélico en concentraciones de 0, 100, 150 y 200 ppm. Dicha investigación se realizó en aldea Caxaque San Marcos, de Noviembre del año 1,999 a Abril del 2,000.

Con relación a los resultados obtenidos, se puede indicar que para las variables evaluadas que fueron: Días a emergencia, porcentaje de emergencia, diámetro y altura de los portainjertos; los tratamientos que presentaron los mejores resultados fueron aquellos donde se realizó el corte en la parte inferior del endospermo y donde se aplicó 100 y 150 ppm de ácido giberélico.

Para la variable días a emergencia, con el tratamiento corte inferior en el endospermo y 100 ppm de ácido giberélico, se obtuvo el mayor porcentaje de emergencia a los 73.40 días y el tratamiento con corte en la parte inferior del endospermo y 150 ppm de ácido giberélico, la

emergencia se obtuvo a los 75.60 días; mientras que para la variable porcentaje de emergencia, el corte inferior del endospermo con 100 ppm de ácido giberélico produjo el 52 % de emergencia y el tratamiento de corte inferior del endospermo con 150 ppm de ácido giberélico produjo 50 % de emergencia.

Con relación a la variable diámetro de portainjertos se obtuvieron valores de 2.15 cm para el tratamiento corte inferior del endospermo y 150 ppm de ácido giberélico y 2.01 cm para el tratamiento corte inferior del endospermo y 100 ppm de ácido giberélico, pudiéndose notar que ambos valores están por encima del valor requerido que según Hartman (19) y Velásquez (46), es de medio a un centímetro de diámetro para poder realizar la injertación.

En lo referente a la variable altura de los portainjertos, el tratamiento con corte inferior del endospermo más 100 ppm de ácido giberélico produjo portainjertos de 17.71 cm, y con el tratamiento corte inferior del endospermo más 150 ppm de ácido giberélico se obtuvieron portainjertos de 17.60 cm de altura, también es de resaltar que ambos valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido para poder realizar la injertación que según Hartman (19); son de 15 a 30 cm de altura.

A través de este estudio se estableció que el mayor incremento en porcentaje de emergencia y la mayor uniformidad de portainjertos, se obtuvo con el tratamiento en el cual se realizó un corte en la parte inferior del endospermo y se aplicó una concentración de 100 ppm de ácido giberélico. El mayor porcentaje promedio de emergencia fue de un 52 % que se obtuvo a los 73 días, mientras que a los 158 días se obtuvieron portainjertos con una altura promedio de 17.71cm y un diámetro promedio de 2.01 cm, esto utilizando el corte en la parte inferior del endospermo y aplicando 100 ppm de ácido giberélico.

I. INTRODUCCIÓN

Guatemala presenta una variabilidad de climas y suelos aptos para la producción de cultivos anuales, bianuales y permanentes. Los frutales, son de los cultivos que actualmente están tomando mayor importancia económica en el país, ya que son una alternativa viable para generar mayores ingresos y utilizar y conservar adecuadamente los suelos de la región donde se cultivan, también son utilizados para la diversificación de cultivos, en diferentes áreas de producción.

Es importante considerar que Guatemala es un país privilegiado para el desarrollo del cultivo del aguacate, por ser uno de los centros de origen de dicha fruta, por lo que es de esperarse que la producción de frutos sea de calidad en relación con otros países (18).

Durante la década de 1,990, el departamento de San Marcos incrementó la producción de aguacate, específicamente la zona del altiplano, esto debido a que dicha zona reúne las condiciones adecuadas para la producción del mismo.

El aguacate como fruto, es un producto hortícola comestible y de gran calidad energética para la dieta humana. Por ello diversas instituciones estatales, privadas y no gubernamentales; como el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, el Proyecto de frutales e Hidro & agro MARVEL; impulsan su cultivo. La producción tiene por finalidad abastecer el mercado local y mejorar las exportaciones a países centroamericanos tales como: El Salvador y Honduras, y a futuro poder exportar también a Estados Unidos, Asia y Europa (24).

La presente investigación se realizó con el fin de determinar el método más adecuado que aumente el porcentaje y disminuya el tiempo de emergencia de semillas de aguacate para la producción de portainjertos para la parte central y del altiplano de San Marcos. Se utilizó para ello un experimento bifactorial utilizando el diseño de bloques al azar con arreglo combinatorio, con cinco repeticiones y 16 tratamientos. La investigación se realizó en aldea Caxaque, San Marcos, ya que en este lugar es donde se ha tenido el mayor problema de emergencia de las semillas de aguacate y además existe un grupo de agricultores que promueven su producción (16).

II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la zona occidental de Guatemala, específicamente en el departamento de San Marcos, el cultivo del aguacate ha cobrado bastante importancia durante la década de los años 90; ya que posee una fruta muy apetecida, la cual se consume en diferentes estratos de la sociedad guatemalteca; trascendiendo su consumo básicamente a territorio centroamericano, esperando que dicho producto trascienda igualmente en Europa, Asia y Estados Unidos, donde alcanza precios muy atractivos; debido a que dicha fruta esta compuesta básicamente de agua, alto contenido de aceite (12 a 30%), y proteínas (de 3 a 4%), además de su contenido de hidratos de carbono, vitamínico y mineral. Por lo anterior es una alternativa de inversión en el ramo agrícola, debido a que utilizando variedades mejoradas podemos obtener mayores rendimientos y mejorar la calidad del fruto (2, 6, 26).

Uno de los problemas que más afecta en la producción de portainjertos, es la etapa de emergencia de las semillas, en la región central y del altiplano del departamento de San Marcos según información de agricultores y pruebas realizadas; dicho proceso dura de 3 a 3½ meses y de 5 a 8 meses para la obtención de portainjertos, los que posteriormente son utilizados en la etapa de injertación para la propagación de variedades mejoradas, además los cuales según Aldana (2), no se obtienen en suficiente cantidad, uniformidad y desarrollo de los mismos; esto aunado al porcentaje de pegue de los injertos y el establecimiento del cultivo retrasan mucho más el tiempo de producción de las plantas. Por lo anterior es necesario producir portainjertos de muy buena calidad, uniformidad y cantidad; los cuales puedan emplearse posteriormente en la etapa de injertación y que sirvan de una buena base para el desarrollo de la nueva planta.

Hasta la fecha en el departamento de San Marcos no se han realizado estudios específicos a nivel de campo durante el proceso de emergencia de semillas de aguacate, por lo tanto se desconoce el tiempo promedio de emergencia para el referido lugar, así como la técnica más adecuada a utilizar para acelerar dicho proceso. Con el fin de acelerar dicho proceso se utilizaron diferentes concentraciones de ácido giberélico, ya que dicho ácido es el más utilizado y según estudios previos de Miller citado por Orellana (30) quien indica que las

giberelinas estimulan las semillas sensibles a la luz y Weaver, citado por Monroy (28), indica que trabajando con semillas distintas, se ha demostrado en muchas ocasiones que existen diversos compuestos estimuladores de la germinación y emergencia, los más conocidos y empleados actualmente son el nitrato de potasio, el etileno, las giberelinas y la cinetina.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Origen y dispersión del aguacate

De acuerdo con Méndez (26), se ha considerado como centro de origen del aguacate (*Persea americana* Mill), a Guatemala, parte de Centroamérica y las partes altas del centro y este-central de México. Actualmente poblaciones silvestres de aguacate, se encuentran desde México hasta Colombia y de ellas podrían originarse por domesticaciones separadas los tipos cultivados. Desde el tiempo de los primeros cronistas, se reconoció que podrían separarse en tres grupos: la raza guatemalteca, la raza mexicana y la raza antillana.

3.1.2 Caracterización de razas

A. Raza Mexicana

Originaria de los valles de México, se caracteriza porque requiere para su desarrollo de un clima semitropical, una altitud de 1,500 a 2,000 msnm, es resistente al frío, posee hojas pequeñas de color verde oscuro y con olor a anís, las flor posee pubescencia y la época de floración es la más temprana y coincide con los meses de enero y febrero en Canarias y sur de España y de octubre a diciembre en México, los tallos jóvenes son de color verde pálido, la corteza del tronco es no acanalada, el tamaño del fruto es variable con tendencia a ser pequeño con un peso menor de 250 gramos, pedicelo cilíndrico y de grosor mediano; persistencia mayor del perianto en el fruto, cáscara delgada, lisa y suave; las semilla puede estar adherida o suelta con cotiledones lisos o ligeramente rugosos, la cubierta de la semilla es delgada, posee alto contenido de aceite en un rango de 12 a 27%, sabor por lo general a anís, es común la presencia de fibra en la pulpa y el tiempo de flor a fruto maduro dura de 6-9 meses. Esta raza es la más resistente a las bajas temperaturas, presenta cierta incompatibilidad para injertarse en patrones antillanos (6,14).

B. Raza Guatemalteca

Originaria de Guatemala, se desarrolla en un clima subtropical a una altitud entre 1,000-2,000 msnm, posee hojas de tamaño intermedio de color verde oscuro y sin olor a anís o inodoras, posee una flor poco pubescente, tallos jóvenes de color rojizo, corteza del tronco no

acanalada, el fruto es tamaño intermedio y con un peso de 125 g a 2.5 Kg., con pedicelo cónico y grosor voluminoso, el perianto es poco persistente en el fruto, la cáscara es gruesa, quebradiza y rugosa; la semilla es adherida y posee cotiledones lisos con una cubierta delgada, tiene poco contenido de aceite, el sabor es ligero, la fibra en la pulpa no es muy común y el tiempo de duración de la flor a fruto maduro es de 10 a 16 meses, la resistencia al frío respecto a las otras razas es intermedia (6,14).

C. Raza Antillana

En 1953 Bernabé Cobo la clasificó como raza "Yucateca", luego apareció su denominación de antillana, aunque no existen pruebas concretas del origen de este aguacate en las Antillas. Necesita un clima tropical, una altitud menor de 500 msnm, es resistente a la salinidad, las hojas son grandes de color verde pálido sin olor a anís, flor poco pubescente; época de floración posterior a la mexicana (de febrero a marzo) resultando ser intermedia, tallos jóvenes de color verde pálido, corteza del tronco acanalada, fruta de tamaño variable predominantemente grande con un peso de 250g a 2.5Kg., pedicelos de forma de cabeza de clavo y poco grosor, menor presencia del perianto en el fruto, cáscara mediana, flexible y suave; semilla suelta y cotiledones rugosos con cubierta gruesa y membranosa, bajo contenido aceite, sabor ligero frecuentemente dulce, fibra en la pulpa no común y tiempo que dura de flor a fruto maduro es de 5-9 meses (6,14).

3.1.3 Clasificación botánica

Reino: Vegetal

Sub-reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub-clase: Magnolidae

Orden: Magnoliales

Familia: Lauraceae

Genero: Persea

Especie: Persea americana Mill.

N. común: Aguacate, Acovado pear, Avocat (6,7)

3.1.3 Especies existentes en Guatemala

Según MARVEL (24), en el año 1958, el SCIDA (Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura adscrito a la ex-dirección General de Investigación Agrícola, actualmente el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola), introduce a Guatemala 45 materiales de aguacate genéticamente mejorados de Florida, Estados Unidos. Dichos materiales híbridos de los más importantes fueron sembrados en los terrenos de la Escuela Nacional Central de Agricultura, Barcenas Villa Nueva, constituyendo el primer jardín clonal, lugar desde donde se distribuyeron directa e indirectamente.

Algunos de los materiales obtenidos fueron: Booth 8 y Booth 7, Hass, Aztec, Chiquinquirá 2, Nimelioh, Toltec, Buttler y Panamá (24).

3.1.5 Características de las zonas geográficas de producción de aguacate

Las zonas geográficas donde se distribuye el aguacate en Guatemala obedecen a dos factores principales:

- a. El clima, que independientemente para cada región, faculta su reproducción de lo contrario sería adaptación, que se manifiesta por la gran exuberancia en su desarrollo vegetativo, característica en las zonas donde llueve mas de 2000 mm anuales.
- b. La temperatura promedio requerida en cada raza. En clima frío se aclimata la mexicana, en clima templado la guatemalteca y en clima cálido la antillana (24).

3.1.6 Demanda Mundial del Aguacate

Para 1993, Estados Unidos presenta la mayor importación con 20,504 toneladas métricas (TM), presentando su época de demanda de febrero a junio; seguido de Francia con 83,076 TM y un tercer lugar lo ocupa el Reino Unido con 17,358 TM, ambos presentan su época de demanda de diciembre a mayo (31).

3.1.7 Producción en Centroamérica

La producción centroamericana se centraliza en Costa Rica, El Salvador y Guatemala, siendo el Salvador el principal con 60% de la producción de Centro América, 20% para

Guatemala y el resto en Costa Rica. En los últimos años el consumo en Centroamérica ha aumentado por lo que las importaciones se han venido incrementando para completar la demanda con la producción local (17).

3.1.8 Mercado del Aguacate

Según Orozco (31), el mercado mundial lo componen Estados Unidos, Europa, Japón, Canadá, México y Centroamérica, para el caso de Guatemala, según datos del Banco del Guatemala sobre exportaciones de aguacate (Cuadro 26 "A"), el mayor importador es El Salvador con un promedio de 2,130.08 TM, aunque es de resaltar que la mayor cantidad de producto importado fue durante el año 1995 con 3,763,359 Kg equivalentes a 3763.36 TM y el año más bajo 1,997 con 1,135.13 TM seguido por Honduras con 1,314.15 TM, quien registro su mayor importación en 1,999 con 3027.90 TM y quien apunta a un mercado potencial para Guatemala; luego aparece Costa Rica con 212.22 TM y Nicaragua con 17.69 TM datos correspondientes del año 1,994 a marzo del 2,001.

3.1.9 LA SEMILLA

A. Definición

Son varias las definiciones de semilla que se han encontrado, a continuación se presentan algunas de ellas.

La semilla es una estructura en reposo. Por lo regular está deshidratada, compuesta principalmente por tejido de reserva y rodeada por una cubierta esencialmente impermeable (11). Deriva del rudimento fertilizado, es el sitio del parcial desarrollo del nuevo esporófito (embrión) y juega el papel más importante en la continuidad entre generaciones sucesivas (43).

Para Padilla (32), La semilla, es el medio principal para perpetuar de generación en generación la mayoría de las plantas (ya que algunas, se regeneran vegetativamente) y gran parte de las especies leñosas. La vida de la semilla es una serie de eventos biológicos que comienza con la floración de los árboles y termina con la germinación de la semilla madura (44). La semilla de un árbol es un óvulo maduro que consiste de un embrión y un endosperma envueltos de cubiertas seminales (32).

Newnam (29), considera la semilla como un individuo específico en estado de reposo, capaz, mediante el estímulo de una excitación especial, de pasar de dicho estado vegetativo para continuar las manifestaciones de la especie que presenta.

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

B. Morfología de la Semilla

El embrión se forma por división del cigoto y se inserta en el saco embrionario por un suspensor, zona morfológicamente diferenciada que procede de la célula proximal o la célula orientada hacia el micrópilo. Del extremo apical del embrión se origina una o dos protuberancias, según se trate de monocotiledóneas o dicotiledóneas, quedando entre ambas, en el último de los casos el meristemo apical epicotíleo (42).

Para Rojas (37), hay semillas que conservan un endosperma, derivado de una triple fusión entre dos núcleos y un gameto masculino que tiene como función principal almacenar sustancias de reserva sintetizadas durante su desarrollo. Cuando la semilla madura cae al suelo, se inicia en la mayor parte de los casos el período en el que los tejidos reducen su actividad metabólica al mínimo. Este período, que se define con el nombre de letargo, marca un compás de espera para el potencial nuevo de la planta, mientras duran las condiciones especiales adversas para la germinación (8).

C. Selección de semillas

La producción de plántulas que son empleadas como portainjerto de las variedades comerciales interesantes para el fruticultor se inicia con la adecuada selección de las semillas o huesos de aguacate (45).

Al realizar la mencionada selección tener en cuenta que:

- a. Cuando se seleccionen las semillas cuidar que procedan de variedades adaptadas a la región donde serán sembradas. Usar semillas de variedades antillanas para zonas con

escasa altitud sobre el nivel del mar; usar semillas de variedades guatemaltecas para zonas tropicales y subtropicales, húmedas y de altitud media; y sembrar semillas de variedades mexicanas en zonas subtropicales o templado calurosas o en aquellas regiones donde las estaciones seca y lluviosa están bien definidas (45).

- b. Obtener semillas de árboles sanos cuya apariencia sea fuerte o regular. Los especialistas en viveros acostumbran mantener sus árboles semilleros en lugares apartados de la plantación, pero en el caso de poseer suficiente espacio para sembrar árboles semilleros apartados, se recomienda usar semilla procedente de árboles cuya producción es regular y cuyo fruto tienen algunas uniformidades. Esto permite el uso de variedades nativas, de variedades comerciales puras y no el de híbridos (45).
- c. Sacar semillas de frutos que muestren buena madurez, porque es cuando la semilla está totalmente desarrollada y puede germinar fácilmente. Evitar recoger semillas del suelo y después sembrarlas para producir portainjertos (45).
- d. Elegir frutos grandes y que no tengan manchas o picaduras de insectos. El fruto indica, de alguna manera, el tamaño de la semilla que está en él, y se ha comprobado que el tamaño de los plántones obtenidos es mayor cuando la semilla es grande. Si se eligen exclusivamente las frutas de gran tamaño, entonces unificar el tamaño y conformación de los portainjertos, con lo cual se obtienen plántales uniformes y se allana la preparación para otras labores culturales (45).

Toda semilla para germinar necesita de tres características principales:

Primera: La semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar.

Segunda: La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni químicas para la germinación.

Tercera: La semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, oxígeno, luz, debido a las interacciones en el ambiente y condiciones específicas de letargo (20, 32, 47).

D. Preparación de las semillas

- a. Cuando se realiza el semillero o vivero, es necesario imponer un absoluto control fitosanitario, pues tanto la semilla como el injerto pueden ser transmisores de enfermedades virósicas o fungosas. Rechazar semillas de árboles enfermos; semillas manchadas, picadas o que tengan cualquier defecto (45).
- b. Obtener las semillas y sembrarlas lo más pronto posible; las semillas de muchas plantas tropicales que se desarrollan en condiciones de humedad y temperatura elevadas son de vida corta incluyendo en este grupo a plantas tales como la caña de azúcar, el árbol del caucho, la jaca, macadamia, aguacate, níspero del Japón, cítricos, cacao, café, y otras pudiéndose guardarse con un máximo de 15 días. Pasado ese tiempo estratificarla, es decir ponerla en un lugar fresco y oscuro, dentro de una caja que contenga arena, aserrín o musgo, en medio de capas que se mantengan húmedas (19,45).
- c. Antes de sembrarlas lavar las semillas con agua limpia y posteriormente, desinfectarlas de la forma más económica, sugiriéndose las dos formas siguientes:
 - i. Sumergir las semillas en 5,6-Dihidro-2-metil-N-fenil-1,4 oxatin-3-carboxamida y disulfuro de tetrametil tiuram (Vitavax), (18) durante 5 minutos para eliminar hongos (27).
 - ii. Colocar las semillas en agua caliente; a temperatura constante de 38 grados centígrados; cuidando que la temperatura no se eleve mucho porque las semillas se rajan y entonces ya no sirven; y si la temperatura es más baja no mata los hongos y bacterias (45) .

- d. Desinfectar las semillas, secarlas al sol y quitarles las membranas que cubren las semillas, después hacer el corte con una cuchilla bien afilada o navaja, para ayudar al embrión a nacer (45).
- e. Sembrar las semillas cortadas, cubrirlas con un centímetro de tierra y mantenerla con riego adecuado para favorecer el desarrollo de plantas fuertes (45).

3.1.10 REGULADORES DE CRECIMIENTO

Para Hartman & Kester (19), la capacidad de las plantas para adaptarse al medio y de los reguladores vegetales para alterar su patrón de desarrollo indica, por un lado, la plasticidad de la célula vegetal y, por otro, la versatilidad y potencialidad de los fitorreguladores.

