



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**DESCRIPCIÓN DE CARACTERES MORFOLÓGICOS EN
ÁRBOLES DE AGUACATE (*Persea americana*. Mill) var. Hass,
SOMETIDOS A RADIACIÓN GAMA DE Co⁶⁰**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A :

LORENA SANDOVAL RAMOS

DIRECTOR DE TESIS

M en C. EULOGIO DE LA CRUZ TORRES

2004



IZTACALA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A MI MAMÁ MICAELA RAMOS CRUZ

Por su amor invaluable, por haber sido mi
inspiración, ejemplo y guía constante, por
haber confiado en mí.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por brindarme la oportunidad de vivir y cumplir un sueño más.

A MI ESPOSO VINY

Por compartir la vida conmigo, por su amor y apoyo constante cada día de mi vida.

A MIS HIJOS SOFÍA, OMAR Y BRENDA

Por su amor desinteresado, enseñanzas y el tiempo que pasan solos para que su mamá se siga superando.

A MIS HERMANOS ANGELES, ALFREDO, ALEJANDRO Y GEORGINA

Por su amor, sus consejos y apoyo siempre presente sin importar las circunstancias.

A MIS SOBRINOS SURIEL, ALDO, AZAEL, SAMUEL, RODRIGO, SAMANTA Y TAMARA

Por su cariño.

- AL M. EN C. EULOGIO DE LA CRUZ TORRES. Un sincero agradecimiento por su guía constante en el desarrollo de este trabajo y por la amistad que me ha brindado durante este tiempo.
- A LA DOCTORA JUDITH MARQUÉZ Jefa del departamento de Citología Vegetal de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Por permitirnos realizar los estudios de citología en el departamento a su cargo.
- A LA DOCTORA SILVIA ESPINOZA de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Por su asesoría en el desarrollo de los estudios citológicos.
- A LOS MIEMBROS DEL JURADO por sus sugerencias y comentarios
DR. SAÚL FLORES MAYA
M. EN C. GERARDO ORTIZ MONTIEL
DRA. SILVIA AGUILAR RODRÍGUEZ
M. EN C. ANTONIO CISNEROS CISNEROS

AGRADEZCO AL Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares en cuyas instalaciones se llevo a cabo parte de este trabajo y por la beca otorgada para el desarrollo del mismo.

AGRADEZCO AL personal del Rancho La Labor perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín (CICTAMEX, S.C.) centro en el que se ubicaban las parcelas experimentales, por las facilidades otorgadas.

INDICE

	Página
Resumen	1
1. Introducción	2
1.1 Objetivos.	3
1.2 Justificación.	3
1.3 Hipótesis.	3
2. Revisión de literatura	4
2.1 Generalidades sobre aguacate.	4
2.1.1 Origen del género <i>Persea</i> .	5
2.1.1 Sistemática.	5
2.1.2 Comportamiento floral.	7
2.1.3 Historia del cultivo del aguacate.	7
2.1.4 Generalidades de "Hass".	8
2.1.5 Historia del cultivo del aguacate en México.	9
2.1.6 Cultivo del aguacate en México.	9
2.1.7 Problemática del cultivo del aguacate.	11
2.2 Métodos de mejoramiento genético de las plantas.	12
2.2.1 Selección.	12
2.2.2 Hibridación.	13
2.2.3 Mutación.	13
2.2.4 Ingeniería genética.	13
2.3 Mutagénesis	14
2.3.1 Mutaciones.	14
2.3.1.1 Mutaciones génicas.	15
2.3.1.2 Mutaciones cromosómicas.	15
2.3.1.3 Determinantes extracromosómicos.	15
2.4 Mutaciones en el fitomejoramiento.	15
2.4.1 Mutágenos.	17
2.4.1.1 Mutágenos químicos.	17
2.4.1.2 Mutágenos físicos.	17
2.4.2 Variedades generadas por mutagénesis.	18
2.5 Meristemos.	20
2.5.1 Secuencia de formación de los meristemos.	23

2.5.2	Meristemas vegetativos.	23
2.5.3	Características citológicas.	24
2.5.4	Meristemas en plantas con semilla	24
2.6	Arquitectura.	27
2.6.1	Gigantismo.	31
2.6.2	Repetición.	31
2.6.3	Arquitectura de aguacate.	32
3.	Materiales y Métodos	37
3.1	Descripción del área de estudio.	37
3.2	Material biológico utilizado.	37
3.3	Diseño experimental.	37
3.4	Caracteres y variables de estudio.	43
4	Resultados y Discusión	43
4.1	Descriptores morfológicos relacionados con el desarrollo vegetativo.	43
4.1.1	Altura del árbol.	43
4.1.2	Diámetro del follaje.	46
4.1.3	Circunferencia del tronco.	49
4.1.4	Extensión, diámetro del vástago y longitud de entrenudos.	51
4.1.5	Longitud de la lámina foliar.	54
4.1.6	Forma del árbol.	54
4.1.7	Patrón de ramificación.	56
4.1.8	Distribución de las ramas.	56
4.1.9	Angulo de inserción de las ramas.	58
4.1.10	Color del brote nuevo.	58
4.1.11	Color de las hojas maduras.	58
4.1.12	Angulo de inserción de la hoja.	60
4.1.13	Margen de la hoja.	60
4.1.14	Forma del ápice de la hoja.	60
4.2	Descriptores relacionados con características del fruto.	61
4.2.1	Longitud y diámetro del fruto.	61
4.2.2	Longitud del pedúnculo, pedicelo y diámetro del pedicelo.	64
4.2.3	Peso del fruto.	64
4.2.4	Hábito de fructificación	64

4.2.5	Forma del fruto.	67
4.2.6	Pedicelo con cabeza de clavo.	67
4.2.7	Color del pedicelo.	67
4.2.8	Otras características del fruto.	68
4.3	Descriptores relacionados con la cáscara y la semilla.	68
4.3.1	Grosor de la cáscara.	69
4.3.2	Longitud y diámetro de la cáscara.	69
4.3.3	Longitud y diámetro de la cavidad de la semilla.	71
4.3.4	Peso de la semilla.	72
4.3.5	Forma de la semilla.	72
4.3.6	Superficie y color del cotiledón.	72
4.3.7	Forma de la sección transversal de la semilla.	75
4.3.8	Otras características de la semilla.	75
4.4	Arquitectura .	77
4.4.1	Numero de ramas.	77
4.4.2	Angulo de inclinación de las ramas principales.	77
4.4.3	Longitud promedio de la sección anual de crecimiento.	79
4.4.4	Numero de ramas axilares por sección anual de crecimiento.	79
4.4.5	Número de brotes prolépticos y silépticos.	81
4.5	Citología.	82
4.5.1	Descripción del meristemo.	82
4.5.2	Efectos de la radiación sobre caracteres de interés agronómico.	83
5.	Conclusiones.	89
6.	Apéndice	90
7.	Bibliografía.	96

Relación de figuras

1. Organización de los meristemos.	25
2. Unidad de morfogénesis y modelo arquitectónico.	30
3. Diagrama esquemático de la construcción modular en aguacate.	34
4. Rasgos distintivos de brotes prolépticos y silépticos en aguacate.	35
5. Altura del árbol en función de la dosis.	48
6. Diámetro del follaje en función de la dosis	48
7. Circunferencia del tronco en función de la dosis.	49
8. Regresión lineal de circunferencia del tronco y altura.	50
9. Regresión lineal de circunferencia de tronco y diámetro de follaje.	50
10. Tipo de superficie del tronco en función de la dosis.	52
11. Extensión del vástago en función de la dosis.	52
12. Diámetro del vástago en función de la dosis.	52
13. Longitud de entre nudos en función de la dosis.	53
14. Longitud de la lámina foliar en función de la dosis.	55
15. Forma del árbol en función de la dosis.	55
16. Distribución de las ramas en función de la dosis.	57
17. Color del brote nuevo en función de la dosis.	57
18. Color de las hojas maduras en función de la dosis.	59
19. Longitud del fruto en función de la dosis.	63
20. Diámetro del fruto en función de la dosis.	63
21. Longitud del pedúnculo en función de la dosis.	65
22. Hábito de fructificación en función de la dosis.	65
23. Forma del fruto en función de la dosis.	67
24. Pedicelo con cabeza de clavo en función de la dosis.	67
25. Color de pedicelo en función de la dosis.	70
26. Longitud de la semilla en función de la dosis.	70
27. Diámetro de la semilla en función de la dosis.	73
28. Diámetro de la cavidad de la semilla en función de la dosis.	73

29. Peso de la semilla en función de la dosis.	74
30. Forma de la semilla en función de la dosis.	74
31. Superficie del cotiledón en función de la dosis.	76
32. Forma de la sección transversal de la semilla en función de la dosis.	76
33. Número de ramas en función de la dosis.	78
34. Angulo de inclinación de las ramas en función de la dosis.	78
35. Longitud de sección anual de crecimiento en función de la dosis.	80
36. Número de ramas axilares por sección anual de crecimiento en función de la dosis.	80
37. Número de brotes prolépticos y silépticos en función de la dosis	81
38. Meristemo de ápice vegetativo 0 Gy.	86
39. Meristemo de ápice vegetativo 0 Gy.	86
40. Meristemo de ápice vegetativo 10 Gy	87
41. Meristemo de ápice vegetativo 10 Gy	87
42. Meristemo de ápice vegetativo 20 Gy	88
43. Meristemo de ápice vegetativo 25 Gy	88

Índice de cuadros

1. Composición bromatológica del aguacate.	4
2. Clasificación ecológica del aguacate.	6
3. Número de variedades obtenidas por mutagénesis por tipo de cultivo.	19
4. Número de variedades obtenidas por mutagénesis en cereales.	19
5. Número de cultivares producidos por tipo de mutágenos.	20
6. Número de repeticiones por dosis y sobrevivencia de árboles.	38
7. Descriptores utilizados para la evaluación morfológica del árbol, fruto y semilla.	39
8. Número de individuos por dosis de radiación seleccionados para el estudio citológico.	40
9. Estadísticos de las variables relacionadas con el desarrollo vegetativo en función de la dosis.	45
10. Análisis de varianza de las variables relacionadas con el desarrollo vegetativo.	46
11. Análisis de varianza de las variables relacionadas con el fruto.	62
12. Estadísticos de las variables relacionadas con características del fruto en función de la dosis.	62
13. Análisis de varianza de las variables relacionadas con cáscara y semilla.	69
14. Estadísticos de las variables relacionadas con características de cáscara y semilla en función de las dosis de radiación.	71

RESUMEN

Se realizó la caracterización de 77 árboles de aguacate "Hass" sometidos a radiación gamma de Co^{60} , en dosis de 0, 5, 10, 15, 20 y 25 Gy, en base a estudios previos de radiosensibilidad con fines de mejoramiento, ubicados en el centro experimental "La Labor" perteneciente a la fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. en Temascaltepec, México.

Se realizó la caracterización morfológica de esta variedad de acuerdo a la nomenclatura establecida por la Oficina Internacional de Recursos Genéticos (IBPGRI), registrándose 27 variables para la descripción del árbol, 33 para descripción del fruto y 14 para la caracterización de la semilla.

Respecto a la caracterización arquitectónica se evaluaron 10 variables. Empleando irradiación gamma de Co^{60} en las dosis de 15 y 20 Gy se detectó una reducción del 22% en el porte del árbol, así mismo hubo reducción el diámetro del tronco y del follaje.

Se encontró que la reducción en el porte del árbol induce a una mayor variación de la forma del mismo, en la distribución de las ramas, en la forma del fruto y en la forma de la semilla. También se detectó un incremento notable en la productividad de algunos árboles irradiados.

Respecto a la arquitectura del árbol se observó que el ángulo de inclinación de las ramas aumentó al incrementarse la dosis de radiación y que la longitud de la sección anual de crecimiento se redujo significativamente en las dosis de 20 y 25 Gy.

Se observó un incremento significativo en el número de brotes prolépticos en los árboles irradiados en el último módulo de crecimiento rítmico, lo que indica un cambio sustancial en el hábito de crecimiento.

Con la finalidad de determinar si los cambios en morfología y arquitectura del árbol correspondían con la modificación a nivel meristemático, se realizaron observaciones al microscopio de corte de tejido apical vegetativo meristemático en muestras de árboles de todos los tratamientos, incluyendo al testigo, sin detectar modificaciones significativas en disposición y tamaño de las células de la túnica y el cuerpo del brote vegetativo

I.-INTRODUCCION

En la actualidad uno de los principales problemas que afronta la humanidad es la insuficiencia alimentaria. En México este problema se ha acentuado por la difícil situación socioeconómica que vive el país, manifestándose en una grave desnutrición en el sector rural y las clases marginadas de las grandes urbes (De la Cruz, 1997).

Por lo anterior, la búsqueda de fuentes alternativas de grasas y proteínas de alto valor biológico y de bajo costo se ha convertido en una prioridad impostergable. El aguacate (*Persea americana*. Mill) originario de México y Centroamérica es un fruto de alto valor nutritivo cuyo consumo se remonta a tiempos prehispánicos, por lo que constituye una opción para contribuir a resolver el ingente problema alimentario de nuestro país al promover su cultivo en áreas agroecológicamente aceptadas.

En la actualidad, no obstante que en México existe gran variedad de tipos de aguacate y que nuestro país es el líder mundial en la producción del mismo, su cultivo se enfrenta a una problemática caracterizada por altos costos de producción, bajos rendimientos por hectárea y problemas post-cosecha, que originan que solo el 20% de la producción sea posible de exportar.

Una alternativa para reducir los costos de producción en fruticultura consiste en cultivos intensivos mediante variedades de porte bajo, que al aumentar la densidad de plantación por hectárea, reducen los costos de manejo e incrementan la productividad.

Para la obtención de variedades de porte bajo existen diversas estrategias como el uso de portainjertos enanizantes, la selección recurrente y la mutagénesis radioinducida entre otras. Esta última presenta grandes ventajas respecto a las dos estrategias anteriores (las cuales requieren considerable tiempo y recursos para su evaluación), dado que al modificar solo uno o algunos caracteres de interés de una variedad generalmente aceptada, como es el caso de "Hass" se puede reducir el porte sin necesidad de afectar significativamente el resto de sus cualidades.

Con base en lo anterior el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) y el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de

México (CICTAMEX) iniciaron en 1988 un programa de mejoramiento genético de esta especie mediante radiación gamma de Co^{60} con el objeto de obtener variedades de porte bajo, de alta productividad y buena calidad de fruto. A la fecha se han establecido en campo 405 árboles sometidos a diferentes dosis de radiación entre los cuales se presenta un gran número de variantes con características sobresalientes.

La caracterización morfológica, de arquitectura y citológica de posibles mutantes es primordial a efecto de poder seleccionar los sujetos de la variedad de aguacate "Hass" que brinden mayores posibilidades de mejoramiento, lo cual constituye el propósito del presente trabajo de tesis.

Esta caracterización se relaciona con la búsqueda de cambios a nivel de forma del árbol, de arquitectura y cambios en el meristemo caulinar que se correlacionen con cambios a nivel fenotípico.

1.1 Objetivos

1. -Describir las características morfológicas, arquitectónicas e histológicas de posibles mutantes en árboles de aguacate variedad "Hass"
2. - Brindar criterios de selección de mutantes.

1.2 Justificación

Debido a la importancia del aguacate a nivel socioeconómico y a los trabajos y esfuerzos realizados para obtener árboles de porte bajo de alta productividad, la presente investigación pretende evaluar uno de los aspectos básicos del mejoramiento del cultivar "Hass" que consiste en la caracterización morfológica, arquitectónica y citológica, de los árboles irradiados con Co^{60} .

1.3 Hipótesis

Debido a que las radiaciones de Co^{60} producen mutaciones en material vivo, se espera que en materiales irradiados en un rango de 5Gy a 25 Gy con intervalos de 5Gy, entre tratamientos la variabilidad inducida en plantas de aguacate "Hass" aumenta al incrementar la dosis de radiación.

II.-REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades sobre el Aguacate

El árbol del aguacate considerado como nativo de México y Centroamérica posee frutos cuya forma le dan el nombre en nahúatl de "Ahuacacahuitl", el cual procede de las raíces "Ahuacatl" (testículo) y "Cahuitl" (árbol) (Cictamex, 1985) por lo que su significado es "árbol de los testículos". Recibe además otros nombres como "palta" en Sudamérica, "avocado" o "avocado pear" en lengua inglesa, "avocatier" en francés y "abacate" en portugués (Arcos y Pérez, 1996).

Se sabe que este fruto se conocía en América desde mucho antes de la conquista, ya que según los cronistas de esa época el fruto era uno de los preferidos por los indígenas de América (Rubí y Avitia, 1995). El centro de expansión de este producto fue México distribuyéndose hacia el centro y sur de América, después de la colonización comenzó a dispersarse hacia el viejo mundo (Rodríguez, 1992).

Su fruto posee grandes propiedades alimenticias ya que además del contenido de carbohidratos, vitaminas y minerales presenta un alto contenido de aceites y proteínas (Rodríguez, 1992).

De acuerdo con el Instituto Nacional de la Nutrición una muestra de 100 gramos de pulpa de aguacate presenta los siguientes compuestos nutritivos (Cuadro 1).

Cuadro No.1.- Composición bromatológica del aguacate

Calorías	15.2 gramos	Hierro	0.53 gramos
Proteínas	1.6 gramos	Tiamina	.09 miligramos
Grasas	15.6 gramos	Riboflavina	.14 miligramos
Hidratos de carbono	4.8 gramos	Niacina	1.9 gramos
Calcio	24.0 miligramos	Ac. ascórbico	14.0 miligramos
Fósforo	47 gramos		

Este análisis bromatológico nos hace ver que el aguacate es una fuente importante y sana para la alimentación humana (Sánchez *et al*, 1989). El alto contenido en grasas que posee lo hacen utilizable en la industria de la cosmetología para la preparación de lociones, jarabes, y para el tratamiento del cuero cabelludo, pelo y piel, mientras que en la medicina es considerado como antidisentérico y restablecedor del equilibrio de las funciones intestinales (Rodríguez, 1982).

2.1.1 Origen del genero *Persea*.

El género *Persea* pertenece a la familia *Laureaceae*. Los miembros de esta familia son tal vez las primeras plantas registradas en la historia ya que según reportan Kostermans (1957) y Bernardi (1962) los miembros del genero *Cinnamomun* y *Persea* eran conocidas por los chinos desde el año 2800 A. C. (Bautista, 1989).

El genero *Persea* es de origen Africano laurasiatico consta de dos subgéneros *Eriodaphne* originario de Africa y el subgénero *Persea* probablemente de Laurasia, cuyos progenitores probablemente también se originaron de Africa, luego se introdujeron al sudeste de Laurasia, esto ocurrió probablemente a mediados del eoceno o el pleoceno, dispersándose a Asia como al Norte y Sur de América durante el pleoceno (Bergh, 1992).

El subgénero *Persea* es el más importante económicamente de los dos subgéneros, ya que agrupa a los aguacates cultivados (Bergh, 1992), principalmente a la especie *Persea americana*. Mill, la cual es la más importante debido a la explotación que se hace del fruto (Bautista, 1989).

2.1.2 Sistemática.

La taxonomía de esta especie ha llevado a muchas opiniones, sin embargo de acuerdo con Levine (1982) y Rubí y Avitia (1995), el aguacate tiene la siguiente clasificación botánica:

División: *Espermathopyta*

Subdivisión: *Angiospermae*

Clase: *Dicotyledonea*

Orden: *Ranales*.

Familia: *Laureaceae*

Genero: *Persea*

Subgénero: *Persea*

El aguacate ha sido clasificado dentro de tres grupos o razas ecológicas que de acuerdo con Bergh (1992) se toman en cuenta características distintivas como el olor a anís de las hojas debido a la presencia de terpenos principalmente estragol, pero también la pubescencia de la hoja y la flor, la época de floración-recolección, tamaño del fruto y resistencia al frío, tipo de epicarpo o cáscara. México tiene una gran cantidad de tipos

criollos que tienen excelentes características de calidad, incluyendo algunos criollos resistentes a heladas. (Cuadro 2)

Cuadro No. 2 Clasificación ecológica del aguacate

	RAZA		
CARACTER	Mexicana	Guatemalteca	Antillana
Localización y Adaptación Climática	Valle de México 1500-2200 msnm. Semitropical.	500-1000 msnm. Subtropical	Lugares cálidos con alta humedad relativa menos de 500 msnm. Tropical
Tolerancia al frío	Alta Jóvenes -3° a 5°C Adultos -5° a 5°C	Intermedia Jóvenes de -2° a -4° C Adultos -3° a -5°C	Baja Jóvenes -1° C a 1° C Adultos -3° C a -4° C
Condiciones del suelo (Salinidad)	Menor Sensible a suelos calcáreos y salinidad (pH optimo: 5.5-6.5)	Intermedia	Mayor Resistentes al calcio y a la salinidad (250 a 350 ppm)
Tallo	Árbol alto, con corteza delgada y gran cantidad de lenticelas	Árbol grande y frondoso	Árbol no tan vigoroso
Ramificaciones	Abundantes y delgadas con ramificaciones "chupones"	En algunas ocasiones produce chupones	No produce "chupones"
Hojas	Elípticas, de 8-10 cm verde oscuras y lustrosas, con olor a anís	Anchas y largas de 15 a 18 cm, rojizas inodoras	Elípticas, de 26 cm verde claro amarillento, inodoras
Brotes	Verde pálido o plateado, vellosos	Violáceos	Primero rojizos tornándose después verdes, sin vellosidades
Flores	Verde claro	Verde claro	Verde claro
Época de floración	Temprana (oct-dic)	Media (mar-abr)	Tardía (jul-sep)
Fruto	Pedicelo corto Color: Verde o casi negro, Forma: alargada, Tamaño: Pequeño, Peso: menor a 250g. Corteza: muy delgada, lisa, y cerosa % de aceites: muy alto, Pulpa: blanqueada verdosa, sabor semejante a anís y con fibras comunes, Semilla: grande con superficie lisa cavidad holgada, e integumentos delgados. Este fruto presenta mas tolerancia al frío	Pedicelo largo, Color: verde claro, Forma: redonda, Tamaño: de mediano a grande, Peso: de 125 a 2.5 Kg. Corteza: gruesa, dura y rugosa, % de aceite: alto, Pulpa: abundante, amarilla y dulce, con fibras poco comunes, Semilla: pequeña con superficie lisa, cavidad reducida, e integumentos delgados.	Pedicelo: corto, Color: rojizo, Forma: alargada, Tamaño: variante, Peso: 250 g a 2.5 Kg, Corteza: gruesa, dura y rugosa % de aceite bajo, Pulpa: abundante, amarilla y poco dulce y con fibras poco comunes, Semilla: pequeña con superficie, cavidad hogada e integumentos gruesos. Este fruto tiene menos tolerancia al frío
Floración-Recolección	7 meses (variando de 6 a 8)	10-15 meses	6 meses (variando de 5 a 8)
Vida del fruto post-cosecha	8 a 10 días	5 meses	4 o 5 días
Variedades obtenidas	Bacon, Zutano, Duke, Topa-Topa, Atlixco, San Sebastián	Hass, Anaheim, Oratava, Booth7, Booth 8, Nabal,	Pollok, Peterson, Waldin, Baker,

(Tomado de Bergh, 1992)

2.1.3 Comportamiento floral

Las flores del aguacate exhiben un comportamiento floral único descrito como dicogamia protogínea con sincronía diaria complementaria (Lovatt, 1993; Bergh, 1987). Un cultivar puede clasificarse dentro del tipo A o del tipo B. El tipo A es funcionalmente femenino en la mañana y funcionalmente masculino en la tarde, este abre en la mañana del primer día y permanece abierto durante dos o tres horas, en este tiempo el estigma es receptivo, las flores entonces se cierran y no abren hasta la tarde del segundo día en el cual el polen se libera (Bergh, 1987).

El tipo B sigue el patrón contrario, abren el primer día hasta la tarde, en ese tiempo el estigma es receptivo por varias horas y entonces las flores cierran, en la mañana del segundo día las flores reabren como machos y el polen se libera (Lovatt, 1993). Las cruza A x B según estos mecanismos dicogámicos ocurren entonces por la mañana o por la tarde, para el primer caso cuando el polen de B fecunda al óvulo de A y en el segundo caso cuando el polen de A fecunda al óvulo de B (Rodríguez, 1982).

2.1. 4 Historia del cultivo del aguacate

El mejoramiento del aguacate se inicia a finales del siglo XIX cuando cultivadores iniciaron exploraciones a otros países con el fin de contar con mayor variabilidad genética.

Fue Wilson Popenoe en 1911 considerado como padre del cultivo moderno del aguacate, quien inició la selección de variedades de Atlixco Puebla destacando como sobresaliente la variedad "Fuerte", la cual logró dominar el mercado americano en 1927, superando a la "Taft" líder en California en ese entonces (Bergh y Storey, 1983).

En 1925 se establece la Asociación Californiana de Aguacateros (C.A.S. por sus siglas en inglés) organizando así a los productores de aguacate de Estados Unidos con la finalidad de investigar, difundir y explotar todo lo concerniente al cultivo del aguacate; entre 1915 y 1986 se registraron 335 investigaciones sobre el mejoramiento de nuevas variedades y patrones (Sánchez Colín, 1988). En los años 30's se iniciaron los trabajos tendientes a la selección del aguacate con la finalidad de encontrar variedades cuya época de producción fuera temprana para cubrir la época en que la variedad "Fuerte" dejara de producir (Bergh y Storey, 1983).

En el año de 1944 surge la variedad "Hass" patentada en 1935 por R.H. Hass, la cual vino a cubrir un segundo lugar, superado únicamente por la variedad "Fuerte" (Gallardo, 1986). Las posteriores investigaciones fueron enfocadas a la búsqueda de aguacates precoces de alta calidad, buena apariencia y fácil comercialización, utilizando especies seleccionadas hibridizadas e introducidas del extranjero como "Yamma", "Ettinger", "Arthuro" etc. (Rubí, 1989).

La reducción del porte de los árboles fue iniciada por el Dr. Bergh utilizando un árbol de origen desconocido con características de enanizante, injertando en las plántulas obtenidas por semillas de este árbol las variedades "Hass", "Bacon" y "Fuerte" (Bergh y Whitshell, 1962). La variedad "Gwen" es la variedad más reciente obtenida de un segregante de "Hass" que presenta buenas características de producción y calidad que resultan prometedoras (Gween Avo. Growers, 1987).

También se han enfocado investigaciones para mejorar patrones de aguacate que brinden resistencia a patógenos y a condiciones medioambientales adversas tal es el caso del "G-755" o "Martín Grande" resistente al hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands (Zentmayer y Schieberg, 1987).

2.1.5 Generalidades de "Hass"

El árbol original fue cultivado y seleccionado por Rudolph G. Hass a principios de la década de los años 20's, se cree que la vieja variedad "Lyon" es la fuente genética del "Hass". Fue registrado en la Asociación de Aguacateros de California en 1932 y se patentó en 1935 con el número 139 el 27 de agosto (Koch, 1983).

Esta variedad presenta árboles vigorosos, moderadamente extensos que producen un fruto de excelente calidad mayormente de cáscara oscura en la madurez pesando entre 6 a 14 onzas. Tiene forma piriforme u ovoide con piel granulosa, presenta una larga vida de anaquel y desde los años 70's ha tenido gran aceptación del consumidor (Koch, 1983).

2.1.6 Historia y mejoramiento del aguacate en México.

El aguacate tipo criollo se desarrolla de manera natural en la República Mexicana (Gallegos, 1993). Las plantaciones de este aguacate natural eran heterogéneas con diferente productividad, resistencia a plagas y enfermedades y frutos con diversos tamaños (Jiménez, 1988).

En los años 50's el Ingeniero Salvador Sánchez Colín se enfoca a la tarea de introducir nuevas variedades que presentaran mayor uniformidad en cuanto a producción calidad y resistencia auxiliado por investigadores de la Asociación de Aguacateros de California, plantando en Ixtapan de la Sal México 7 hectáreas con árboles de la variedad "Fuerte" (Sánchez Colín *et. al.*, 1990).