Se sabe que las hormonas ejercen una función reguladora en el desarrollo normal de la planta. Se sabe también que las hormonas y reguladores pueden modificar el programa de desarrollo de las células vegetales. Tres hechos avalan esta afirmación: la respuesta de las plantas mediada por hormonas a cambios en el entorno; la respuesta de las células vegetales a diferentes fitohormonas cuando crecen en un cultivo in vitro, y la base molecular de la acción de ciertos fitopatógenos.

A diferencia de los animales, las plantas manifiestan una notable capacidad para responder ante los cambios del entorno modificando su velocidad de crecimiento e incluso su programa de desarrollo.

Según la proporción de auxinas y citoquininas, las células pueden originar tallos, raíces o tejido indiferenciado. Las proporciones apropiadas difieren de unas especies a otras; de ahí que la regeneración de las plantas dependa tanto de los fitorreguladores utilizados como de las especies en las que se ensayan.

La acción hormonal depende, pues, de la concentración de la hormona, de la presencia en características del receptor y de los elementos que están involucrados en la cadena de transducción de la señal (16).

De acuerdo con Bidwell (5), gran parte del desarrollo de las plantas está medido por estímulos generados en el interior de sus órganos o como resultado de la organización que han alcanzado.

Además, el desarrollo puede ser afectado o controlado por hormonas compuestas que se sintetiza en un lugar del organismo y se transportan a otro, donde actúan regulando el crecimiento, desarrollo y metabolismo de modos específicos y a muy bajas concentraciones (5).

Los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos que en pequeñas cantidades, fomentan, inhiben o modifican de alguna otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal, pudiendo sustituir en algunos casos el efecto de los factores ambientales sobre los procesos de crecimiento y desarrollo. El término regulador se le aplica a los compuestos sintéticos y además, a las hormonas (5, 11, 47).

A. Giberelinas (GA3C19H22O6)

Bidwell & Hartman citados por Gálvez (14), estipulan que el descubrimiento de la giberelina es atribuido a Kurosawa (19,26),+ denominado a la enfermedad Bakanaa, producida por un ascomiceto, *Giberella fujikoroi*, (teleomorfo), *Fusarium moniliforme* (anamorfo).

Wareing, también citado por Barceló y colaboradores (3), dice que, las giberelinas son las que se les ha dado un papel más directo en la germinación. Cuando la semilla seca quiescente absorbe agua, aparece giberelina en el embrión y se trasloca a la aleurona (capa de 3 o 4 células de espesor que rodea al endospermo), donde ocasiona una nueva producción de α -amilasa. Esta enzima se desplaza al endospermo donde convierte al almidón en azúcar, el cual a su vez es traslocado a los puntos de crecimiento del embrión para proporcionar energía

para el crecimiento. Mientras que para Gálvez (14), en algunas otras semillas la giberelina promueve la inducción o estimulación de otras enzimas específicas, proteasas y lipasas.

Hartman & Kester (19), han reportado que el ácido giberélico, modifica los siguientes procesos: La germinación de las semillas, aumentando la velocidad de germinación, el crecimiento de las plantas la floración, la fructificación, el contenido de sustancia internas, induce partenocarpia e incluso ha logrado eliminar sintomatología de algunas enfermedades, principalmente virosas. El uso de giberelinas también produce la interrupción del letargo de semillas, tubérculos y yemas, así como la formación de amilasas en semillas.

Algunas giberelinas tiene 20 y otras 19 átomos de carbono, todas las últimas son ácidos monocarboxílicos, tienen el grupo COOH en la posición 7 y un carbonos, denominado kaureno (28).

Según Newnam (29), 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 plantas no tratadas.

El uso de las giberélinas pueden provocar cambios a nivel genético que estimulan a su vez la síntesis enzimática en las células, provocan la estimulación de la síntesis de ARN en las capas de aleuronas (25).

De acuerdo con Méndez (26), una teoría, sostiene que las giberélinas tienen relación con la síntesis del ARN mensajero, dirigido por el ADN producido en los núcleos tomando parte en el control sobre la expansión celular, así como de otras actividades del crecimiento y desarrollo vegetal.

Las giberelinas pueden provocar la expansión, mediante la inducción de enzimas que debilitan las paredes celulares. Su efecto se debe a la estimulación de la división y

alargamiento celular, predominando el aumento de división. El efecto principal es la estimulación de la mitosis en el meristemo subapical (26).

Cabe señalar que el efecto principal de las auxinas es el alargamiento de las celular, por lo tanto la aplicación de giberelinas produce, en muchos casos, un aumento importante de las auxinas endógenas. Algunos investigadores opinan que el efecto de la auxinas es indirecto y se produce por medio de las giberelinas. Sin embargo, otros efectos no son producidos por las auxinas (26).

Según Jara (20), muchos fisiólogos de vegetales piensan que la germinación es regulada por equilibrios entre diversas sustancias promotoras e inhibidoras, siendo la giberélna el principal motor y la que cumple con un papel más directo en la germinación y el ácido abscisico el inhibidor.

a. **Lugares de síntesis de giberelinas**

Se producen giberelinas en ápices de tallos y raíces, en hojas jóvenes, partes florales, semillas inmaduras y embriones en germinación. Parece que las giberelinas se producen cuando se necesitan, ya que en semillas en germinación hay un aumento brusco que luego va descendiendo, probablemente por inactivación, una vez que no son necesarios los niveles elevados de hormona (3).

b. **Fisiología de las giberelinas**

Cuando se añaden giberelinas de forma exógena, la respuesta que obtenemos no será fisiológica, sino una respuesta en general óptima. Además, en el caso de añadir una giberelina específica, ésta a lo sumo coincidirá con una de las naturales que contiene la planta. Por tanto, si un proceso no responde a la adición de giberelina exógena, no puede decirse que no es regulado por giberelinas, pues puede suceder que no le apliquemos la giberelina específica que regula el proceso (3).

Barceló y colaboradores (3), indican que los cambios en el tamaño de las plantas producidas al aplicar giberélnas, hace plantearnos la cuestión de sí estos resultados son

cambios en el número de células, en el tamaño de las mismas o combinación de ambos. Hoy está perfectamente demostrado que el último caso es la consecuencia de giberélinas. La influencia de las giberélinas sobre el crecimiento puede efectuarse a través de cada una de las regiones del tallo que contribuyen al crecimiento longitudinal: el meristemo apical, el subapical y la zona de elongación. En el meristemo subapical la actividad mitótica si está regulada por el nivel de giberelinas (3).

c. **Mecanismos de acción de las giberélinas**

i. **Giberélinas y metabolismo de los ácidos nucleicos**

De acuerdo con Barceló et al. (3), las giberelinas actúan a nivel genético, es que estimulan la síntesis de moléculas específicas de ácido ribonucleico mensajero que participen en la síntesis de enzimas reguladoras del crecimiento. Esto ha sido demostrado en semillas de cebada en las que se determinó un aumento de la actividad α -amilasa, siendo este incremento de la actividad α -amilasa consecuencia de una síntesis de novo de la enzima. Posteriormente se comprobó que la giberéлина se forma en el escutelo y el embrión, y desde ahí va hacia la capa de aleurona, formada por células vivas que envuelven al endospermo en respuesta al estímulo de las giberelinas, las células de aleurona forman enzimas de novo, entre otras: proteasas, α -amilasa, ARN-asa, pentosanosas, etc. El Ácido Ribonucleico (ARN) interviene en este proceso, ya que es necesaria la presencia continua de giberelinas para que haya síntesis de ARN y de α -amilasa.

El aumento de la actividad α -amilasa, se detecta a partir de las cuatro horas de la aplicación de las giberelinas. El aumento de síntesis de ARN, se comienza a detectar a partir de las seis horas y, sin embargo, el aumento del crecimiento, todo ello en plantas de guisante se detecta a los veinticinco minutos (3).

Al aplicar las giberelinas se liberaría α -amilasa preformada que daría lugar a la respuesta de crecimiento y una respuesta a largo plazo, se produciría una síntesis de novo de α -amilasa (3).

ii. Giberélinas y membranas

Barceló y colaboradores (3), indican que existen datos experimentales que implican una relación hormona-membrana como responsable de su mecanismo de acción. Las membranas implicadas son el plasmalema o retículo endoplasmático. Las giberelinas podrían actuar aumentando la permeabilidad de las membranas que encierran los lisosomas de las células de la capa de aleurona. Como consecuencia, las enzimas encerradas en ellos difunden más fácilmente al endospermo adyacente.

Se ha demostrado un aumento del retículo endoplasmático a una o dos horas de haber aplicado giberelinas, siendo este aumento previo al aumento de α -amilasa, además de que aún antes de que se detecte aumento de α -amilasa se observa un aumento de algunos componentes de la membrana (fosfolípidos y lectinas) (3).

iii. Giberélinas como inductoras de auxinas

Tras la imbibición, el embrión produce giberelinas que difunden hacia las células de la capa de aleurona, induciendo o liberando enzimas hidrolíticas, entre otras, proteasas, que a su vez liberan aminoácidos, incluyendo triptófano. Estos aminoácidos llegan al primordio del coleoptilo y al llegar al ápice se convierten en ácido indolacético (AIA), y todo lo que sucede a partir de aquí es consecuencia de la formación de AIA. Por otra parte, las giberelinas pueden influir sobre la actividad AIA-oxidasa que, normalmente, durante la germinación experimenta un aumento, pudiendo regular esta peroxidasa el nivel de AIA a través de su oxidación (3).

iv. Influencia de los factores ambientales y otras hormonas sobre las giberelinas

Para Barceló et al. (3), de los factores ambientales, el de más clara influencia es la luz. Las giberelinas se oponen a la inhibición del crecimiento del tallo causada por la luz en guisantes, calabazas y otras plantas.

A mayor cantidad, el aumento de giberelinas puede inhibirse iluminando con luz del rojo lejano. Otro aspecto de luz que influye sobre el contenido de giberelinas es el fotoperíodo y así se ha visto que las giberelinas pueden sustituir el fotoperíodo en

plantas de día largo, lo que llevó a pensar que un efecto de día largo sería incrementar la síntesis de giberelinas y efectivamente así se ha demostrado en algunas especies.

La luz lo que ocasiona es la liberación de giberelinas unidas a membranas, el ácido abscísico más que actuar sobre la fotosíntesis lo haría sobre la permeabilidad de la membrana (3).

Otro factor ambiental que también ejerce una importante influencia sobre el contenido de giberélinas es la temperatura, cuya influencia se ha estudiado en relación con la ruptura del período de dormición en semillas (estratificación) y en la inducción de la floración (vernalización). En ambos casos, la aplicación de giberelinas puede sustituir el tratamiento por el frío, que aumenta con el contenido de giberelinas (3).

Otra hormona a la que se le atribuye un papel de inhibidor de la biosíntesis de las giberélinas es el ácido abscísico (3,19).

3.1.11 LA ESCARIFICACIÓN

La escarificación es un tratamiento mediante el cual se logra que la cubierta seminal se haga permeable al agua y/o a los gases (29).

Las semillas de algunas especies poseen una cubierta dura y cutinizada que impide totalmente la imbibición de agua y a veces también el intercambio de gases. Sin imbibición e intercambio de gases son imposibles la renovación del crecimiento embrionario y la germinación. Para Ray (34), los tratamientos previos para romper la latencia física de la cubierta tienen por finalidad ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla permeable sin dañar el embrión y el endosperma que están en su interior.

Newnam (29), indica que 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.

Son dos las causas que contribuyen con una defectuosa germinación

- a. 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 emerja rompiendo el epispermo de la semilla, aunque haya pasado agua y oxígeno.
- b. Condiciones del embrión como maduración y latencia tardías y presencia de determinados inhibidores almacenados en la semilla, que impiden la germinación.

En la naturaleza las cubiertas duras de la 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.

Artificialmente esta deficiencia se puede superar con los siguientes tratamientos

- i. Escarificación de las semillas con limas, lijas, y vasos de agitación.
- ii. Inmersión en agua caliente y en agua hirviendo.
- iii. Congelamiento por inmersión en nitrógeno líquido (a 190 grados centígrados bajo cero)
- iv. Presiones hidrostáticas elevadas (2,000 atmósferas).
- v. Vibraciones de alta frecuencia
 - ▣ Ataque por ácido sulfúrico concentrado.
 - ▣ Lavados con etanol y otros disolventes (29).

La escarificación puede agruparse en dos tipos

- a. Escarificación mecánica.
- b. Escarificación química (29).

Para Newnam (29), 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.

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 (29).

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 semilla relativamente grandes (29).

3.1.12 LA GERMINACIÓN

Para Newnam (29), el fenómeno de la germinación puede definirse como una cadena compleja de cambios que empiezan con la absorción, de agua y que conducen a la ruptura de la cubierta seminal por la radícula o la plúmula. Estos cambios van acompañados por divisiones y agrandamiento 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.

Jara (20), conceptualiza la germinación como el proceso de reactivación del metabolismo de la semilla y la emergencia de la radícula (raíz) y la plúmula (tallo), con conducentes a la producción de una plántula. Fisiológicamente la germinación comienza con las etapas iniciales de reactivación bioquímica y termina con la emergencia de la radícula.

Cuando el embrión que esta dentro de la semilla reinicia su crecimiento, el problema primario es lograr el crecimiento y desarrollo de un sistema radicular así como de órganos fotosintéticos que la hagan autosuficiente respecto a la obtención de agua minerales y producción fotosintética. Para su crecimiento inicial, la plántula depende de las reservas alimenticias que se encuentran dentro de la semilla y la utilización de estas reservas, a su vez, dependen de mecanismos que produzcan una transformación regulada de los productos de

reserva a una forma que pueda ser transportada a las regiones de crecimiento de la plántula. Ésta movilización se debe ante todo a la acción de los tejidos de almacenamiento (endospermo o cotiledones) de enzimas hidrolíticas como las amilasas que convierten el almidón en azúcares las proteasas que desintegran las proteínas en aminoácidos las nucleasas que hidrolizan los ácidos nucleicos a nucleótidos y las lipasas que dividen las grasas en glicerol y ácidos grasos. La actividad de estas hidrolasas en la semilla se incrementa en las primeras etapas de la germinación, conduciendo a una desintegración rápida de los materiales de reserva (19,20,42).

La germinación de la semilla es un fenómeno biológico, que puede interpretarse como la continuación del crecimiento del embrión, el cual a sido temporalmente interrumpido durante la formación de la semilla. Durante el desarrollo de la germinación intervienen eventos genéticos, metabólicos, anatómicos y bioquímicos. Básicamente supone la activación metabólica de la semilla hasta que se da origen a una plántula normal, durante la formación de las semillas, se producen y almacenan reservas en el endospermo (monocotiledóneas) o los cotiledones (dicotiledóneas) (19,20).

La germinación de la semilla es un proceso del embrión hasta la formación de la plántula. Se precisa en el concurso de una serie de factores fisiológicos, que requieren fundamentalmente humedad, luz, gases (principalmente oxígeno) y una adecuada temperatura. Este proceso ocurre después de la diseminación de las semillas, si las condiciones ambientales son propicias (29).

A. Control de la germinación de las semillas

Según Reyes (35), a medida que la semilla madura, el embrión entra en un período de latencia que impide que la semilla germine dentro del fruto que la a producido. Esta condición desaparece más o menos con rapidez después de la liberación de las semillas en muchas plantas tropicales y de cultivo, posiblemente por procesos de inactivación metabólica de los inhibidores de crecimiento derivados del fruto, denominado a este fenómeno "postmaduración". Una vez que se ha completado la postmaduración, se puede iniciar la germinación si se proporciona humedad y se llenan ciertos requerimientos críticos de temperatura ya sea máximos o mínimos según las características de las especies.

Para Duffus & Colin (12), la germinación es un proceso de cambio: el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen.

B. Proceso de germinación

El proceso de germinación comprende tres estadios: El primer estadio de la germinación, activación o despertar, puede completarse en un período de minutos o de horas.

De acuerdo a Hartman (19), la semilla seca absorbe agua, el contenido de humedad aumenta con rapidez y luego se estabiliza. La absorción inicial de agua significa la imbibición de la misma por los coloides de la semilla seca, lo cual ablanda las cubiertas de la semilla y ocasiona hidratación del protoplasma. Como resultado de ello, la semilla se hincha y sus cubiertas pueden romperse.

Los componentes del sistema de sintetización de proteínas de las células (diversas moléculas de ADN y ARN) se activan. Se formaron durante el desarrollo de la semilla y se volvieron inactivos a medida que maduró la semilla. Después de la absorción de agua, este sistema es reactivado para permitir la continuación de la síntesis de proteínas (19).

El segundo estadio de la germinación significa digestión y translocación. La absorción de agua y la respiración ahora continúan en un ritmo constante. Los sistemas celulares se han activado y los sistemas de síntesis de proteínas están funcionando para producir diversas nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, ácidos nucleicos, etc. Aparecen enzimas y empiezan a digerir materias de reserva (grasas, proteínas, carbohidratos) contenidas en los tejidos de almacenamiento (cotiledones, endospermo, perispermo o megametófito) a compuestos químicos más sencillos: estos compuestos luego son translocados a los puntos de crecimiento del eje embrionario para usarse en el crecimiento y la formación de nuevas partes de la planta (19).

Las grasas y los aceites (los constituyentes alimenticios principales de las semillas de las plantas superiores) se convierten enzimáticamente a ácidos grasos y finalmente a azúcares. Las proteínas de almacenamiento, presentes en la mayor parte de las semillas, constituyen una fuente de nitrógeno fundamental para la plántula en crecimiento. El almidón, presente en muchas semillas como una fuente de energía, se convierte en azúcar (19).

El tercer estadio de la germinación de las semillas consiste en la división celular en los puntos de crecimientos separados del eje embrionario seguida de la expansión de las estructuras de la plántula. (El alargamiento celular y la emergencia de la radícula son indicadores tempranos de la germinación y pueden marcar la terminación del primer estadio. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento parece ser independiente de la iniciación del alargamiento de la célula y puede no intervenir en forma directa con la emergencia de la radícula). Una vez que principia el crecimiento en el eje embrionario, aumenta el peso fresco y el peso seco de la plántula pero disminuye el peso de los tejidos de almacenamiento. La respiración, medida por la absorción de oxígeno, aumenta en forma constante con el avance del crecimiento. Finalmente, cesa la actividad metabólica en los tejidos de almacenamiento excepto en las plantas en que los cotiledones se vuelven activos en la fotosíntesis (19).

Para William (48), en la mayor parte de los casos, puede considerarse que el proceso continuo de germinación esta compuesto de dos fases principales.

- a. Inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por el crecimiento y diferenciación del mismo apoyado por la utilización de material de reserva embriónica inmediata.
- b. Crecimiento continuo del embrión apoyado por el flujo de productos de la hidrólisis de los cotiledones o reservas alimenticias extraembriónica tal como el endospermo. Esta fase continúa hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere por haberse terminado las reserva alimenticia.

C. Factores ambientales que intervienen en la germinación

a. La luz

La luz tiene un efecto importante en la latencia de la semilla de algunas especies. La luz es generalmente efectiva solo cuando la semilla ha sido hidratada. Las semillas que no se encuentran en latencia pueden ser hidratadas y germinadas en la oscuridad. El efecto de la luz a menudo interactúa intensamente con el efecto de la temperatura (4,21,22).

Correa (9), indica que existen teorías para explicar el efecto de la luz en la germinación; basada en: 1) La existencia de un pigmento que absorbe la luz y 2) Que una reacción fotoquímica es el primer paso.

i Incidencia de la luz en la germinación

En muchas semillas, la germinación es inducida por la luz. Esta evidencia indica que el sitio de activación producido por la luz en las semillas es el fitocromo. Los requerimientos de luz para la germinación en general se encuentran en semillas pequeñas. Es indudable en que su valor consiste en impedir que la semilla germine cuando está demasiado enterrada como para llegar a ser una plántula que tenga éxito. Estas semillas germinan cuando sean sacadas a la superficie por disturbio o labranza de terreno. El proceso de germinación involucra ciertos aspectos importantes de comportamiento controlados por la luz, que ayudan a resolver los problemas que tiene el brote joven para salir a la superficie del suelo. La respuesta a la luz, controlada por el fitocromo sirve para asegurar que los brotes de las semillas que germinan a cierta distancia debajo de la superficie del suelo, se alarguen con rapidez (34).

b. Temperatura

La temperatura es el factor más importante que afecta las reacciones bioquímicas dentro de la semilla. Las temperaturas más efectivas para la germinación son similares a las del medio natural en donde las temperaturas del suelo son relativamente frías al inicio de la primavera, pero aumentando a medida que avanza la estación. En embriones separados de la semilla, no sometidos a postmaduración, se ha demostrado que el achaparramiento fisiológico resulta de la exposición de los meristemos apicales a temperaturas de germinación cálidas (19).

Los requerimientos térmicos de la semilla se agrupan en: a) Máxima temperatura de germinación: Es la máxima temperatura en la cual las semillas germinan; b) Mínima temperatura de germinación: Es la mínima temperatura en la cual las semillas germinan y c) Óptima temperatura: Es la temperatura en la cual se obtiene la máxima germinación en el menor tiempo. Estas temperaturas no caracterizan rigurosamente el tiempo de germinación, porque ésta es variable. Sus valores dependen del tiempo de incubación y mientras mayor es éste, mayor es el desplazamiento de la óptima hacia valores más bajos, es más frecuente que una semilla este sujeta a temperaturas fluctuantes más bien que fijas, la variación puede ser diaria o estacional (9, 21, 37).

Según Rojas (37), la germinación de semillas es un proceso complejo, comprendiendo diversas fases. Los efectos de la temperatura en la germinación reflejan apenas una consecuencia global habiendo un coeficiente único que caracteriza a la germinación. Los efectos de temperaturas sobre la germinación pueden ser también influenciados por condiciones fisiológicas de la semilla.

c. **Humedad**

La humedad es el factor más importante para la emergencia del embrión, sin embargo un exceso de humedad podría facilitar la producción de patógenos en el semillero y por ende el bajo suministro de oxígeno, provocando una baja o nula germinación (37).

Debido a su naturaleza coloidal, las semillas secas tienen un gran poder de absorción para el agua, tanto en almacenamiento como en el medio de germinación, dependiendo de la naturaleza de la semilla, la disponibilidad de agua en el medio circundante y de la temperatura. Las temperaturas elevadas aumentan la absorción de agua. Una vez que la semilla germina, la provisión de agua de la plántula depende de la capacidad de la radícula para crecer en el medio de germinación y de las nuevas raíces para absorber el agua (19).

La humedad proporcionada a la semilla en germinación puede afectar tanto el porcentaje como a la velocidad de germinación. El porcentaje de germinación tiende a ser igual en la

mayor parte del rango de disponibilidad de agua en el suelo desde que esta a su capacidad de campo (CC) hasta el punto de marchitez permanente (PMP). Las diferencias entre especies se hacen evidentes a medida que el suelo se aproxima a la sequedad (PMP). Algunas semillas germinan sólo con una humedad por arriba del PMP, otras pueden germinar con contenido inferior a ese porcentaje (19).

De acuerdo a Hartman (19), la velocidad de la emergencia de las plántulas de la cama de las semillas, está influenciada sobre todo, por la provisión de humedad disponible. Desde un punto aproximadamente a la mitad del rango entre CC Y PMP hay una disminución en la velocidad.

La disponibilidad de agua para la semilla en germinación puede ser limitante en condiciones donde no hay presente exceso de agua o agua libre. Son importantes dos propiedades del medio de germinación denominadas potencial de la matriz y potencial osmótico.

El potencial de la matriz es la capacidad del agua para moverse por capilaridad de los poros del suelo a la semilla. La velocidad del movimiento depende de la estructura porosa del medio de germinación y de la cercanía y distribución del contacto entre el suelo y semilla. A medida que la semilla resta agua del suelo, el área más próxima a ella se seca y la humedad debe volverse a proveer de agua que se encuentre en poros más lejanos.

El potencial osmótico depende de la presencia de solutos (sales) en la solución del suelo. Un exceso de sales solubles en el medio de germinación puede inhibirla y reducir la población de plántulas. Esas sales pueden originarse en el suelo y en otros materiales usados en el medio de germinación, en el agua de riego o por fertilización excesiva.

Puede resultar difícil mantener una provisión continua y adecuada de agua debido a que la germinación se efectúa en la superficie superior del medio de germinación, la cual esta sujeta a fluctuaciones de temperatura y de provisión de humedad (19).

Entre los métodos para mantener una provisión uniforme de la humedad para la semilla se tienen: riegos frecuentes o continuos, siembra profunda, empleo de un medio de germinación de la densidad adecuada y apretado en forma apropiada alrededor de las semillas. Por otra parte, el riego excesivo acompañado de mal drenaje reduce la aireación en el medio de germinación y favorece el ahogamiento. A veces se remojan las semillas antes de plantarlas para iniciar el proceso de germinación y acortar el tiempo requerido por las plántulas para emerger del suelo. Esos tratamientos pueden ser ventajosos con semillas que normalmente son lentas para germinar, que son duras y secas o cuando existen ciertas condiciones de letargo (19).

d. Oxígeno

Para Jara (20), la cantidad de oxígeno presente en el medio de germinación es afectada por su poca solubilidad en el agua y su lenta difusión en el medio. En consecuencia, el intercambio de gases en el medio de germinación y la atmósfera, donde la concentración de oxígeno es de 20% puede reducirse de manera significativa profundidad del suelo y en particular por una costra dura superficial que puede limitar la difusión de oxígeno.

La provisión de oxígeno esta delimitada en forma muy decisiva cuando hay un exceso de agua en el medio. Las camas para semillas mal drenadas, en especial después de lluvias o riegos copiosos, puede tener los poros del suelo tan llenos de agua que hay poco oxígeno disponible para las semillas (20).

Las semillas de diferentes especies varían en su capacidad para germinar en condiciones de presiones bajas de oxígeno, como ocurre bajo el agua (20).

Es probable que en la mayoría de las semillas exista alguna restricción física a los movimientos de los gases (en particular de oxígeno) hacia el embrión embebido, debido ya sea a la cubierta membranosas interna de la semilla, a la nucela o al endospermo. Algunas semillas recién cosechadas, latente, que responden a la luz y son sensibles a las temperaturas, germinan si se extrae el embrión, se alteran las cubiertas de la semilla o ésta se expone a una concentración de oxígeno superior a la que se encuentra en la atmósfera. Estos efectos de

permeabilidad son operantes solo durante las etapas iniciales de la germinación, debido a que una vez de que ésta ocurre y las cubiertas de la semilla se rompen, se altera por completo la capacidad para el intercambio de gases (20).

e. Sustratos

Los sustratos tienen como función mantener una proporción adecuada entre la disponibilidad de aire y agua. Nunca deben ser humedecidos en exceso, esto hace que el agua envuelva a la semilla impidiendo el paso de oxígeno. Las características deseables del sustrato son: Libre de sustancia tóxica que afecten las plantas, libre de microorganismos, éstos tienen la capacidad de penetrar el oxígeno y el agua. Los tipos de sustratos utilizados en la germinación son: papel filtro, arena, papel toalla, papel crepé y algodón. El tipo de sustrato depende de la semilla, su tamaño y la exigencia de luz (21,33).

Córdoba (8), indica que por suelo debe entenderse el sustrato sólido formado por la roca madre y los materiales de esta roca alterados por agentes físicos, químicos y biológicos. Las modificaciones que todos estos agentes causan sobre las rocas forman una capa apelmazada, porosa, embebida en agua, rica en nutrientes móviles, inorgánicos u orgánicos. La propiedad principal del suelo, bajo el punto de vista de la nutrición mineral de las plantas es su capacidad de retención de las sustancias minerales y la posibilidad de que estas sustancias sean móviles o inmóviles.

La germinación de las semillas puede ser fuertemente modificada por el tiempo que permanece en el suelo y por las interacciones que estas tienen con el complejo ambiente edáfico que los rodea. Factores de naturaleza tan diversa como efectos a largo plazo de factores físicos como luz y temperatura del suelo, factores químicos como iones y compuestos orgánicos de la solución del suelo que las semillas absorben. Sin embargo su estudio resulta de una complejidad mucho mayor que el de los factores físicos del microclima. Con el objeto de tener una idea preliminar de la cual podría ser el efecto a nivel multifactorial del suelo sobre las semillas, se han realizado experimentos de almacenamiento de semillas en condiciones edáficas naturales para conocer los cambios que ocurren en las respuestas germinativas, expresadas en germinación, bajo los tratamientos de la luz y temperaturas controladas, en

condiciones naturales como cámaras de germinación. Los resultados obtenidos hasta ahora han demostrado que las especies difieren por las respuestas a su potencialidad de permanecer viables en el suelo (4, 22, 47).

D. Factores internos que afectan la germinación

a. Letargo

La maduración de las semillas incluye el desarrollo de mecanismos internos que controlan el inicio de la germinación de tal manera, que ésta coincida con períodos del año en que es más probable que se presenten condiciones ambientales favorables para la supervivencia de las plántulas. En la semilla de la mayoría de las plántulas un método de control es la reducción del contenido de humedad a un nivel inferior al que se requiere para la germinación, pero la mayoría de las semillas recién cosechadas tienen mecanismos adicionales que impiden la germinación aun cuando las condiciones del medio parezcan favorables.

Para Hartman (19), el término letargo tiene una amplia aplicación para indicar la falta de crecimiento de cualquier parte de planta debida a factores inducidos externa o internamente. Los técnicos en semillas definen una semilla latente, como el letargo debido a condiciones que se presenta dentro de la semilla (distintas a la falta de viabilidad). En este sentido, una semilla latente es aquella que no llega a germinar aun cuando ha absorbido agua y esta expuesta a niveles favorables de temperatura y oxígeno. Si la semilla puede germinar de inmediato al absorber agua se dice que su embrión está quiescente o no latente.

Cuando al tiempo de la maduración en la planta, existen dentro de la semilla condiciones que impiden su germinación, su estado es llamado letargo primario. El letargo puede ser transitorio durar solo unos cuantos días y desaparecer con el manejo normal en almacenamiento en seco o requerir para su remoción, de tratamientos largos y complejo. Una vez que la semilla ha pasado por un período de postmaduración, puede de nuevo volver al estado de letargo si la semilla que ha absorbido agua es expuesta a condiciones en especial desfavorables, llamándose a esto letargo secundario (19).

i. Categorías del letargo

Según Nikolaeva, citada por Hartman (19), el letargo de las semillas se produce por diversas causas fisiológicas, las cuales se pueden clasificar en diversos grupos:

Grupo A: Semillas en las que la regulación ocurre en las cubiertas externas no vivientes pero en que el embrión mismo es quiescente.

- Letargo de las cubiertas de la semilla. Las semillas no llegan a absorber agua sino hasta que la cubierta es modificada por métodos naturales o artificiales.
- Cubiertas duras de la semilla resistentes a la expansión del embrión. Es probable que pocas semillas no germinen sólo por esta causa, pero puede ser un factor para retardar la germinación de las semillas con cubiertas duras o con pericarpios endurecidos.
- Cubiertas de semillas que contienen inhibidores químicos. En muchas plantas se producen sustancias químicas específicas que impiden la germinación de las semillas. Por lo común, se les encuentra en el pericarpio, como en el jugo de los frutos carnosos o en las cubiertas seca que son retenidas por las semillas de algunas planta.

Grupo B: Semillas con embriones morfológicamente poco desarrollados (rudimentarios). El tamaño del embrión varía desde aquellos muy pequeños hasta los que llenan por completo las cubiertas de la semilla. Su proporción respecto a los tejidos de almacenamiento (endospermo y perispermo) también varía. Los embriones que en el tiempo de la maduración del fruto son muy pequeños deben aumentar de tamaño antes de que se efectúe la germinación.

Grupo C: Semillas con letargo interno (endógeno). La germinación es regulada por los tejidos internos de la semilla, esto es, el embrión, el endospermo circundante y la capa tegumental interna o ambos.

- **Letargo fisiológicamente superficial.** Se encuentra en la mayoría de las semillas recién cosechada y desaparece en un período de días o mese con el almacenamiento en seco. La regulación parece provenir de la actividad fisiológica de la cubierta interna de la semilla o de las capas del endospermo, permaneciendo el embrión mismo relativamente quiescente.
- **Letargo fisiológicamente interno.** En este tipo de letargo la regulación por la cubierta de las semillas resulta de mayor significación que las condiciones dentro del embrión.
- **Letargo fisiológicamente profundo.** Aquí la regulación se encuentra en forma predominante en el embrión, aunque parece que también intervienen las cubiertas de la semilla. Dentro de este grupo se presentan variaciones del tamaño del embrión respecto al endospermo que van de pequeño, intermedio y completo.

Tan pronto que el embrión comienza a crecer se requiere de energía. Inicialmente esta energía la provee la misma semilla, la cual se obtiene en el proceso de respiración, durante el mismo se consume la reserva de alimentos (47).

ii. Factores del letargo que afectan la germinación de las semillas

Cubiertas duras de las semillas

De acuerdo a Hartman (19), la impermeabilidad de las cubiertas de las semillas al agua es un factor de principal importancia en el mantenimiento del letargo de la semilla de especies de ciertas familias. La dureza de las semillas depende de la naturaleza genética de la especie y del cultivar, de las condiciones ambientales prevalecientes durante la maduración de la semilla y de aquellas existentes durante su almacenamiento.

La impermeabilidad de la cubierta de la semilla se debe a una capa de células macroesclereidas semejantes a las células de empalizada, con una pared en especial engrosada en su superficie externa y con una capa de sustancias cerosas, cuticulares en

su exterior. La desintegración de las capas de esas células o un esfuerzo mecánico que las separe puede permitir la entrada del agua y producir la germinación. El hilo, parece que actúa como una válvula de paso en un solo sentido, abriéndose para permitir el escape del agua a una atmósfera seca pero cerrándose en un atmósfera húmeda para impedir la absorción de agua.

Inhibidores químicos

De muchas partes de las plantas se han extraído e identificado sustancias químicas que actúan como Inhibidores de la germinación de las semillas. Esas sustancias se producen durante el desarrollo del fruto y de la semilla y algunas de ellas se acumulan en el fruto, las cubiertas de la semilla y en el embrión. Se producen dos clases de dichas sustancias. Una clase comprende a subproductos de proceso metabólicos cuya presencia puede ser incidental aun papel en la regulación de la germinación. Una segunda clase incluye hormonas vegetales de ocurrencia natural que controlan, no sólo la germinación de la semilla sino el crecimiento y desarrollo de la planta en general (19).

La mayoría de los frutos carnosos o sus jugos, inhiben de una manera poderosa la germinación de las semillas (19).

Los inhibidores son una parte del sistema de control de la germinación que interviene en el letargo de semillas recién cosechadas, donde el sitio de control se encuentra en las cubiertas de las semillas y está influenciado por la luz y la temperatura o queda dentro del embrión. Se ha encontrado que el ácido abscísico está asociado en forma estrecha con la inhibición de la germinación, aunque no se conoce con certeza el mecanismo por medio del cual se ejerce dicha acción (19).

Presencia de capas de la semilla fisiológicamente activas

La mayoría de las semillas recién cosechadas tienen cubiertas fisiológicamente activas, formadas por la cubierta interior de la semilla (tegumento) y el endospermo. Algunas semillas son sensibles a adversas influencias ambientales como temperatura,

luz, y concentración de gases, así como La presencia de diversas sustancias químicas. La separación de los embriones evita estos impedimentos de la germinación, lográndose está de inmediato (19).

Los mecanismos, por los cuales se ejerce ese control sobre la germinación, en forma experimental se ha determinado que se encuentran los efectos de permeabilidad de gases, así como la presencia de sistemas endógenos inhibidores-estimuladores que responden a las señales del medio ambiente (19).

b. Parámetros de medición de la germinación y emergencia

Newnam (29), dice que la germinación y la emergencia se miden en dos parámetros: el porcentaje y la velocidad de germinación y emergencia. En los casos de germinación y emergencia lenta, la indicación del porcentaje de germinación y emergencia debe incluir una consideración del elemento tiempo, indicando el número de plántulas producidas en un periodo determinado. La velocidad de germinación y emergencia puede medirse con varios métodos, siendo uno de ellos determinar el número de días requeridos para lograr un porcentaje de germinación y emergencia específico.

El porcentaje de germinación y emergencia indican 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. Para obtener una buena prueba de germinación y emergencia es necesario por lo menos utilizar 400 semillas y dividir las en replicas de 100 semillas (29).

3.2 MARCO REFERENCIAL

La escarificación física y el ácido giberélico, han sido evaluados en diferentes semillas y en diferentes lugares con el fin de incrementar el porcentaje de germinación, a continuación se enumeran algunos estudios de ambos factores.

En Puerto Rico (1961), López y Ramírez, 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 (28).

En Hawaii (1979), Nagao, citado por Monroy (28), 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.

En Guatemala (1980), Barillas, escarifico mecánicamente semillas de *Leucaena leucocephala*, abriéndoles un pequeño agujero con un punzón, obteniendo mayor porcentaje de germinación (28).

En Guatemala, Velásquez (46); recomienda la eliminación de dos milímetros de espesor a la aureola de la semilla (escarificación); para estimular la salida de la raicilla de la nueva planta (portainjerto) donde dicho proceso de emergencia del portainjerto se obtiene en 45 días.

En Guatemala (1994), Aldana (2), escarificó mecánicamente semillas de aguacate para la producción de portainjertos, obteniendo los mejores resultados con semilla de mayor peso (mayores de 50 gr) y con corte en la parte inferior de la semilla, obteniendo portainjertos con altura de 36.11 cm y diámetros de 5.267 mm, después de dos meses y medio.

Weaver (47), señala que las giberelinas pueden terminar con el reposo de las semillas de muchas especies, aunque en algunos casos en que no se obtuvo resultado de aplicación de giberelinas exógenas, se señala que puede deberse a la falta de penetración debido a las cubiertas seminales.

Porter, N. y Gilmore, H. citados por Masaya (25), indican que el tratamiento con ácido giberélico, puede incrementar la germinación de semillas de *Solanum laciniatum* y *S. aviculare* en 90 y 80% en 3 semanas, bajo condiciones de laboratorio.

En San Carlos Alzatate, Jalapa, Guatemala (1998), Rodríguez (36), evaluó el efecto de la aplicación de 5 concentraciones de ácido giberélico en la inducción a la germinación de semilla escarificada de aguacate donde obtuvo que las concentraciones de 100 y 1000 ppm de ácido giberélico permiten obtener un mayor porcentaje de germinación (86.70%) y las concentraciones de 10 y 1000 ppm inducen en el menor tiempo la germinación (37.70 días).

González (15), en Caxaque, San Marcos, Guatemala (1998); obtuvo hasta 100% de germinación en semillas de aguacate, utilizando la escarificación física con un corte en la parte inferior de la semilla más 100 ppm de ácido giberélico.

Miller, citado por Orellana (30), indica que las giberelinas pueden estimular la germinación de las semillas sensibles a la luz, ya que muchos investigadores han observado que la giberelina reduce el tiempo de germinación de las semillas; pero no se ha encontrado efecto sobre la germinación total. Sin embargo indica que hay una relación interesante entre la giberelina y el efecto de la luz sobre la germinación de las semillas.

En 1,969 Burns y Coggins citados por Weaver (47), demostraron que al remojar en agua las semillas de naranja dulce durante 24 horas, se apresura la germinación, mientras que el remojo en giberelinas a una concentración de 100 ppm resulta más eficaz. Además observaron que las plántulas remojadas en giberelinas eran bastante mayores y uniformes.