Posteriormente se incorporaron 12 árboles de "Fuerte" procedentes de Ajijic Jalisco con características vegetativas diferentes a las de la propia variedad las cuales al ser seleccionadas e injertadas originaron la variedad "Colín V-33" (Sánchez Colín, 1982).

En el periodo 50-60, la mayor parte de las plantaciones de aguacate se establecieron con la variedad "Fuerte" posteriormente al conocerse las características de la variedad "Hass" a partir de la década del 70's, las nuevas plantaciones se establecieron con esta variedad y gradualmente las huertas ya establecidas fueron reinjertadas con "Hass"

En 1982 el Ing. Salvador Sánchez Colín promueve la creación del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en el Estado de México (CICTAMEX), con la finalidad de generar la investigación que propicie el mejoramiento de la actividad frutícola aguacatera (Sánchez Colín y De la Cruz, 1992).

2.1.7 Cultivo del aguacate en México.

Nuestro país es reconocido mundialmente como el primer productor y consumidor de aguacate, su zona cultivable se extiende en 16 estados de la república, (Sánchez y Rubí, 1994), en cada uno de los cuales se presentan fuertes limitaciones como son la producción de aguacate antillano de baja calidad comercial, suelos inadecuados, severos ataques de plagas y enfermedades, etc. De tal forma que las condiciones agroecológicas óptimas se encuentran principalmente en cinco estados de la república: Michoacán,

Puebla, Estado de México, Morelos y Nayarit (Sánchez y Rubí, 1994). Constituye esta zona la faja aguacatera de la República Mexicana definida por las cotas de 1500 a 2200 msnm a lo largo del eje neovolcánico, donde se pueden producir aguacates finos de alto valor comercial (Cictamex, 1985).

Michoacán es el primer estado productor con una superficie de 90 000 hectáreas y una producción de 871, 873 toneladas, lo que constituye el 72% de la producción total del país. En el ámbito nacional se reporta en 1994 una superficie cultivada de 124,624 hectáreas en 1994, generando una producción de 1 00 000 toneladas, generando una importante derrama económica en renglones como insumos y servicios para esta agroindustria (Sánchez y Rubí, 1994). El Estado de México también es una entidad que presenta amplios recursos tanto disponibles como potenciales produciendo variedades mejoradas como “Fuerte”, “Hass”, “Bacon”, “Colín V-33”, que son las mas cotizadas (Sánchez y Rubí, 1994). En los últimos años no ha existido un aumento significativo en la superficie cultivada y en el volumen de producción dado que en el periodo 1995-1997 se reportaron 93317 hectáreas con una producción promedio de 829185 ton (Ibañez, 2001)

El “Hass” es la variedad que mas se explota en nuestro país, ocupa un 95% de las plantaciones, seguido por “Fuerte”, “Bacon”, “Zutano”, “Rincón”, “Choquette”, “Booth 7”, “Booth 8” y criollos regionales (Arcos y Pérez, 1996).

Dentro de la faja aguacatera se encuentran climas que van desde el subtropical (1500 msnm) hasta el frío (1900 a 2200 msnm), aunque en climas subtropicales existe mayor producción los árboles de aguacate son mas afectados por plagas y enfermedades; en los climas fríos la producción es menor pero la incidencia de patógenos es menor. Se considera que la zona ideal para la producción de aguacate se ubica entre los 1600 a 1800 msnm donde el clima es templado (Rubí, 1989).

Los suelos de la zona aguacatera son fundamentalmente de origen volcánico conocidos como andosoles, aunque se encuentran en menor proporción regosoles, vertisoles y litosoles (Rubí, 1989).

El cultivo del aguacate es atacado por una amplia variedad de patógenos, plagas y enfermedades que afectan significativamente su producción, tal es el caso del hongo

Phytophthora cinnamomi que provoca la tristeza del aguacate afectando a la raíz y atacando en México al 70% de la superficie de cultivo; con respecto a las plagas *Oligonicus punicae* (araña roja) y *Heliothrips haemorrhoidalis* (trips) son las más importantes. Estas plagas y el hongo el *Sphaceloma perseae* que produce la antracnosis, a nivel post cosecha reducen hasta en un 30% la producción (Arcos y Pérez, 1996).

No obstante que nuestro país es considerado como el primer productor y consumidor, no es fuerte competidor a nivel mundial pues solo exporta una parte de su producción, mientras países como Israel, Sudáfrica y Chile venden al exterior más de la mitad de su producción. Los principales destinos del aguacate mexicano son Francia, Estados Unidos, Canadá, y Japón, dentro de los cuales Francia es nuestro principal mercado pues en 1993 se le envió el 64% del total exportado (Arcos y Pérez, 1996).

Con la reciente apertura del mercado norteamericano al aguacate mexicano, se prevé un notable incremento en el nivel de exportaciones.

2.1.8. Problemática del cultivo del aguacate.

Los principales problemas a los que se enfrenta el cultivo del aguacate son:

1.- Condiciones Ambientales: Esto implica problemas para el desarrollo de los árboles por condiciones adversas tales como salinidad, alcalinidad, y temperatura, heladas y ondas cálidas, deficiente drenaje etc.

2.- Plagas y enfermedades: Esta especie presenta problemas de susceptibilidad a enfermedades y agentes patógenos tales como *Phytophthora cinnamomi*, *Oligonicus punicae*, *Heliothrips haemorrhoides* y *Sphaceloma perseae*, los cuales afectan grandes superficies cultivadas.

3.- Características intrínsecas de las variedades: a) Porte alto que dificulta la cosecha y disminuye la densidad de población; b) Largo ciclo de desarrollo que implica el esperar de 5 a 7 años para evaluar la productividad de los individuos, elevando costos y requiriéndose grandes extensiones de terrenos (Sánchez Colín, 1991), c) Alternancia que ocasiona alta producción en un año y baja en otro y un bajo amarre que propicia que el 1% de las flores se transformen en frutos.

Para abordar estos problemas se han aplicado diversas estrategias por ejemplo labores culturales, riegos, control fitosanitario y mejoramiento genético, etc. El mejoramiento genético es la estrategia que puede generar soluciones a largo plazo y con reducidos costos permitiendo mejores variedades con mayor adaptabilidad, eficiencia productiva y calidad.

2.2 Métodos de Mejoramiento genético de las Plantas.

Las estrategias actuales para el mejoramiento genético de las plantas se pueden dividir en términos generales en: 1.- Selección 2.- Hibridación 3.- Mutagéneis 4.- Ingeniería genética

2.2.1 Selección.

El proceso de selección implica la concepción del ideal que se persigue para poder desechar a los individuos que manifiestan caracteres negativos y conservar únicamente en cada generación a los individuos que más se acerquen a tener el conjunto de caracteres que coincidan con el ideal propuesto, para esto debe tenerse la idea clara y definida del objeto que se persigue. La eficiencia de la selección depende de la variabilidad genética (Brauer, 1981).

Los procedimientos de selección más utilizados en las especies de polinización cruzada son:

- 1.- Selección en masa
- 2.- Selección de progenie
- 3.- Mejoramiento de líneas
- 4.- Selección recurrente.

En el caso del aguacate los primeros trabajos de mejoramiento de cultivo se basan en la selección como lo muestran las diversas exploraciones realizadas a las zonas de origen y dispersión del aguacate. De dichas exploraciones y colectas surgieron variedades como “Fuerte”, “Zutano” etc. (De la Cruz, 1997).

2.2.2 Hibridación.

Cuando el hombre logró establecer la sexualidad en las plantas pudo agregar esta estrategia al mejoramiento. Esta técnica consiste en seleccionar progenitores con características sobresalientes y cruzarlos con el fin de propiciar la recombinación genética y seleccionar individuos con características superiores dada la combinación de caracteres. El desarrollo de nuevas plantas deberá por tanto, tener combinaciones de caracteres de una variedad y otra tratando de unirlos en una nueva variedad.

Este procedimiento puede efectuarse distintos niveles, interespecífico, intergenérico, múltiple y simple (Brauer, 1981).

2.2.3 Mutagénesis.

Esta metodología se basa en generar diversidad genética a través de la inducción de mutaciones, siendo estas reconocidas como una fuerza evolutiva que puede definirse como cualquier cambio en el material heredable que no sea consecuencia de la recombinación genética produciendo mutantes (Hernández y Saavedra, 1993).

El término mutante puede ser definido como un individuo en el cual la secuencia de nucleótido del DNA o el genotipo han sido cambiados (Freifelder, 1983).

La frecuencia de mutaciones es posible aumentarla mediante la aplicación de agentes llamados mutágenos que promueven los cambios genéticos (Hernández y Saavedra, 1993).

2.2.4 Ingeniería genética.

Esta estrategia se basa en la totipotencialidad celular o sea en la capacidad para regenerar plantas totalmente desarrolladas a partir de órganos aislados (meristemos), cortes, tejidos, células individuales y protoplastos.

Los procedimientos en ingeniería genética permiten transferir el material genético ADN de la célula de una especie a la de otro organismo no afín genéticamente (Novak y Brunner, 1992). El nuevo DNA (gen) se expresa en el fenotipo de la planta regenerado a partir de la célula transgénica. En la ingeniería genética se aplican técnicas nucleares ya que se utilizan bases de ácido nucleico marcadas con isótopos para identificar y aislar genes apropiados para la transferencia (Novak y Brunner, 1992).

2.3 Mutagénesis.

La inducción de mutaciones ha resultado ser un método eficaz para lograr variaciones dentro de un tipo de cultivo, ya que ofrece la posibilidad de inducir características deseadas que no se pueden hallar en la naturaleza o se han perdido durante un proceso evolutivo (Novak y Brunner, 1992).

Aunado a esto la mutagénesis puede considerarse como una herramienta complementaria a los métodos convencionales o como una alternativa potencial en ciertos aspectos ya que puede ser la opción para ampliar la variabilidad genética o puede constituirse en una opción cuando la hibridación ofrece limitada variabilidad y los cultivares han llegado al límite de la selección (Hernández y Saavedra, 1993).

Es posible utilizar esta estrategia cuando las plantas son incapaces de producir semillas (estériles) o cuando las semillas se producen en cantidades insuficientes y cuando las plantas son obligadamente apomícticas (Donini, 1992).

Combinando técnicas nucleares con la ingeniería genética ha sido posible la obtención de plantas con características satisfactorias sin embargo el éxito inicial se ha visto afectado debido a los posibles peligros que representa para el medio ambiente la propagación de materiales transgénicos (Novak y Brunner, 1992). Otro aspecto a considerar en la ingeniería genética es la comercialización de esta tecnología y el acceso a ella de los países en desarrollo (Novak y Brunner, 1992).

Es debido a lo inaccesible tanto tecnológicamente como económicamente de la ingeniería genética, así como a los largos periodos de evaluación que requieren tanto la selección como la hibridación, aunado a las limitaciones propias de cada estrategia que la mutagénesis ofrece amplias ventajas, ya que es posible modificar uno o algunos de los caracteres de interés de una variedad en investigación.

2.3.1 Mutaciones.

Son cambios en el material genético detectables y heredables (Galleta, 1988), que no sean producto de la recombinación genética.

Las mutaciones pueden implicar cambios a nivel génico, cromosómico o de determinantes extracromosómicos (Galleta, 1988).

2.3.1.1 Mutaciones génicas. También llamadas puntuales pueden implicar un cambio químico en uno o varios nucleótidos (Lehninger,1981; Goodenoug,1981), estos cambios en la estructura molecular no son evidentes con la ayuda del microscopio, estas mutaciones son cierto cambio en la ordenación de nucleótidos en una sección particular en la secuencia de la molécula de DNA (Ville,1996). Es a través de este tipo de mutación que ocurre un cambio en la expresión de un carácter específico (Parra, 1992).

2.3.1.2 Mutaciones cromosómicas. También llamadas aberraciones cromosómicas, pueden originarse por daños estructurales o cambios numéricos (Parra, 1992), los cambios son visibles en la estructura del cromosoma (Ville, 1996).

Los daños estructurales ocurren cuando existe adición, inversión, translocación, deleción y duplicación en el número de genes dentro del cromosoma (Lehninger, 1988 y Parra, 1992)

Los cambios numéricos ocurren por diferencia en el número cromosómico (Lehninger,1988), es decir son los cambios en el número total de cromosomas característicos de una especie, es decir cambio en la ploidia de la especie (Parra,1992)

2.3.1.3 Determinantes extracromosómicos. Cualquier cambio repentino en la constitución citoplasmática de un organismo sin ningún cambio asociado en los cromosomas, es referido a una mutación extranuclear (Parra, 1992) Esta determinado por dos estructuras que determinan a su vez los cambios provocados por los mutágenos (Gonzáles, 1993).

Un ejemplo es el cambio de un citoplasma normal fértil a un citoplasma con efecto a esterilidad masculina, el cual ha dado origen a la identificación y utilización de androesterilidad génico-citoplasmática en sorgo y maíz (Brook, 1988).

2.4 Mutaciones en el fitomejoramiento.

Las mutaciones son inducidas en las células individuales y las mutantes se observan en la progenie de la célula mutada (Brook, 1988).

En organismos haploides unicelulares como bacterias, la expresión de las bases genéticas y los procedimientos de selección son simples y directos pero las plantas cultivadas no son haploides ni unicelulares. La diploidia y niveles mas altos de poliploidia influyen sobre la frecuencia y la fase en que las mutaciones se expresan y pueden ser seleccionadas.

Las mutaciones dominantes se expresan en la primera generación después del tratamiento mutagénico (Generación M-1). Las mutaciones recesivas se presentarán en la generación M-1 como heterocigotos y normalmente no se expresarán (Brook, 1988).

Cuando el tratamiento mutagénico se aplica a semillas, yemas, o plántulas se aplican los mismos principios con la complejidad adicional debida a la heterogeneidad celular (quimera) de las plantas M-1.

La semilla es el órgano más conveniente para el tratamiento mutagénico y como el embrión es multicelular la planta M-1 resultara ser quimérica. Durante el crecimiento de la planta M-1 existe la oportunidad de competencia entre las células mutantes y las no mutantes y los resultados de esta selección diplóntica influirán en la frecuencia de mutantes observados en la generación M-2 (Brook, 1988).

Las bacterias y los virus debido a que no tienen grandes cantidades de secuencias de DNA no toleran fácilmente supresiones grandes de material genético, así los cambios génicos e intragénicos han sido caracterizados como supresiones, duplicaciones, rearreglos y sustituciones de bases nucleotídicas. Por el contrario las plantas superiores como especies eucariotas particularmente las especies poliploides, toleran cambios más vastos en la forma de supresiones cromosómicas y cambios estructurales.

Casi todos los cambios grandes son deletéreos y raramente persisten mas allá de unas pocas generaciones celulares, sin embargo los cambios pequeños tienen efectos menos drásticos y pueden persistir durante la fase gametofítica haploide y ser transmitidos como mutaciones a subsiguientes generaciones.

2.4.1 Mutágenos

Una mutación puede ser inducida por la exposición del material biológico a agentes denominados mutagénicos que propician un cambio o alteración (Parra, 1992). Estos agentes mutagénicos que pueden ser de naturaleza física o química fueron empleados por primera vez en los trabajos de Muller (Auerbach, 1976) al irradiar *Drosophila melanogaster* con rayos X y Auerbach al tratarlas con gas mostaza (Auerbach,1945).

2.4.1.1 Mutágenos químicos. Estos agentes producen poca disrupción cromosómica y mayor número de mutaciones de punto; de acuerdo a Parra (1992) pueden clasificarse como:

- i) Agentes Alquilantes: Son los mutágenos químicos más utilizados para experimentación debido a su acción acelerada, poseen uno o más grupos alquilantes, los cuales pueden transferirse a otra u otras moléculas donde la densidad electrónica es mas alta que la original (González, 1993). Los agentes alquilantes pueden ser: amino etileno, etil metano sulfonato, propil metano sulfonato, dietil sulfonato, dimetil sulfonato, butil metil sulfonato, nitroso metil urea, acido nitroso, das mostaza, hidroxil amina (Parra,1992).
- ii) Análogo de Bases: estos mutágenos poseen una acción muy directa con la molécula de DNA (adenina, guanina, citocina, timina), por lo que si se adiciona al material genético pueden incorporarse a ella en el momento de la replicación. Las pequeñas diferencias que existen entre ambas moléculas originan los “errores” en la replicación, provocando así los cambios o mutaciones. Entre los análogos de bases más comunes tenemos: 5-bromouracilo (timina), 2-amino-purina (adenina) (González, 1993).
- iii) Antibióticos: estas sustancias originan rompimiento de los cromosomas al efectuarse la replicación del DNA. Los dos antibióticos más empleados son: Mitomicina C y Estreptonigrin (González, 1993).

2.4.1.2 Mutágenos físicos. La inducción de radiaciones a través de mutágenos físicos se da principalmente por el tratamiento con radiaciones (Kuruvadi, 1992). Este término implica emisiones electromagnéticas como la luz visible, la infrarroja y la ultravioleta, las microondas y las ondas de radio, los rayos X y los rayos gamma; así como emisiones corpusculares como las partículas alfa, beta y los neutrones (Azorin,1980).

Las radiaciones pueden clasificarse en ionizantes y no ionizantes:

- i) Radiaciones no ionizantes: dentro de este tipo de radiaciones se ubican los rayos ultravioleta, y aun cuando su interacción con la materia no produce ionización, son usados ampliamente como agentes mutagénicos en estudios con bacterias y moscas. En la agricultura su uso es restringido a granos de polen debido a su bajo poder de penetración en los tejidos vegetales. Para su producción es común el uso de lámparas de baja presión de mercurio (Gaul, 1977).
- ii) Radiación Ionizante: Este tipo de emisión afecta el estado físico de la materia en la que incide, haciendo que sus átomos queden cargados eléctricamente, esto es ionizados. Al aplicarse en tejido vivo estas radiaciones pueden alterar los procesos biológicos normales (Azorín, 1988). La emisión de radiación ionizante en forma de partículas u ondas electromagnéticas es producida por algunos elementos inestables llamados isótopos (Casseret, 1968).

2.4.2 Variedades generadas por mutagénesis.

La colección de información de variedades de cultivo desarrollados con el uso de técnicas nucleares se inicio antes del establecimiento oficial del proyecto conjunto FAO/IAEA en la División de Técnicas Nucleares.

B Sigurbjörnsson, el primer jefe de la Sección de Genética y Mejoramiento de las plantas empezó la colección de datos de cultivares mutantes en 1963 y presento la primera lista clasificada de cultivares mutantes inducidos en 1969. El trabajo continuo por A. Micke.

Desde la primera emisión de la Mutation Breeding Newsletter en 1972 se ha publicado información de las variedades mutantes recientemente liberadas al final de cada publicación bajo el titulo de Lista de las variedades mutadas (List of mutation varieties).

Existen 1790 variedades en la base de datos hasta mayo de 1995, esas variedades fueron desarrolladas directamente de tratamiento mutagénico o a través de cruza involucrando variedades mutantes o líneas mutantes, el 50% de esas variedades se liberaron durante los últimos 10-15 años (Maluszynsky, *et. al.*, 1995)

De las 1790 variedades existentes a esa fecha, 1306 cultivares mutantes representan a especies de cultivos y 484 a plantas ornamentales y decorativas. Las variedades de cultivares mutantes fueron desarrolladas principalmente en especies propagadas por semilla (1237 accesiones), mientras los cultivos propagados vegetativamente están representados por 69 variedades.

De las 1306 variedades de cultivares, 828 corresponden a cereales, seguido por legumbres, cultivares de aceite, cultivos industriales y otros cultivos menores (Cuadro 4).

Cuadro No. 3 Número de variedades obtenidas por mutagénesis por tipo de cultivo

CULTIVO	NO. DE VARIEDADES
Cereales	828
Legumbres	211
Oleaginosas	72
Cultivos industriales	61
Vegetales	54
Otros (medicinales, frutales, etc.)	80

(Maluszynski, *et. al.*, 1995)

De los 828 cultivares de cereales, 322 equivalen a variedades de arroz, seguida de cebada, trigo, maíz, trigo para galleta, y otros (avena, mijo centeno, lágrima de job, etc.), estos números pueden ser apreciados en el Cuadro 5.

Cuadro No. 4.- Número de variedades obtenidas por mutagénesis en cereales

CULTIVARES DE CEREALES	NO. DE VARIEDADES
Arroz	322
Cebada	240
Trigo	140
Maíz	54
Trigo para galleta	25
Otros (avena, mijo, centeno etc.)	54

(Maluszynski, *et. al.*, 1995)

La tendencia general para usar ampliamente las técnicas de mutación se ven reflejadas en el cultivo del arroz el cual es el cultivo alimenticio mas grande, ya que en 1981 se tenían únicamente 180 variedades mutantes y para mayo de 1995 ya existían 322.

La mayoría de esos mutantes fueron desarrollados después de la irradiación de las semillas con rayos gamma (166 cultivares). En el Cuadro 5 se observa el número de variedades de cultivares mutantes oficialmente liberados con el uso de mutágenos diferentes (Maluszynsky, *et.al.*, 1995).

Cuadro No. 5 Numero de cultivares producidos por tipos de mutágenos

TIPO DE MUTAGENO	NO. DE CULTIVARES
Mutágenos físicos	
Radiación	
Gamma	166
Rayos X	14
Neutrones	9
Otros	3
Láser	2
	Total 194
Mutágenos químicos	
N-metil-N-Nitrosourea	9
Etilmetanosulfonato	8
N-etil-N-nitrosourea	4
Etilenamina	1
Etilenoxido	1
	Total 23

(Maluszynski, *et.al.*, 1995)

2.5 Meristemas.

El mayor desarrollo de la planta ocurre después de la embriogénesis, con la excepción de los cotiledones y en algunos casos las primeras hojas los tejidos mayores y órganos de la planta no se forman durante la embriogénesis, en éstas se establece únicamente un rudimentario eje de la planta con meristemas apicales del brote vegetativo y radicales, establecidos durante esta etapa; así los meristemas no llegan a ser activos hasta que la embriogénesis es completada y la germinación de la semilla ha comenzado. Entonces el cuerpo de la planta es construido por divisiones repetidas y subsecuente diferenciación de células producidas por esas únicas estructuras: los meristemas.

Podemos decir que un organismo puede organizar su crecimiento de dos maneras: mediante un crecimiento localizado o un crecimiento difuso. El crecimiento localizado es utilizado por las plantas, éstas tienen regiones discretas (meristemas) responsables de la

división celular y el crecimiento. El crecimiento difuso es utilizado por los animales, aquí el organismo completo crece simultáneamente en todas sus partes.

Estas formas de crecimiento conllevan diferencias significativas, ya que una planta es una mezcla de:

- 1.- Células meristemáticas constantemente juveniles
- 2.- Diferenciación y maduración derivada de estas células
- 3.- Células adultas completamente maduras que han sido derivadas de esos meristemas

Este crecimiento localizado permite a la planta tener órganos y tejidos completamente funcionales y completamente desarrollados siempre, mientras esté creciendo. Los meristemas serán fuentes de células inmaduras indiferenciadas, son fuentes de plasticidad desarrollada y permiten a la planta responder selectivamente si hay un cambio medioambiental. Las células son competentes para desarrollarse en cualquier tipo celular que ocurra en el ciclo celular de la planta (Mauseth, 1988).

El crecimiento mediante meristemas da un crecimiento abierto o indeterminado, las plantas no tienen un tamaño fijado; es decir, la planta puede crecer si las condiciones son favorables (Mauseth, 1988).

Con esta concentración de crecimiento en la región meristemática la planta llega a depender del meristemo y entonces es sensible al daño en esas pequeñas regiones. La pérdida de esta región puede significar no crecimiento posterior, esta concentración también significa que únicamente una pequeña parte de la planta es especialmente vulnerable y necesita especialmente protección (Mauseth, 1988).

En muchos casos, particularmente en los meristemas vegetativos y de la raíz, la planta es viable para producir muchos meristemas de reserva y son mantenidos dormantes en un estado de quiescencia, listos para ser utilizados si el meristemo apical activado es dañado.

No puede decirse que las células meristemáticas sean menos especializadas ya que estudios en estructura, ultraestructura y fisiología del meristemo indican que están

altamente especializados para el papel de división celular en una forma ordenada (Mauseth, 1988).

Aunque superficialmente las células meristemáticas se parecen mucho unas con otras, al ser vistas a los microscopios tanto ópticos como electrónicos, técnicas estereológicas y de ultraestructura cuantitativa muestran que existen muchos tipos de células meristemáticas, cada una especializada en su función (Mauseth, 1988).

Durante la fase S del ciclo celular (síntesis de DNA), la célula expone su DNA a situaciones extremadamente peligrosas. Como está en el momento de la replicación es más sensible al daño térmico y a la pérdida de sus bases. Sin embargo como las replicas que sintetizan los nuevos juegos de DNA son extremadamente correctas están encargadas con el problema de que las bases del DNA pueden existir en una rara forma tautomérica en proporciones de 1-10 000 o 100 000, y pueden perderse con la apertura del DNA.

Obviamente si todos esos errores no se corrigieran, el genoma quedaría sin uso en dos o tres rondas de división. Las células han elaborado un eficiente corrector de pruebas y mecanismos de corrección de error (Mauseth, 1988).

Como ya se mencionó anteriormente estos meristemas tanto el vegetativo como el radicular producen en la nueva planta nuevas estructuras formadas de manera repetitiva, así que las plantas tienen una Construcción Modular.

El módulo de un brote se constituye de un internodo del tallo y un nodo con una hoja y una yema axilar. El módulo de una raíz es una porción de la raíz en crecimiento y raíces laterales. Así la planta continuamente incrementa su tamaño por la adición de extramódulos, también llamados fitómeros (Lyndon, 1990; Sussex, 1989).

Para conocer la estructura de (casi todas) las plantas solamente es necesario conocer la estructura de un módulo tanto del brote vegetativo como del radicular (Lyndon, 1990). La operación de los meristemas de la planta y la forma de los órganos producidos puede ser afectada por varios grados de retroalimentación externa medioambiental (Lyndon, 1990).

2.5.1 Secuencia de formación del meristemo:

Esta clasificación esta basada en la secuencia de formación de los tejidos

i) Meristemo Primario: Son aquellos que están presentes originalmente dentro de la semilla del embrión, originan los tejidos primarios.

ii) Meristemas Secundarios: Son meristemas que se diferencian de los tejidos primarios y producen los tejidos secundarios por ejemplo el cambium vascular y el cambium del cortex que se originan del parenquima primario pero que nunca están presentes en la semilla (Mauseth, 1989).

2.5.2 Meristemo vegetativo.

El meristemo apical vegetativo es una población de células pequeñas isodiamétricas con características embrionarias localizadas en el extremo final del brote (Fanh ,1978). Esta población meristemática de células, típicamente contiene un par de cientos de miles de células, aunque en *Arabidopsis* el brote vegetativo contiene únicamente 60, este meristemo produce repetitivamente órganos laterales (yemas y hojas) tanto como tejidos del tallo pero en el curso de estos sucesos retiene sus características embrionarias por lo que es una estructura autoperpetuable que continuamente se regenera a sí misma, aunque el meristemo se encuentra en el extremo del brote vegetativo esta rodeado por hojas inmaduras llamadas primordios foliares que lo cubren, estos primordios foliares son producidos por la actividad misma del meristemo (Fanh ,1978).

Los términos meristemo y región meristemática son usados indistintamente por aquellos que no son especialistas. Sin embargo la región meristemática es una región de crecimiento y división difícil de delimitar; por ejemplo, en las puntas de raíz y brote vegetativo esta región se extiende de la parte más posterior del tallo o raíz tanto como la división celular y expansión están ocurriendo razonablemente rápido.

Esta región comprende un meristemo que está mas discretamente localizado que el resto en brote y raíz, cada uno contiene un meristemo apical en su ápice externo que se extiende hacia abajo, usualmente a 200 micras. Aquí la división celular y expansión ocurre, pero típicamente a tasas mas bajas que para el resto de la región meristemática.

Una de las principales actividades del meristemo que la distingue de una región meristemática es que actúa en el establecimiento de patrones y actúa como una fuente de células mitóticamente jóvenes y genéticamente parecidas (Mauseth, 1989).