Marroquin Esquite (23), indica que el uso de giberelinas también produce la interrupción del letargo de semillas, tubérculos y yemas, así como la formación de amilasas en semillas.

Weaver y Wareing, citados por Monroy (28) indican que la acción de las giberelinas en la germinación de semillas esta referida a la producción de enzimas α -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 necesaria para el desarrollo de embriones.

3.3 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en la aldea Caxaque, que se ubica en el municipio y departamento de San Marcos (Figura 1"A"), distado aproximadamente a 3 Km. de la cabecera departamental y a 253 km de la ciudad capital. Dicha aldea presenta una altura de 2,358 msnm, siendo sus coordenadas de 14°58'02" Latitud Norte y 91° 49'30" Longitud Oeste (1).

La misma se encuentra comprendida dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Bajo Subtropical (bh-bst), con temperaturas que oscilan entre 4.7 y 18.5 °C. La precipitación pluvial se presenta de abril a octubre, con una media anual de 1058 mm. La vegetación natural está compuesta de *Cupressus lucitánica*, *Pinus sp.*, *Alnus sp.*. La humedad relativa media anual prevaeciente es del 86%, acompañada de vientos moderados de mayo a octubre y fuertes de noviembre a abril con una dirección de norte a sur. La topografía se aprecia con una pendiente de 5 a 15% en las partes bajas, mientras que en las partes altas podemos encontrar pendientes con más del 15% (1).

Según, Simmons y colaboradores (40), los suelos del área corresponden a la serie Quetzaltenango, los cuales pertenecen a la altiplanicie central; subgrupo B, los cuales se caracterizan por ser profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, con relieve plano a ondulado, con drenaje moderado.

IV. OBJETIVOS

GENERAL

Aumentar el porcentaje y reducir el tiempo de emergencia de las semillas de aguacate, para producir portainjertos mediante la aplicación de tratamientos de escarificación física y diferentes concentraciones de ácido giberélico.

ESPECÍFICOS

1. Determinar el método de escarificación física, concentración de ácido giberélico o combinación de estos factores que aumente el porcentaje de emergencia de semillas de aguacate.
2. Establecer el número de días promedio requerido para lograr el mayor porcentaje de emergencia de semillas de aguacate.
3. Establecer si los factores combinados son más eficientes que los simples, en relación a la uniformidad de los portainjertos.
4. Establecer el tiempo en días promedio requerido para obtener el mayor porcentaje de portainjertos de altura y diámetro adecuado.

V. HIPÓTESIS

1. Los factores tipo de corte y concentración de ácido giberélico, aumentan el porcentaje y reducen el tiempo de emergencia en semillas de aguacate.
2. De 77 a 85 días son los requeridos para lograr un mayor porcentaje de emergencia en semillas de aguacate.
3. Los factores tipo de corte y concentración de ácido giberélico combinados, son más eficientes para la obtención de portainjertos uniformes de aguacate.
4. Un rango de 4 a 8 meses, es el requerido para la obtención del mayor porcentaje, altura y diámetro adecuado de portainjertos de aguacate.

VI. METODOLOGÍA

6.1 FACTORES EVALUADOS

Se evaluaron 2 factores, cada uno con 4 niveles diferentes (Cuadro 1). El primero fue la escarificación física, basándose en diferentes cortes realizados en el endospermo de la semilla; los cuales se efectuaron en la parte superior, inferior, parte superior e inferior y sin corte (Figura 6 "A"). El segundo incluyó la utilización de ácido giberélico en concentraciones de 0, 100, 150 y 200 partes por millón (ppm).

Cuadro 1. Descripción de los factores y niveles evaluados en semillas de aguacate, Caxaque, San Marcos.

FACTOR	NIVEL			
	1	2	3	4
Lugar de escarificación	Sin corte	Corte superior	Corte inferior	Corte en parte superior e inferior
Concentración de ácido giberélico	0 ppm	100 ppm	150 ppm	200 ppm

6.2 TRATAMIENTOS EVALUADOS

Se evaluaron 16 tratamientos (Cuadro 2), producto de la combinación de los factores, escarificación física en el endospermo de la semilla y diferentes concentraciones de ácido giberélico.

La asignación de cada uno de los tratamientos se realizó en forma ordenada y de manera ascendente del tratamiento 1 al 16, mientras que la distribución de cada uno de los mismos para cada bloque a nivel de campo se realizó aleatoriamente (Figura 8 "A").

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos evaluados en semillas de aguacate, Caxaque San Marcos.

TRATAMIENTO	LUGAR DE CORTE	CONCENTRACION DE ACIDO GIBERELICO	CANT. PROD. (g/l)
1	Sin corte	0 ppm	0.0
2	Sin corte	100 ppm	1.0
3	Sin corte	150 ppm	1.5
4	Sin corte	200 ppm	2.0
5	Parte superior de la semilla	0 ppm	0.0
6	Parte superior de la semilla	100 ppm	1.0
7	Parte superior de la semilla	150 ppm	1.5
8	Parte superior de la semilla	200 ppm	2.0
9	Parte Inferior de la semilla	0 ppm	0.0
10	Parte Inferior de la semilla	100 ppm	1.0
11	Parte Inferior de la semilla	150 ppm	1.5
12	Parte Inferior de la semilla	200 ppm	2.0
13	Parte superior e inferior	0 ppm	0.0
14	Parte superior e inferior	100 ppm	1.0
15	Parte superior e inferior	150 ppm	1.5
16	Parte superior e inferior	200 ppm	2.0

6.3 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

6.3.1 Obtención de la semilla

La semilla utilizada se seleccionó de 5 árboles criollos, según recomendación de Velásquez (46) y Rodríguez (36), por tal razón el factor árbol se considero como gradiente de bloqueo debido a su variabilidad genética, tomándose por separado los frutos de cada árbol para cada uno de las repeticiones empleadas; además se consideraron las características como: árboles sanos, vigorosos, productores y con buena cantidad de frutos y bien adaptados al medio ya que condiciones desfavorables antes y después de la cosecha pueden perjudicar la viabilidad de las semillas; la fruta que se colectó se encontraba en etapa final de maduración y prendida al árbol. En este estado se considera que el fruto en la planta ya no efectuará ningún incremento en su peso seco y los frutos son lo suficientemente suaves para realizar el despulpado (19, 28).

Luego de despulpar los frutos se obtuvieron las semillas, las cuales se lavaron con agua y se expusieron al sol durante una hora aproximadamente; moviéndolas cada 15 minutos. Este procedimiento se realizó con el fin de facilitar que la testa se desprendiera de la semilla (28). Posteriormente se procedió a homogenizar las semillas en cuanto a peso y tamaño, seleccionando aquellas semillas con un peso promedio de 45 g y con tamaño de mediano a grande y además libres de manchas y daños mecánicos (2, 46).

6.3.2 Sin Corte en el endospermo

Aquí se utilizaron 150 semillas de un total de 800, las cuales previamente fueron seleccionadas y a las cuales no se les realizó ningún tipo de corte en el endospermo; dichas semillas se subdividieron en tres grupos de 50 cada uno y luego se colocaron durante 24 horas en tres cubetas plásticas diferentes de 4 galones., que contenían las soluciones preparadas de ácido giberélico en concentraciones de 100, 150 y 200 ppm; de acuerdo a la recomendación de Hartman (19). La inmersión se realizó a partir de las 7:00 de la mañana en ambiente fresco, según recomendación de Rosell (38).

Después de cumplidas las 24 horas de inmersión en el ácido giberélico, se procedió a la desinfección de las semillas durante de 5 minutos según Rosell (38), con una solución de 5,6-Dihidro, 2 metil-N-fenil-1,4-oxatin-3-carboxamina (carboxin) y CIS-N-(triclorometil) tío -4-ciclohexen-1,2 dicarboxamida (Vitavax 300 PH), para prevenir la acción de patógenos que provocan el mal del talluelo y especialmente la Tristeza del aguacate (Phytophthora cinnamoni) según Monroy (28).

6.3.3 Corte Superior en el endospermo

Nuevamente se tomaron 150 semillas, a las cuales se les realizó un corte en la parte superior del endospermo, dicho corte se realizó por encima del embrión (Figura 2"A"). Posteriormente se procedió a la subdivisión de las semillas en grupos de 50, para luego embeberlas durante 24 horas en las concentraciones de 100, 150 y 200 ppm de ácido giberélico, para luego desinfectarlas y sembrarlas.

6.3.4 Corte Inferior del endospermo

Para este tratamiento se tomaron 150 semillas, a las cuales se les realizó el corte en la parte inferior del endospermo por abajo del embrión (Figura 2"A"), luego se realizó el mismo procedimiento de imbibición en las diferentes concentraciones de ácido giberélico y desinfección al igual que los tratamientos anteriores, para luego sembrarlas.

6.3.5 Corte en la parte superior e inferior del endospermo

Para este tratamiento a las semillas que en su total fueron de 150, se les realizaron dos tipos de corte, uno en la parte superior del endospermo por encima del embrión y el otro en la parte inferior (Figura 2"A"). Después se realizó el mismo procedimiento de los tratamientos anteriores.

6.3.6 Con 0 ppm de ácido giberélico

En este tratamiento se tomaron 400 semillas, 50 de ellas sin escarificación y 150 escarificadas en 3 grupos de 50 con cortes en la parte superior, superior e inferior e inferior respectivamente. Luego las semillas se embebieron durante 24 horas en agua desmineralizada y a las cuales no se les aplicó ácido giberélico, para posteriormente desinfectarlas y sembrarlas.

6.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Para el estudio se utilizó un experimento bifactorial distribuido en un diseño de bloques al azar con arreglo combinatorio; con 16 tratamientos y 5 repeticiones, producto de los 5 árboles criollos utilizados como fuentes del material evaluado (semillas) y como gradiente de bloqueo. Cada unidad experimental estuvo compuesta de 10 semillas, distribuidas en dos hileras laterales de tres semillas cada una y una hilera central de cuatro semillas (Figura 7"A"). Cada unidad experimental ocupó un área de 0.375 m² para formar un área total de 317.25 m².

El modelo estadístico que se empleó en el análisis fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \beta_k + E_{ijk}$$

Referencias:

Y_{ijk} = variable de respuesta asociada al k-ésimo bloque del ij-ésimo tratamiento

μ = Valor de la media general de emergencia

α_i = Efecto de i-ésimo tipo de escarificación física

γ_j = Efecto de la j-ésima concentración de ácido gibérelico

$\alpha\gamma_{ij}$ = Interacción entre el i-ésimo tipo de escarificación física y la j-ésima concentración de ácido giberélico.

β_k = Efecto del k-ésimo bloque

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

6.5 VARIABLES DE RESPUESTA

6.5.1 Días a emergencia

Para esta variable se tomaron valores de tiempo en días a partir del día que emergió la primera plántula de cada tratamiento, hasta el día que se dio por finalizada la etapa de campo, que según estudio previo de González (15), fue de 6.10 meses; promediando los valores obtenidos.

6.5.2 Porcentaje de emergencia

Aquí se realizó un conteo total al final de la fase de campo de cada una de las plantas que emergieron para cada tratamiento y considerando a una semilla emergida según Reyes (35), aquella que produjo una plántula con todas sus estructuras bien desarrolladas; en donde el dato obtenido se relacionó proporcionalmente con el número de semillas sembradas que fue

de 10, entonces a través de dicha relación se obtuvo el valor de porcentaje de emergencia directo.

6.5.3 Diámetro de portainjertos

Para esta variable se obtuvo un dato promedio de los diferentes diámetros de todos los portainjertos para cada tratamiento, producto de diferentes valores tomados cada 8 días después de haber germinado cada plántula hasta el final de la etapa de campo (6.10 meses).

6.5.4 Altura de Portainjertos

Se obtuvo con la toma de datos a cada 8 días por espacio de 6.10 meses, haciendo uso de tarjetas de germinación donde se escribía el diámetro y la altura de cada plántula; realizando al final del experimento un promedio de los mismos.

6.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables de respuesta y en aquellas donde se encontró diferencias significativas entre los tratamientos se procedió a la aplicación de la prueba múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) para poder comparar los diversos tratamientos. Debido a que se obtuvieron valores altos de coeficientes de variación para cada una de las variables de respuesta, se revisaron los supuestos básicos para aplicar el análisis de varianza. La revisión de los supuestos incluyó prueba de normalidad al error experimental para cada una de las variables evaluadas, usando la prueba de Shapiro y Wilks; además se elaboraron Diagramas de tallos y hojas, Gráfica de probabilidad acumulada y homogeneidad de varianzas (Cuadro 27 "A"), esto para validar las conclusiones emitidas en este trabajo.

6.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.7.1 Preparación de semilleros

Se removió el suelo con azadón a una profundidad de 0.30 m, hasta dejarlo suelto y mullido. Luego se trazaron y elaboraron los 80 semilleros (unidades experimentales), donde cada uno

estuvo formado de 0.5 m de largo por 0.75 m de ancho y 0.10m de alto, formando un área total por semillero de 0.375 m² (Figura 7 "A").

6.7.2 Escarificación física

Después de seleccionadas las semillas, se procedió a la escarificación, proceso que consistió en realizar diferentes cortes en el endospermo a 600 semillas; dichos cortes se realizaron con navaja desinfectada con alcohol al 90% en la parte superior a 200 semillas, en la parte inferior a otras 200 semillas y en la parte superior e inferior del endospermo al mismo número de semillas (figura 6 "A").

6.7.3 Preparación del ácido giberélico

El producto utilizado fue ácido giberélico al 10% (NEW GIBB), polvo soluble. Primeramente se procedió al cálculo de la cantidad de ácido giberélico a utilizar para obtener las diferentes concentraciones a evaluar, de la manera siguiente:

$$1\text{ppm} = 1\text{mg /lt}$$

$$100\text{ppm} = 100 \text{ mg / lt} * 15.14 \text{ lt (4gls)} = 1514.0 \text{ mg} = 1.514 \text{ gr. / 0.1i.a.} = 15.14 \text{ gr. de producto.}$$

i.a. = ingrediente activo.

Después se realizó el pesado del producto para cada concentración utilizada, en una balanza analítica. Disolviendo el producto químico (NEW GIBB) al 10% en 10 ml de alcohol etílico al 50% primeramente y finalmente se mezcló en un volumen de 4 galones para cada concentración (15), con el cuidado de revolver adecuadamente el regulador de crecimiento.

Luego de preparada la solución se cubrió el recipiente para evitar el escape de gases de las sustancias químicas, ya que los reguladores de crecimiento son muy inestables, específicamente el ácido giberélico (4,19,37).

6.7.4 Aplicación del ácido giberélico

Ya escarificadas las semillas y preparadas las diferentes soluciones con las concentraciones evaluadas, se sumergirán 600 semillas en cada solución manteniéndose allí por 24 horas de acuerdo a la recomendación de Hartman (19). La preparación e inmersión de las semillas se realizó a partir de la 7 de la mañana, según recomendación de Rosell (38).

6.7.5 Desinfestación de las semillas

Dicho proceso se llevó a cabo después de sacar la semillas de las soluciones de las diferentes concentraciones de ácido giberélico para luego ser sumergidas nuevamente en una solución de 5,6-Dihidro, 2 metil-N-fenil-1,4-oxatin-3-carboxamina (carboxin) y CIS-N-(triclorometil) tío -4-ciclohexen-1,2 dicarboxamida (vitavax 300 PH), para prevenir la acción de patógenos que provocan el mal del talluelo y especialmente la tristeza del aguacate (*Phorytophtha cinnamoni*) (28). Dichas semillas fueron sumergidas durante 5 minutos (39).

6.7.6 Desinfección del sustrato

Se realizaron los surcos en cada unidad experimental, a los cuales en el fondo se les colocó Phoim:0;0;-dietil-fenilglicosilnitrilo-oximatiofosfato (volatón 5% granulado), a razón de 1.25 gr. por 0.375 m² para prevenir el ataque de plagas del suelo (39).

6.7.7 Siembra

Se colocaron 10 semillas por cada tratamiento en tres hileras en las cuales las dos laterales estuvieron a un distanciamiento de 0.175 m respecto al borde, mientras que la hilera central estuvo separada de ellas a razón de 0.20 m (Figura 7 "A") y todas a una profundidad de 0.10 m, luego se cubrieron con 0.01 m, de sustrato; las cuales posteriormente se regaron.

6.7.8 Cuidados de semilleros

Estos cuidados básicamente estuvieron referidos al riego para mantener la humedad adecuada en el sustrato el cual se aplicó antes de realizar la siembra y por espacio promedio de 2 días, esto debido a que dicho experimento se realizó durante la época seca, y para el control de malezas se realizó limpieza manual y con azadón durante 3 veces para mantener limpio cada uno de los tratamientos durante el desarrollo del experimento.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Días a emergencia

El tratamiento que presentó el mejor resultado en días a emergencia fue el de corte inferior en el endospermo combinado con la concentración de 100 ppm de ácido giberélico, esto debido a que presentó el menor tiempo de emergencia; con este tratamiento el promedio expresado en días en que se obtuvo la emergencia fue de 73.40 días, con una diferencia con relación al testigo de 76.60 días y con un incremento de 35.70 días de emergencia según el estudio reportado por Rodríguez (36) y de 28.40 días al reportado por Velásquez (46).

Para el caso de Rodríguez (36), la desigualdad en el incremento en días a emergencia se debe básicamente a la diferencia de temperatura, ya que en el municipio de San Carlos Alzatate, Jalapa; se reporta una temperatura promedio anual de 23°C, con una diferencia de 11.40 °C más alta que con relación a la aldea Caxaque, San Marcos; lugar donde se realizó este estudio, que reporta una temperatura media anual de 11.6°C. Esto debido a que la temperatura es el factor más importante que afecta las reacciones bioquímicas dentro de la semilla y que durante el desarrollo de este estudio en los meses de diciembre y enero, las temperaturas en el lugar donde se realizó la investigación llegaron a oscilar entre 0 a 2 °C y si se considera que a mayor temperatura se tendrá menor tiempo de días a emergencia lo que justifica el incremento de los diferentes valores de emergencia para este estudio, que se realizó bajo condiciones de temperatura mucho menores con relación a los ejemplos citados con anterioridad.

Siguen en importancia los tratamientos, corte inferior más 150 ppm y corte en la parte superior e inferior del endospermo con 150 ppm de ácido giberélico con 75.60 y 80.40 días respectivamente, así como los tratamientos corte inferior más 200 ppm de ácido giberélico con 81.60 días y corte en la parte superior e inferior del endospermo más 200 ppm de ácido giberélico con 97.60 días; por el contrario con el tratamiento con corte en la parte superior del endospermo y 0 ppm de ácido giberélico no se obtuvo emergencia (Cuadro 16 "A").

Según el análisis de varianza (cuadro 3), existieron diferencias significativas entre los factores tipo de corte y concentración de ácido giberélico, no así para la interacción. Además la variable días a emergencia presentó un coeficiente de variación de 34% el cual puede tomarse como aceptable, esto considerando la variabilidad inherente del material evaluado que fue de origen criollo.

Cuadro 3. Resumen del análisis de varianza, para la variable días a emergencia. Caxaque San Marcos, Junio del 2001.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FG	FT
Tratamientos	15	95362.39	6357.49	3.16	1.84 *
Tipo de Corte	3	53398.64	17799.55	8.85	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	17418.34	5806.11	2.89	2.76 *
Interacción	9	24545.41	2727.27	1.36	2.04 NS

C.V. 34%

La prueba de Tukey (Cuadro 4), demuestra que el tipo de corte inferior en el endospermo, presentó el menor tiempo de emergencia y superó al tratamiento testigo (sin corte) y al tratamiento con corte superior en el endospermo, no así al tratamiento con corte en la parte superior e inferior del endospermo, este dato coincide con los reportados por Aldana (2) y González (15) y comprueba que este factor logra reducir los días a emergencia. Sin embargo, hay que señalar que los tratamientos con corte inferior en el endospermo y el de corte en la parte superior e inferior del endospermo, reducen el tiempo de emergencia con relación al testigo en 67 y 54 días respectivamente. Esto garantiza un efecto del tratamiento con corte inferior del endospermo en la reducción del tiempo de emergencia de las semillas de aguacate, lo cual no se logra con los tratamientos en el que el tiempo de emergencia es estadísticamente similar al testigo; siendo estos tratamientos los de corte superior y corte superior e inferior en el endospermo.