El meristemo apical del brote vegetativo es una estructura dinámica que cambia durante su ciclo y durante la estación, la talla y la estructura del ápice cambia durante su ciclo y la formación del tejido. Adicionalmente muchas plantas tienen crecimiento estacional. Ellas pueden crecer rápidamente en la primavera, un período entero durante el verano y llegar a ser dormante en el otoño, así el tamaño cambia con esta actividad estacional (Mauseth, 1989).

2.5.3 Características citológicas.

La estructura del meristemo apical del brote se ha estudiado seccionando meristemos preparados para microscopía electrónica.

Esto muestra que los meristemos están compuestos de células que normalmente contienen una pared delgada, son de forma más isodiamétrica que las de los tejidos maduros, más rica en protoplasma, sin embargo no es posible encontrar un criterio morfológico general que permita distinguir las células meristemáticas de las células maduras indiferenciadas.

Normalmente los protoplastos de los meristemos están desprovistos de material de reserva y cristales, los plastos se encuentran en forma protoplastidial. En la mayor parte de las células de los meristemos apicales de un número amplio de las plantas y especialmente en *Angiospermas* las vacuolas son muy pequeñas y repartidas por todo el protoplasto (Fahn, 1978).

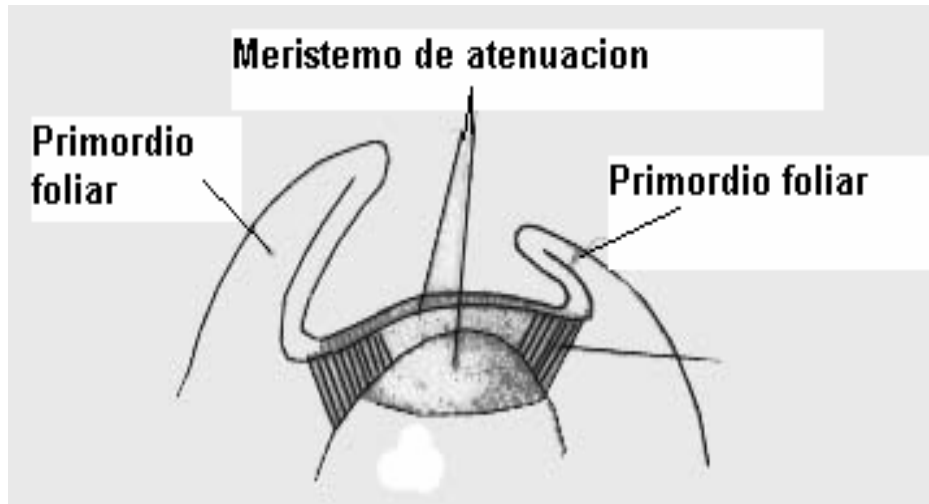
2.5.4 Meristemo apical en plantas con semilla

Los meristemos de los brotes apicales de *gymnospermas* y *angiospermas* no contienen ninguna célula que sea distintiva como la célula apical de criptógamas vasculares

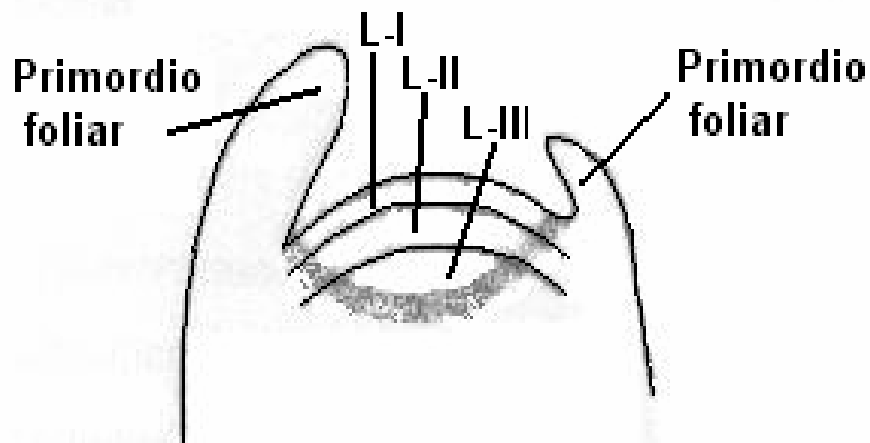
Schmidt (1924) postuló que el meristemo del brote apical consistía de dos zonas distintas: la externa "túnica" y la interna o "cuerpo", se pueden distinguir una de otra en base a la orientación de la división celular; las células de la túnica se dividen solo anticlinalmente es decir la división se da perpendicular a la superficie de la túnica, las dos células hijas quedan dentro del plano, se da un incremento lateral pero no en grosor.

Se puede distinguir una capa simple (monoestrato) que es probablemente la estructura más común seguida de dos o cuatro (multiestrato). En las monocotiledóneas

Fig.1 Organización de los meristemas



- a) Organización del brote apical de acuerdo a Buvat. (Institute of Plant Breeding. Agricultural University, Wageningen.)



- b) Se muestran las tres capas del brote apical y las zonas cito histológicas (área sombreada). (Institute of Plant Breeding. Agricultural University, Wageningen.)

las divisiones periclinales (en plano paralelo a la pared celular) son más comunes en las capas internas si es multiestratificada.

Hoy día es común utilizar los términos manto y corazón para denominar a la túnica y al cuerpo respectivamente.

Se han reportado diferentes zonaciones en los meristemas; en el llamado tipo angiospermo la túnica de una o más capas esta sobre el cuerpo y en éste se distinguen varias zonas: Una capa superior de células madres centrales abajo de las cuales se encuentra el meristemo en forma de costilla y rodeándolo la zona periferal (también llamado meristemo de flancos). Esas zonas pueden distinguirse por varios rasgos:

1.- El tamaño y la forma de los componentes celulares. Las células madres son usualmente más grandes que en otras zonas y tienden a ser cuboidales, mientras que en la zona periferal y la del meristemo de costilla son más pequeñas y tubulares.

2.-La densidad del protoplasma cuando es teñido. Las células de la zona periferal se tiñen mas densamente, las de la costilla menos y las células madre mucho menos, la diferencia está en la densidad de las proteínas y ribosomas en el citoplasma y la cantidad de vacuolas en cada célula.

3.-Los planos de división celular. Las células en cualquier zona están capacitadas para dividirse en cualquier plano, pero únicamente en la zona de las células madre parece que las divisiones ocurren mas o menos igual en todos los planos. En el meristemo de costilla la división es predominantemente como la de las células nuevas, están alineadas verticalmente y en línea de las células resultantes (son llamadas costillas), las divisiones también pueden ocurrir incrementando él numero de filas.

Las células de la zona periferal se dividen predominantemente de manera anticlinal dando elevaciones de filas de células como en el meristemo de costilla, ocasionalmente divisiones periclinales incrementan él número de filas y el grosor de la zona se incrementa hacia la base.

4.- La ultraestructura de los componentes celulares. De primera instancia la mayoría de las células meristemáticas parecen marcadamente similares en su ultraesrtuctura, pero técnicas cuantitativas muestran que cada zona está compuesta de células que tienen características arquitectónicas (Mauseth, 1988).

2.6 Arquitectura

Según Tomlinson (1987) la Arquitectura puede ser definida como una visible pero momentánea expresión de la forma del árbol basado en el concepto del modelo arquitectónico, una abstracción que se refiere al plan de crecimiento determinado genéticamente del árbol.

Un modelo arquitectónico representa el desarrollo total, el complejo plan de ensamblaje de (crecimiento) módulos en una construcción coherente (Halle, *et. al.*, 1978). Un análisis arquitectónico de crecimiento, por lo tanto examina los elementos modulares de crecimiento (Torph, 1992).

Este concepto de arquitectura, es un concepto dinámico porque un árbol tiene una elaboración amplia en tiempo y en espacio, los parámetros involucrados en el análisis de la forma incluyen contrastes entre crecimiento rítmico y continuo, cambios secundarios en la orientación, distribución de las ramas, diferenciación, orientación y posición de la inflorescencia.

El análisis arquitectónico fue desarrollado en los trópicos porque la forma del árbol es más diversa en regiones con mínimas o nulas diferencias entre estaciones, la diversidad de las especies es grande y el rango de la expresión del crecimiento es grande.

Halle *et. al.*, (1978) proveyó de 23 modelos arquitectónicos (cada uno llamado con el nombre del botánico que lo ayudo a describir). Halle enfatizó que la diversidad de la forma determinística del árbol constituye un continuo dentro del cual sus modelos formaron puntos descriptivos de referencia alrededor de los cuales muchos taxos podrían ser agrupados. El valor del sistema es la precisión que lleva al entendimiento de las similitudes de la diversidad caótica.

La mayoría de las especies pueden expresar su modelo de crecimiento precisamente, como en las palmas y muchas coníferas, pero la mayoría de los árboles están sujetos a los disturbios medioambientales a los cuales ellos responden por alguna habilidad reiterativa por ejemplo: la repetición de todas o partes del modelo de crecimiento.

Esta plasticidad podría ser significado de la arquitectura original en interpretación de respuestas adaptativas de una especie a variables ecológicas, esto conduce al concepto generalizado de procesos determinísticos y oportunistas en la construcción de la planta, el análisis arquitectónico es por supuesto aplicable a todos los organismos con construcción modular (Tomlinson, 1978).

El crecimiento modular en plantas con semilla puede ser analizado en términos de tres elementos arquitectónicos: la unidad de morfogénesis, el módulo y el modelo arquitectónico.

Una amplia variedad de formas de plantas y tamaños pueden ser derivados esquemáticamente de dos clases de transformación -gigantismo y repetición- el primero no es común en plantas con semilla; pero el segundo, a través de un proceso conocido como reiteración lleva a una estructura colonial característica de la copa de muchos árboles maduros.

La idea de construcción modular está centrada en la definición y reconocimiento de una unidad básica de construcción subsecuentemente trasladada a módulo. La expresión crecimiento modular puede ser restringida a dos aspectos diferentes de crecimiento y forma en plantas con semilla, uno se refiere a un grupo de modelos arquitectónicos llamados modelos modulares y otro se refiere al proceso de repetición de un modelo arquitectónico el cual ocurre en la mayoría de los árboles adultos, siendo poco común en hierbas, éste ha sido nombrado reiteración.

El crecimiento y forma de la parte aérea de plantas con semilla puede ser analizada por consideración de los elementos arquitectónicos ya antes mencionados -la unidad de morfogénesis, el módulo y el modelo arquitectónico.

La unidad de morfogénesis es una extensión del brote vegetativo cuyos límites cronológicos son determinados por un período simple de actividad continua del meristemo apical (Figura 2a), lo que puede ser detectable tanto en climas tropicales o extratropicales como la extensión vegetativa entre dos grupos sucesivos de cicatrices de escamas de la yema.

El módulo es el eje frondoso en el cuál la secuencia entera de la diferenciación aérea se obtiene de la iniciación del meristemo que construye hacia arriba el eje para la diferenciación sexual de su ápice (Figura 2b).

Aunque algunas plantas con semilla consisten únicamente de un módulo simple, de acuerdo a esta definición la mayoría tiene integrado un complejo de módulos ligados simpodialmente.

El modelo arquitectónico es la expresión visible del programa genético de desarrollo de la planta y representa el total desarrollo del complejo ensamblaje de módulos dentro de una construcción coherente (Figura 2b). Casi en todas excepto en un número relativamente pequeño de plantas con semilla es multimodular, de aproximadamente 24 modelos arquitectónicos descritos, 6 son enteramente modulares, es decir el meristemo apical de cada módulo en el modelo completa la secuencia de diferenciación y eventualmente llega a ser sexual.

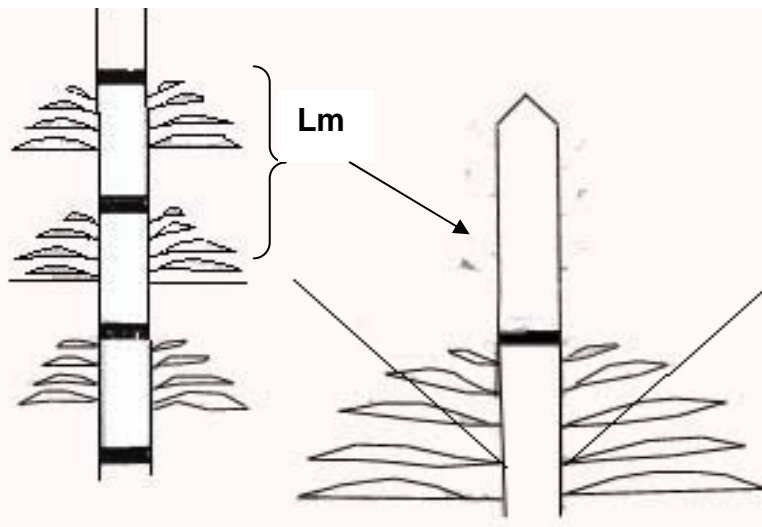
No todos los modelos llegan a ser enteramente modulares, el meristemo apical de algunos brotes no completa su diferenciación y llega a ser sexual, de hecho la mayoría de los modelos arquitectónicos muestran este fenómeno.

Los tres elementos arquitectónicos muestran algunas diferencias obvias, pero también muestran importantes similitudes. Como en los niveles de una jerarquía construccional ellos difieren en que los niveles mayores envuelven a los menores (Figura 2b)

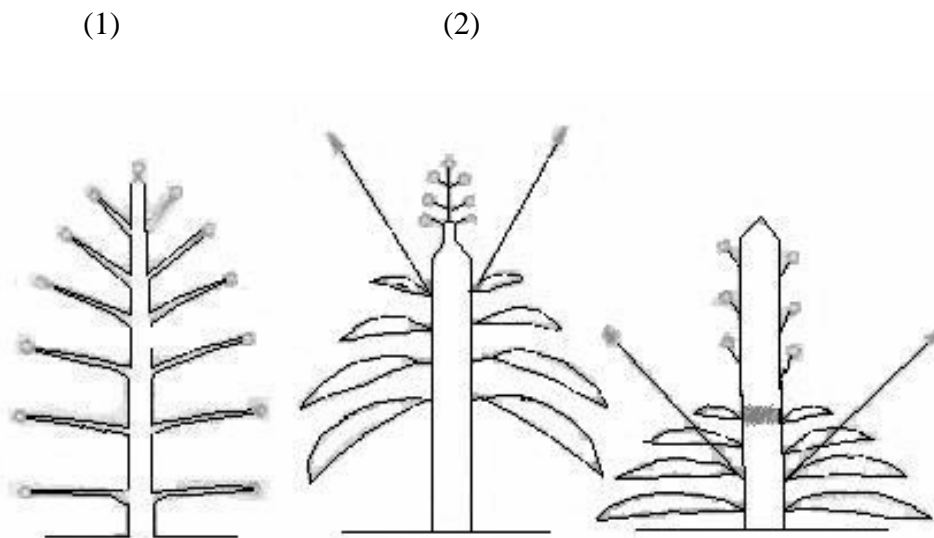
Es decir ellos se ensamblan unos con otros, representan una amplia secuencia de diferenciación, crecimiento, organogénesis, fotosíntesis, construcción vascular y terminan en la sexualidad.

De los tres elementos arquitectónicos mencionados se puede derivar una amplia variedad de formas y tamaños por dos procesos de transformación los cuales pueden ser referidos a gigantismo y repetición, esto sugiere que cada transformación puede tener una significancia filogenética, la transformación puede ser más avanzada que el gigantismo.

Fig.2 Unidad de morfogénesis y el modelo arquitectónico



2a) La unidad de morfogénesis (Lm) es una longitud del brote vegetativo cuyos límites cronológicos son determinados por un período de actividad continua del meristemo apical.



2b) Modelo arquitectónico 1) El módulo 2) La unidad de morfogénesis

Tomado de Halle (1986)

Se pueden considerar tres patrones generales de desarrollo en plantas con semilla en las cuales cada uno de esos elementos estructurales puede:

- i) Permanecer solitarios, sus dimensiones permanecen pequeñas o pueden llegar a ser miniaturizadas como hierbas.
- ii) Permanecer solitarios pero crecen incrementando su altura (gigantismo) como en algunos árboles.
- iii) Retienen su tamaño dentro de un rango estrecho, pero incrementan en número (repetición) para dar organismos grandes como la mayoría de los árboles.

2.6.1 Gigantismo

Si se aplica a una unidad de morfogénesis solitaria o a un módulo solitario, el gigantismo solo puede dar lugar a grandes hierbas o árboles los cuales son monocárpicos, esto es relativamente raro en plantas con semilla. Este proceso en un modelo arquitectónico involucra el alargamiento del plan específico de construcción característico del modelo, el proceso de repetición de los módulos o unidades de morfogénesis ocurre dentro del modelo, pero el modelo por si mismo permanece solitario.

Este proceso involucra a un par de familias antiguas como *Myristicaceae*, existen dos razones para esta situación una de ellas es la presencia de partes jóvenes que únicamente contienen hojas y las partes viejas que se soportan estructuralmente, el progresivo alargamiento de brotes preexistentes sin la adición de nuevos (hojas) brotes (por repetición) podría elevar una copa bien iluminada pero con una inadecuada fotosíntesis para soportar un incremento en la carga respiratoria, otra desventaja de la formación de estructuras por gigantismo sin la repetición en un mono-modelo de árbol es la restricción colocada en crecimiento oportunístico del meristemo apical dormante para aprovechar la luz, nutrientes, y otros recursos que el organismo podría encontrar en un medio ambiente variable (Halle, 1986).

2.6.2 Repetición

La repetición de unidades de morfogénesis dan lugar a brotes con crecimiento rítmico y usualmente con nacimientos laterales de estructuras reproductora. La repetición de un módulo da un modelo arquitectónico: el arreglo preciso y regular de esos módulos es usualmente característico de especies de vida temprana.

Cuando se aplica un modelo arquitectónico por sí mismo, la repetición lleva a una estructura colonial característica de la copa de muchos árboles maduros, esta repetición en particular da un multi-modelo de árbol que es referido como reiteración y usualmente comienza con la activación de meristemas dormantes.

El modelo arquitectónico parece ser un crecimiento estándar que responde a estrechos rangos de condiciones, el complejo reiterado de modelos arquitectónicos representa una respuesta más oportunista a una gran diversidad de condiciones (Halle, 1986).

Para Torph (1992) la reiteración es una respuesta especializada medioambiental al daño o condiciones que simulan reposo del meristemo apical. Este es responsable de la formación de troncos múltiples en árboles severamente podados.

2.6.3 Arquitectura del aguacate.

El aguacate presenta un patrón de crecimiento rítmico, monopodial característico del modelo arquitectónico del árbol descrito por Halle et. al., (1978). El tronco monopodial forma ramas que son morfogénicamente idénticas al tronco, las flores nacen lateralmente sin efecto en el crecimiento del sistema del brote. Aunque el modelo Rauh es predominante algunos brotes de aguacate también tienen nacimiento de flores en posición terminal, así que el subsecuente crecimiento el brote es simpodial y característico del modelo Scarrone (Halle, *et.al.*, 1978).

El modelo Rauh es uno de los más frecuentes en árboles de zonas tropicales y templadas, es un modelo muy adaptable que capacita al árbol a responder rápidamente a extremos medioambientales por reiteración del crecimiento monopodial.

Thorp (1992) derivó una nueva terminología en sus trabajos para la arquitectura del aguacate, en la cual se diferencian los módulos de crecimiento y su secuencial reiteración sobre periodos de crecimiento estacional y anual (Figura 3).

Los brotes modulares, son los bloques de construcción y constituyen el nivel más bajo de crecimiento de estos, son unidades simples de extensión desarrolladas de yemas individuales o primordios de yemas.

Algunos autores como Hardwick (1986) incluyen yemas, hojas y flores como módulos, sin embargo la mayoría de las yemas de aguacate permanecen dormantes por periodos de tiempo largos, por tanto las hojas y las flores constituyen relativamente poco a la forma del árbol.

Hallé (1978) indica que en el modelo Rauh se aprecia un crecimiento aparentemente continuo, sin embargo este crecimiento continuo abarca un patrón regular y rítmico de extensiones rápidas (flujos) y lentas del brote. En el aguacate existen brotes de flujos simples que tienen un número de nodos uniformes, cada crecimiento vegetativo indeterminado involucra la formación de modulo de crecimiento distintos, esta definición involucra crecimiento vegetativo y reproductivo, es por esto que Thorp (1992) reemplaza el termino "módulo" por "brote modular", aquí además se considera crecimiento determinado e indeterminado.

El crecimiento del brote es dimórfico, con brotes prolépticos y silépticos, los primeros emergen solo después de un período de dormancia de una yema apical o axilar en reposo, son detectables entre dos zonas sucesivas de cicatrices de escamas de la yema, el anillo de cicatriz forma la unión entre los flujos de crecimiento consecutivos.

Los brotes modulares silépticos no provienen de periodos dormantes de yemas en reposo, su crecimiento es contemporáneo con la extensión del eje padre, no tienen anillos de cicatrices en su base y son unidades de extensión aunque no estén delineados entre dos zonas sucesivas de cicatrices de escamas de la yema. Aunque ambos tipos son desarrollados de meristemas similares son parte del mismo flujo de crecimiento (Figura 4).

En el aguacate ocurre al año un ciclo (flujo) de crecimiento reproductivo y generalmente uno o dos vegetativos. En esta especie un brote modular reproductivo es un brote modular proléptico que se ha desarrollado de una yema en reposo, la cual contiene la iniciación floral, esto forma una inflorescencia compuesta por inflorescencias individuales localizadas principalmente en el eje primario; estos brotes reproductivos son formados durante dos fases de actividad mitótica.

Figura 3. Diagrama esquemático de la construcción modular en aguacate

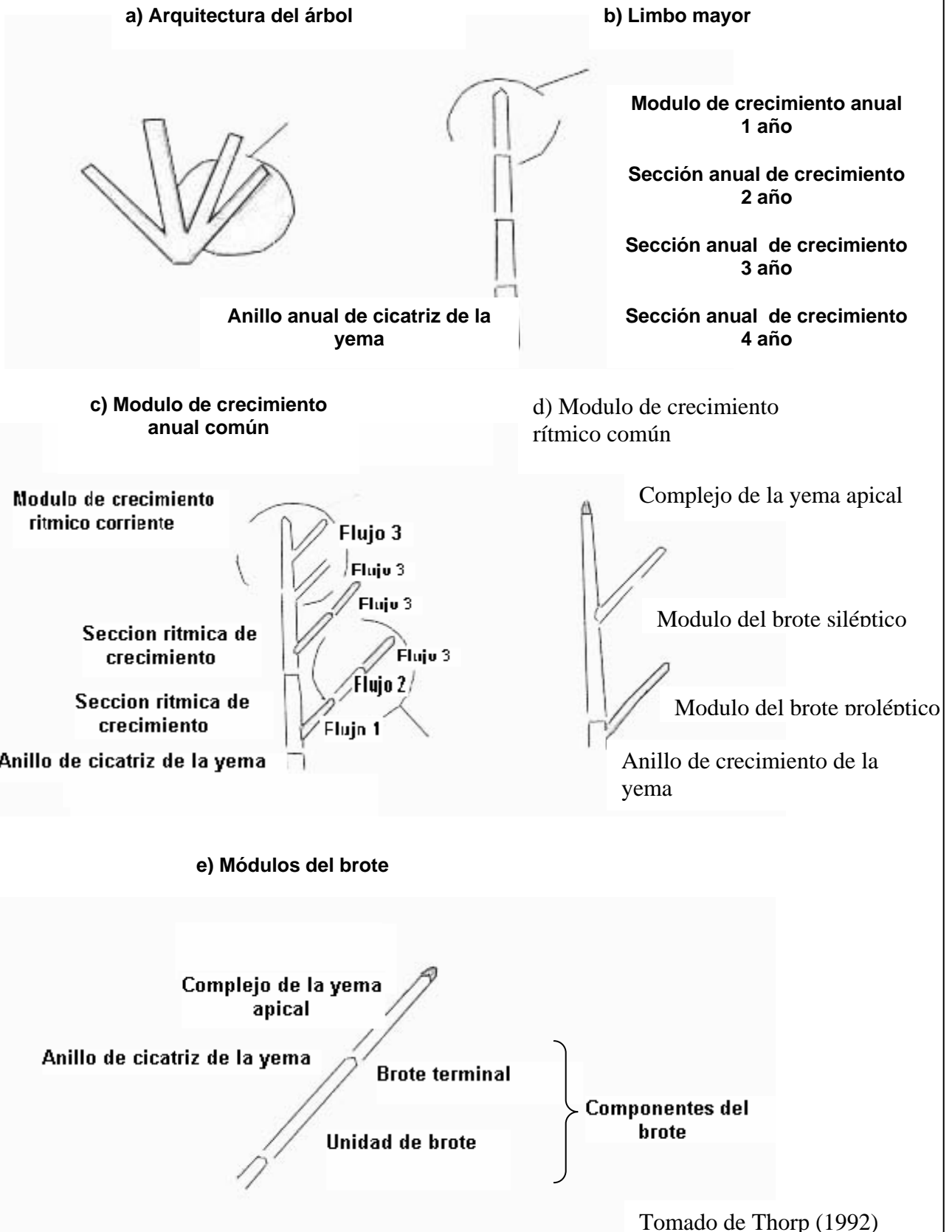
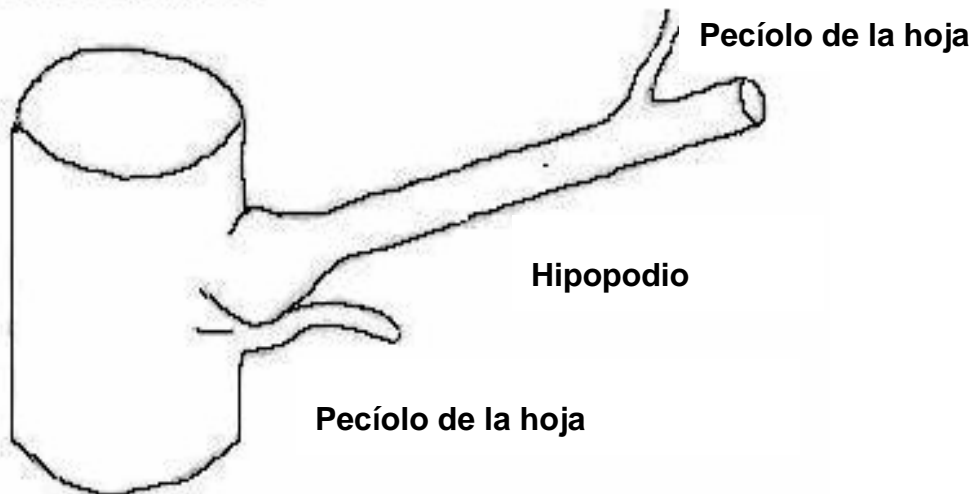
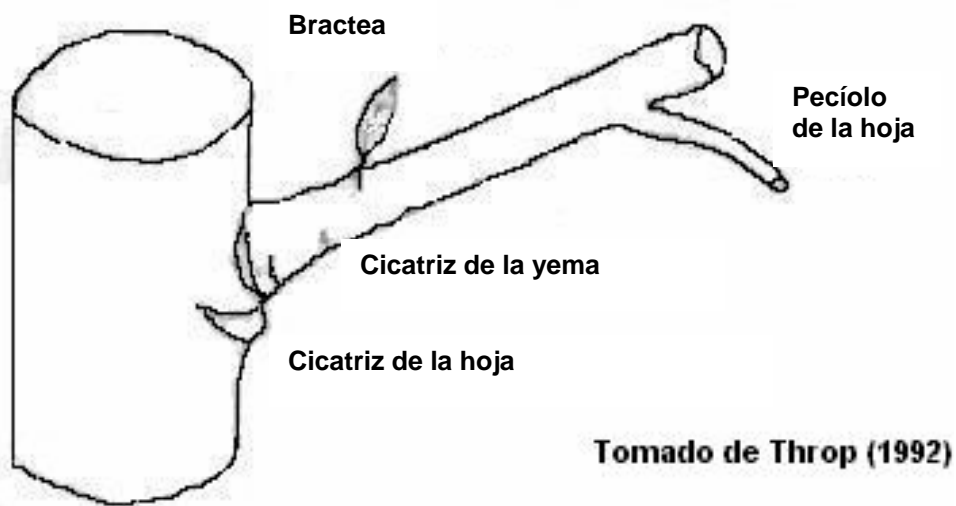


Figura 4. Rasgos distintivos de brotes prolépticos y silépticos en Aguacate.

Brote siléptico



Brote proléptico



Los brotes silépticos son siempre extensiones vegetativas pero, pero pueden jugar un importante papel en el desarrollo reproductivo, por ejemplo: las inflorescencias son brotes prolépticos, pero las inflorescencias individuales son silépticas.

El crecimiento proléptico fuerte esta ligado con la forma de crecimiento abierta del árbol, Thorp (1992) encontró que a altas tasas de silepsis los cultivares poseían un hábito de crecimiento mas compacto.

Un brote modular proléptico se desarrolla de un flujo de crecimiento simple asociado con una yema o un primordio de yema, el módulo de crecimiento rítmico describe el crecimiento del brote (proléptico y siléptico). El término módulo de crecimiento rítmico es usado para enfatizar el fuerte control endógeno sobre el crecimiento del brote, aunque el crecimiento natural está con frecuencia ligado a fluctuaciones estacionales en medios ambientes templados o de lluvias completas, el crecimiento rítmico está bajo control endógeno.

Cuando más de un flujo mayor de crecimiento se desarrolla sobre un período anual, la combinación de módulos de crecimiento rítmico así formados, es llamado módulos de crecimiento anuales. Este es un término colectivo para todos los brotes modulares formados durante un período anual de crecimiento en un brote modular simple de un crecimiento del año anterior.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en Temascaltepec, Edo de México en el Rancho “La Labor” perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín Cictamex, S.C.

Su ubicación se establece al este de la cabecera municipal de Temascaltepec, México, a 19° de latitud norte y 100° de longitud oeste a una altura de 1950 msnm, predomina el clima templado con lluvias en verano, con una precipitación anual de 1307 mm, una temperatura media anual de 14° C, una máxima de 28° C y una mínima de 0°C, la evaporación es de 143.9, los suelos presentes son franco arcillosos arenosos con pH de 6.5 y un 3 % de materia orgánica (Nicolás, 1992; De la Cruz y Reyes,1992).

3.2 Material biológico utilizado

El Material biológico utilizado para la presente investigación, consistió de una población de 77 individuos de *Persea americana* Mill cultivar “Hass” de 3 años de edad, procedentes de varetas seleccionadas de árboles donadores establecidos en el rancho experimental “La Cruz” perteneciente a la Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX S.C. ubicado en Coatepec de Harinas en el Estado de México. Los árboles donadores (árboles madre) se seleccionaron después de un largo proceso de evaluación respecto a su productividad y reducida alternancia (De la Cruz, 1997).

Los portainjertos sobre los cuales se injertaron las varetas irradiadas se obtuvieron de semillas (propagación sexual) de árboles criollos seleccionados por su vigor, adaptabilidad y productividad, establecidos en el banco de germoplasma para patrones del CICTAMEX (Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en el Estado de México) (Aguilar y De la Cruz,1988).

La injertación se realizó cuando los portainjertos tenían seis meses de edad y el tallo tenía el diámetro aproximado de 5 mm. El establecimiento de la plantación se realizó cuando los injertos tenían 9 meses de edad.

3.3 Diseño experimental

Las varetas del cultivar “Hass” se cortaron en junio de 1993 y se irradiaron con rayos gamma de Co ⁶⁰ en una fuente de irradiación vertical con carga frontal para muestras

pequeñas en el Gammacell 220 del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Posterior a su irradiación se injertaron y se mantuvieron en invernadero durante 9 meses. El material que sobrevivió a la radiación se estableció en enero de 1994 en el campo experimental “El rosal” perteneciente al Rancho “La Labor”. Se establecieron lotes de acuerdo a la dosis de irradiación aplicada en los cuales el número de individuos fue diferente; esto es debido a la sobrevivencia que presentaron en cada dosis, esto se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro No. 6 Número de repeticiones por dosis y sobrevivencia de árboles

Dosis (Gy)	No. de varetas irradiadas	No. de árboles sobrevivientes
0	30	28
5	30	14
10	30	17
15	30	10
20	30	5
25	30	3

El tratamiento estadístico que se aplicó fue en un diseño experimental completamente aleatorio de un factor; se utilizó el paquete estadístico SAS versión 8.0, se aplicaron los estadísticos ANOVA (análisis de varianza) y prueba de separación de medias de Tukey.

3.4 Caracteres y variables de estudio

Para evaluar el efecto de la radiación sobre los diferentes tratamientos se consideraron criterios de morfología, arquitectura y citología

a) Morfología

Para la caracterización morfológica se utilizó el descriptor para aguacate (IPGRI, 1995). Las variables evaluadas se dividieron de acuerdo a la bibliografía en tres bloques:

- 1.- Morfología del árbol.
- 2.- Morfología del fruto
- 3.- Morfología de la semilla.

Para cada una de ellas se siguieron textualmente las indicaciones para la evaluación de las variables las cuales se aprecian en el Cuadro 7.

Cuadro No. 7 Descriptores utilizados para la evaluación morfológica del árbol, fruto y semilla (IPGRI, 1995)

a.1 Caracterización morfológica del árbol

• Edad del árbol	• Forma de la hoja
• Tipo de árbol	• Forma de la base de la hoja
• Anchura del árbol	• Longitud de la lámina foliar
• Altura del árbol	• Pubescencia de la superficie superior de la hoja
• Forma del árbol	• Pubescencia de la superficie inferior de la hoja
• Superficie del tronco	• Color de las hojas maduras
• Patrón de ramificación	• Pecíolo acanalado
• Distribución de las ramas	• Angulo de inserción del pecíolo foliar
• Angulo de inserción de las ramas	• Margen de la hoja
• Extensión del crecimiento del vástago	• No. de venas primarias de la hoja
• Longitud de entrenudos del vástago	• Relieve de la venación en la superficie del haz
• Color del brote nuevo	• Divergencia de las venas primarias
• Superficie de la rama joven	• Forma del ápice de la hoja
	• Olor a anís

a.2 Caracterización morfológica del fruto

• Hábito de la fructificación	• Ausencia-presencia de perianto
• Forma del fruto	• Superficie de la cáscara del fruto
• Longitud del fruto	• Color de la cáscara del fruto
• Diámetro del fruto	• Grosor de la cáscara del fruto
• Uniformidad el tamaño del fruto	• Tamaño de la lenticela
• Peso el fruto	• Densidad de la lenticela
• Forma de la base del fruto	• Lenticelas corchosas
• Forma del ápice del fruto	• Flexibilidad de la cáscara del fruto
• Posición del ápice del fruto	• Adherencia de la cáscara a la fruta
• Aristas en el fruto	• Color de la pulpa cercana a la cáscara
• Brillantez de la cáscara del fruto	• Textura de la pulpa
• Posición del pedicelo en el fruto	• Dulzura de la pulpa
• Forma del pedicelo	• Amargor de la pulpa
• Pedicelo con cabeza de clavo	• Sabor nogado de la pulpa
• Color del pedicelo	• Fibra en la pulpa
• Distinción de la unión del pedúnculo-pedicelo	

a.3 Caracterización morfológica de la semilla

• Forma de la semilla	• Longitud de la semilla
• Peso de la semilla	• Diámetro de la semilla
• Superficie del cotiledón	• Cubierta de la semilla
• Adherencia de los cotiledones	• Posición de la semilla en la fruta
• Color del cotiledón	• Espacio libre de la cavidad de la semilla
• Longitud de la cavidad de la semilla	• Forma de la sección transversal de la semilla
• Diámetro de la cavidad de la semilla	

b) Arquitectura.

Con base en la caracterización morfológica y tomando los parámetros establecidos por Thorpe (1992) se evaluaron las siguientes variables para el caso de la arquitectura

- Diámetro del follaje
- Número de ramas menores de 3.5
- Altura de las ramas
- Angulo de inclinación respecto a la vertical

Posteriormente se eligieron dos ramas mayores de 3.5 cms de manera aleatoria para considerar los parámetros que se enuncian en el siguiente cuadro

- Número de secciones anuales de crecimiento
- Longitud de las secciones anuales de crecimiento
- Número de ramas de la sección anual de crecimiento
- Ramas medianas, largas y cortas en el modulo de crecimiento rítmico
- Brotes prolépticos y silépticos en el modulo de crecimiento rítmico
- Ramas medianas largas y cortas en el modulo de crecimiento rítmico

c) Citología

Para la descripción citológica se seleccionaron en total 32 árboles de las 5 dosis de irradiación, además del testigo bajo los criterios de mayor número de frutos, así como de individuos que no presentarán fructificación.

Cuadro No.- 8 Número de individuos por dosis de radiación seleccionados para el estudio citológico

Dosis (Gy)	0	5	10	15	20	25
No. de individuos	5	6	6	6	3	1

Se obtuvieron varetas vegetativas de 5 cms de largo en repeticiones de cinco, por cada árbol seleccionado se podaron con unas tijeras para jardinería e inmediatamente después del corte se fijaron en una solución de formol-alcohol-agua (FAA) (Curtis1986; D'Ambrigo, 1986; Gaviño, *et.al.*, 1982) para procesarse según la técnica histológica JB-4 (Polyscience, 1995) los pasos secuenciales se describen a continuación:

Medio de inclusión JB-4

El tejido inmerso en medio de inclusión JB-4 ofrece una preservación ultraestructural superior y secciones semidelgadas para alta resolución a microscopía electrónica. Este

medio plástico soluble al agua provee alta claridad, en contraste a los cortes hechos en parafina y ofrece la ventaja de menor distorsión y arrugamiento de tejido. Los especímenes difíciles como el hueso descalcificado y el tejido embrionario pueden procesarse rápidamente en esta resina.

Se pueden utilizar fijadores acuosos y no acuosos en la muestra que se requiere procesar. Durante la tinción no es necesario remover la resina como en el caso de la parafina, ya que se pueden obtener tinciones claras utilizando colorantes solubles en agua.

El tiempo de procesamiento de la muestra con esta resina puede decirse que es extremadamente rápido ya que no es necesario deshidratar completamente al tejido antes de la inclusión, se puede utilizar una serie graduada de alcoholes (etanol) hasta el 95% y no se requiere de utilizar xileno, tolueno, o benceno como en el caso de la parafina.

Se pueden obtener fácilmente secciones de 1-2 micras de espesor, utilizando cuchillas de vidrio. Bajo las mismas condiciones en las secciones de parafina solo es posible obtener cortes de 5-6 micras de espesor con mucha sobreposición celular y la pérdida de la resolución celular clara (Polyscience, 1995).

Deshidratación: Se tomaron cada una de las muestras de 3 a 5 mm de grosor previamente fijado en FAA (Curtis 1986; D'Ambrigo, 1986; Gaviño, *et.al.*, 1982), se lavaron en agua corriente durante 3 horas se deshidrataron en acetona gradualmente 30%, 50%, 70%, 85%, 96% y 100% 3 horas en cada cambio (Departamento de citología vegetal, Facultad de Ciencias, UNAMI). Se preincluyeron colocando las muestras en las mezclas "A" más catalizador durante 24 horas a temperatura ambiente.

Inclusión: Se preparó mezcla "A" y se agregó componente "B" más catalizador y se agitó con una varilla de vidrio, con ayuda de pinzas entomológicas se colocaron las muestras preincluidas en un vidrio de reloj y se les agregó la mezcla de preinclusión.

En cada cápsula "beem" se colocó una etiqueta y con una pipeta Pasteur se agregó una gota de la mezcla "A" más catalizador más componente "B". Con un aplicador de madera se tomó una muestra y se depositó en el fondo de la cápsula procurando orientar el material, se colocó una etiqueta de identificación. Con la pipeta Pasteur se llenó lentamente la cápsula con la resina de inclusión deslizándola por las paredes para evitar la formación de burbujas.

Se cerró la cápsula herméticamente (la polimerización se realiza en un tiempo promedio de 3 a 5 horas a temperatura ambiente y en ausencia de oxígeno).

Al término de la polimerización se extrajeron los bloques de JB-4.

Corte: Se realizó en un ultramicrotomo, semiautomático; empleando cuchillas de vidrio, , obteniéndose cortes entre 1 y 2 micras.

El corte se realizó en seco, se colectaron los cortes en una caja petri con agua para hidratarlos y se recogieron con un asa metálica.

Tinción: Una vez colocados en el portaobjetos se tiñeron con azul de toluidina (Departamento de citología vegetal, Facultad de Ciencias, UNAM) aproximadamente 1 segundo, ya que se lavaron inmediatamente con agua destilada para evitar el exceso de colorante.

Montaje: Se realizó un montaje permanente con Bálsamo de Canadá (Curtis, 1986; D'Ambrigo, 1986; Gaviño, *et.al.*, 1982).

Observación de los cortes: Se realizaron en un fotomicroscopio, se eligieron de manera aleatoria 10 células de la túnica y 10 células del cuerpo del meristemo caulinar para medir el diámetro del núcleo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DESCRIPTORES MORFOLOGICOS RELACIONADOS CON EL DESARROLLO VEGETATIVO

La morfología es un aspecto importante a considerar en el proceso de mejoramiento genético de frutales en virtud de que variables como altura, diámetro del follaje y ángulo de inserción de las ramas definen principios básicos de establecimiento de huertas como distancia entre hileras y entre plantas, factores que finalmente determinan la densidad de plantación (número de árboles por hectárea) la que afecta a su vez prácticas de manejo de cultivo (fertilización, poda y control fitosanitario), metodología de cosecha (manual y mecánica) y rendimiento por hectárea. Otros aspectos morfológicos como diámetro del tronco, longitud del vástago, longitud y número de entrenudos, largo y ancho de las hojas, etc., están íntimamente relacionados con el vigor de las plantas y pueden servir como índices de selección de árboles en etapas tempranas sin tener que esperar varios años para observar su desarrollo (López y Barrientos, 1987).

En el Cuadro 9, se muestra el comportamiento de las variables relacionadas con el desarrollo vegetativo en función de la dosis de radiación. Los cuadrados medios, la significancia estadística y el coeficiente de variación para cada variable se muestran en el Cuadro 10.

4.1.1 Altura del árbol

La altura del árbol, como se mencionó en el capítulo de revisión de literatura, es una de las variables más importantes a considerar en el mejoramiento de aguacate dado que los trabajos de mejoramiento están orientados hacia la reducción del porte.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de la variable altura de la planta en función de la dosis de radiación siendo las diferencias estadísticamente significativas (cuadro 10) y como se observa ésta exhibe un ligero incremento en la dosis de 10 Gy, el cual de acuerdo a la prueba de Tukey (Cuadro 9) no es significativamente diferente del testigo, este ligero aumento se puede atribuir a cierto efecto estimulante de la radiación, debido a una excesiva respuesta de los factores de equilibrio hemostático de la planta (Ramírez *et al*, 2001). Este efecto estimulante se atribuye a que bajas dosis de radiación afectan el balance endógeno de hormonas en la planta (auxinas, giberelinas y citocininas) de acuerdo a estudios realizados por Latta y Gupta (1971). En la dosis de 20 Gy, se aprecia

una reducción del 22% en el promedio de la variable altura siendo esta reducción estadísticamente diferente del testigo de acuerdo a la prueba de separación de medias de Tukey (Cuadro 9).

Lo anterior implica que las diferencias de medias observadas obedecen a los tratamientos, concordando lo anterior con los casos de reducción en altura en especies como cereza en la que se logró obtener un mutante con reducción del 50% en altura mediante aplicación de rayos X en dosis de 40 Gy Lapins (1974). Similarmente, para el caso del olivo Donini y Manino (1982) obtuvieron una reducción del 50% en altura del árbol mediante irradiación a 40 Gy de estacas enraizadas de la variedad Ascolana. Se ha establecido que una de las variables que pueden modificarse más fácilmente mediante mutagénesis radioinducida es la altura del árbol (Donini, 1976), por lo que de confirmarse ésta tendencia de reducción en altura en generaciones sucesivas de propagación vegetativa en los árboles de aguacate irradiados, se tendrá un avance significativo en el mejoramiento de ésta especie.

La reducción de la altura del árbol del aguacate ha sido un objetivo largamente buscado por diferentes investigadores y para lograrlo han utilizado diversas estrategias entre las que podemos citar al mejoramiento por selección de mutantes espontáneos (Sánchez Colín, 1980), selección recurrente y mutagénesis radioinducida, que ha conducido a la obtención del patrón de porte bajo D-9 (Bergh, 1981), así mismo han utilizado reguladores del crecimiento tales como el paclobutrazol, producto que aplicado periódicamente ha permitido reducción de la longitud de brotes nuevos (Köhne y Köhne 1991). Otra estrategia es el uso de portainjertos enanizantes e interinjertos para reducir el porte de los árboles (Barrientos y Sánchez Colín, 1983), logrando una reducción significativa de la altura en los cultivares "Hass" y "Fuerte" al utilizar al cultivar de porte bajo Colín V-33 como portainjerto enanizante.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio relativos a la reducción de hasta el 22% en el promedio de altura en la dosis de 20 Gy permite vislumbrar altas posibilidades de seleccionar individuos de porte bajo, dado que se encontraron individuos con reducción de hasta el 50% en esta variable.

Cuadro 9. Estadísticos de las variables relacionadas con el desarrollo vegetativo en función de las dosis de radiación.

Variable		Altura (cm)			Diámetro de follaje (cm)			Circunferencia del tronco (cm)			Extensión del vástago		
Dosis (Gy)	n ¹	X ²	d.e. ³	Grupo Tukey*	X	d.e	Grupo Tukey	X	d.e.	Grupo Tukey	X	d.e.	Grupo Tukey
0	28	244.6	58.91	ab	219.5	68.3	ab	24.1	5.13	a	39.4	10.69	a
5	14	242.6	47.45	ab	230.1	47.71	a	25.9	3.78	a	38.6	9.29	a
10	17	263.2	42.42	a	262.4	62.46	a	26.9	4	a	40.5	9.98	a
15	10	193.6	32.61	ab	187.9	49.77	b	20.8	4.85	b	48.1	13.16	a
20	5	189.0	49.9	b	170.4	65.86	b	20.7	4.88	b	40.7	15.65	a
25	3	207.0	9.84	ab	223.3	20.20	ab	24.4	.46	a	36.0	13.94	a

Cuadro 9. Continuación

Variable		Diámetro de vástago (cm)			Longitud de entre nudos (cm)			Longitud de lámina foliar (cm)		
Dosis (Gy)	n ¹	X ²	d.e. ³	Grupo Tukey*	X	d.e	Grupo Tukey	X	d.e.	Grupo Tukey
0	28	0.79	0.1	b	2.98	0.75	ab	17.27	1.40	a
5	14	0.78	0.13	b	3.17	0.66	ab	17.08	1.32	b
10	17	0.82	0.15	ab	3.80	0.76	a	18.61	1.19	a
15	10	0.94	0.14	a	2.25	0.77	b	16.78	1.78	ab
20	5	0.86	0.13	ab	3.54	1.33	a	15.44	1.06	ab
25	3	0.94	0.12	a	2.91	0.35	ab	16.19	1.51	ab

1. Número de individuos

2. Media

3. Desviación estándar

4. Tratamientos con las mismas literales en columnas son estadísticamente iguales al 5% de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey.

Cuadro No 10. Análisis de varianza de las variables relacionada con el desarrollo vegetativo

Variable	Cuadrado medio C.M.	F	Pr >F	Coefficiente de variación C.V.
Altura	9346	3.87	*0.0037	20.77
Diámetro del follaje	1071.9	2.94	*0.018	26.96
Circunferencia del tronco	67.679	3.28	*0.01	18.59
Extensión del vástago	144.21	1.17	0.33	27.33
Diámetro del vástago	0.04687	2.69	*0.028	15.97
Longitud de entrenudos	3.408	5.64	*0.002	24.74
Longitud de la lamina foliar	10.7026	5.55	*0.002	8.02

* Significáncia $p < 0.05$

La posibilidad de generar individuos de porte bajo obtenidos por mutagénesis, brinda grandes ventajas respecto a los otros métodos ya citados tendientes a reducir el porte de los árboles dado que en el caso de la mutagénesis el cambio en el carácter es permanente y en virtud de que el aguacate se propaga asexualmente no existe el problema de la recombinación debida a la fecundación. Solo habrá que evaluar en generaciones sucesivas la estabilidad del carácter. Los individuos de porte bajo generados por mutagénesis presentan grandes ventajas sobre los obtenidos mediante el uso de portainjertos enanizantes dado que estos últimos pueden presentar algunos problemas de incompatibilidad con la variedad a injertar o pueden reducir baja producción, como ya se ha demostrado con el portainjerto clonal “Martin Grande” que presenta resistencia a *Phytophthora cinnamomi*. Una de las enfermedades mas devastadoras en aguacatero, sin embargo en estudios realizados con posterioridad se encontró que justamente el portainjerto que daba mayor resistencia a la “trizteza del aguacate” era el que inducía menor productividad (Köhne y Köhne, 1991).

Respecto al uso de reguladores del crecimiento para inducir reducción del porte, su desventaja es evidente dado que la aplicación de estos productos debe ser periódica, generando además de problemas de contaminación ambiental, deformación en los frutos y por supuesto incrementos en los costos de producción (Willhey *et al.*, 1992).

4.1.2 Diámetro del follaje

En la Figura 6 se muestra el comportamiento de la variable diámetro del follaje en función de la dosis de radiación, encontrándose una tendencia similar a la de la variable altura, con valores superiores al testigo en las dosis de 5 y 10 Gy y reducción de hasta 22% en las dosis de 15 y 20 Gy; el análisis de varianza (Cuadro 10), y la prueba de

Tukey (Cuadro 9) hacen evidente que estas diferencias son estadísticamente significativas.

El comportamiento similar para altura y diámetro del follaje indica que los dos principales caracteres del desarrollo vegetativo están siendo afectados en la misma proporción, por lo que se están obteniendo posibles mutantes compactos similares a los obtenidos en cerezo, con la variedad "Stella" (Lapins, 1974), que exhibe una reducción del 50% tanto en altura como en diámetro del follaje y por Zagaja y Przybyla (1976) quienes obtuvieron árboles de cerezo con reducción significativa en altura y diámetro del follaje al irradiar varetas dormantes en un rango de 20 a 40 Gy..

El hecho de que las dosis de radiación a las que se obtienen árboles con crecimiento compacto en aguacate (15 a 20 Gy) sean inferiores a las reportadas para cerezo y manzano (20 a 40 Gy) obedece a que los efectos biológicos de la radiación dependen en gran medida del contenido de agua (humedad) de las varetas, en virtud de que la interacción radiación-material biológico se da en gran medida con las moléculas de agua presentes (Casseret, 1968) y el contenido de humedad en las varetas de aguacate es mayor que el presente en varetas de caducifolios, por lo que el aguacate es más radiosensible (Rubí *et al.*, 1993).

La reducción en altura del árbol y en el diámetro del follaje, al permitir obtener árboles compactos, nos brinda la posibilidad de establecer plantaciones en alta densidad. En la actualidad la densidad de plantación en árboles de la variedad "Hass" es 100 árboles / ha (Jiménez, 1988), con un espaciamiento de 10 m entre hileras, y 10 m entre árboles dentro de hileras, con árboles compactos como los encontrados en esta evaluación se podría establecer plantaciones en distancias de 5 m entre plantas y 5 m entre hileras con una densidad de plantación de 400/ha, lo que optimiza la utilización del terreno y permite incrementar los rendimientos por unidad de superficie.

Figura 5. Altura del árbol en función de la dosis

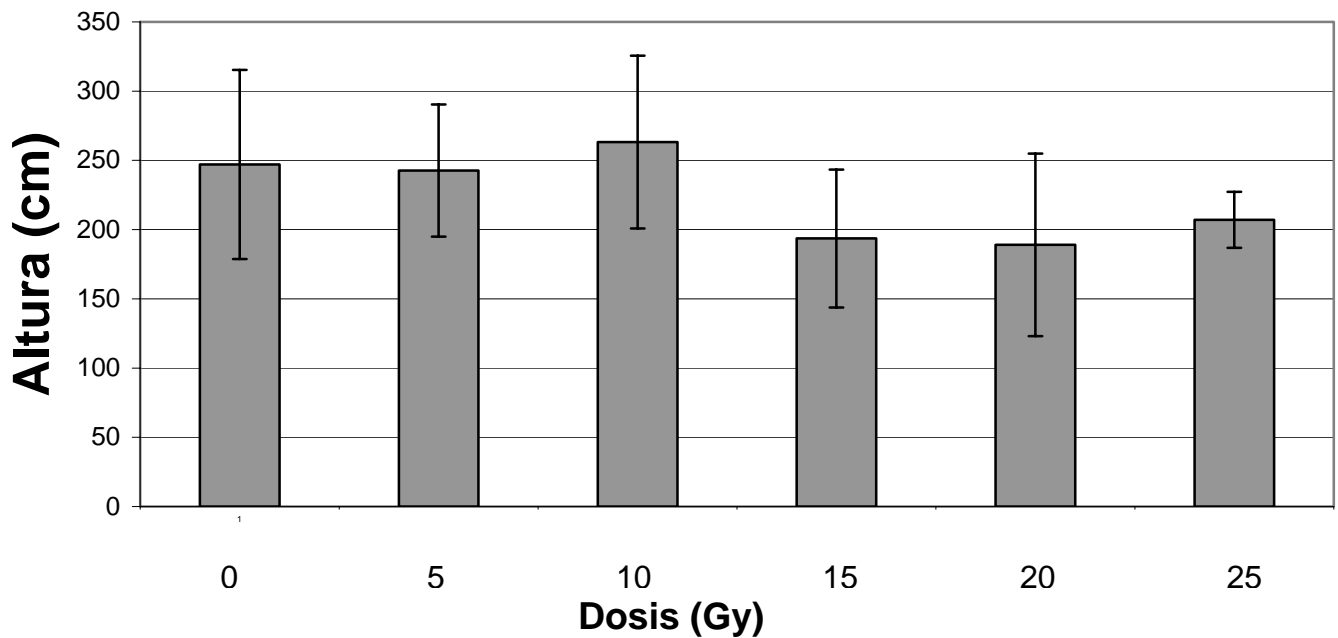
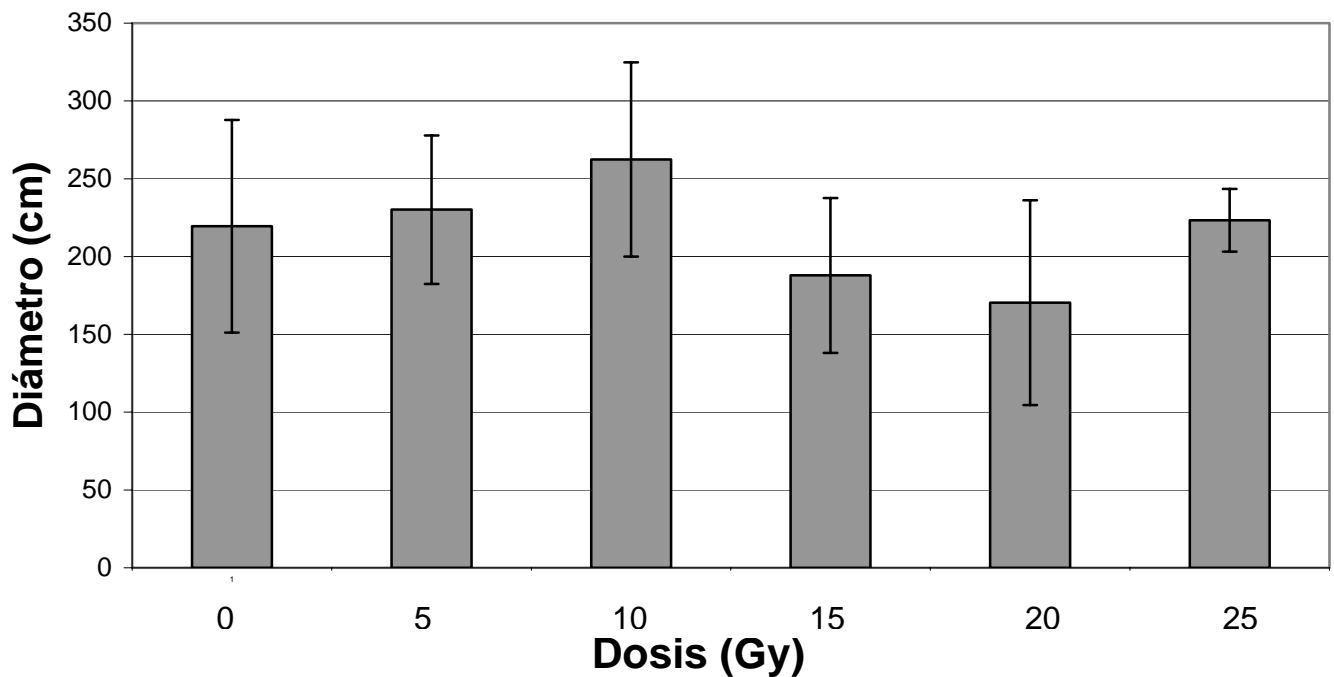


Figura 6. Diámetro del follaje en función de la dosis



4.1.3 Circunferencia del tronco y tipo de superficie.

La circunferencia del tronco tiene una estrecha relación con el vigor y porte de los árboles, en los materiales estudiados la circunferencia del tronco (Figura 7) mostró un comportamiento análogo al caso de la altura y diámetro del follaje presentando valores máximos en las dosis de 5 y 10 Gy (ver Cuadro 9). Se observa una reducción de 14% en la dosis de 20 Gy. El comportamiento de las variables circunferencia del tronco y su correlación positiva con las variables altura y diámetro del follaje es congruente con estudios realizados por López y Barrientos (1987), Rubi (1989) y De la Cruz (1997), en los que se reporta una correlación positiva y altamente significativa entre altura y diámetro del tronco (con valores de r entre 0.76 y 0.90). En nuestro caso el coeficiente de correlación fue de $r = 0.90$ para circunferencia del tronco y altura y $r = 0.97$ para circunferencia del tronco y diámetro del follaje como se muestra en las Figuras 8 y 9.