Cuadro 4. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable días a emergencia correspondiente al factor tipo de corte en el endospermo de la semilla.

Tratamiento	Media (Días)	Resumen
Sin Corte	157.90	A
Corte Superior	133.25	A B
Corte superior e inferior	104.50	B C
Corte Inferior	91.20	C

De acuerdo a la prueba de Tukey, para el factor concentración de ácido giberélico (Cuadro 5), el tratamiento de 150 ppm, presentó el menor tiempo de emergencia, con una reducción de 38 días en relación al testigo (sin corte en el endospermo). Para este caso puede observarse que el tratamiento de 150 ppm de ácido giberélico fue el único que superó al testigo, pero también puede verse que los tratamientos con 100 y 200 ppm pueden producir efectos similares al de 150 ppm, lo cual de cierta manera valida los resultados obtenidos por González (15), quien encontró que el menor tiempo de emergencia se obtiene con 100 ppm. Para este estudio en particular; se indica que aplicando 150 ppm de ácido giberélico se logra reducir el tiempo de emergencia, por lo tanto se avala el efecto que tiene la aplicación de ácido giberélico sobre la velocidad de emergencia en semillas de aguacate y así confirmar lo reportado por González (15), que obtuvo efecto del ácido giberélico en 100 ppm que fue su mayor concentración evaluada.

Cuadro 5. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable días a emergencia correspondiente al factor concentración de ácido giberélico.

Tratamiento	Media (Días)	Resumen
0 ppm de ácido giberélico	146.75	A
200 ppm de ácido giberélico	116.65	A B
100 ppm de ácido giberélico	114.80	A B
150 ppm de ácido giberélico	108.65	B

El comportamiento de cada uno de los tratamientos para la variable días a emergencia, demostró que donde se realizó el corte en la parte inferior del endospermo presentó reducción en el tiempo de emergencia para las diferentes concentraciones, siendo el de 100 ppm de ácido giberélico el que produjo el menor tiempo de emergencia con 73.40 días y 150 ppm con 75.60 días, así también se pudo observar que los tratamientos donde no se realizó ningún tipo de corte fueron los que presentaron los mayores tiempos de emergencia, a excepción del tratamiento con corte superior y 0 ppm que reportó el mayor tiempo de emergencia con 190 días, esto se debe a que dicho tratamiento permaneció sin emerger durante el período de tiempo del experimento que fue de 190 días (Figura 1).

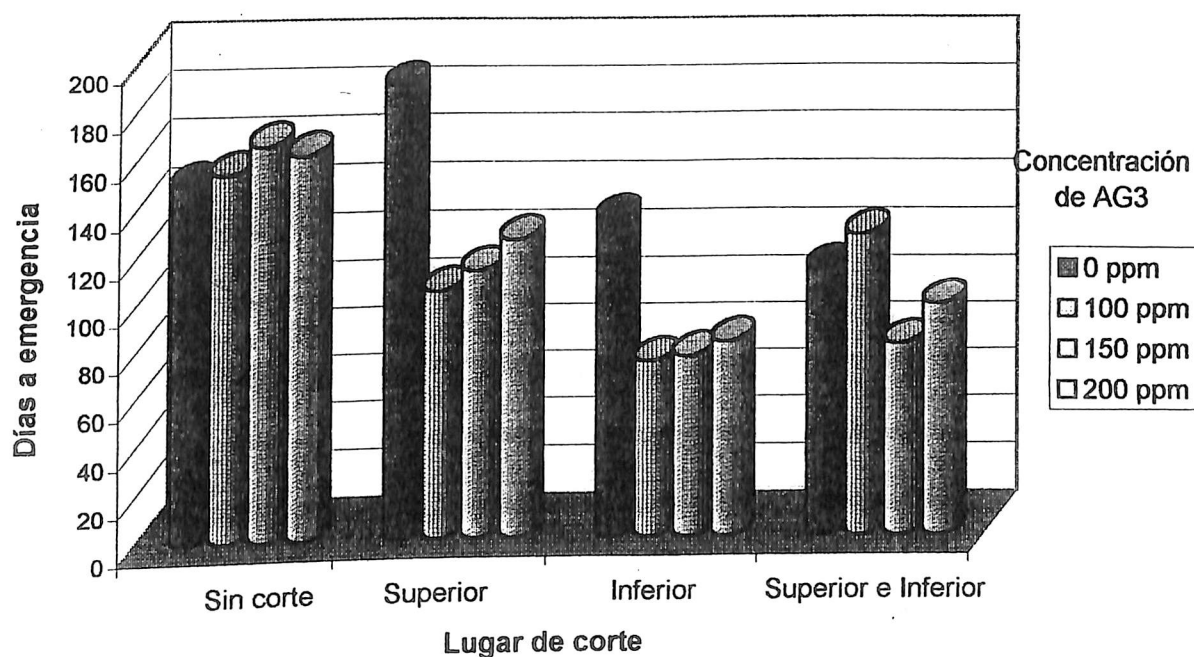


Figura 1. Días a emergencia de semillas de aguacate en función del lugar de corte y concentraciones de ácido giberélico, Caxaque, San Marcos.

7.2 Porcentaje de emergencia

Para esta variable los mejores tratamientos fueron corte inferior del endospermo y 100 ppm de ácido giberélico con un promedio de 52%, seguido por el tratamiento corte inferior en el endospermo y 150 ppm de ácido giberélico con un promedio de 50%, dichos valores presentaron una diferencia de 44 y 42% de emergencia respecto al testigo quien tuvo un porcentaje promedio de 8% y superaron en 33.60 y 35.60% al promedio del porcentaje total

obtenido para los diferentes tratamientos. Dichos valores de porcentaje de emergencia fueron menores en un 35% con relación a lo reportado por Rodríguez (36), quien reporta un 86%; dicha diferencia también se debe en parte al factor temperatura, ya que esta variable esta en función de el lugar y el tiempo en que se realizó el experimento y en otra parte al material evaluado ya que la reducción del porcentaje de emergencia es resultado de las diferencias genéticas de la semilla (variabilidad). Un segundo grupo de importancia lo reportaron los tratamientos corte inferior y 200 ppm de ácido giberélico con 36%, corte en la parte superior e inferior del endospermo con 150 y 100 ppm de ácido giberélico con 32 y 20% respectivamente; así también el tratamiento de corte superior y 100 ppm de ácido giberélico con 20% de emergencia (Cuadro 18 "A").

De acuerdo al análisis de varianza realizado, existieron diferencias estadísticas significativas entre los factores tipo de corte, concentración de ácido giberélico y la interacción de los mismos (Cuadro 6). El porcentaje de emergencia presentó un coeficiente de variación de 64.40%, lo que indica que en el componente genético del material evaluado se presento una gran variabilidad que se reflejó en los diferentes valores obtenidos para el porcentaje de emergencia y de acuerdo a esto, se justifica el efecto ejercido por el componente genético sobre el porcentaje de emergencia con la obtención de un coeficiente de variación mayor en comparación a la primera variable que fue de un 33%.

Cuadro 6. Resumen del análisis de varianza, para la variable porcentaje de emergencia. Caxaque, San Marcos, Junio del 2001.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamientos	15	19488.75	1299.25	9.29	1.84 *
Tipo de Corte	3	12843.75	4281.25	30.61	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	3613.75	1204.58	8.61	2.76 *
Interacción	9	3031.25	336.80	2.41	2.04 *

C.V. 64.40%

Según la prueba de Tukey, para la variable porcentaje de emergencia correspondiente al factor tipo de corte (Cuadro 7), se pudo observar que el tipo de corte inferior en el endospermo fue el que presentó el mayor porcentaje de emergencia, lo cual no se logró con los tratamientos con corte en la parte superior e inferior y corte superior del endospermo y mucho menos con el tratamiento sin corte a quien lo superó en un 33% y como puede verse, dicho tratamiento fue el que presentó el menor porcentaje de emergencia. Este resultado confirma lo obtenido por González (15) y Aldana (2), quienes al evaluar los mismos tratamientos, solo que bajo condiciones diferentes; tanto a nivel de ubicación así como de temperatura, precipitación y otros aspectos climáticos, se conoce que González lo realizó a nivel de campo y Aldana a nivel de invernadero, ambos experimentaron que el corte inferior produjo el mayor porcentaje de emergencia. En el caso de González (15), se obtuvo 100% de emergencia realizándose en época lluviosa de mayo a septiembre en 1,998 y Aldana (2) lo realizó bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y precipitación; mientras que el presente trabajo se realizó durante los meses de noviembre de 1,999 a abril del 2,000.

Cuadro 7. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable porcentaje de emergencia, correspondiente al factor tipo de corte en el endospermo de la semilla.

Tratamiento	Media (%)	Resumen
Corte Inferior	38.50	A
Corte superior e inferior	19.50	B
Corte Superior	10.00	B C
Sin Corte	5.50	C

La prueba de Tukey (Cuadro 8), permitió identificar al tratamiento de 100 ppm de ácido giberélico el que produjo el mayor porcentaje de emergencia, superando a los tratamientos de 200 ppm y al tratamiento sin corte, dicho tratamiento fue similar al reportado por González (15). Sin embargo, para este análisis se puede ver que el tratamiento de 150 ppm produjo efectos similares al de 100 ppm, sobre el porcentaje de emergencia, por lo que al comparar los resultados con los obtenidos por González (15), quien encontró el mayor porcentaje de emergencia con 100 ppm de ácido giberélico, entonces se confirma que dicho tratamiento fue el

que produjo el mayor efecto sobre el porcentaje de emergencia de semillas de aguacate en particular.

Cuadro 8. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable porcentaje de emergencia; correspondiente al factor concentración de ácido giberélico.

Tratamiento	Media (%)	Resumen
100 ppm de ácido giberélico	25.00	A
150 ppm de ácido giberélico	24.50	A B
200 ppm de ácido giberélico	15.00	B C
0 ppm de ácido giberélico	9.00	C

Debido a que la variable porcentaje de emergencia, presentó diferencias significativas en la interacción, entonces fue necesario realizar la prueba de Tukey para cada tratamiento evaluado (cuadro 9), aquí se observó que el tratamiento con corte inferior en el endospermo más 100 ppm de ácido giberélico fue el que presentó el mayor porcentaje de emergencia; superando a los tratamientos donde se realizó el corte en la parte superior e inferior del endospermo con 200 y 0 ppm; sin corte y 0, 100, 150 y 200 ppm; así como a los tratamientos con corte superior del endospermo y de 0 150 y 200 ppm de ácido giberélico. También pudo observarse que los tratamientos con corte inferior en el endospermo y con 150 y 200 ppm de ácido giberélico, produjeron efectos similares al de corte inferior en el endospermo más 100 ppm de ácido giberélico. Este resultado coincide por el reportado por González (15), y comprueba que con el corte inferior en el endospermo y 100 ppm de ácido giberélico, se logra incrementar el porcentaje de emergencia con relación a los otros tratamientos. Esto garantiza que para incrementar el porcentaje de emergencia es necesario el efecto de ambos factores evaluados, ya que va a existir una variación en el porcentaje de emergencia al aplicar cualquier otro tipo de corte y otra concentración de ácido giberélico; por lo que el mayor efecto lo produjo la interacción de corte inferior en el endospermo y 100 ppm de ácido giberélico.

Se puede observar el comportamiento gráfico de la variable porcentaje de emergencia en cada uno de los tratamientos y donde se observó que los tratamientos en donde se realizó el

corte en la parte inferior del endospermo de la semilla, presentaron los mayores porcentajes de emergencia, sobresaliendo los tratamientos con 100 y 150 ppm que presentaron 52 y 50% respectivamente, seguidos por los tratamientos en donde se realizaron cortes en la parte superior e inferior del endospermo; donde resaltan los tratamientos con 150 y 100 ppm de ácido giberélico con porcentajes promedio de emergencia de 32 y 20 % respectivamente. Así también puede verse que el tratamiento que presentó los porcentajes más bajos fue aquel donde no se realizó ningún tipo de corte en el endospermo de la semilla (Figura 2).

Cuadro 9. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable porcentaje de emergencia, correspondiente a la interacción de los factores tipo de corte y concentración de ácido giberélico.

Tratamiento	Media (%)	Resumen
Corte inferior y 100 ppm	52	A
Corte inferior y 150 ppm	50	A B
Corte inferior y 200 ppm	36	A B
Corte superior e inferior y 150 ppm	32	A B C
Corte superior e inferior y 100 ppm	20	A B C
Corte superior y 100 ppm	20	A B C
Corte inferior y 0 ppm	16	A B C
Corte superior e inferior y 200 ppm	14	B C
Corte superior y 150 ppm	14	B C
Corte superior e inferior y 0 ppm	12	C
Sin corte y 100 ppm	8	C
Sin corte y 0 ppm	8	C
Corte superior y 200 ppm	6	C
Sin corte y 200 ppm	4	C
Sin corte y 150 ppm	2	C
Corte superior y 0 ppm	0	C

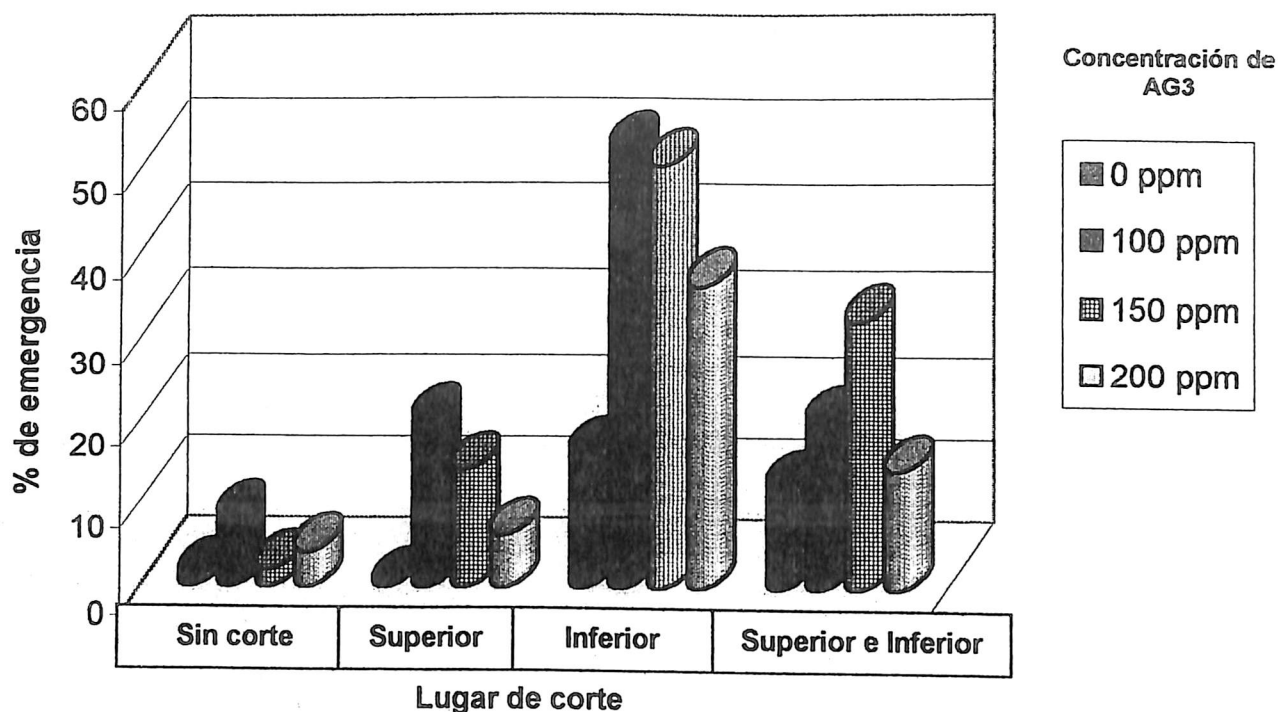


Figura 2. Porcentaje de emergencia en semillas de aguacate en función del lugar de corte y concentración de ácido giberélico. Caxaque, San Marcos.

7.3 Diámetro de portainjertos

Es de resaltar que los tratamientos con corte inferior en el endospermo con concentraciones de 150 y 100 ppm de ácido giberélico, reportaron los mayores diámetros promedio que fueron de 2.15 y 2.01 cm respectivamente; los cuales superaron significativamente al testigo quien tuvo un diámetro promedio de 0.68 cm, en 1.47 y 1.33 cm respectivamente y en 1.03 y 0.89 cm al diámetro promedio que fue de 1.12 cm. Se puede hacer mención también que los tratamientos con corte inferior en el endospermo más 200 ppm de ácido giberélico con un diámetro promedio de portainjertos de 1.88 cm, corte en la parte superior e inferior del endospermo con 150 y 200 ppm de ácido giberélico con 1.73 y 1.35 cm de diámetro respectivamente y corte superior del endospermo con 100 ppm de ácido giberélico con un diámetro de 1.36 cm; también superaron el diámetro promedio total que fue de 1.12 cm y lo recomendado por Gálvez (14), Hartaman (19) y Velásquez (46) quienes indican que para realizar la injertación el portainjerto debe poseer un diámetro aproximado de 0.5 – 1.0 cm (Cuadro 20 "A").

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza (Cuadro 10), puede verse que existieron diferencias estadísticas significativas para el factor tipo de corte y para el factor concentración de ácido giberélico, por lo que se procedió a realizar una prueba de medias a través de Tukey (cuadros 11 y 12) para cada factor. Con lo referente al coeficiente de variación que fue de 65.70%, se puede indicar que la variable diámetro de portainjertos presentó heterogeneidad en cada uno de sus valores con relación a la media general que fue de 1.12 cm; esto debido a que la variabilidad del material evaluado sí produjo cierto efecto sobre el diámetro de los portainjertos, aquí los mejores tratamientos superaron el rango permitido de diámetro para portainjertos que es de 0.5 a 1.0 cm según recomendaciones de Gálvez (14), Hartman (19), Velásquez (46).

Cuadro 10. Resumen del análisis de varianza, para la variable diámetro de portainjertos.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FI
Tratamientos	15	27.82	1.85	3.42	1.84 *
Tipo de corte	3	15.32	5.11	9.46	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	6.82	2.27	4.20	2.76 *
Interacción	9	5.68	0.63	1.17	2.04NS

C.V. 65.70%

La prueba de Tukey correspondiente al factor tipo de corte (Cuadro 11), denota que los tratamientos con corte inferior y corte superior e inferior en el endospermo produjeron mayor diámetro en los portainjertos de aguacate, los cuales superaron el diámetro permitido para realizar un injerto, que según Gálvez (14), Hartman (19) y Velásquez (46); indican que el apropiado debe ser de medio a un centímetro aproximadamente. También puede registrarse que el tratamiento con corte inferior en el endospermo produjo el mayor diámetro en los portainjertos con 1.76 cm; así como los tratamientos con corte en la parte superior y el tratamiento sin corte en el endospermo, superaron el diámetro permitido para injertar.

Cuadro 11. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable diámetro de portainjertos, correspondiente al factor tipo de corte en el endospermo de la semilla.

Tratamiento	Media (cm)	Resumen
Corte inferior	1.76	A
Corte superior e inferior	1.22	A B
Corte superior	0.92	B C
Sin corte	0.56	C

En lo referente al factor concentración de ácido giberélico (Cuadro 12), se destaca que los tratamientos con 150 y 200 ppm de ácido giberélico produjeron el mayor diámetro de portainjertos, pero para este caso puede verse también que el tratamiento con 100 ppm produjo efectos similares al de 150 y 200 ppm de ácido giberélico; por lo que comparado con los resultados obtenidos por González (15), quien obtuvo que el tratamiento de 100 ppm de ácido giberélico, fue el que produjo el mayor diámetro de portainjertos en aguacate. Para este caso se puede lograr el mismo resultado con la menor concentración (100 ppm), debido a que la misma produjo efectos similares a las de 150 y 200 ppm. El tratamiento al que no se le aplicó ninguna concentración de ácido giberélico, fue el que presentó el menor diámetro promedio de los portainjertos.