Considerando que López y Barrientos (1987) establecieron que el diámetro del tronco es un buen indicador de porte bajo, los resultados obtenidos respecto a reducción de la circunferencia del tronco en la dosis de 15 Gy y su correlación con la altura y diámetro del follaje nos permite inferir que efectivamente en las dosis de 15 Gy se tienen posibles mutantes de porte bajo. Dicha inferencia se sustenta en los resultados de la prueba de separación de medias que se muestra en el Cuadro 9.

Figura 7. Circunferencia del tronco en función de la dosis

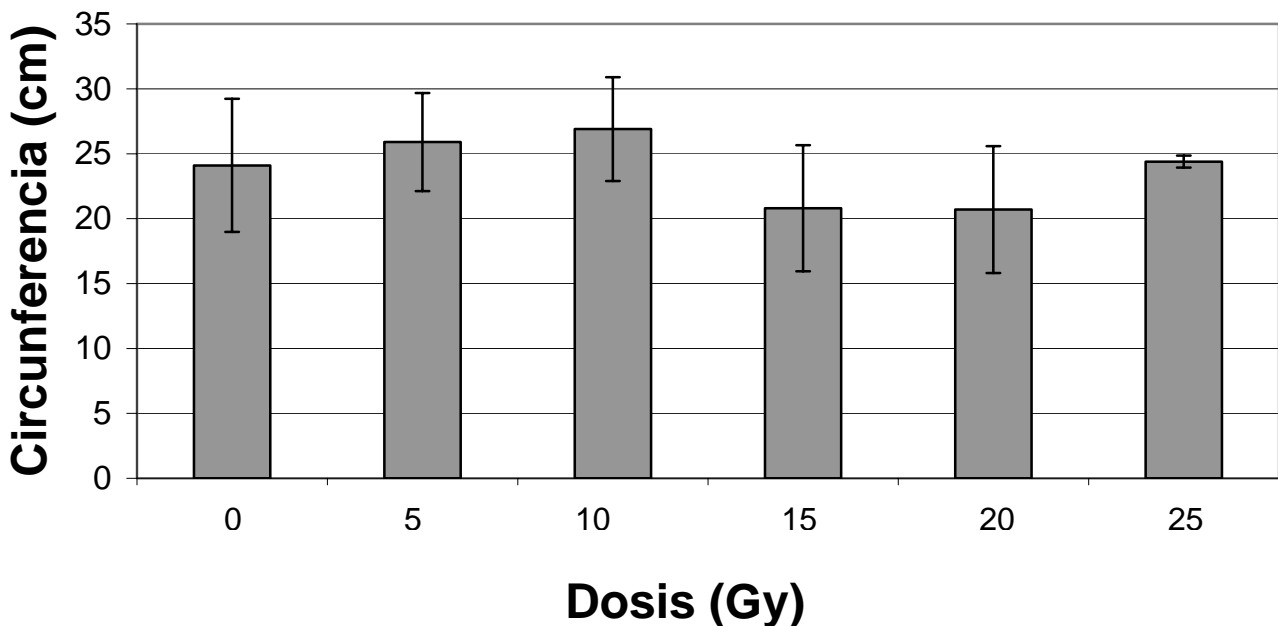


Figura 8. Regresión lineal de circunferencia del tronco y altura

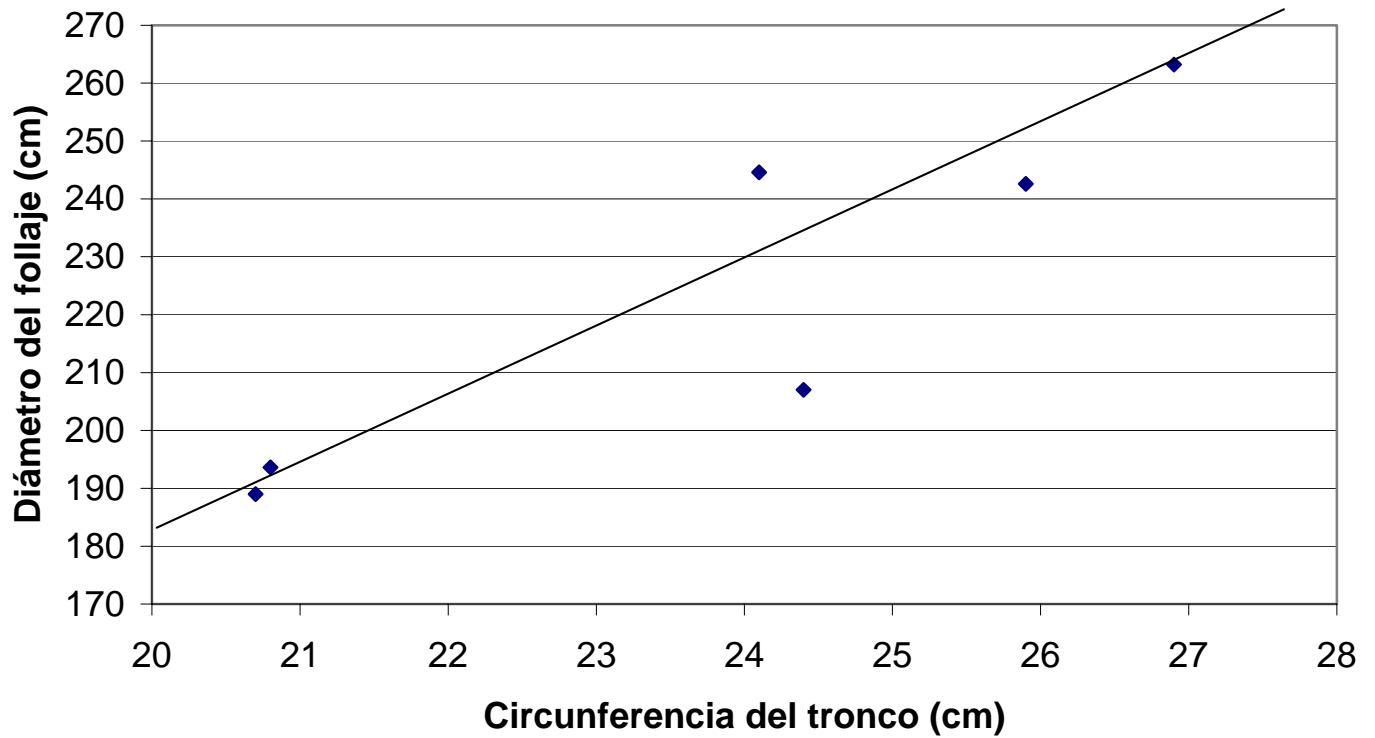
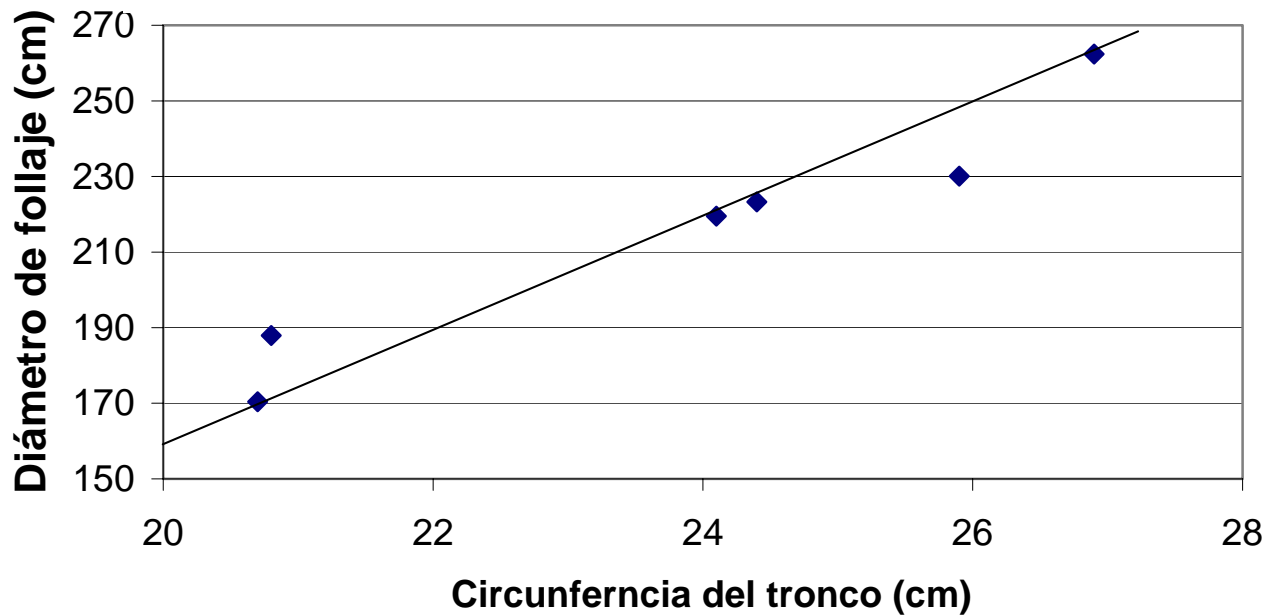


Figura 9. Regresión lineal de circunferencia del tronco y diámetro del follaje



Una característica importante para la descripción de árboles de aguacate de acuerdo al IBPGR (1995) es el tipo de superficie (rugosa y muy rugosa) en la Figura 10 se muestra el porcentaje de individuos con superficie rugosa del tronco, la cual se incrementa en las dosis de 5, 10, 20, 25 Gy en comparación con el testigo, en tanto que en la dosis de 15 Gy se muestra una reducción en el porcentaje de árboles con superficie rugosa. La variación del carácter superficie rugosa no obedece a un patrón definido al aumentar la dosis de radiación.

4.1.4 Extensión, diámetro del vástago y longitud de entrenudos

La extensión (longitud) y diámetro del vástago (brotes de un nuevo ciclo de crecimiento), son variables que indican el grado de vigor de los árboles y finalmente definen su hábito de crecimiento. El comportamiento de la extensión y diámetro del vástago se muestra en las Figuras 11 y 12. El análisis de varianza para extensión del vástago (Cuadro 10) no detectó diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo respecto al diámetro del vástago si se apreciaron diferencias significativas indicando que las dosis de 15 y 25 Gy presentan mayor grosor que el testigo de acuerdo a la prueba de separación de medias (Cuadro 9). Comportamientos de desarrollo caracterizados por reducción en la altura e incremento en grosor del brote se han reportado por Lacey y Campbell (1982) en experimentos en manzano en los que mutantes inducidos de porte bajo presentaron mayor diámetro del brote.

Respecto a la longitud de entrenudos (Figura 13), esta variable presenta su valor mínimo estadísticamente significativo en la dosis de 15 Gy, (Cuadros 9 y 10), dosis en las que se ubican árboles con altura reducida, menor diámetro del follaje y mayor diámetro del vástago (Figuras 5, 6 y 12). Un acortamiento de entrenudos y aumento del diámetro del vástago ha sido reportado por Donini (1976) en experimentos tendientes a reducir el porte de árboles de cerezo en dosis de 35 a 45 Gy y por Visser *et al.*, (1969) en sus trabajos sobre mejoramiento genético del manzano por mutagénesis.

Figura 10. Tipo de superficie del tronco en función de la dosis

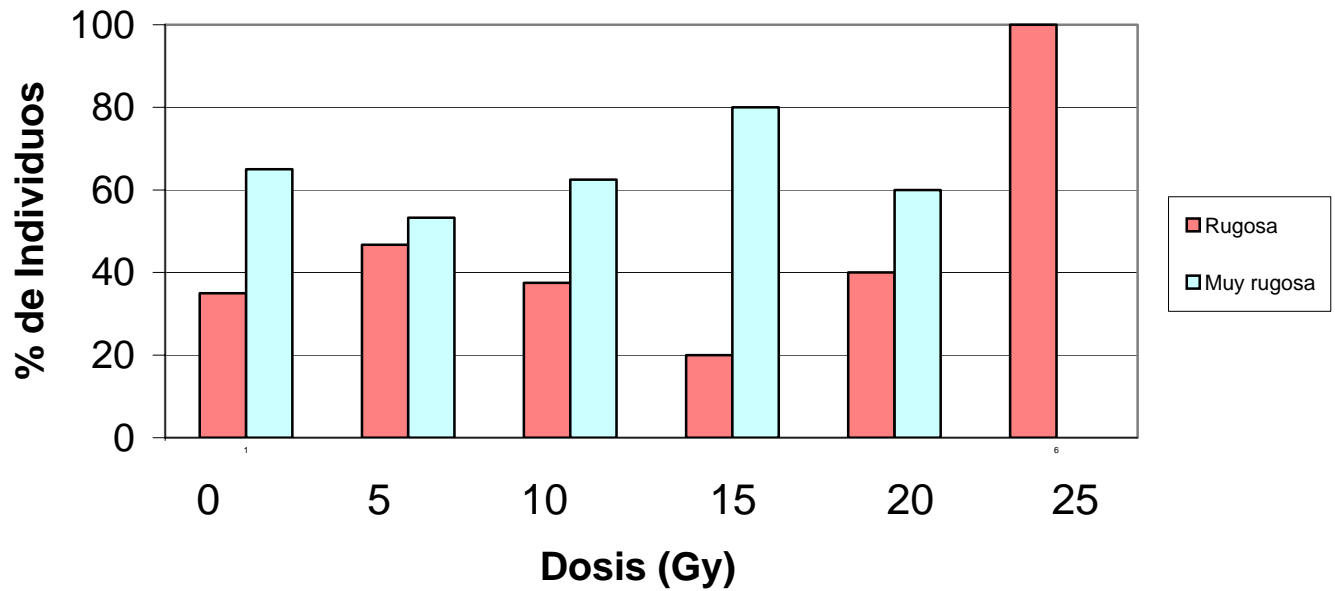


Figura 11. Extensión del vástago en función de la dosis

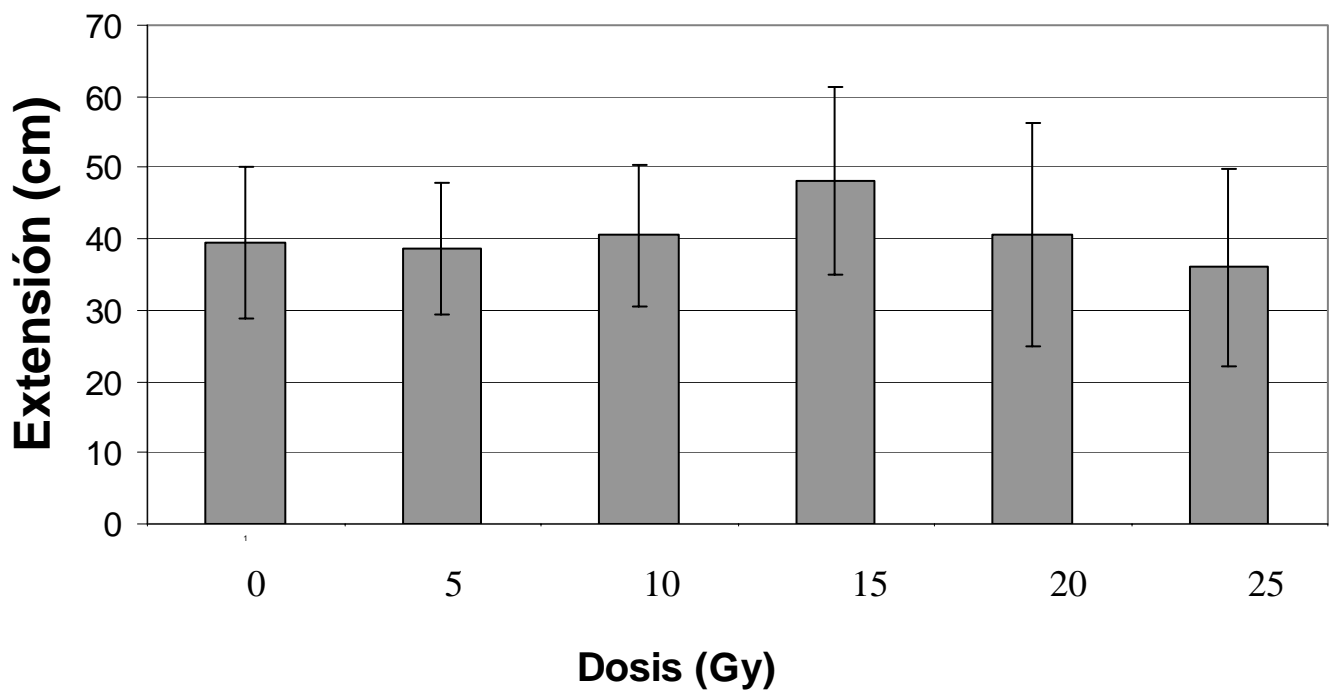


Figura 12. Diámetro del vástago en función de la dosis

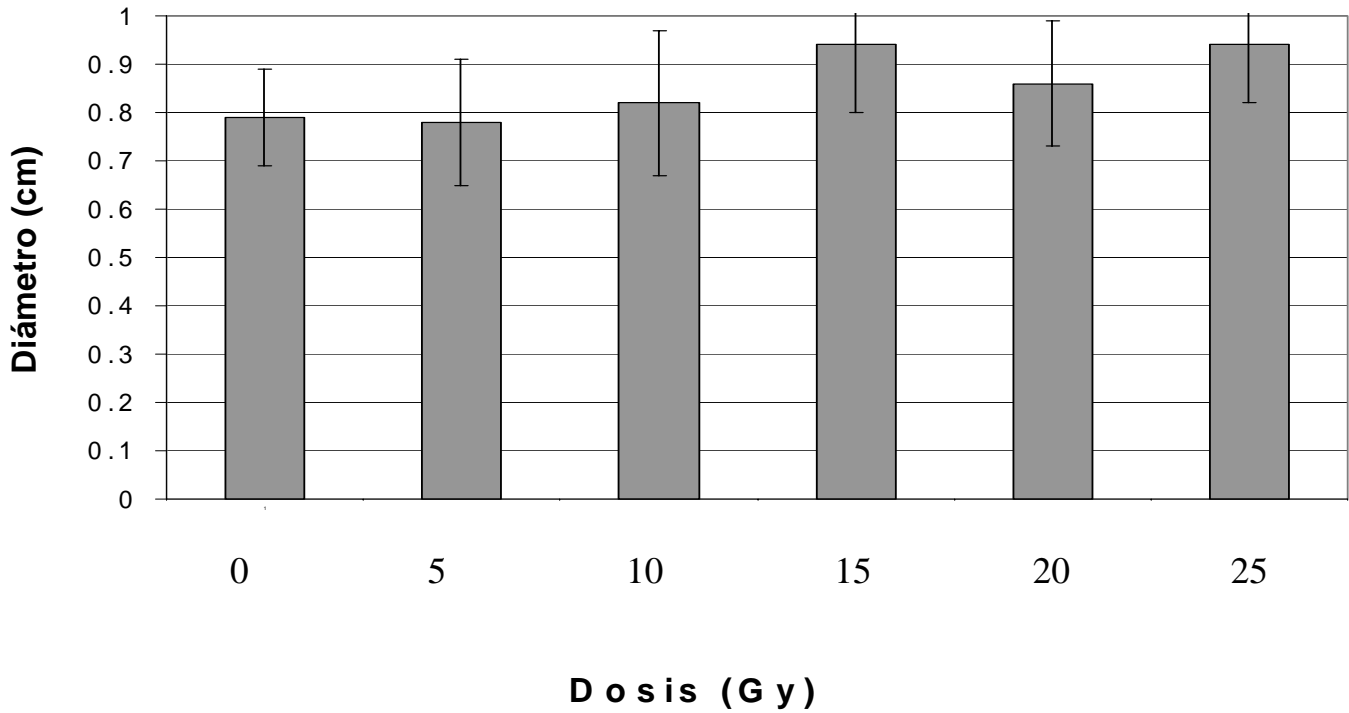
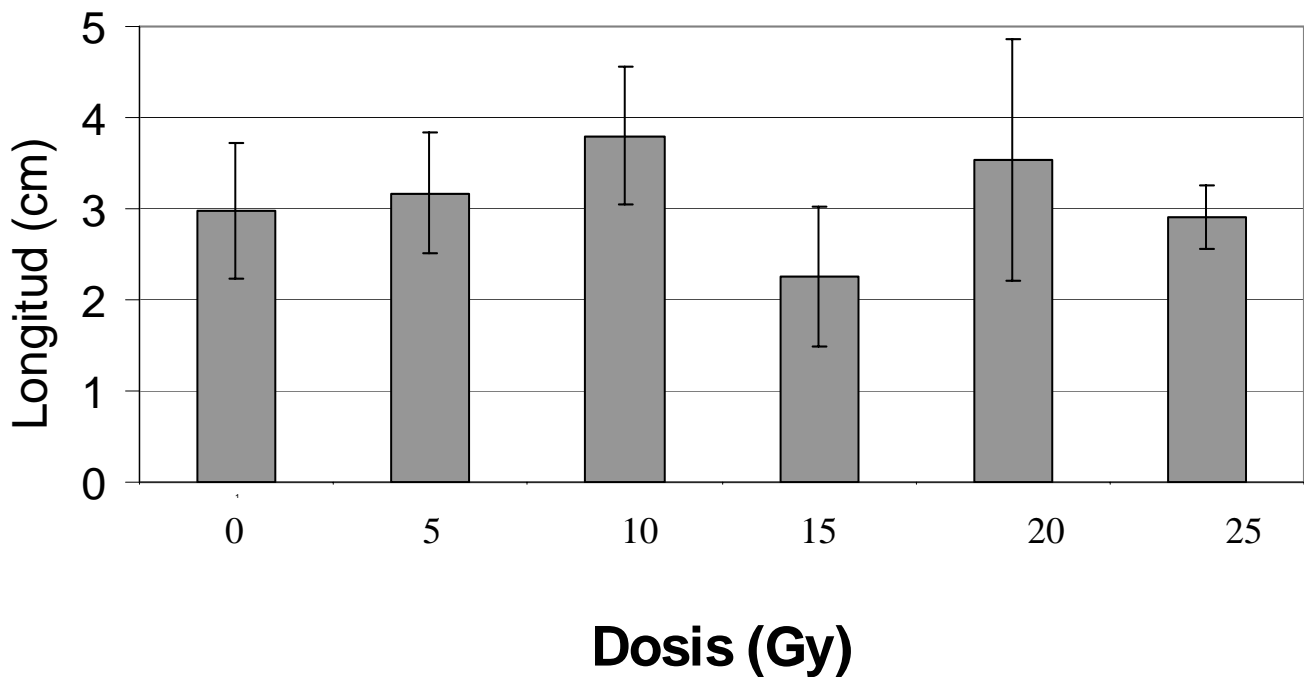


Figura 13. Longitud de entrenudos en función de la dosis



4.1.5 Longitud de la lámina foliar

La variable longitud de la lámina foliar (Figura 14) exhibió en la dosis de 10 Gy, 18.61 cm que representa un aumento del 7.7% con relación al testigo, y su mínimo valor en la dosis de 20 Gy (15,44 cm), una reducción de 6.25 respecto al testigo; al realizar el análisis de varianza (Cuadro 10) se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos.

Es de notar que la dosis de 20 Gy ha mostrado bajos valores respecto a características de desarrollo vegetativo entre ellas altura, diámetro del follaje y longitud de la lámina foliar así como la de 25 Gy en la extensión del vástago, lo que permite inferir que a estos niveles de radiación el efecto es negativo.

Dado que la hoja es el órgano de la planta en el cual se efectúa la fotosíntesis, el aumento de la lámina foliar en las dosis de 10 Gy concuerda con el incremento, en esta misma dosis, de variables vegetativas como altura, diámetro del follaje y circunferencia del tronco, lo que permite confirmar el efecto estimulante del desarrollo atribuidos a esta nivel de radiación, la menor longitud de la lámina foliar en la dosis de 20 Gy indica efectos deletéreos de la radiación que puede reflejarse en menor producción debido a una menor eficiencia fotosintética (Long y Hallaren, 1988).

4.1.6 Forma del árbol

La variación detectada con relación a forma del árbol se muestra en la Figura 15, mientras que en el tratamiento control, la categoría (rectangular) agrupa al 41.37% de los individuos existiendo algunas categorías sin representación como la circular, en el caso de la dosis de 15 Gy se aprecia que todas las categorías están representadas teniendo mayor porcentaje las categorías semicircular y rectangular con valores de 38.46 y 30.76% respectivamente. Lo anterior hace evidente que la dosis de 15 Gy brinda mayores posibilidades de selección respecto a la forma del árbol. Es de hacer notar que dosis superiores propician agrupamientos en torno a ciertas categorías, así en la dosis de 20 Gy solo hay individuos rectangulares, circulares e irregulares, en tanto que en la de 25 Gy, solo hay individuos irregulares.

Las variaciones en la forma del árbol son determinadas por la acción de varios genes que regulan el hábito de crecimiento, la velocidad de crecimiento y la diferenciación

Figura 14. Longitud de la lámina foliar en función de la dosis

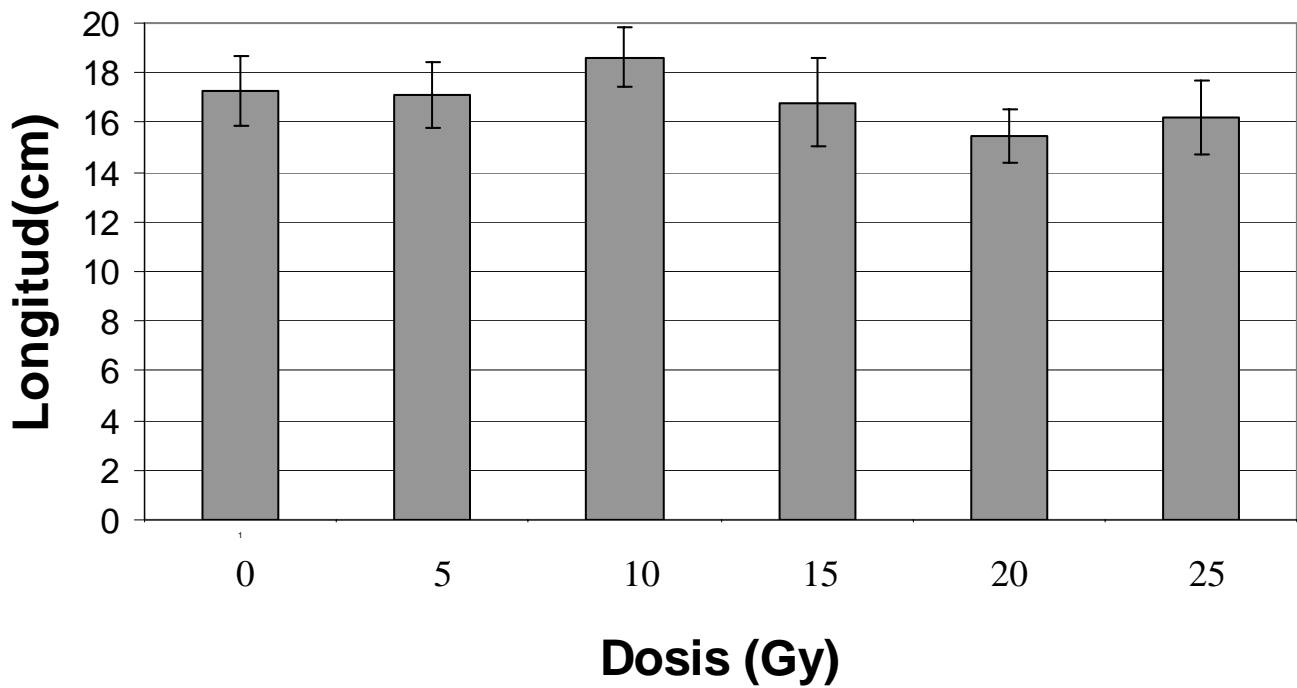
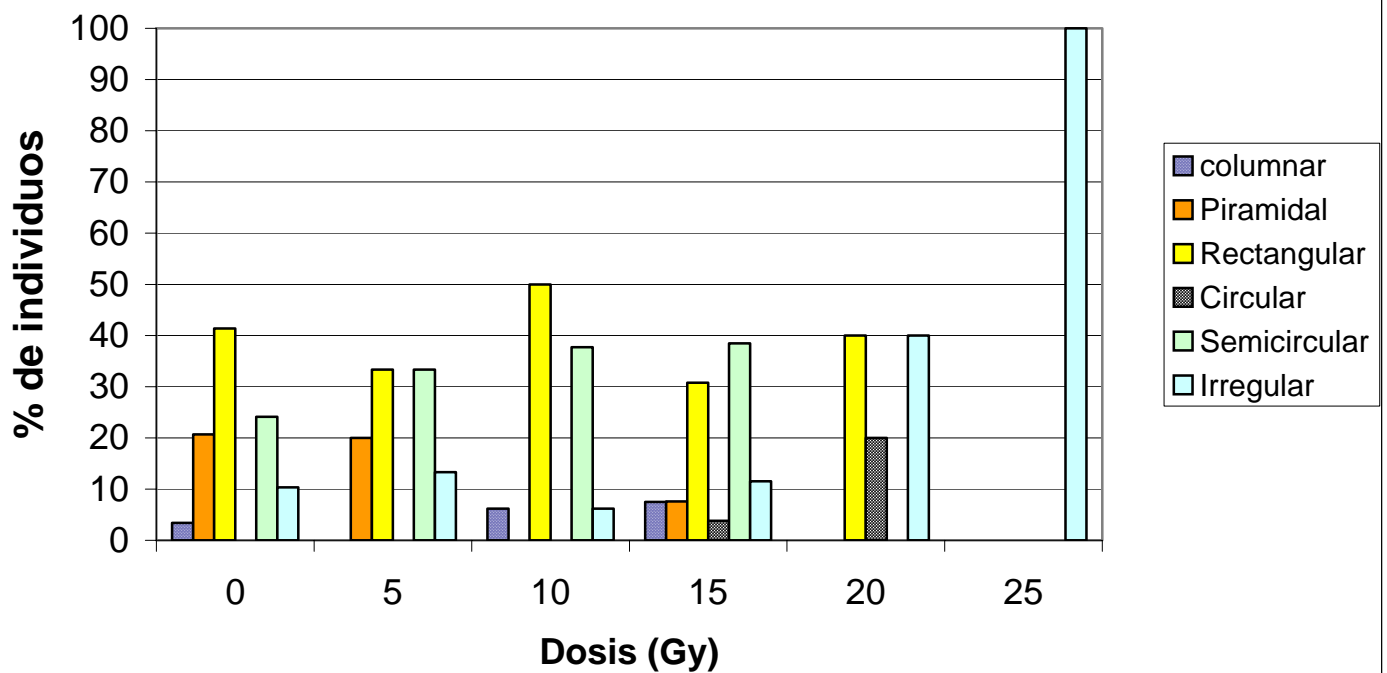


Figura 15. Forma del árbol en función de la dosis



de órganos en diferentes fases del desarrollo de la planta (Kawai, 1977) y en función de la forma del árbol se toman decisiones relativas a la distancia de plantación, prácticas de poda y aclareo así como de control fitosanitario, así por ejemplo árboles de forma columnar y porte alto permiten menor distancia entre plantas e hileras y por tanto mayor densidad de plantación sin embargo para el control fitosanitario se requiere equipo potente para alcanzar las partes altas, por otra parte en la forma irregular, por localizarse la mayor proporción del follaje en la parte baja, la cosecha y el control fitosanitario se facilitan pudiéndose realizar manualmente.

4.1.7 Patrón de ramificación

El patrón de ramificación no mostró cambios en ninguno de los tratamientos dado que en todos los casos fue intensivo de acuerdo a los descriptores para aguacate. Esto confirma lo establecido por diversos autores respecto a que la mutagénesis puede afectar solo alguno de los caracteres sin modificar sustancialmente el resto de los caracteres de interés (Sigurbjörnsson, 1977).

4.1.8 Distribución de las ramas

En la Figura 16 se muestra la distribución de las ramas en función de las dosis de radiación, es de notar que en la dosis de 15 Gy las diferencias de porcentaje de individuos en cada categoría se reducen sustancialmente, dado que mientras en el testigo la diferencia entre las categorías máxima y mínima es de 41%, en el caso de 15 Gy, la mayor diferencia es de 11%, lo cual indica que la radiación cambia la distribución de frecuencias respecto al patrón de ramificación concordando esto con los resultados obtenidos respecto a la forma del árbol ya que de manera similar la dosis de 15 Gy presentó la mayor variabilidad a este respecto. Evidentemente hay una estrecha correlación entre el patrón de ramificación ascendente que está asociado con una forma columnar del árbol, y un patrón horizontal de ramificación se asocia con la forma irregular (IBPGRI, 1995). En consecuencia ciertas dosis de radiación en nuestro caso 15 Gy amplían la variabilidad respecto a forma permitiendo mayores posibilidades de selección, resultados similares respecto a variaciones en la distribución de las ramas han sido reportados en el olivo irradiado a 40 Gy y vid sometida a un rango de dosis de 30 a 40 Gy (Donini, 1976).

Figura16. Distribución de las ramas en función de la dosis

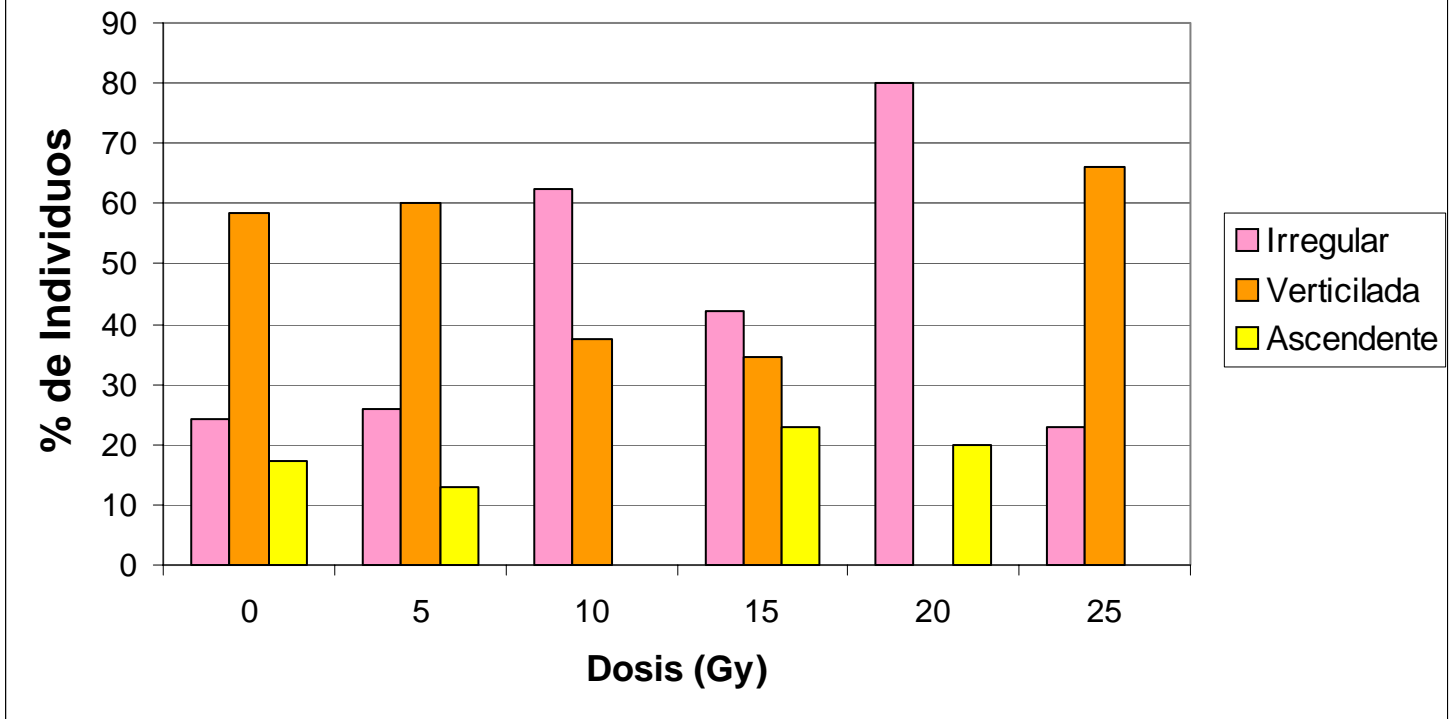
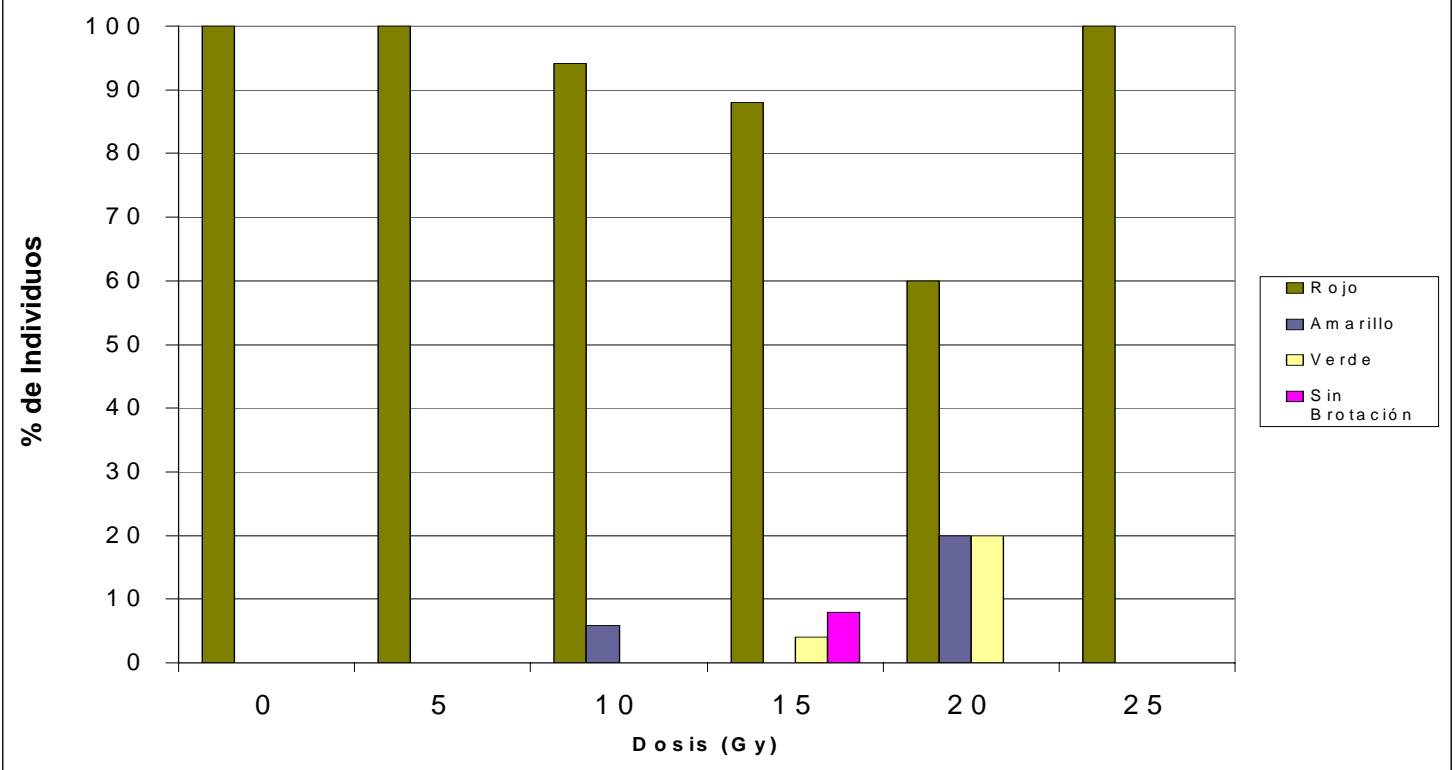


Figura17. Color del brote en función de la dosis



4.1.9 Angulo de inserción de las ramas.

No se notó cambio apreciable respecto al ángulo de inserción de las ramas, dado que en todos los tratamientos más del 90% de los individuos presentaron ángulo de inserción menor al 90° (agudo).

4.1.10 Color del brote nuevo

Respecto a la variable color del brote nuevo se aprecia que existe una tendencia en todas las dosis tratadas de mantener el color de los individuos testigo, siendo el porcentaje de 94.1% perteneciente a la dosis de 10 Gy el que mantiene este carácter más permanente, seguido de la dosis de 15 Gy en donde el 88% de los individuos lo mantienen, cabe mencionar que en esta dosis existieron individuos que no presentaron brotación por lo que no se pudo evaluar este carácter, la dosis de 20 Gy presentó 60% de los individuos con color rojo del brote nuevo, no se apreciaron variaciones en las dosis de 5 y 25 Gy respecto al testigo presentando 100 % de brotes nuevos color rojizo. (Figura 17).

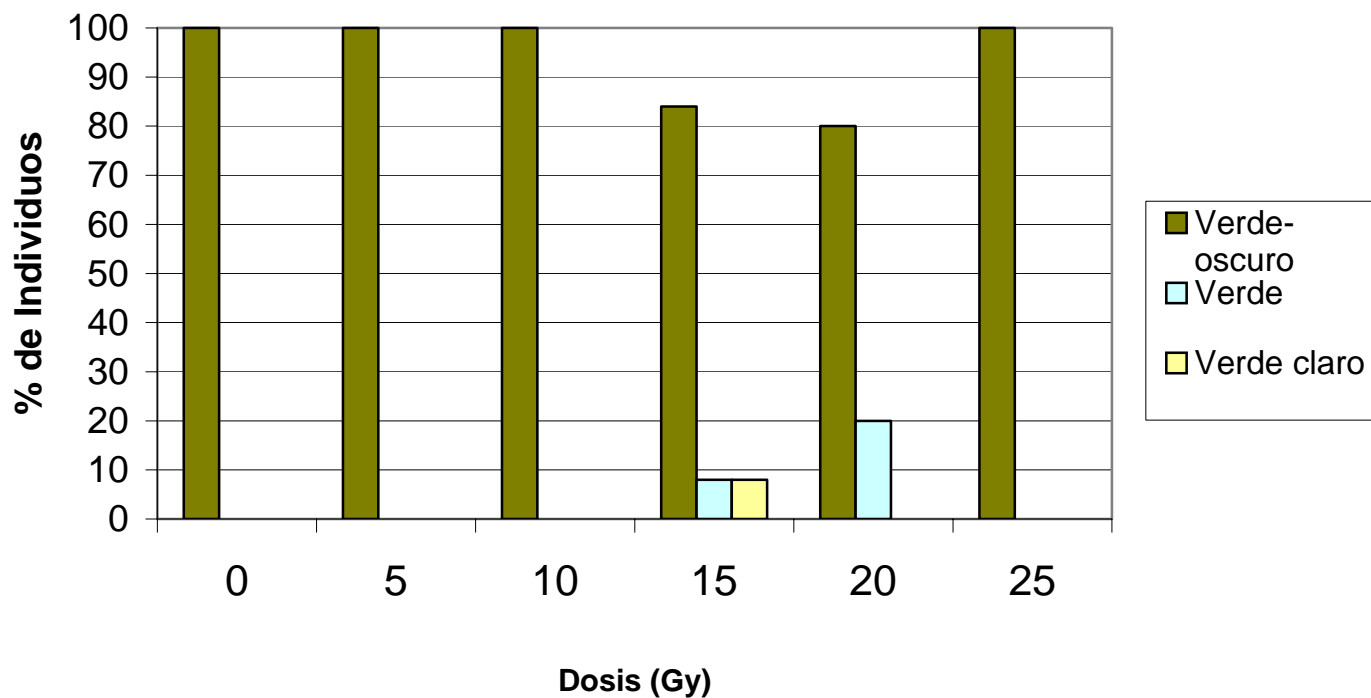
El color del brote nuevo obedece a la formación de pigmentos tales como antocianinas por lo que el cambio en la coloración de los brotes nuevos se puede atribuir a que la radiación indujo cambios en la formación de pigmentos. La inducción de mutaciones que favorece cambios en el color de las flores y hojas ha sido ampliamente utilizada en el mejoramiento de ornamentales (Micke, 1967).

4.1.11 Color de las hojas maduras

El color de las hojas maduras se presentó constante en un 100% de individuos en las dosis 5 Gy, 10 Gy y 25 Gy, las cuales presentaron el mismo carácter que el lote control. La dosis de 15 Gy con el 84% de los individuos mantuvo el carácter verde oscuro y 8% verde claro así como 8% verde, en la dosis de 20 Gy el 80% mantuvo el carácter igual al testigo y un 20% verde. Nuevamente se evidencia que la dosis de 15 Gy induce la mayor variabilidad (Figura 18).

El color de las hojas maduras es sin duda un indicador del grado de vigor de los árboles dado que está íntimamente relacionado con el contenido de clorofila de las plantas, denotando el color verde oscuro mayor vigor en tanto que el color verde claro es indicador de reducido contenido de clorofila y de posibles deficiencias nutricionales (Bidwell, 1979).

Figura18. Color de las hojas maduras en función de la dosis



4.1.12 Angulo de inserción de la hoja.

El ángulo de inserción de la hoja se mantuvo agudo en todos los individuos del experimento. Otras características que permanecieron sin cambio son el número de venas primarias así como el relieve, la divergencia de las venas, la textura semidura de la hoja y carencia de olor a anís, aspectos que son característicos de la variedad Hass.

De igual manera los caracteres superficie del brote nuevo, pubescencia de la superficie superior e inferior de la hoja, y forma de la hoja no se vieron afectadas por la radiación pues mantuvieron el carácter constante respecto a variedad Hass original (sin irradiar), que presenta brote nuevo pubescente, escasa pubescencia en las superficies inferior y superior de la hoja cuya forma es oblonga lanceolada.

4.1.13 Margen de la hoja

Respecto al margen de la hoja es de notar que en la dosis de 10 Gy el porcentaje de individuos con margen ondulado es de 40% contra 4% que presenta el testigo; el resto de los tratamientos presentaron únicamente margen entero.

El margen de la hoja que en general para la variedad original es margen entero, tiene utilidad con fines de identificación de variedades en campo, así por ejemplo en la variedad de aguacate "Colin V-33" obtenida como un mutante espontáneo de la variedad "Fuerte", una característica sobre saliente que la distingue de la variedad original, además del porte bajo es el margen ondulado de las hojas.

4.1.14 Forma del ápice de la hoja

Respecto a la forma del ápice de la hoja solo las dosis de 15 y 25 Gy presentaron ápice muy agudo (10% y 37%) respectivamente, el resto de los tratamientos presentaron ápice agudo.

4.2 DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS RELACIONADOS CON CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

En todo proceso de mejoramiento genético un aspecto de particular relevancia lo constituye el producto que se va a ofrecer al público consumidor. Si bien la reducción del porte de los árboles es una prioridad en el mejoramiento genético del aguacate, las características del fruto (tamaño, forma, color, proporción de la pulpa, grosor de corteza, etc.) no deben soslayarse, dado que en gran medida el éxito de una variedad depende de la aceptación que el público consumidor le da al producto final.

En el caso del aguacate se da la situación de que variedades de porte bajo y alta productividad no son aceptadas porque el fruto exhibe características indeseables; un ejemplo significativo lo constituye la variedad Rincoatl, mutante espontáneo de la variedad Rincón, cuyo porte no supera los 3 m y que es altamente productivo, presentando el inconveniente de que sus frutos presentan un bajo porcentaje de pulpa (67.8% contra 74.4% de la variedad Hass). Debido a su semilla que es grande y constituye el 26.32 % del fruto contra el 15.6% que presenta la semilla en el caso de la variedad Hass (Sánchez *et.al.*, 1989).

Por lo anterior, es importante la evaluación de las características del fruto con la finalidad de detectar si se dieron cambios significativos en él a consecuencia de la radiación que pudiera afectar su comercialización.

4.2.1 Longitud y diámetro del fruto.

En el Cuadro 11 se aprecia el comportamiento de las variables relacionadas con el fruto, es de notar que solo existen diferencias estadísticas significativas para longitud de fruto, no así para diámetro del mismo, esto es importante en virtud de que el objetivo principal del fitomejoramiento por mutagénesis es reducir la altura del árbol sin modificar sustancialmente las características del fruto. La longitud del fruto nos muestra diferencias estadísticas significativas, sin embargo Tukey no permite ubicar entre qué dosis existen estas diferencias. ANOVA prueba si la variación observada en la población se debe a los tratamientos (considerando a todos los tratamientos) (Hipótesis alternativa H_a) o al error experimental (Hipótesis nula H_0), y la prueba de separación de medias busca diferencias entre las medias de cada tratamiento ya que son pruebas diferentes el resultado de una no necesariamente condiciona al resultado de la otra (Cuadro 12 y Figuras 19 y 20).

Cuadro 11. Análisis de varianza de las variables relacionadas con el fruto

Variable	Cuadrado medio C.M.	F	Pr >F	Coefficiente de variación C.V.
Longitud del fruto	2.3586	2.48	*0.042	11.84
Diámetro del fruto	0.31386	1.61	0.1729	7.08
Peso del fruto	5536.36	1.93	0.10	18.99
Longitud del pedúnculo	38.69	10.36	*0.0001	19.07
Diámetro del pedúnculo	0.0044	0.57	0.7216	16.91
Longitud del pedicelo	0.3065	1.95	0.09	22.16

* Significancia $p < 0.05$

Cuadro 12. Estadísticos de las variables relacionadas con características del fruto en función de la dosis.

Variable		Longitud del fruto (cm)			Diámetro del fruto (cm)			Longitud de pedúnculo (cm)			Diámetro del pedúnculo (cm)		
Dosis (Gy)	n ¹	X ²	d.e. ³	Grupo Tukey*	X	d.e	Grupo Tukey	X	d.e.	Grupo Tukey	X	d.e.	Grupo Tukey
0	28	8.71	1.154	a	6.41	0.50	a	8.71	1.153	b	0.52	0.083	a
5	14	7.92	0.514	a	6.18	0.263	a	8.81	2.93	b	0.49	0.001	a
10	17	8.22	0.763	a	6.23	0.266	a	10.61	2.27	b	0.53	0.052	a
15	10	7.76	1.15	a	6.02	0.568	a	12.64	1.84	ab	0.54	0.162	a
20	5	7.23	0.529	a	5.89	0.410	a	13.98	1.08	a	0.49	0.01	a
25	3	8.23	1.23	a	6.22	0.681	a	12.85	1.202	b	0.57	0.57	a

Cuadro 12. Continuación

Variable		Longitud del pedicelo (cm)		
Dosis (Gy)	n ¹	X ²	d.e. ³	Grupo Tukey*
0	28	1.82	0.2424	a
5	14	1.85	0.4393	a
10	17	1.96	0.61	a
15	10	1.475	0.255	a
20	5	1.64	0.1565	a
25	3	1.68	0.113	a

1. Número de individuos

2. Media

3. Desviación estándar

4. Tratamientos con las mismas literales en columnas son estadísticamente iguales al 5% de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey.