Es importante señalar que el factor tipo de corte en el endospermo, fue el que produjo un mayor incremento en el diámetro de los portainjertos, comparado con el factor concentración de ácido giberélico; pero hay que hacer mención que ambos factores superaron el diámetro promedio de portainjertos sugerido para la injertación, el cual es de 0.5 - 1.0 cm o el equivalente a el diámetro de un lápiz, según Gálvez (14) y Hartman (19) y Velásquez (46).

Gráficamente puede observarse el comportamiento que tuvo cada uno de los tratamientos para esta variable, destacándose los tratamientos con corte inferior en el endospermo que fueron los que presentaron el mayor incremento en el diámetro de los

portainjertos con relación al resto de los tratamientos y señalándose que el tratamiento al que se le agregó 150 ppm de ácido giberélico, fue el que presentó el mayor diámetro con 2.15 cm, seguido del tratamiento con 100 ppm de ácido giberélico con 2.01 cm y el de 200 ppm con 1.88 cm (Figura 3).

Cuadro 12. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable diámetro de portainjertos, correspondiente al factor concentración de ácido giberélico.

Tratamiento	Media (cm)	Resumen
150 ppm de ácido giberélico	1.37	A
200 ppm de ácido giberélico	1.27	A
100 ppm de ácido giberélico	1.20	A B
0 ppm de ácido giberélico	0.62	B

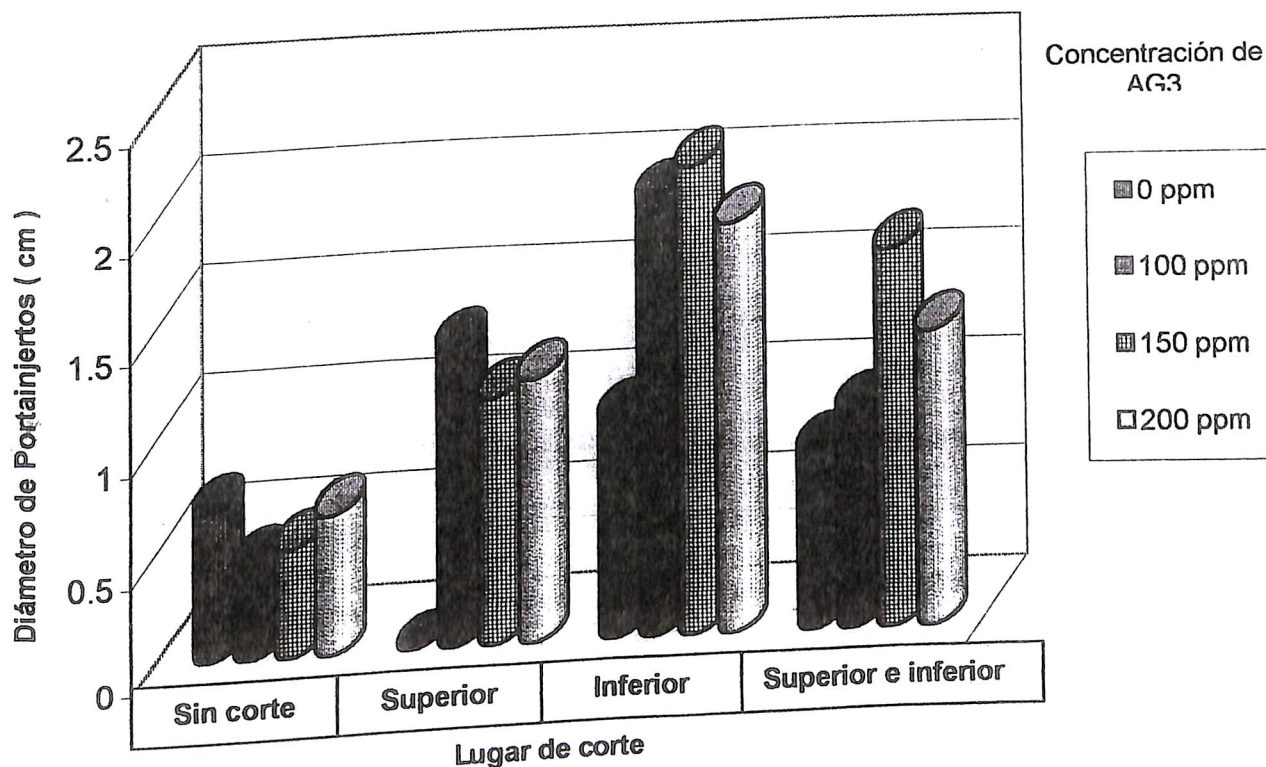


Figura 3. Diámetro de portainjertos de aguacate en función del lugar de corte y concentración de ácido giberélico. Aldea Caxaque, San Marcos.

También puede verse que un segundo tratamiento fue aquel donde se realizó el corte en la parte superior e inferior del endospermo con concentraciones de 150 y 200 ppm de ácido giberélico en los cuales se obtuvieron los mayores valores dentro de estos tratamientos con 1.73 y 1.35 cm respectivamente, seguido del tratamiento con corte superior en el endospermo con 100, 200 y 150 ppm de ácido giberélico los cuales en su orden presentaron valores de 1.36, 1.20 y 1.12 cm y que superaron el valor de diámetro promedio requerido para el proceso de injertación; finalmente el tratamiento sin corte, con el cual se obtuvieron valores promedios por debajo de un centímetro de diámetro (Figura 3).

7.4 Altura de Portainjertos

En lo referente a la variable altura de portainjertos, los mejores tratamientos fueron aquellos donde se realizó el corte en la parte inferior del endospermo y se aplicó 100 y 150 ppm de ácido giberélico, a través de los cuales se obtuvieron portainjertos de 17.71 y 17.60 cm en su orden con diferencias muy significativas con respecto al testigo quien reportó una altura promedio de 5.94 cm. Estos tratamientos fueron los únicos que superaron el rango de altura permitido que según Hartman (19) es de 15 a 25 cm y además coincidieron con los reportados por González (15) y Rodríguez (36). Así mismo, se pudo determinar que existió un grupo que presentó valores intermedios pero cercanos a los mejores tratamientos, los cuales fueron corte inferior del endospermo más 200 ppm de ácido giberélico con 13.70 cm; corte en la parte superior e inferior del endospermo con 200 y 150 ppm con portainjertos de 13.11 y 12.80 cm; y, corte superior del endospermo con 100 ppm de ácido giberélico con el que se obtuvo 10.09 cm de altura (Cuadro 22 "A").

De acuerdo a los datos de campo obtenidos, se procedió a realizar el análisis de varianza en el que existieron diferencias significativas para los tratamientos, así como para los factores tipo de corte en el endospermo y concentración de ácido giberélico; no así para la interacción, en la cual no existió diferencias significativas (Cuadro 13). Aquí es de resaltar que de todas las variables evaluadas esta variable fue la que más heterogeneidad presentó en cada uno de los resultados con relación a la media que fue de 8.28 cm; esto se refleja a través del

coeficiente de variación que fue de 72.40%, lo que indica que dicho valor se debe al efecto que produjo lo correspondiente a la genética del material utilizado que fue de procedencia criolla.

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza, para la variable altura de portainjertos.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamientos	15	2144.47	142.96	3.97	1.84 *
Tipo de Corte	3	995.36	331.79	9.22	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	546.13	182.04	5.06	2.76 *
Interacción	9	602.98	67.00	1.86	2.04NS

C.V. 72.40%

Debido a que los dos factores evaluados presentaron diferencias significativas, entonces se procedió a realizar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para cada uno de los factores utilizados para la evaluación.

Para el factor tipo de corte en el endospermo (Cuadro 14), el tratamiento con corte inferior en el endospermo superó a los tratamientos con corte en la parte superior e inferior del endospermo, corte superior del endospermo y sin corte en el endospermo respectivamente. González (15), señala que se puede lograr una mayor altura de portainjertos, así como uniformidad de los mismos al realizarle un corte inferior al endospermo de la semilla de aguacate, lo cual verifica los resultados obtenidos en este experimento con este factor en particular. El tratamiento sin corte presentó la menor altura y puede resaltarse que siguió un comportamiento similar en las variables diámetro, porcentaje y días a emergencia. También el tratamiento con corte inferior en el endospermo, presentó el mismo comportamiento sobre las mismas variables evaluadas.

Cuadro 14. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable altura de portainjertos correspondiente al factor tipo de corte en el endospermo de la semilla.

Tratamiento	Media (cm)	Resumen
Corte Inferior	13.83	A
Corte superior e inferior	8.70	B
Corte Superior	6.06	B
Sin Corte	4.55	B

En lo referente al factor concentración de ácido giberélico (Cuadro 15), se pudo establecer que los tratamientos con 150 y 200 ppm, presentaron la mayor altura de los portainjertos, pero es de destacar también que el tratamiento con 100 ppm de ácido giberélico, produjo efectos similares a los tratamientos mencionados con anterioridad. Únicamente el tratamiento con 0 ppm de ácido giberélico se vio superado por los tratamientos de 100, 150 y 200 ppm de ácido giberélico. En función de lo observado durante el desarrollo del experimento, para el factor concentración de ácido giberélico, pudo verse que, en donde se aplicó ácido giberélico y se realizaron cortes en el endospermo de la semilla; los portainjertos fueron bastante uniformes y mayores a nivel de altura, lo que concuerda con lo reportado por Burns y Cggins, citados por Weaver (47). Además se confirma lo indicado por Weaver (47), sobre la penetración del ácido giberélico a través de las cubiertas seminales, debido a que se obtuvo un resultado positivo en la altura y uniformidad de los portainjertos.

Cuadro 15. Resumen de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para la variable altura de portainjertos, correspondiente al factor concentración de ácido giberélico.

Tratamiento	Media (cm)	Resumen
150 ppm	10.42	A
200 ppm	9.99	A
100 ppm	8.86	A B
0 ppm	3.87	B

Los tratamientos con corte inferior en el endospermo de la semilla presentaron la mayor altura en los portainjertos, señalándose como los mejores, los de 100 y 150 ppm de ácido giberélico debido a que presentaron alturas de 17.71 y 17.60 cm respectivamente, en segundo orden se encuentra el tratamiento con corte en la parte superior e inferior del endospermo con alturas de 12.80 y 13.11 cm, para los tratamientos de 150 y 200 ppm de ácido giberélico, seguido por el tratamiento con corte superior del endospermo y el tratamiento sin corte en el endospermo que fue con el que se obtuvo las menores alturas de portainjertos (Figura 4).

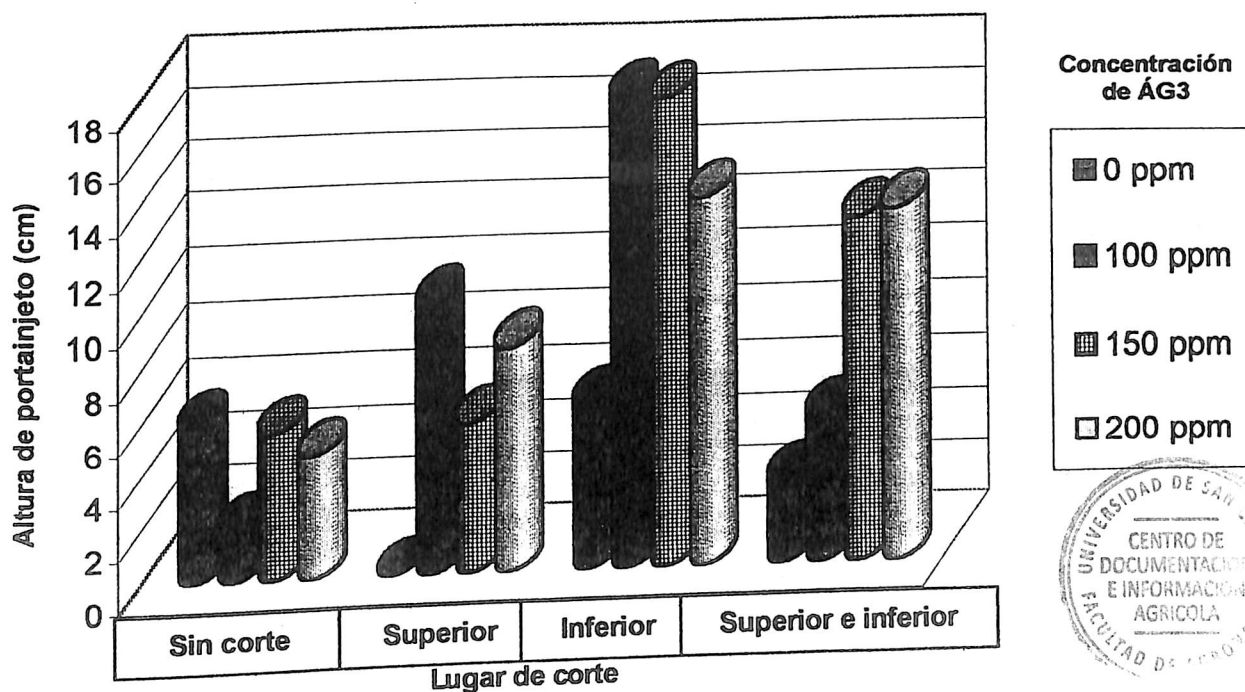


Figura 4. Altura de portainjertos de aguacate en función del lugar de corte y concentración de ácido giberélico. Aldea Caxaque, San Marcos.

Con relación a los resultados obtenidos se indica que, ambos factores evaluados mostraron efectos positivos sobre las semillas de aguacate para ayudar a las mismas en aumentar el porcentaje y disminuir el tiempo de emergencia; así, como aumentar la altura y el diámetro de los portainjertos, ya que el mejor tratamiento fue el de corte en la parte inferior del endospermo más 100 ppm de ácido giberélico; debido a que produjo los mejores valores en cada una de las variables evaluadas y mencionadas con anterioridad (Cuadro 24 "A").

Para el factor de escarificación física, se confirma lo reportado por Aldana (2), González (15) y Velásquez (46); ya que realizando el corte en la parte inferior del endospermo de la semilla; se estimulo y produjo una rápida emergencia de la radícula, la cual absorbió mayor cantidad de nutrientes del sustrato utilizado (suelo), para acelerar el crecimiento de la plúmula.

Respecto al factor ácido giberélico, la concentración de 100 ppm coincidió con el ácido giberélico presente en la semilla (embrión) para que éste se translocara a la aleurona para producir α -amilasa, para que en el endospermo (que representa la mayor parte de la semilla para el tratamiento de corte inferior), se transformase el almidón en azúcar, para luego trasladarlo a los puntos de crecimiento del embrión, proporcionándole la energía necesaria, y confirmando así, lo reportado por Weaver y Wareing, citados por Monroy (28), sobre el efecto de las giberelinas y para que combinado con la rápida emergencia de la radícula por efecto de la escarificación física, se obtuviera como resultado el crecimiento acelerado de la plúmula y conseguir su emergencia en menor tiempo, reportándose como en este experimento influyeron las giberelinas y la escarificación física sobre las semillas de aguacate, para obtener portainjertos homogéneos, en el menor tiempo promedio y con un mayor porcentaje de emergencia.

VIII. CONCLUSIONES

1. El método que incrementó el porcentaje de emergencia en semillas de aguacate en el menor tiempo para este estudio, fue aquel, donde a la semilla se le realizó un corte en parte inferior del endospermo y se le aplicó una concentración de 100 ppm de ácido giberélico.
2. Experimentalmente 73 días, fueron los requeridos para lograr un mayor porcentaje de emergencia de semillas de aguacate, durante la época de seca, bajo condiciones de campo, con temperaturas de 0 a 14 °C y 86 % de humedad relativa.
3. En lo referente a la altura y diámetro de los portainjertos (uniformidad), los factores tipo de corte y concentración de ácido giberélico en forma independiente, fueron más eficientes que en forma combinada; debido a que no existió un efecto estadístico significativo de interacción de ambos.
4. Durante la época seca y bajo condiciones de campo, 158 días, son los requeridos para la obtención del mayor porcentaje de emergencia (52%), altura (promedio de 17.71 cm) y diámetro (promedio de 2.01 cm) para producir portainjertos de aguacate, esto con el tratamiento de corte en la parte inferior del endospermo más 100 ppm de ácido giberélico.

IX. RECOMENDACIONES

1. Programar la producción de portainjertos cuando se realice a nivel de campo, debido a que la misma es más eficiente durante la época lluviosa, ya que se puede llegar a obtener hasta un 100% de emergencia según estudio previo de González (16), cuando se realiza el corte en la parte inferior del endospermo de la semilla y la aplicación de 100 ppm de ácido giberélico; la cual se reduce significativamente durante los últimos meses del año hasta en un 48%.
2. Para la producción de portainjertos a nivel comercial, utilizando ácido giberélico y escarificación en la semilla, se sugiere evaluar previamente la compatibilidad o prendimiento entre cada uno de los materiales a utilizar, esto debido a que existen materiales que puedan crear problema en el proceso de injertación.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR, J. 1,997. Diagnóstico de la aldea Caxaque, San Marcos. Quetzaltenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente, Facultad de Agronomía. 115 p.
2. ALDANA, A. 1,994. Evaluación del desarrollo de patrones de aguacate con escarificación y peso variable de semilla en el vivero de DIGESA de Amatitlán. Investigación EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 40 p.
3. BARCELÓ COLL, J.; NICOLÁS, G.; SABATER, B.; SÁNCHEZ, R. 1,980. Fisiología vegetal. Madrid, España, PIRAMIDE. 750 p.
4. BAWA, K.S.; MALLEY, D.N. 1,987. Ecología de la planta en los bosques mesoamericanos. Revista Biología Tropical (Col.) 35 (1): 90-92.
5. BIDWELL, R. 1,987. Fisiología vegetal. Trad. Guadalupe Gerónimo. México, AGT. 784 p.
6. CALDERON, J. 2,000. Respuesta de dos cultivares de aguacate *Persea americana* Mill. var. **guatemalensis** c.v. Hass y var. americana c.v. Booth-8 al cultivo de tejidos *in vitro*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69 p.
7. CANO HERRERA, J. 1,993. Evaluación de dos métodos de injertación bajo tres condiciones de materiales injertables en aguacate (*Persea americana* Mill) var. Hass; investigación temática. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 46 p.
8. CÓRDOBA, C.V. 1,976. Fisiología vegetal. Madrid, España, BLUME. p. 165-166.
9. CORREA, J. 1,990. El proceso de la germinación. In: Seminario Taller sobre Investigación en Semillas Forestales Tropicales (1., 1,998, Bogotá, Colombia). Memoria. Bogotá, Colombia, Gente Nueva. p. 95-100.
10. COSME, F. 1,993. Evaluación de 4 métodos de escarificación de semillas de naranjo agrio (*Citrus aurantium*), en aldea Hacienda Maria, San José Poaquil, Chimaltenango. Investigación inferencial, EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 27 p.
11. DEVLIN, R. 1,976. Fisiología vegetal. Barcelona, España, OMEGA. 468 p.
12. DUFFUS, C.; COLIN, S. 1,980. La semilla y sus usos. México, AGT. 88 p.