Figura 19. Longitud del fruto en función de la dosis

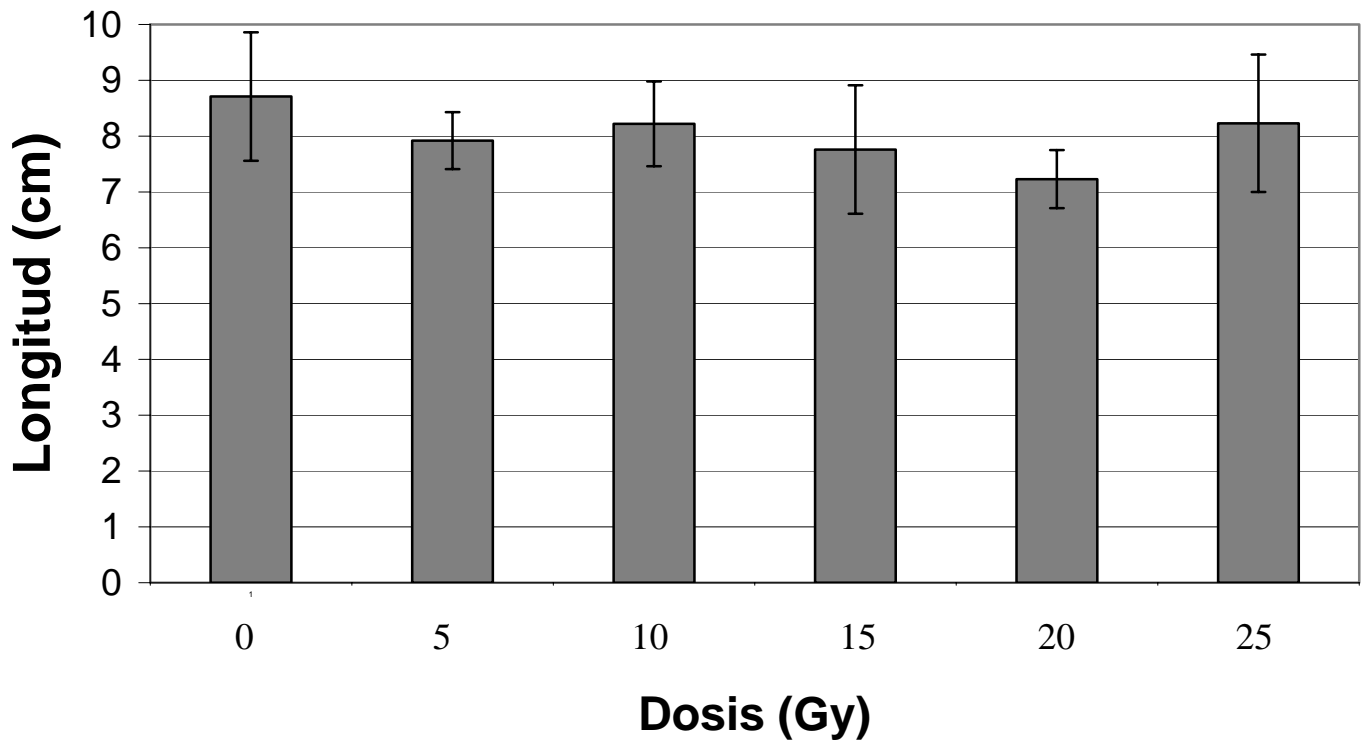
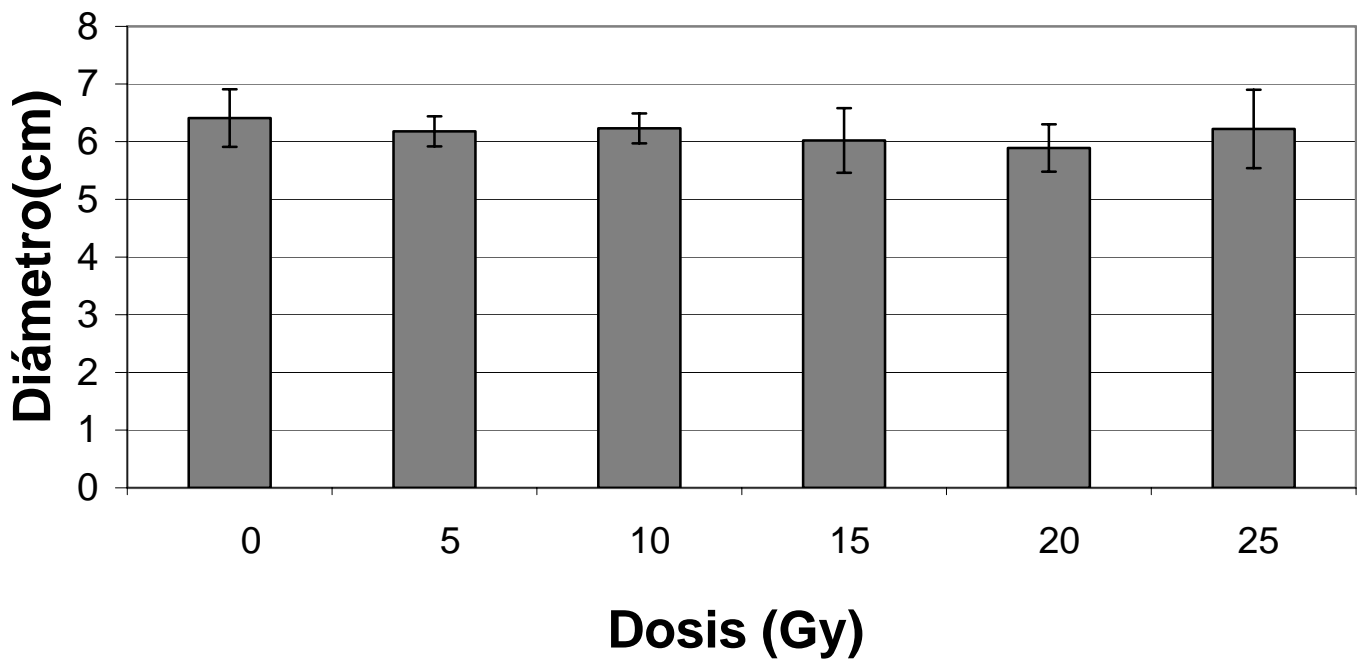


Figura 20. Diámetro del fruto en función de la dosis



4.2.2 Longitud y diámetro de pedúnculo y longitud del pedicelo I pedicelo

En la Figura 21, se muestra el comportamiento de las variables longitud del pedúnculo (Cuadro 11). Destaca la tendencia creciente y estadísticamente significativa de la longitud del pedúnculo en la dosis de 20 Gy. Aunque la longitud del pedúnculo no tiene mayor significancia comercial es de destacar su importancia como carácter distintivo en el caso de material irradiado a dosis altas. Las variables diámetro del pedúnculo y longitud del pedicelo no presentan diferencias significativas.

4.2.3 Peso del fruto

El análisis de varianza para peso del fruto (Cuadro 11) nos indica que no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos por lo tanto ninguna de las dosis empleadas provoca efectos sobre este carácter. En el trabajo de Köhne 1992, se reporta que el aguacate comercial ideal es aquel cuyo peso oscila entre 200 y 300 g, por lo que los materiales evaluados en este estudio, excepto la dosis de 15 Gy (314.4g) se ubican en este rango. Una consideración importante respecto al tamaño del fruto es el oscurecimiento enzimático de la pulpa que hace necesario que una vez partido el fruto este sea consumido dado que al dejarlo expuesto al ambiente se inician las reacciones de oxidación (Lizana y Juvenal 1979). De esta manera frutos de tamaño grande no son muy comerciales en virtud de que al no consumirse en su totalidad tienden a oscurecerse.

4.2.4 Hábito de fructificación.

Respecto al hábito de fructificación se observa que en los individuos testigo el hábito de fructificación es por racimos, con un pequeño porcentaje de frutos solitarios que corresponden al 7.14%. Sin embargo este hábito se modifica significativamente en las dosis de 5, 10 y 20 Gy en donde más del 20% de individuos presentan fructificación con productos solitarios (Figura 22), se hace notar también que en las dosis de 20 y 25 Gy aumenta el número de individuos sin fructificación lo que hace pensar que esas dosis son deletéreas desde el punto de vista de la productividad situación que se hace evidente también por el reducido número de árboles sobrevivientes a esas dosis.

...

Figura 21. Longitud del pedúnculo en función de la dosis

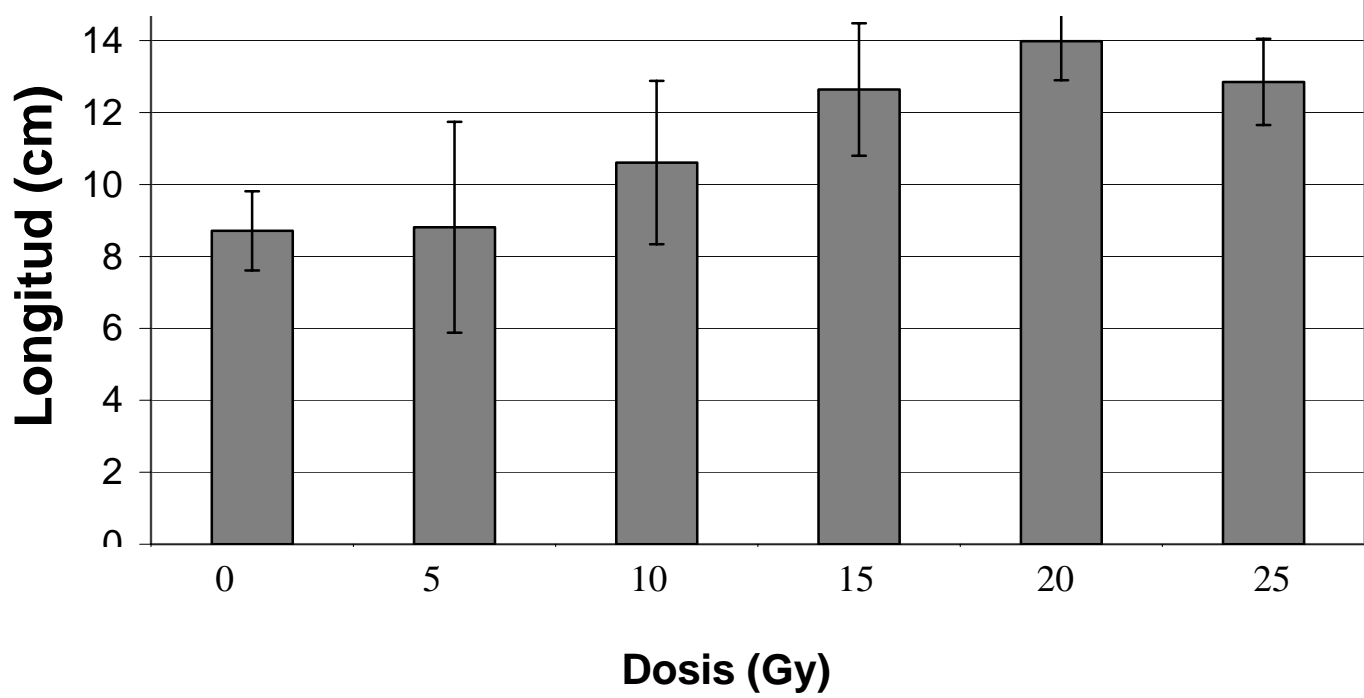
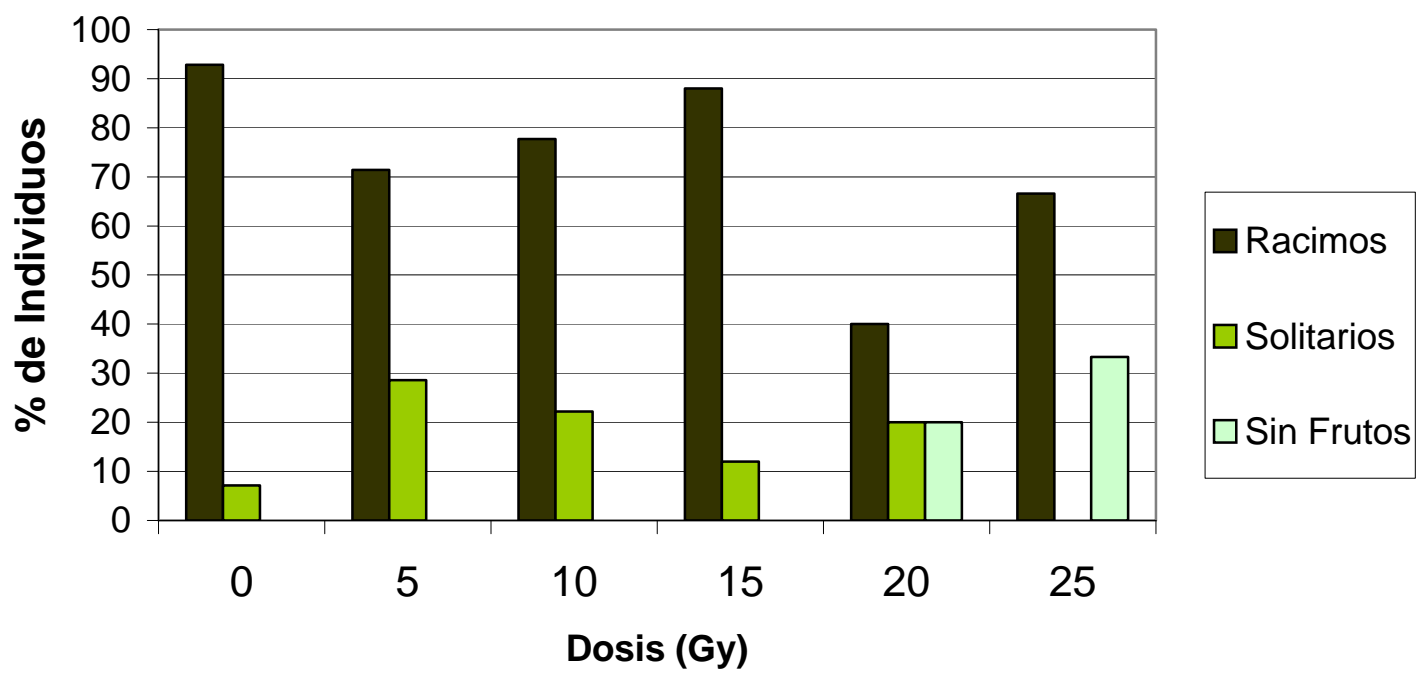


Figura 22. Hábito de fructificación en función de la dosis



4.2.5 Forma del fruto.

Con relación a la forma del fruto se observa en la Figura 23 que la radiación propicia mayor variabilidad dado que mientras en el tratamiento sin irradiar el 100% de los frutos son obovados, en el resto de los tratamientos la forma de los frutos cae en al menos dos categorías obovado y eferoidal. Destaca el tratamiento de 15 Gy que tiene individuos representados en las cuatro categorías (abovado, obovado esferoidal y elipsoidal), lo cual amplía el universo de selección para forma del fruto. Se hace hincapié en que las dosis de 15 Gy ha permitido mayor variabilidad también en aspectos relativos a morfología del árbol como forma de la copa y tipo de ramificación, lo que corrobora trabajos previos realizados por De la Cruz *et al.*, (1994) quienes encontraron en un estudio de radio sensibilidad que la mayor variabilidad respecto a altura, circunferencia de injerto, densidad estomatal y circunferencia del porta injerto se presenta en las dosis de 15 Gy.

4.2.6 Pedicelo con forma de cabeza de clavo

Respecto a la presencia de pedicelo con cabeza de clavo el mínimo porcentaje de individuos con esta característica se presenta en el testigo (3.57 %) incrementándose significativamente en las dosis de 10 y 5 Gy a 21.4% y 30 % respectivamente hasta llegar a 100% en las dosis de 20 Gy y 25 Gy. El caracter pedicelo con forma de cabeza de clavo que aquí sirve con propósitos descriptivos, es distintivo de algunas colectas de aguacate antillano realizada en la región de Hunucma en Yucatán México, caracterizados por tolerancia a la clorosis férrica y a suelos con alto contenido de carbonato de calcio (Barrientos, *et al.*, 1991). Es de destacar que en las dosis de 15 Gy el porcentaje de individuos que exhiben pedicelo con cabeza de clavo es muy similar al testigo Figura 24.

4.2.7 Color del pedicelo

En la Figura 26 se muestra el comportamiento de la variable color del pedicelo, la cual exhibe gran variación dado que en el testigo el color del pedicelo predominante es el amarillo con un porcentaje de individuos de 89.8 % el cual se reduce en las dosis de 5 y 10 Gy a 40 y 50% respectivamente, para volver a ubicarse en valores similares al testigo en las dosis de 15 Gy.

El color del pedicelo si bien es importante como índice de madurez fisiológica en la variedad Hass al pasar de verde a amarillo, no es el único índice de madurez en campo

Figura 23. Forma del fruto en función de la dosis

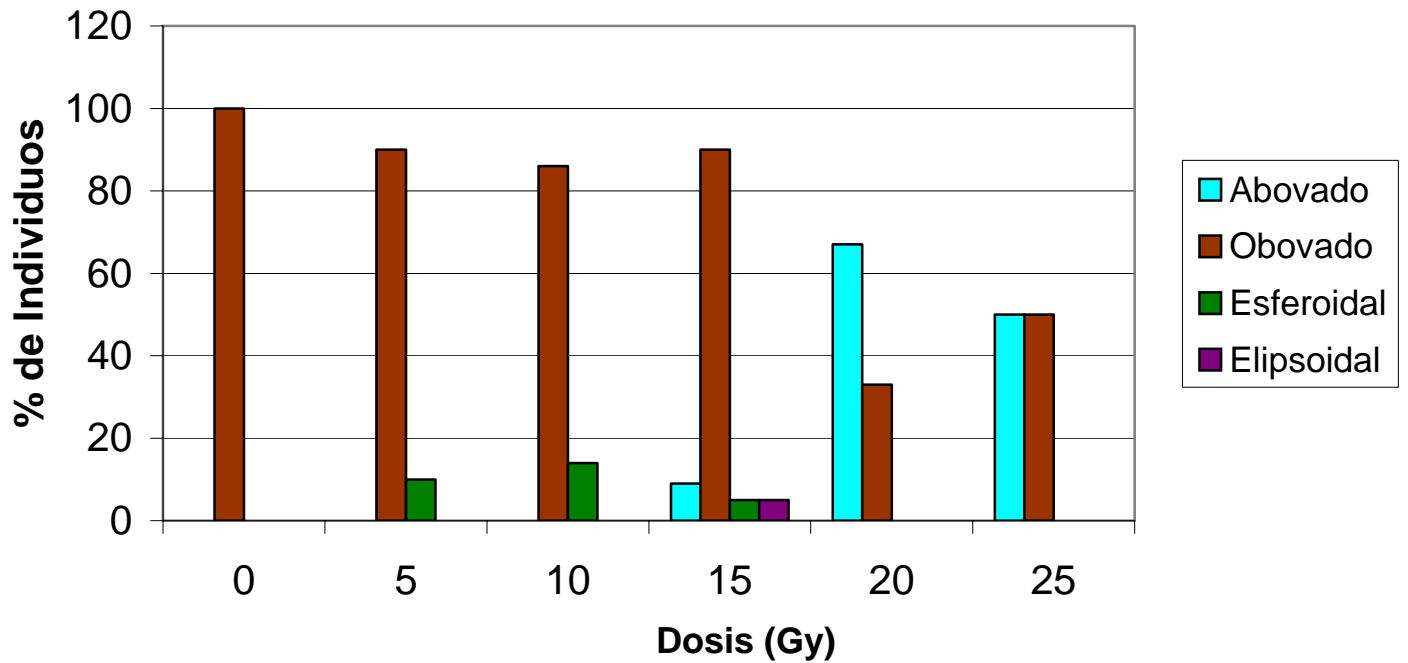
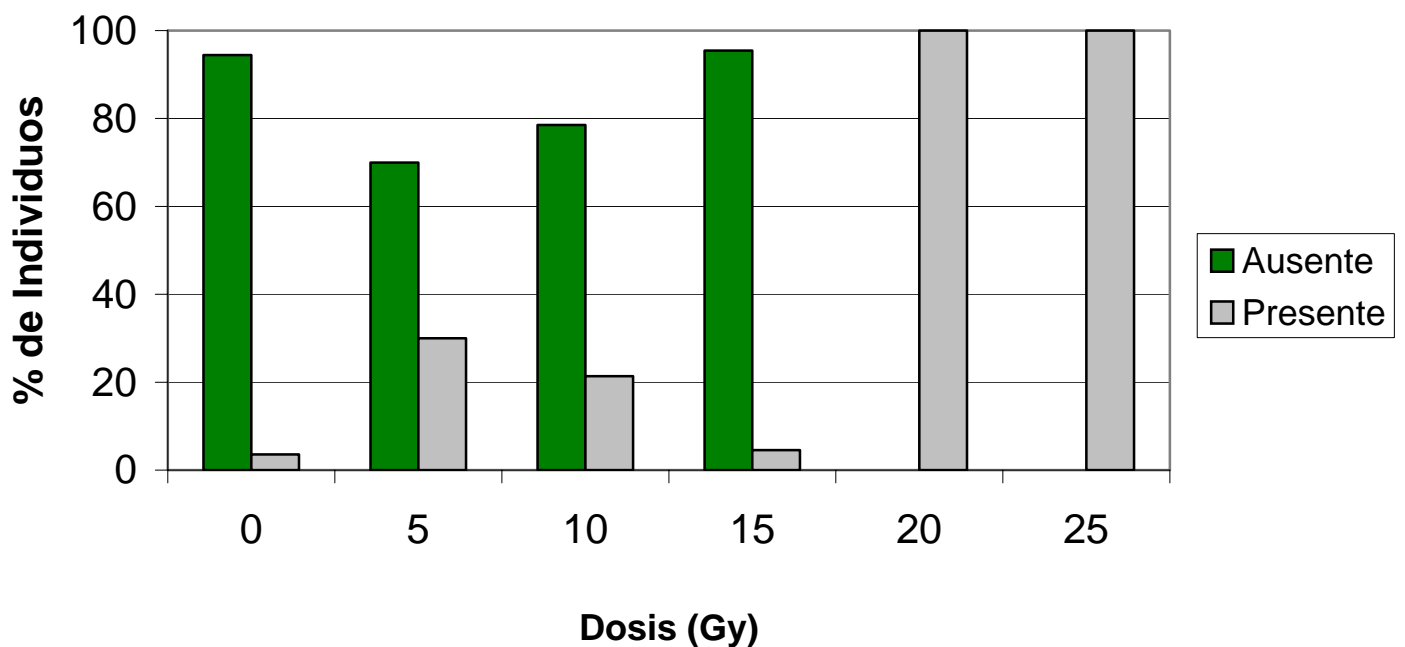


Figura 24. Pedicelo con cabeza de clavo en función de la dosis



ya que existen otros indicadores como el cambio de la apariencia de la cáscara de brillante a opaco y la aparición de corcho en las lenticelas del fruto (Christie, 1939).

4.2.8 Otras características del fruto.

Respecto a otras características morfológicas del fruto hubo poca variación, así la forma de la base del fruto y la forma del ápice del fruto fueron aplanadas, la posición del ápice del fruto fue asimétrica.

Respecto a la presencia de aristas en el fruto solo el individuo 354 sometido a 15 Gy presentó frutos con esta característica. Hubo uniformidad respecto a la brillantez de la cáscara, así como respecto a la posición del pedicelo en el fruto que en todos los casos fue asimétrico.

Con relación a la forma del pedicelo en todas las dosis el carácter se mantuvo constante, siendo este cónico. Existió también uniformidad en otros caracteres tales como distinción de la unión del pedúnculo con el pedicelo, el cual fue conspicuo; el perianto estuvo ausente en todas las dosis, la superficie de la cáscara del fruto la cual fue rugosa y su color verde se mantuvieron uniformes en todas las dosis las características relativas a la cáscara rugosa y de color verde que se presentan en la variedad original y que no cambiaron en los individuos tratados, son muy favorables desde el punto de vista de la comercialización, dado que la cáscara rugosa permite un mejor manejo poscosecha y brinda mayor resistencia a los daños mecánicos. El color verde en madurez fisiológica y que se torna negro en madurez de consumo es un factor muy favorable como característica de selección dado que en frutales el consumidor tiene un arquetipo y en el caso del aguacate este corresponde a la variedad Hass y en consecuencia cualquier variación en apariencia tendrá algunos problemas para comercializarse (Gween Avocado Growers, 1978).

4.3 - DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA SEMILLA

La semilla que juega un papel fundamental en el proceso de reproducción de muchas plantas cultivadas, en el caso particular del mejoramiento de cultivares de aguacate, cuya propagación es clonal, carece de importancia desde el punto de vista reproductivo y su importancia radica en el aspecto de aceptación de los consumidores en virtud de que se buscan variedades con tamaño reducido de semilla con la finalidad de

que el porcentaje de pulpa sea mayor. Este criterio de selección ha estado presente desde los inicios de la genotecnia del aguacate y en consecuencia muchos ejemplares de la raza mexicana *Presea americana var. Drymifolia*, han sido descartados por el tamaño grande de su semilla, no obstante su delicioso sabor ya que contiene el mayor porcentaje de aceite (20 a 25%); por el contrario debido al tamaño grande de la semilla y a su rusticidad, muchos ejemplares de la raza mexicana de aguacate han sido seleccionados como porta injertos para la propagación comercial de variedades de aguacate dado el gran vigor que les confiere la semilla grande (Aguilar y De la Cruz, 1988).

Los descriptores para la semilla fueron evaluados únicamente en dosis de 5, 10 y 15 Gy y los testigos, ya que solo en estas dosis se colectaron frutos.

4.3.1 Grosor de la cáscara

Se observó que la variable grosor de la cáscara no exhibe diferencias estadísticamente significativas respecto al material sin irradiar conservando por lo tanto las características óptimas de cáscara gruesa y rugosa que facilitan el manejo post cosecha de la variedad Hass (Jiménez, 1988).

Cuadro 13. Análisis de varianza relacionados con cáscara y semilla de fruto

Variable	Cuadrado medio C.M.	F	Pr >F	Coefficiente de variación C.V.
Grosor de la cáscara	0.0666	0.91	0.4508	87.9968
Longitud de la semilla	0.659825	7.38	*0.0009	6.6450
Diámetro de la semilla	0.38569	4.36	*0.0122	7.4602
Diámetro de la cavidad de la semilla	0.3032013	4.08	*0.016	6.5324
Longitud de la cavidad de la semilla	0.12138200	1.51	0.2333	6.0155
Peso de la semilla	276.963	7.20	*0.0010	13.9706

* Significancia $p < 0.05$

4.3.2 Longitud y diámetro de la semilla

Para el carácter longitud de la semilla el análisis de varianza Cuadro 13 nos muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas presentándose el máximo valor de esta variable (4.86) para las dosis de 10 Gy. (Figura 26) de acuerdo a la prueba de separación de medias (Cuadro 14), situación análoga ocurre con la variable diámetro de la semilla que en 10 Gy alcanza 4.27 cm en comparación con el tratamiento testigo cuya longitud es de 3.8 cm (Figura 27) Estas variables que en conjunto dan una semilla mas grande son un factor adverso en el proceso de selección desde el punto de vista de calidad comercial por lo que dentro de la población irradiada que exhibe

Figura 25. Color del pedicelo en función de la dosis

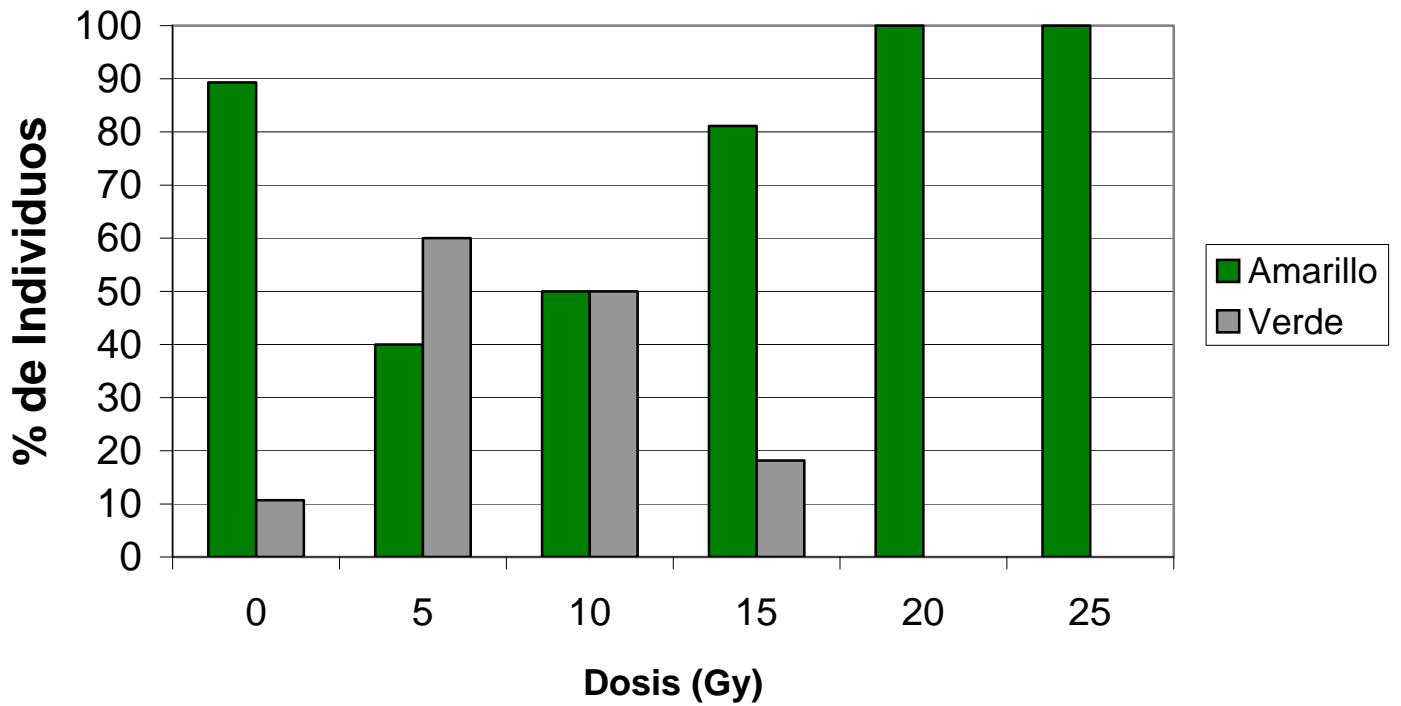
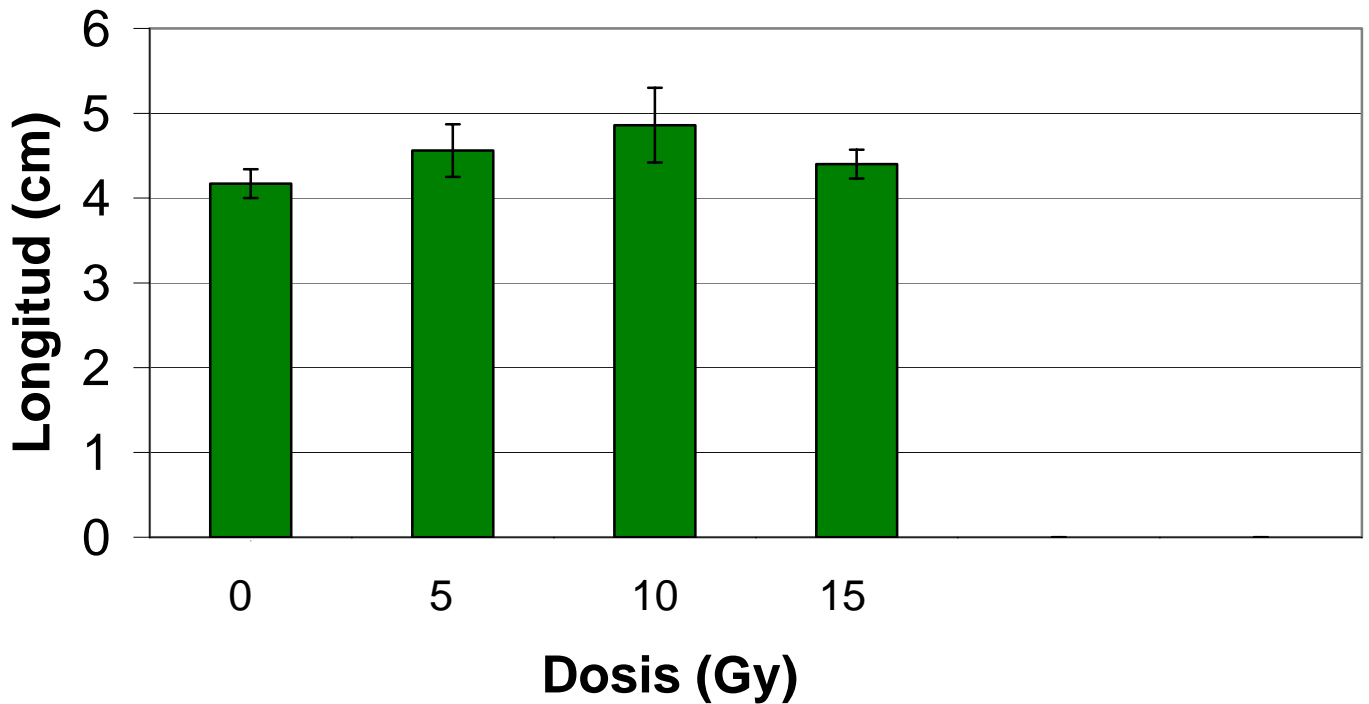


Figura 26. Longitud de la semilla en función de la dosis



características favorables habrá que buscar individuos que conjuguen tamaño de la semilla igual al material sin irradiar o incluso menor.