13. FUENTES VELÁSQUEZ, E.E. 1,997. Caracterización agromorfológica *in situ* de aguacate criollo (*Persea americana* Mill.) del departamento de Sololá, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p.
14. GALVEZ, L. 1,993. Efecto de reguladores de crecimiento sobre el vigor fisiológico en semillas hortícolas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 128 p.
15. GONZALEZ, C. 1,998. Efecto de la escarificación física y la aplicación de ácido giberélico en la germinación de semillas de aguacate, *Persea americana* Mill., para producción de porta injertos, en aldea Caxaque, San Marcos. Investigación EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 33 p.
16. GRANEL, A.; CARBONELL, J. 1,995. Las hormonas vegetales. Revista Investigación y Ciencia (Es.) no. 223:40-47.
17. GREMIAL DE EXPORTADORES DE PRODUCTOS NO TRADICIONALES. 1999. Estudio de mercado del aguacate. Guatemala. 96 p.
18. GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERIA Y ALIMENTACION, UNIDAD DE FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS. 1,988. Cultivo del aguacate en Guatemala. Guatemala. 43 p.
19. HARTMANN, H.; KESTER, D. 1,982. Programación de plastas principios y prácticas. Trad. Ambrosio Antonio. México, CONTINENTAL. 814 p.
20. JARA N., L.F. 1,996. Biología de semillas forestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, PROSEFOR. 31 p.
21. _____, 1,996. Optimización de condiciones de laboratorio para la germinación de semillas forestales. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Investigación proyecto de Semillas Forestales. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no. 15, 23 p.
22. KAREN, E.; SALAZAR, R. 1,998. Condiciones optimas para la germinación de *Alnus acuminata* spp, argulla y *Pithecelobium saman* Benth. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Investigación proyecto de Semillas Forestales. Boletín Mejoramiento Genético y Semillas Forestales no. 19, 31 p.
23. MARROQUIN, I. 1981. Efectos de tratamiento del ácido giberélico (AG3) en diferentes épocas y concentraciones a plantas del clavel (*Dianthus caryophyllus*) en crecimiento bajo invernadero. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 30 p.

24. MARVEL. 1,998. Cultivo del aguacate. Guatemala. 11 p.
25. MASAYA, C. 1,978. Interrupción del periodo de reposo de cormos de gladiolo (*Gladiolus grandiflorus*) en el uso de ácido giberélico. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p.
26. MENDEZ, W. 1,998. Aguacate promesa para exportaciones. Revista Agricultura (Gua.) no. 1:39-40.
27. _____ 1,998. Propagación del aguacate. Revista Agricultura (Gua.) no. 2:33.
28. MONROY, V. 1,985. Efecto de escarificación y tres estimuladores de la germinación en semillas de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L.) bajo condiciones de laboratorio y de campo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 84 p.
29. NEWNAM, D. 1,989. Biología de la semilla, manejo de semillas forestales. Colombia, s.n. 78 p.
30. ORELLANA, S. 1,976. Diferentes concentraciones de ácido giberélico, aplicado a diferentes épocas de desarrollo de plantas de tomate. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 29 p.
31. OROZCO, O. 1994. Estudio internacional de la producción y mercado del aguacate (*Persea americana* Mill.) Guatemala, AGEXPRONT. 102 p.
32. PADILLA, M. 1,995. Tratamientos pregerminativos. In: Curso Nacional de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales (1., 1,994, Guatemala). Memoria. Costa Rica, CATIE. p. 3-5.
33. POPINIGIS, F. 1,985. Fisiología da semente. 2 ed. Brasil, ABEAS. p. 58-59, 68, 194-251.
34. RAY, P.M. 1,980. La planta viviente. México, CECOSA. p. 245-252.
35. REYES VENTURA, A. 1,998. Evaluación del efecto de temperatura, fotoperíodo y sustratos en la germinación de *Cedrela odorata* L, *Grevillea robusta* y *Cupressus lusitanica* Miller. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
36. RODRIGUEZ, J.C. 1998. Efecto de la aplicación de 5 concentraciones de ácido giberélico en la inducción a la germinación de semilla escarificada de aguacate (*Persea* sp.) en San Carlos Alzatate. Jalapa. Investigación Inferencial. EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 46 p.
37. ROJAS GARCIDUEÑAS, M. 1,979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, MCGRAW-HILL. p. 197-199.

38. ROOSELL, C. 1,979. Efecto de las giberelinas en el cuajo y rendimiento del fruto en dos variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) tipo pasta. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 41 p.
39. ROSEINSTEIN, E. 1,993. Diccionario de especialidades agronómicas. 4 ed. México, PLM. 679 p.
40. SIMMONS, CH; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1,959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la republica de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
41. TISCORNIA, J.R. 1,972. Multiplicación de la planta. Buenos Aires, Argentina, ALBA. p. 10.
42. TRUJILLO, N.E. 1,995. Fisiología de la germinación y tratamientos pregerminativos. In: Curso Nacional de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales (1., 1,994, Guatemala). Memoria. Guatemala, INDERENA. p. 10-13.
43. _____, 1,995. La semilla, elemento primordial en la conservación de germoplasma. In: Curso Nacional de Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales (1., 1,994, Guatemala). Memoria. Guatemala, INDERENA. p. 13-20.
44. _____, 1,995. Manejo de semillas, viveros y plantación Inicial. Guatemala, INDERENA. p. 17-34.
45. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CENTRO UNIVERSITARIO DE NOROCCIDENTE. 1,985. Selección y preparación de semillas de aguacate para la siembra. Huehuetenango, Guatemala. 5 p.
46. VELASQUEZ, M.R. s.f. Floración del aguacate y recomendaciones para su cultivo. Guatemala, Artes Gráficas. 35 p.
47. WEAVER, R. 1,976. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. Austin Contin. México, TRILLAS. 622 p.
48. WILLIAM, R.L. 1,991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Roma, Italia, Viale delle Terme di Caracalla. v. 20. pte. 2, p. 50-55.



Bo. Rodolfo Barrios.

XI. APÉNDICE

Cuadro 15 "A" Datos finales de campo para la variable porcentaje de emergencia de semillas de aguacate
Caxaque, San Marcos.

	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	x		
T1R1	2	20	0	0	0	0	T1R3	0	0	2	20	T1R5	0	0	8
T2R1	3	30	0	0	0	0	T2R3	0	0	1	10	T2R5	0	0	8
T3R1	1	10	0	0	0	0	T3R3	0	0	0	0	T3R5	0	0	2
T4R1	0	0	1	10	0	0	T4R3	0	0	1	10	T4R5	0	0	4
T5R1	0	0	0	0	0	0	T5R3	0	0	0	0	T5R5	0	0	0
T6R1	1	10	4	40	2	20	T6R3	2	20	3	30	T6R5	0	0	20
T7R1	1	10	2	20	3	30	T7R3	3	30	1	10	T7R5	0	0	14
T8R1	0	0	1	10	0	0	T8R3	0	0	1	10	T8R5	1	10	6
T9R1	1	10	3	30	0	0	T9R3	0	0	0	0	T9R5	4	40	16
T10R1	5	50	4	40	8	80	T10R3	8	80	5	50	T10R5	4	40	52
T11R1	5	50	5	50	5	50	T11R3	5	50	7	70	T11R5	3	30	50
T12R1	3	30	4	40	5	50	T12R3	5	50	3	30	T12R5	3	30	36
T13R1	2	20	1	10	2	20	T13R3	2	20	1	10	T13R5	0	0	12
T14R1	2	20	5	50	3	30	T14R3	3	30	0	0	T14R5	0	0	20
T15R1	4	40	4	40	4	40	T15R3	4	40	2	20	T15R5	2	20	32
T16R1	1	10	2	20	0	0	T16R3	0	0	2	20	T16R5	2	20	14

Cuadro 16 "A" Datos de campo finales para la variable días a emergencia

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	TOTAL	MEDIA
Sin corte y 0 ppm	76	190	190	190	190	750	150.00
Sin Corte y 100 ppm	76	190	190	125	190	771	154.20
Sin Corte y 150 ppm	69	190	190	190	190	829	165.80
Sin Corte y 200 ppm	190	119	190	119	190	808	161.60
Corte Superior y 0 ppm	190	190	190	190	190	950	190.00
Corte Superior y 100 ppm	76	62	90	104	190	522	104.40
Corte Superior y 150 ppm	76	83	104	111	190	564	112.80
Corte Superior y 200 ppm	190	62	190	111	76	629	125.80
Corte Inferior y 0 ppm	153	62	190	190	76	671	134.20
Corte Inferior y 100 ppm	55	76	62	98	76	367	73.40
Corte Inferior y 150 ppm	32	62	104	104	76	378	75.60
Corte Inferior y 200 ppm	83	76	104	83	62	408	81.60
Corte superior e inferior y 0 ppm	69	90	111	104	190	564	112.80
Corte superior e inferior y 100 ppm	76	76	104	190	190	636	127.20
Corte superior e inferior y 150 ppm	62	55	119	90	76	402	80.40
Corte superior e inferior y 200 ppm	62	76	190	98	62	488	97.60
TOTAL	1535	1659	2318	2011	2214	9737	121.71

Cuadro 17 "A" Análisis de varianza para la variable días a emergencia en semillas de aguacate. Caxaque San marcos

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Total	80	226924.39	2836.55	1.41	
Bloques	4	10949.57	2737.39	1.36	
Tratamientos	15	95362.39	6357.49	3.16	1.84 *
Tipo de Corte	3	53398.64	17799.55	8.85	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	17418.34	5806.11	2.89	2.76 *
Interacción	9	24545.41	2727.27	1.36	2.04 NS
Error Experimental	60	120612.43	2010.21		

Cuadro 18 "A" Datos finales de campo para la variable porcentaje de emergencia de semillas de aguacate. Caxaque, San Marcos.

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	TOTAL	MEDIA
Sin corte v 0 ppm	20	0	0	20	0	40	2
Sin Corte y 100 ppm	30	0	0	10	0	40	8
Sin Corte y 150 ppm	10	0	0	0	0	10	2
Sin Corte y 200 ppm	0	10	0	10	0	20	4
Corte Superior y 0 ppm	0	0	0	0	0	0	0
Corte Superior y 100 ppm	10	40	20	30	0	100	20
Corte Superior y 150 ppm	10	20	30	10	0	70	14
Corte Superior y 200 ppm	0	10	0	10	10	30	6
Corte Inferior y 0 ppm	10	30	0	0	40	80	16
Corte Inferior y 100 ppm	50	40	80	50	40	260	52
Corte Inferior y 150 ppm	50	50	50	70	30	250	50
Corte Inferior y 200 ppm	30	40	50	30	30	180	36
Corte superior e inferior y 0 ppm	20	10	20	10	0	60	12
Corte superior e inferior y 100 ppm	20	50	30	0	0	100	20
Corte superior e inferior y 150 ppm	40	40	40	20	20	160	32
Corte superior e inferior y 200 ppm	10	20	0	20	20	70	14
TOTAL	310	360	320	290	190	1470	18.375

Cuadro 19 "A" Análisis de varianza para la variable porcentaje de emergencia de semillas de aguacate. Caxaque, San Marcos.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Total	80	28888.75	36.11	2.58	
Bloques	4	1007.50	251.87	1.80	
Tratamientos	15	19488.75	1299.25	9.29	1.84 *
Tipo de Corte	3	12843.75	4281.25	30.61	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	3613.75	1204.58	8.61	2.76 *
Interacción	9	3031.25	336.80	2.41	2.04 *
Error Experimental	60	8392	139.87		

Cuadro 20 "A" Datos finales de campo en cm para la variable diámetro de portainjertos de aguacate. Caxaque, San Marcos.

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	TOTAL	MEDIA
Sin corte y 0 ppm	2.20	0	0	1.20	0	3.40	0.68
Sin Corte y 100 ppm	1.70	0	0	0.51	0	2.21	0.44
Sin Corte y 150 ppm	2.50	0	0	0	0	2.50	0.50
Sin Corte y 200 ppm	0	2.00	0	1.20	0	3.20	0.64
Corte Superior y 0 ppm	0	0	0	0	0	0	0
Corte Superior y 100 ppm	1.50	2.25	1.30	1.77	0	6.82	1.36
Corte Superior y 150 ppm	2.00	1.65	1.07	0.90	0	5.62	1.12
Corte Superior y 200 ppm	0	2.10	0	1.20	2.70	6.00	1.20
Corte Inferior y 0 ppm	1.00	1.90	0	0	2.12	5.02	1.00
Corte Inferior y 100 ppm	2.20	1.97	2.16	2.16	1.57	10.06	2.01
Corte Inferior y 150 ppm	2.18	1.96	1.78	2.21	2.60	10.73	2.15
Corte Inferior y 200 ppm	2.00	1.95	1.62	2.15	1.67	9.39	1.88
Corte superior e inferior y 0 ppm	1.45	0.80	0.88	0.90	0	4.03	0.81
Corte superior e inferior y 100 ppm	1.80	1.62	1.53	0	0	4.95	0.99
Corte superior e inferior y 150 ppm	1.57	1.60	1.32	2.25	1.90	8.64	1.73
Corte superior e inferior y 200 ppm	1.50	1.75	0	1.30	2.20	6.75	1.35
TOTAL	23.60	21.55	11.66	17.75	14.76	89.32	1.12

Cuadro 21 "A" Análisis de varianza para la variable diámetro de portainjertos de aguacate. Caxaque San Marcos.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Total	80	66.03	0.82	1.52	
Bloques	4	5.92	1.49	2.76	
Tratamientos	15	27.82	1.85	3.42	1.84 *
Tipo de Corte	3	15.32	5.11	9.46	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	6.82	2.27	4.20	2.76 *
Interacción	9	5.68	0.63	1.17	2.04NS
Error Experimental	60	32.29	0.54		

Cuadro 22 "A" Datos finales de campo para la variable altura de portainjertos de aguacate. Caxaque San Marcos.

TRATAMIENTO	I	II	III	IV	V	TOTAL	MEDIA
Sin corte y 0 ppm	15.85	0	0	13.85	0	29.70	5.94
Sin Corte y 100 ppm	7.47	0	0	2.50	0	9.97	1.99
Sin Corte y 150 ppm	27.90	0	0	0	0	27.90	5.58
Sin Corte y 200 ppm	0	7.50	0	16.00	0	23.50	4.70
Corte Superior y 0 ppm	0	0	0	0	0	0	0
Corte Superior y 100 ppm	17.40	12.75	7.65	12.67	0	50.47	10.09
Corte Superior y 150 ppm	5.80	13.10	6.83	2.80	0	28.53	5.71
Corte Superior y 200 ppm	0	14.50	0	12.00	15.70	42.20	8.44
Corte Inferior y 0 ppm	2.50	16.00	0	0	13.02	31.52	6.30
Corte Inferior y 100 ppm	23.82	17.02	16.84	18.80	12.07	88.55	17.71
Corte Inferior y 150 ppm	20.74	20.70	13.04	19.84	13.67	87.99	17.60
Corte Inferior y 200 ppm	10.40	12.82	15.96	18.83	10.50	68.51	13.70
Corte superior e inferior y 0 ppm	8.50	1.90	2.10	3.60	0	16.10	3.22
Corte superior e inferior y 100 ppm	9.00	10.08	9.10	0	0	28.18	5.64
Corte superior e inferior y 150 ppm	13.37	10.52	5.90	21.0	13.15	63.94	12.80
Corte superior e inferior y 200 ppm	18.50	13.60	0	11.85	21.60	65.55	13.11
TOTAL	181.25	150.49	77.42	153.74	99.71	662.61	8.28

Cuadro 23 "A" Análisis de varianza para la variable altura de portainjertos de aguacate. Caxaque, San Marcos.

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Total	80	4756.24	59.45	1.65	
Bloques	4	453.77	113.44	3.15	
Tratamientos	15	2144.47	142.96	3.97	1.84 *
Tipo de Corte	3	995.36	331.79	9.22	2.76 *
Concentración de ácido giberélico	3	546.13	182.04	5.06	2.76 *
Interacción	9	602.98	67.00	1.86	2.04NS
Error Experimental	60	2158.00	35.97		

Cuadro 24 "A" Cuadro resumen de valores finales correspondientes a las diferentes variables evaluadas, para cada uno de los tratamientos.

TRATAMIENTO	EMERGENCIA (%)	TIEMPO (Días)	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)
sin corte y 0 ppm de ácido giberélico	8.00	150.00	5.94	0.68
sin corte y 100 ppm de ácido giberélico	8.00	154.20	1.99	0.44
sin corte y 150 ppm de ácido giberélico	2.00	165.80	5.58	0.50
sin corte y 200 ppm de ácido giberélico	4.00	161.60	4.70	0.64
corte superior y 0 ppm de ácido giberélico	0	190.00	0	0
corte superior y 100 ppm de ácido giberélico	20.00	104.40	10.09	1.36
corte superior y 150 ppm de ácido giberélico	14.00	112.80	5.71	1.12
corte superior y 200 ppm de ácido giberélico	6.00	125.80	8.44	1.20
corte inferior y 0 ppm de ácido giberélico	16.00	134.20	6.30	1.00
corte inferior y 100 ppm de ácido giberélico	52.00	73.40	17.71	2.01
corte inferior y 150 ppm de ácido giberélico	50.00	75.60	17.60	2.15
corte inferior y 200 ppm de ácido giberélico	36.00	81.60	13.70	1.88
Corte superior e inferior y 0 ppm de ácido giberélico	12.00	112.80	3.22	0.81
Corte superior e inferior y 100 ppm de ácido giberélico	20.00	127.20	5.64	0.99
Corte superior e inferior y 150 ppm de ácido giberélico	32.00	80.40	12.80	1.73
Corte superior e inferior y 200 ppm de ácido giberélico	14.00	97.60	13.11	1.35

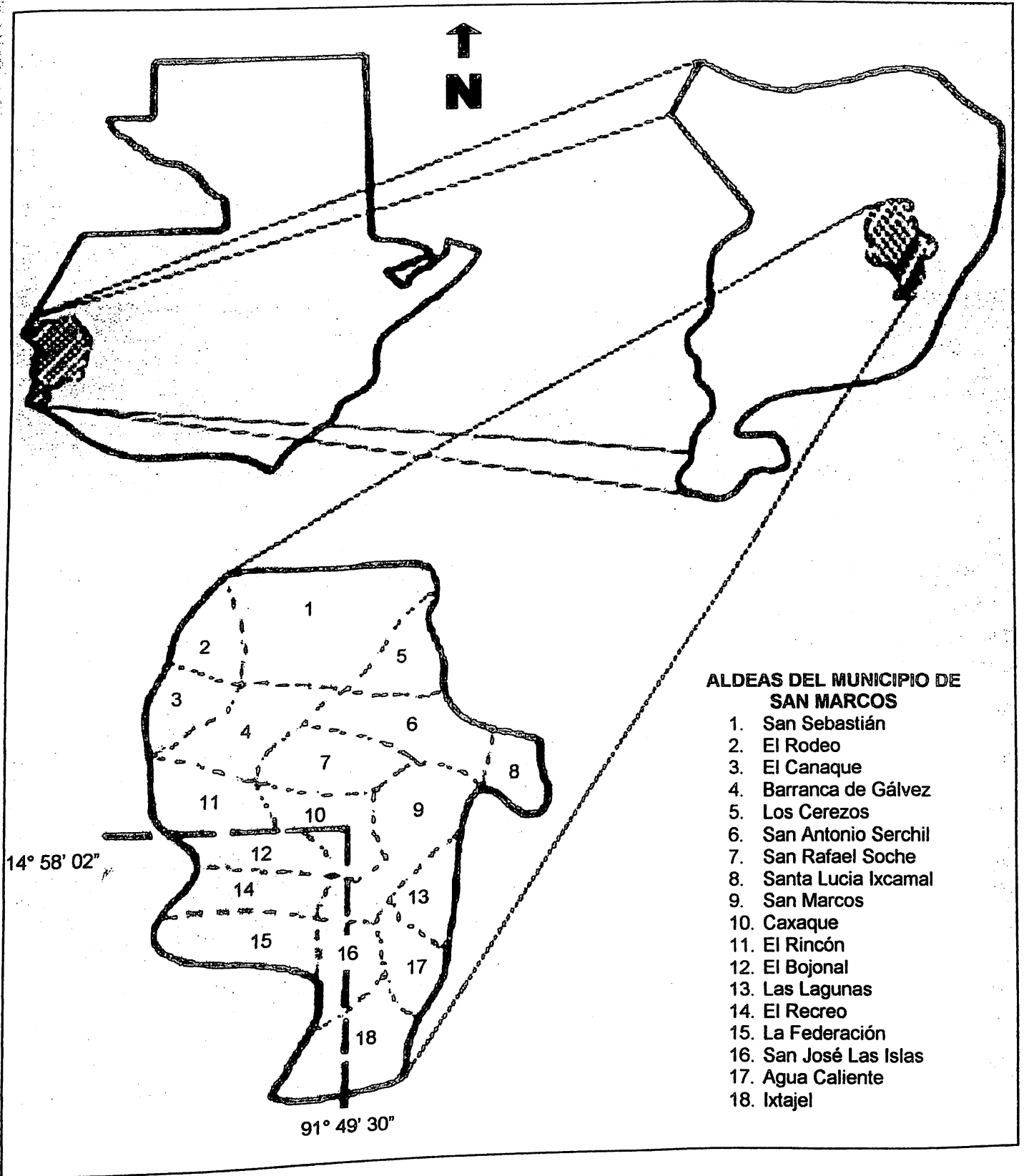
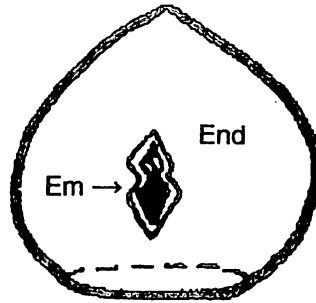
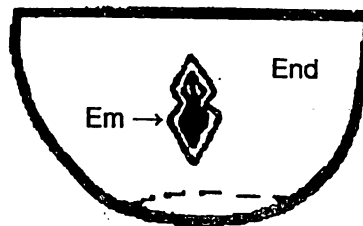


Figura 5 "A" Ubicación del área experimental en Aldea Caxaque, San Marcos

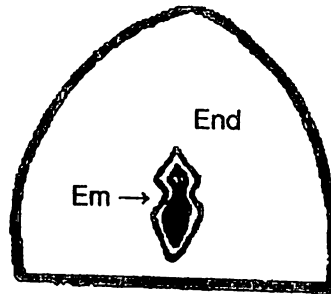
SIN CORTE



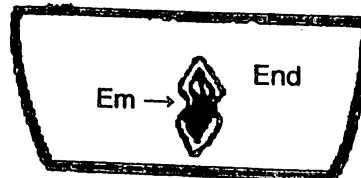
CORTE PARTE SUPERIOR



CORTE PARTE INFERIOR



CORTE PARTE SUPERIOR E INFERIOR

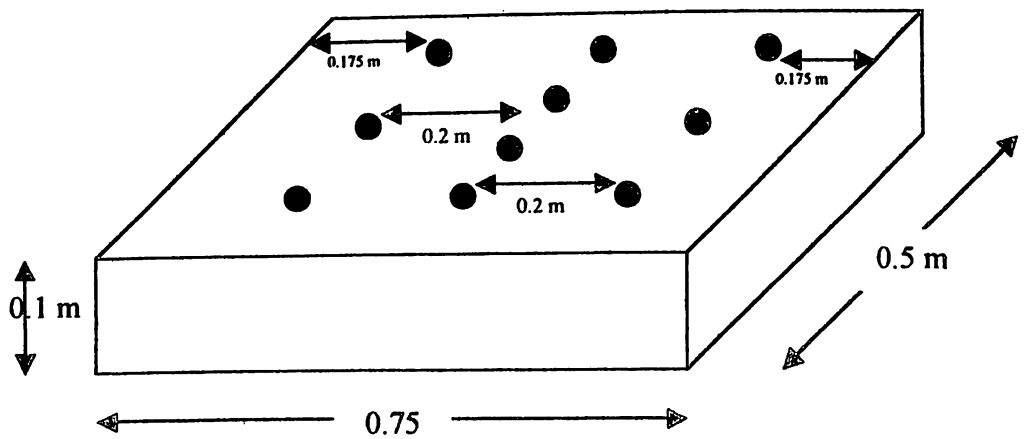


Referencia

Em = Embrión

End = Endospermo

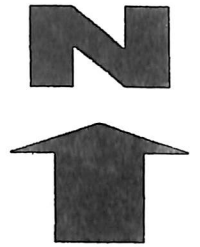
Figura 6 "A" Tipos de escarificación física realizada en semillas de aguacate.

**REFERENCIA**

Semilla de Aguacate

Figura 7 "A" Croquis de la unidad experimental.

T 4	T 12	T 9	T 13	T 7
T 7	T 8	T 2	T 2	T 3
T 5	T 1	T 15	T 4	T 12
T 13	T 15	T 14	T 6	T 8
T 11	T 4	T 12	T 1	T 10
T 2	T 13	T 10	T 16	T 13
T 10	T 9	T 7	T 11	T 11
T 16	T 7	T 13	T 8	T 1
T 1	T 11	T 4	T 12	T 4
T 8	T 14	T 6	T 5	T 15
T 15	T 16	T 5	T 10	T 5
T 3	T 6	T 1	T 7	T 12
T 14	T 3	T 11	T 14	T 9
T 6	T 10	T 8	T 3	T 3
T 12	T 5	T 16	T 15	T 14
T 9	T 2	T 3	T 9	T 6
I	II	III	IV	V



REFERENCIAS

T 1= Sin corte y 0 ppm

T 2= Sin corte y 100 ppm

T 3= Sin corte y 150 ppm

T 4= Sin corte y 200 ppm

T 5= Corte superior y 0 ppm

T 6= Corte superior y 100 ppm

T 7= Corte superior y 150 ppm

T 8= Corte superior y 200 ppm

T 9= Corte inferior y 0 ppm

T 10= Corte inferior y 100 ppm

T 11= Corte inferior y 150 ppm

T 12= Corte inferior y 200 ppm

T 13= Parte superior e inferior y 0 ppm

T 14= Parte superior e inferior y 100 ppm

T 15= Parte superior e inferior y 150 ppm

T 16= Parte superior e inferior y 200 ppm

Figura 8 "A"

Croquis de la distribución de los tratamientos en el campo.

Cuadro 25 "A" Importaciones de aguacate para Guatemala en Kg. período 1994 - 2001

AÑO	EE.UU.	MÉXICO
1994	998	25701
1995	0	43315
1996	31499	2064893
1997	1	2309061
1998	2268	1464993
1999	129	494692
2000	16801	2158304
2001	0	610398
PROMEDIO	6462	1146419,625

Fuente: Banco de Guatemala

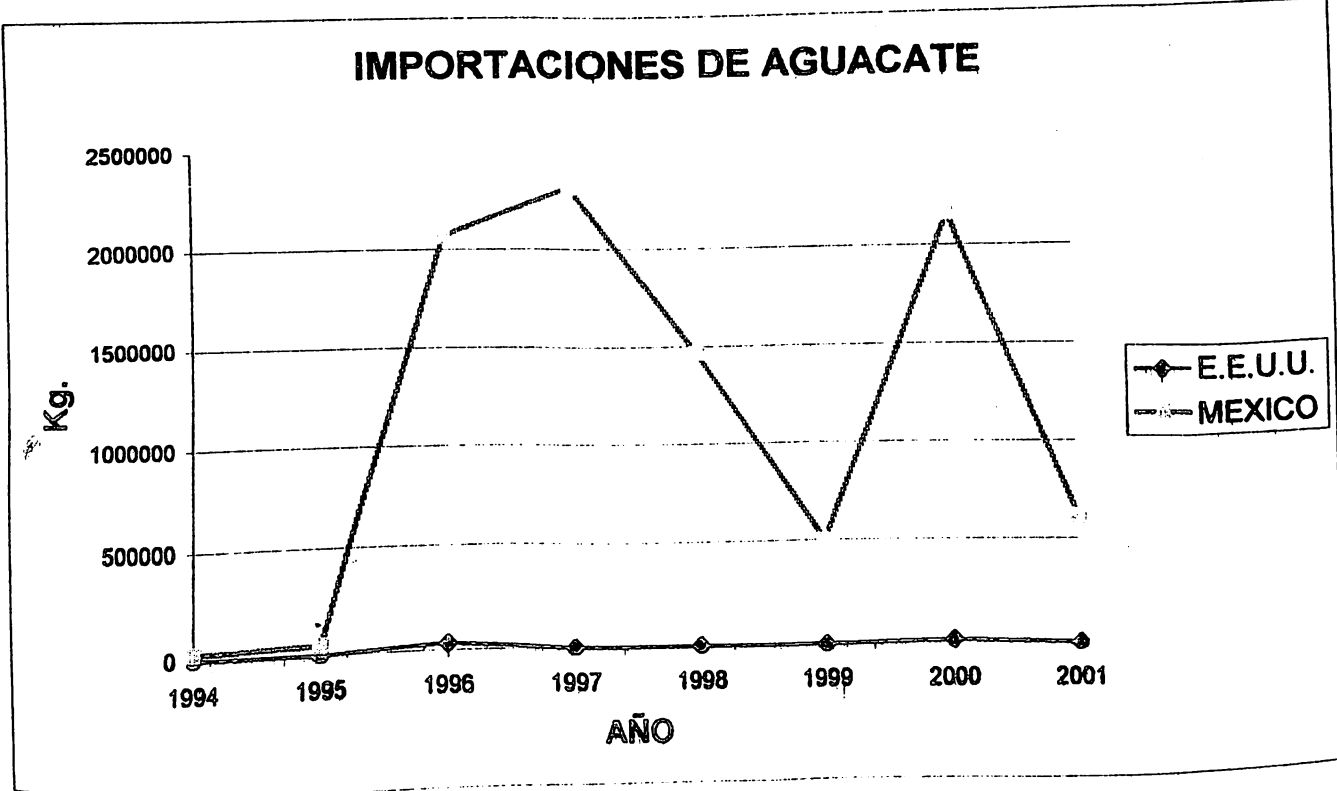


Figura 9 "A" Gráfica de importaciones de aguacate a Guatemala 1994 - 2001

Cuadro 26 "A" Exportaciones de Guatemala para el cultivo de aguacate en Kg.

AÑO	COSTA RICA	EL SALVADOR	HONDURAS	NICARAGUA
1994	338486	2490010	305376	25179
1995	123542	3763359	952140	10580
1996	423578	3575608	960766	68999
1997	204272	1135128	926766	6900
1998	86700	1293458	1046040	13892
1999	36800	3220483	3027905	12690
2000	0	1385430	2897503	2979
2001	0	177181	696734	295
PROMEDIO	151672.25	2130082.125	1347904.25	17689.25

Fuente: Banco de Guatemala

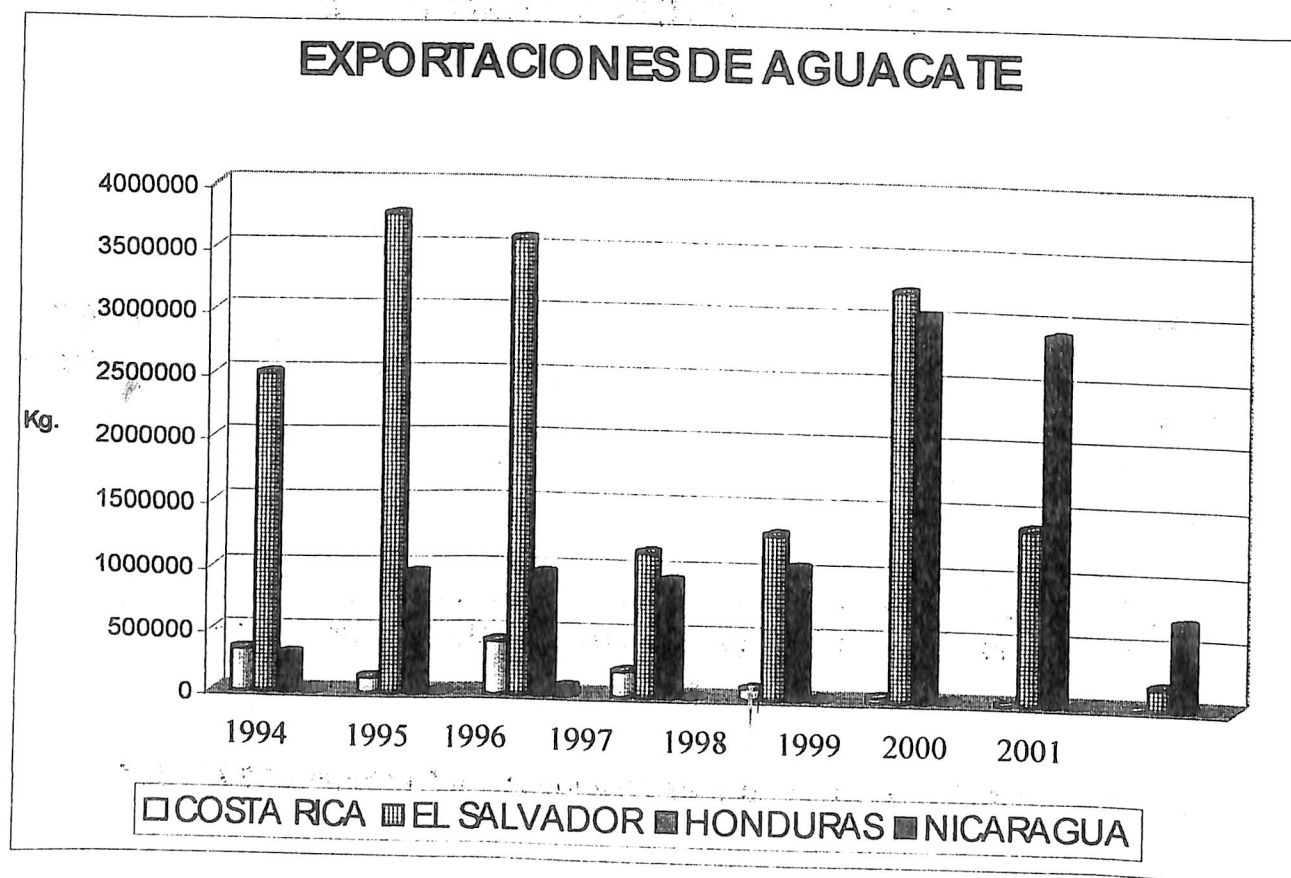


Figura 10 "A" Grafica de exportaciones de Guatemala del cultivo de aguacate en Kg.

Cuadro 27 "A" Resumen de las pruebas a los supuestos básicos de normalidad del error experimental de las variables de respuesta evaluadas, para la producción de portainjertos en aguacate. Caxaque, San Marcos.

Variable de respuesta	Coefficiente de variación	Shapiro y Wilks	Diagrama de tallos y hojas	Gráfica de probabilidad acumulada	Homogeneidad de varianzas
Días a emergencia	34.0%	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Porcentaje de emergencia	64.40%	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Diámetro de portainjertos	65.70%	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple
Altura de portainjertos	72.40%	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple	Sí cumple

Programa para las diferentes pruebas a los supuestos del análisis de varianza, para la normalidad del error experimental para las variables de respuesta en la producción de portainjertos en aguacate. Caxaque, San Marcos.

```

OPTIONS NODATE;
DATA dos;
INPUT REP TCORTE CONCENT DIASEM POREM ALTURA DIAM;
CARDS;
1      1      1      76      20      15.85      2.2
1      1      2      76      30      7.47      1.7
1      1      3      69      10      27.9      2.5
1      1      4      190     0      0         0
1      2      1      190     0      0         0
1      2      2      76      10      17.4     1.5
1      2      3      76      10      5.8      2
1      2      4      190     0      0         0
1      3      1      153     10      2.5      1
1      3      2      55      50      23.82   2.2
1      3      3      32      50      20.74   2.18
1      3      4      83      30      10.4     2

```

.....Continuación del programa

1	4	1	69	20	8.5	1.45
1	4	2	76	20	9	1.8
1	4	3	62	40	13.37	1.57
1	4	4	62	10	18.5	1.5
2	1	1	190	0	0	0
2	1	2	190	0	0	0
2	1	3	190	0	0	0
2	1	4	119	10	7.5	2
2	2	1	190	0	0	0
2	2	2	62	40	12.75	2.25
2	2	3	83	20	13.1	1.65
2	2	4	62	10	14.5	2.1
2	3	1	62	30	16	1.9
2	3	2	76	40	17.02	1.97
2	3	3	62	50	20.7	1.96
2	3	4	76	40	12.82	1.95
2	4	1	90	10	1.9	0.8
2	4	2	76	50	10.08	1.62
2	4	3	55	40	10.52	1.6
2	4	4	76	20	13.6	1.75
3	1	1	190	0	0	0
3	1	2	190	0	0	0
3	1	3	190	0	0	0
3	1	4	190	0	0	0
3	2	1	190	0	0	0
3	2	2	90	20	7.65	1.3
3	2	3	104	30	6.83	1.07
3	2	4	190	0	0	0
3	3	1	190	0	0	0
3	3	2	62	80	16.84	2.16
3	3	3	104	50	13.04	1.78
3	3	4	104	50	15.96	1.62
3	4	1	111	20	2.1	0.88
3	4	2	130	9.1	1.53	
3	4	3	119	40	5.9	1.32
3	4	4	190	0	0	0
4	1	1	104	20	13.85	1.2
4	1	2	125	10	2.5	0.51
4	1	3	190	0	0	0
4	1	4	119	10	16	1.2
4	2	1	190	0	0	0
4	2	2	104	30	12.67	1.77
4	2	3	111	10	2.8	0.9
4	2	4	111	10	12	1.2
4	3	1	190	0	0	0
4	3	2	98	50	18.8	2.16
4	3	3	104	70	19.84	2.21
4	3	4	83	30	18.83	2.15
4	4	1	104	10	3.6	0.9
4	4	2	190	0	0	0
4	4	3	90	20	21	2.25
4	4	4	98	20	11.85	1.3
5	1	1	190	0	0	0
5	1	2	190	0	0	0
5	1	3	190	0	0	0

.....Continuación del programa

5	1	4	190	0	0	0
5	2	1	190	0	0	0
5	2	2	190	0	0	0
5	2	3	190	0	0	0
5	2	4	76	10	15,7	2,7
5	3	1	76	40	13,02	2,12
5	3	2	76	40	12,07	1,57
5	3	3	76	30	13,67	2,6
5	3	4	62	30	10,5	1,67
5	4	1	190	0	0	0
5	4	2	190	0	0	0
5	4	3	76	20	13,15	1,9
5	4	4	62	20	21,6	2,2

;

PROC PRINT;

RUN;

PROC GLM;

CLASS REP TCORTE CONCENT;

MODEL DIASEM POREM ALTURA DIAM=rep tcorte concent tcorte*concent;

OUTPUT OUT=res r=res1 res2 res3 res4 p=pred1 pred2 pred3 pred4;

MEANS tcorte concent/TUKEY;

LSMEANS tcorte*concent/PDIFF;

RUN;

PROC UNIVARIATE PLOT NORMAL DATA=res;

VAR res1 res2 res3 res4;

RUN;

PROC PLOT;

PLOT res1*pred1;

PLOT res2*pred2;

PLOT res3*pred3;

PLOT res4*pred4;

RUN;



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: " ESCARIFICACION FISICA Y LA APLICACION DE ACIDO GIBERELICO
A SEMILLAS DE AGUACATE, Persea Americana Mill PARA PRO-
DUCCION DE PORTAINJERTOS, EN ALDEA CAXAQUE, SAN MARCOS."

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: CARLOS HUMBERTO GONZALEZ VASQUEZ

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES; Ing. Agr. Carlos René Fernández Pérez
Ing. Ag. Juan Manuel Herrera

Los asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía hacen constar que ha
cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. M. Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
A S E S O R

Ing. Agr. M. Sc. Domingo Amador Pérez
A S E S O R

Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M

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



AOL/nm
c.c. Control Académico
IIA
Archivo

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: llusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>