4.3.3 Longitud y diámetro de la cavidad de la semilla

El análisis estadístico para la longitud de la cavidad de la semilla nos indica que no existen diferencias significativas (Cuadro 13) sin embargo para la variable diámetro de la cavidad de la semilla sí existen diferencias significativas (Figura 28) correspondiendo el mayor valor para la dosis de 10 Gy que también mostró valores máximos en diámetro y longitud de la semilla.

Cuadro 14. Estadísticos de las variables relacionadas con características del Cáscara y semilla en función de la dosis.

Variable		Grosor de cáscara (mm)			Longitud de la semilla (cm)			Diámetro de la semilla (cm)			Diámetro de la cavidad de la semilla (cm)		
Dosis (Gy)	n ¹	X ²	d.e. ³	Grupo Tukey*	X	d.e	Grupo Tukey	X	d.e.	Grupo Tukey	X	d.e.	Grupo Tukey
0	8	0.233	0.027	a	4.17	0.172	b	3.803	0.151	a	4.014	0.29	b
5	8	0.44	0.532	a	4.56	0.313	a	4.04	0.177	ab	4.154	0.172	ab
10	8	0.293	0.094	a	4.86	0.446	a	4.272	0.423	a	4.453	0.174	a
15	8	0.264	0.266	a	4.40	0.174	b	3.82	0.346	b	4.076	0.391	b

Cuadro 14. Continuación

Variable		Longitud de la cavidad de la semilla (cm)			Peso de la semilla (gr.)		
Dosis (Gy)	n ¹	X ²	d.e. ³	Grupo Tukey*	X	d.e	Grupo Tukey
0	8	4.621	0.502	a	39.52	7.43	b
5	8	4.626	0.069	a	48.47	3.90	a
10	8	4.885	0.175	a	50.41	3.47	a
15	8	4.712	0.1841	a	39.17	8.44	b

1. Número de individuos

2. Media

3. Desviación estándar

4. Tratamientos con las mismas literales en columnas son estadísticamente iguales al 5% de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey.

4.3.4 Peso de la semilla

Como consecuencia del incremento en las variables longitud y diámetro de la cavidad de la semilla y de la semilla se hace evidente un aumento estadísticamente significativo en la variable peso de la semilla el cual se incrementó hasta 27.5% con respecto al testigo en la dosis de 10 Gy. Como se mencionó anteriormente el peso de la semilla tiene gran importancia en la determinación de la calidad del fruto, dado que influye directamente en la proporción de pulpa. En nuestro caso para la dosis de 10 Gy el porcentaje de pulpa-cáscara es de (82.9%), que es ligeramente inferior al porcentaje de pulpa-cáscara del material testigo (85.6%). Este factor se puede considerar adverso en el proceso de búsqueda de variedades, y los procesos de selección en poblaciones de material irradiado deben poner énfasis en la búsqueda de materiales con reducido tamaño de semilla.

4.3.5 Forma de la semilla

Para el carácter forma de la semilla se observa que en el testigo y en las dosis 5 Gy no hubo variación, siendo la forma obvada ancha la normal en las dosis de 10 Gy el 75 % de los individuos presentan semilla con forma esferoide; en tanto que en las dosis de 15 Gy ofrece mayor variabilidad ya que en los individuos evaluados se encuentran representadas tres categorías establecidas para este carácter (Figura 30).

4.3.6 Superficie y color del cotiledón

El carácter superficie del cotiledón rugoso no fue afectado en la dosis de 5 Gy ya que mantiene el mismo porcentaje del testigo el 100%; en las dosis de 10 y 15 Gy este sí fue afectado por el tratamiento aunque no en porcentajes altos ya que en la dosis de 10 Gy encontramos que un 87.5% de los individuos mantuvieron el carácter de los testigo, en la dosis de 15 Gy encontramos un mayor número de individuos que presentaron variación ya que el 73.3 % presentó superficie rugosa y el 26.66 % superficie intermedia (Figura 31).

Figura 27. Diámetro de la semilla en función de la dosis

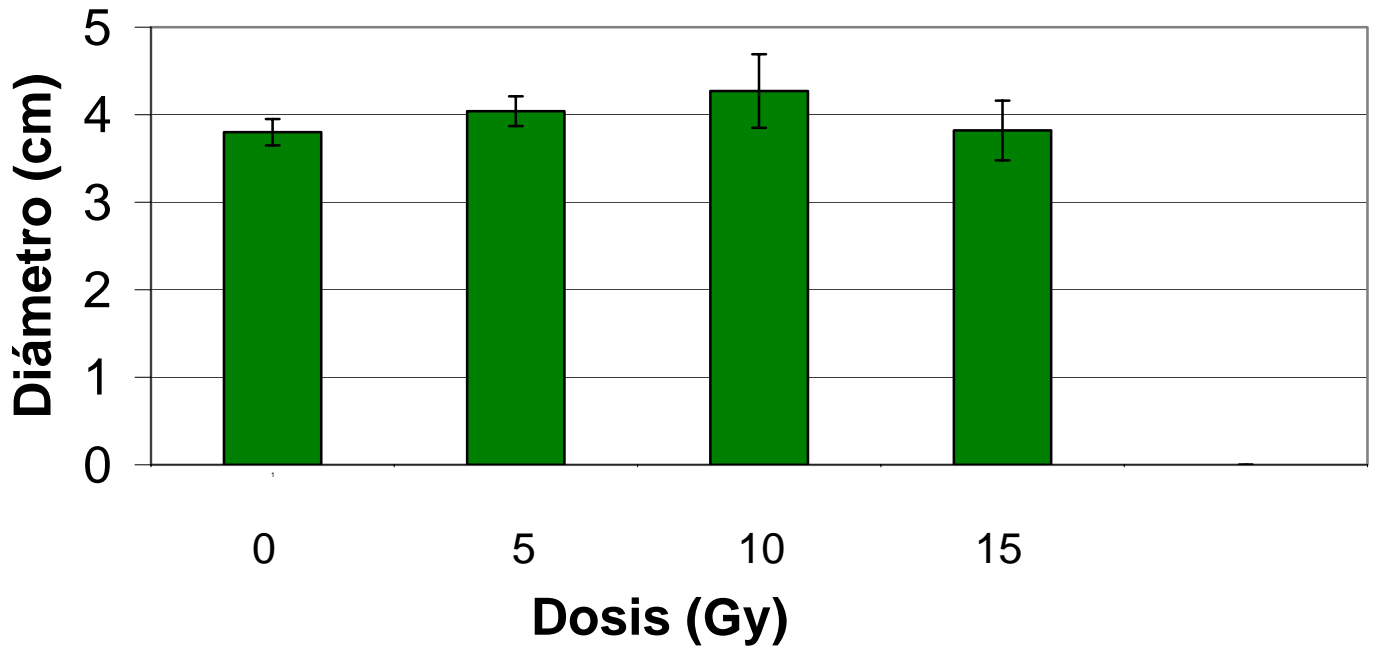


Figura 28. Diámetro de la cavidad de la semilla en función de la dosis

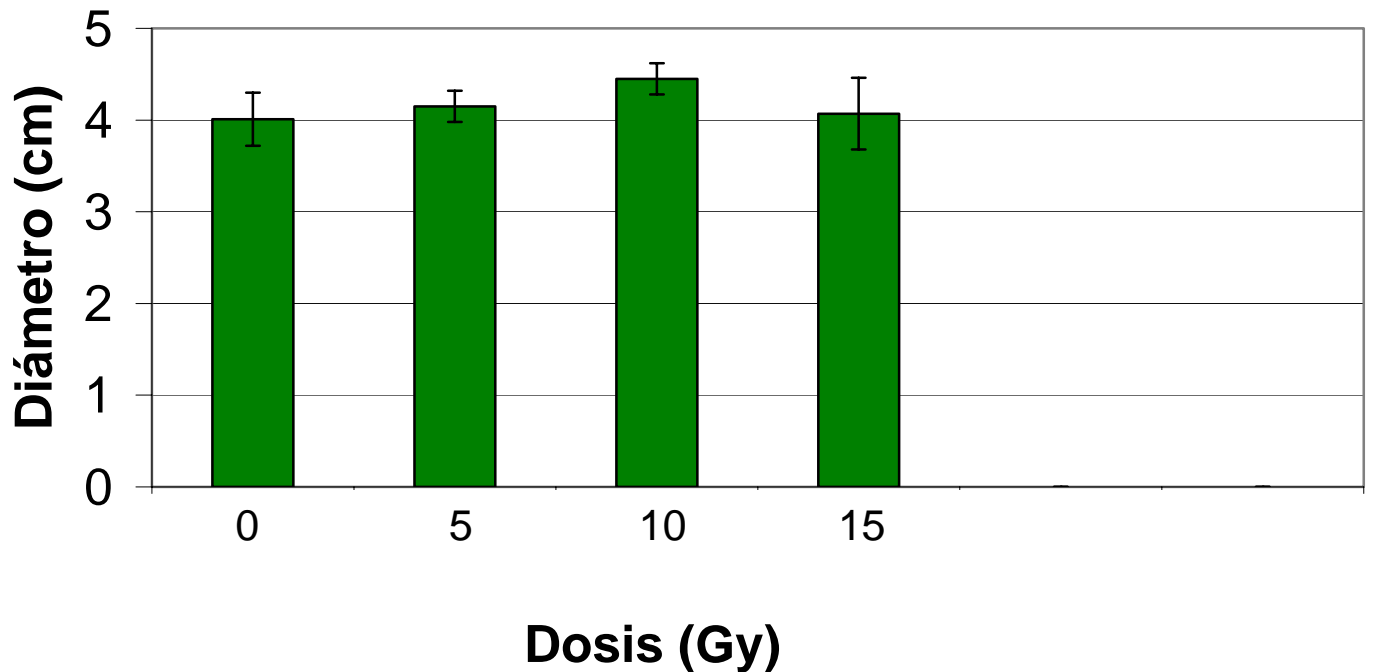


Figura 29. Peso de la semilla en función de la dosis

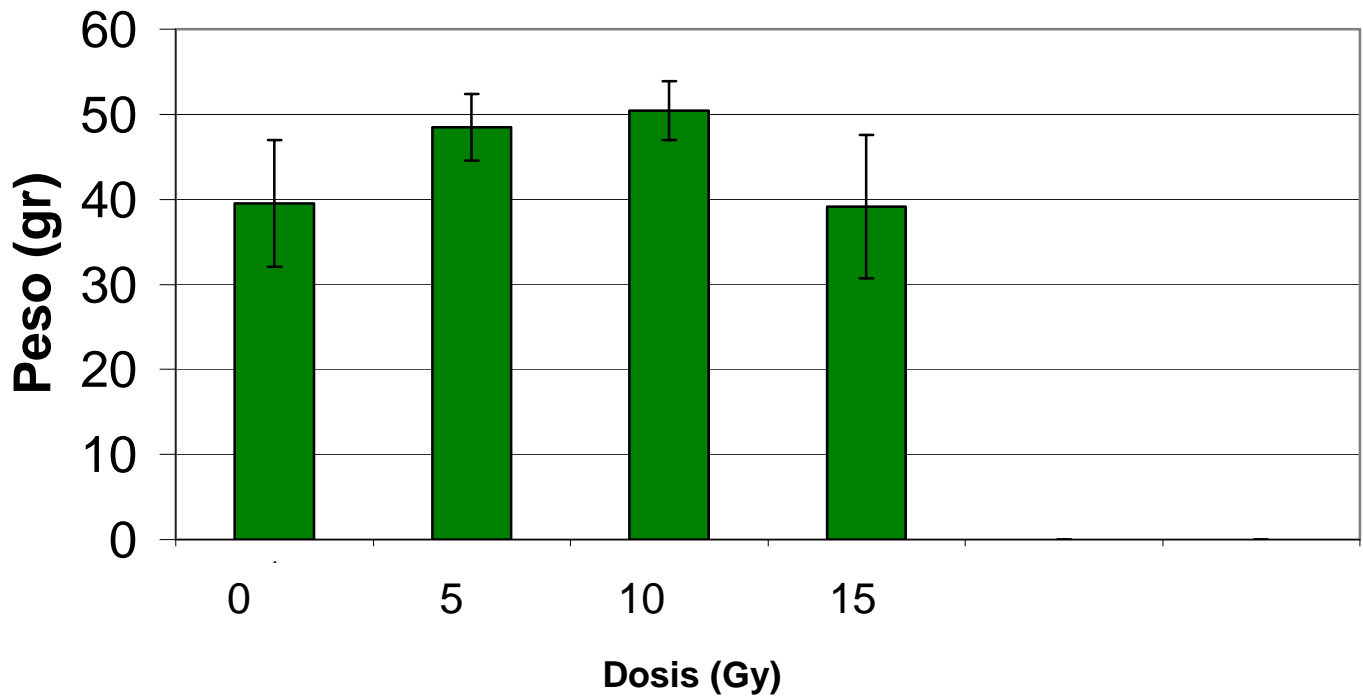
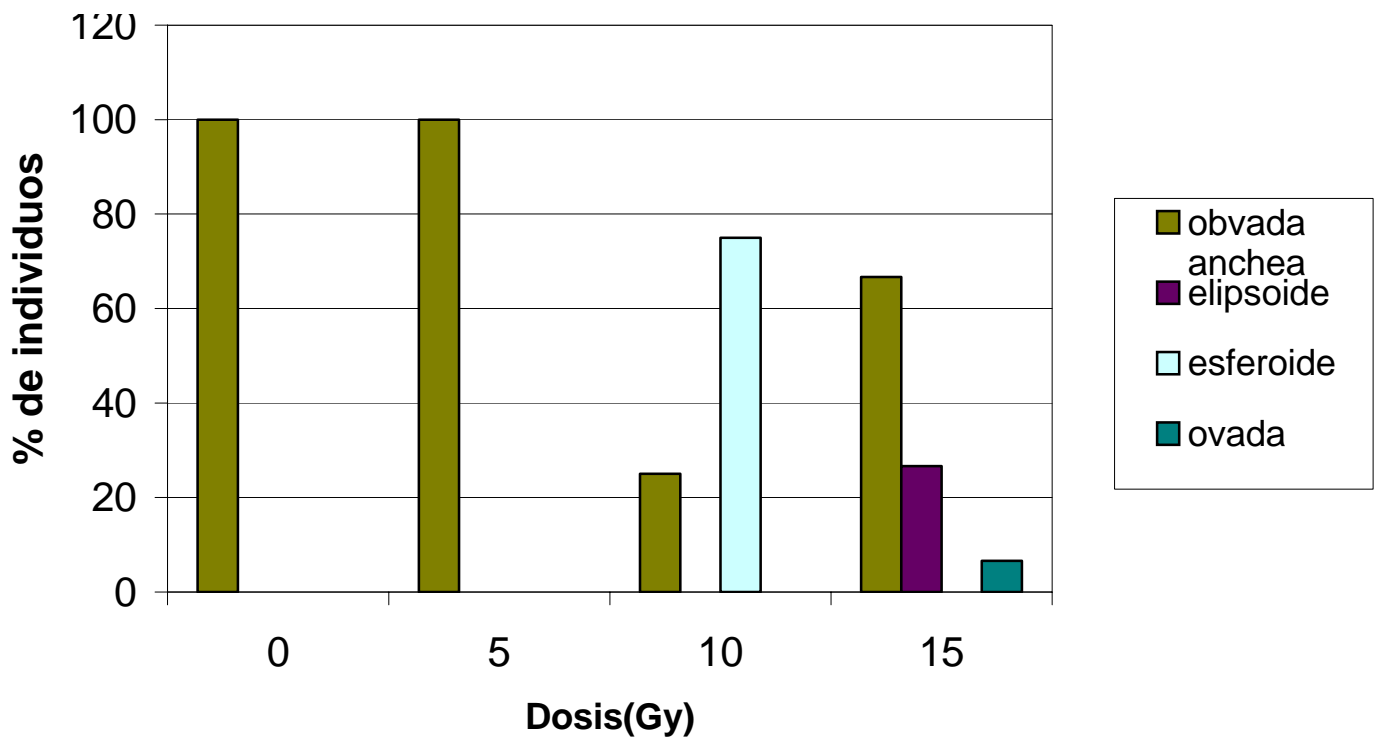


Figura 30. Forma de la semilla en función de la dosis



El caracter color de cotiledón no mostró diferencias significativas, ya que los valores obtenidos en las dosis de 5, 10 y 15 Gy son muy cercanos a los valores obtenidos en el testigo, por lo tanto podemos inferir que la radiación no afecta este caracter.

4.3.7 Forma de la sección transversal de la semilla

La forma de la sección transversal de la semilla presenta en las dosis de 5 Gy el mismo carácter del testigo (elíptica), y solamente se aprecia variación en las dosis de 10 Gy en donde el 25% de los individuos evaluados presentan la forma de la sección transversal de la semilla circular, este porcentaje se reduce en la dosis de 15 Gy ya que únicamente el 20% de los individuos evaluados presentan caracter circular (Figura 32).

4.3.8 Otros caracteres de la semilla

Respecto a otras características morfológicas de la semilla no encontramos que la radicación afectara los siguientes caracteres: adherencia de los cotiledones, cubierta de la semilla, posición de la semilla en la fruta, espacio libre de la cavidad de la semilla, ya que todos los individuos evaluados presentaron los caracteres de los testigos, que son: cotiledones adheridos, posición de la semilla en la fruta central, y no existe espacio libre en la cavidad de la semilla.

Figura 31. Superficie del cotiledón en función de la dosis

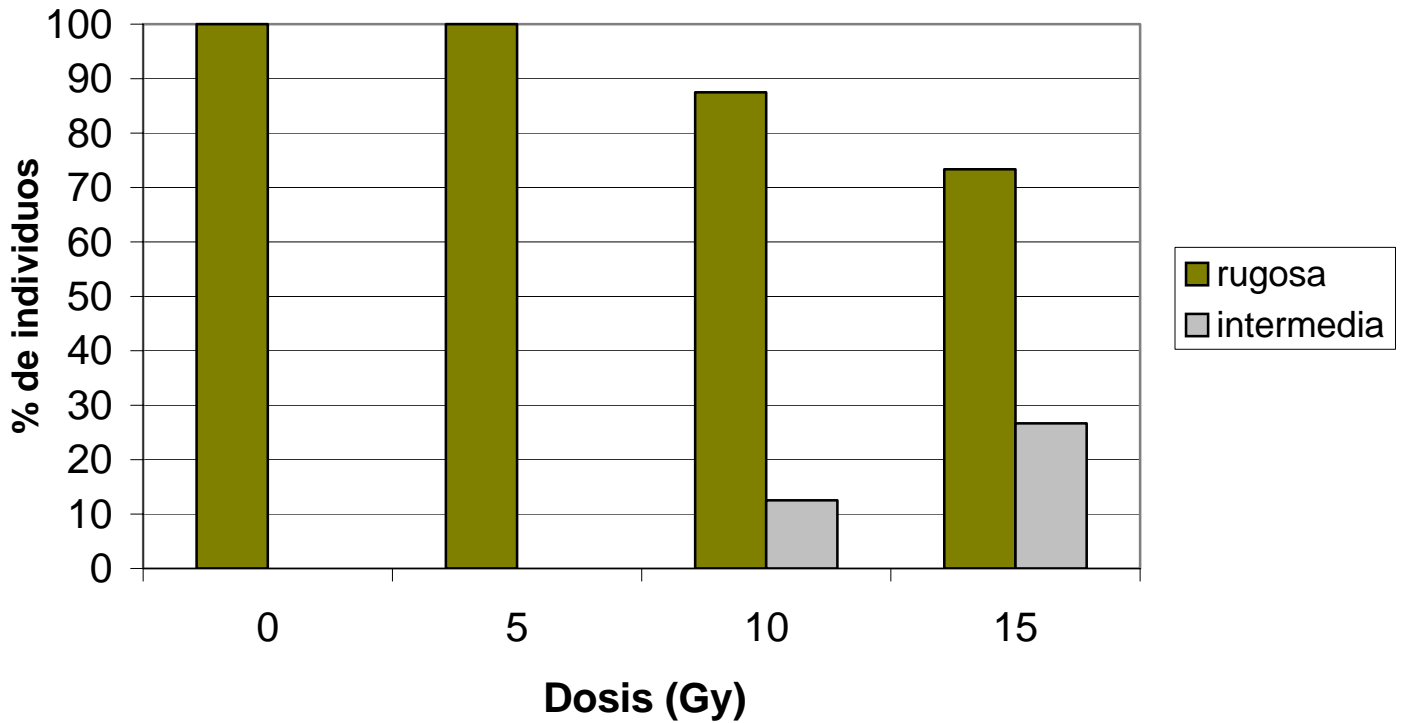
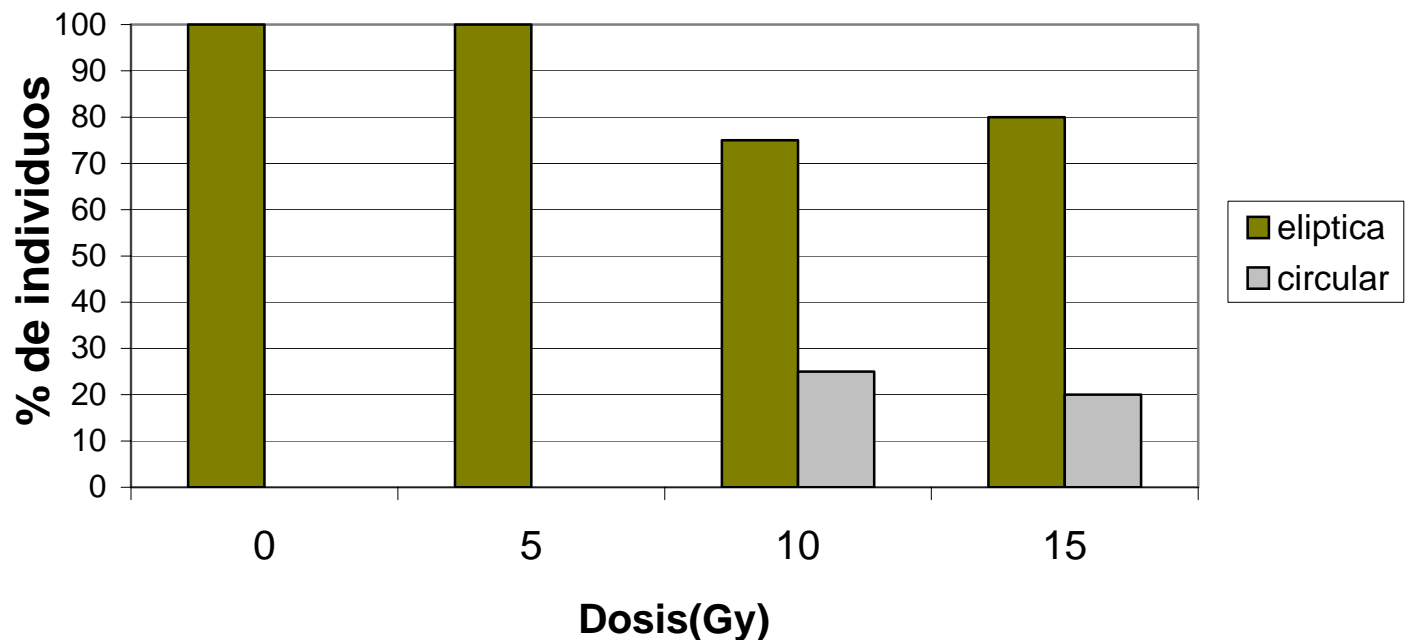


Figura 32. Forma de la sección transversal de la semilla en función de la dosis



4.4 - ARQUITECTURA

4.4.1 Número de Ramas

En la Figura 33, se muestra el número de ramas con diámetro superior a 3.5 cm. observándose una tendencia creciente al aumentar la dosis de radiación. Lo anterior se puede atribuir a que la radiación afecta en mayor medida a las estructuras reproductivas (yemas) que se encuentran en una etapa avanzada de desarrollo (Casseret, 1968) en este caso la yema apical, propiciando una especie de poda natural estimulando una mayor brotación de yemas laterales (las que se encontraban en dormancia al momento de la irradiación) (Donnini, 1992), que posteriormente se convierten en ramas principales. El desarrollo de árboles con amplia ramificación vía la eliminación de la yema apical es un principio básico de la poda (Calderón, 1978), que se basa en la eliminación de la dominancia apical y en la promoción del desarrollo de yemas laterales, las cuáles constituyen en primer término ramas de producción y en ciclos de desarrollo subsecuentes ramas de estructura. En el caso del aguacate ya se han obtenido mediante selección de mutantes espontáneos, variedades de porte bajo cuya característica fundamental es la aborción de la yema apical y un desarrollo prolífico de ramas horizontales que facilitan la cosecha y permiten un mejor manejo respecto a prácticas culturales como control fito sanitario y podas de aclareo (Sánchez Colín, 1982), por lo que será importante dar seguimiento a los materiales que presentan amplia ramificación y porte bajo para seleccionar individuos promisorios.

4.4.2 Ángulo de inclinación de las ramas principales

Otro aspecto a tomar en consideración con relación a la arquitectura del árbol es el ángulo de inclinación de las ramas principales que como se observa en la Figura 34 se incrementa sustancialmente al aumentar las dosis de radiación (se midió el ángulo de inclinación respecto a la vertical). Un mayor ángulo de inclinación de las ramas implica una estructura de la copa más abierta, lo que permite mayor iluminación y circulación de aire, factores importantes en relación a productividad y calidad de la fruta (Thorpe, 1992), además ramas con menor ángulo de inclinación presentan mayor resistencia al desgajamiento en épocas de alta productividad (Calderón, 1978). El manejo del ángulo de inclinación de las ramas tratando de aumentarlo colgándoles contrapeso, con el

Figura 33. Número de ramas en función de la dosis

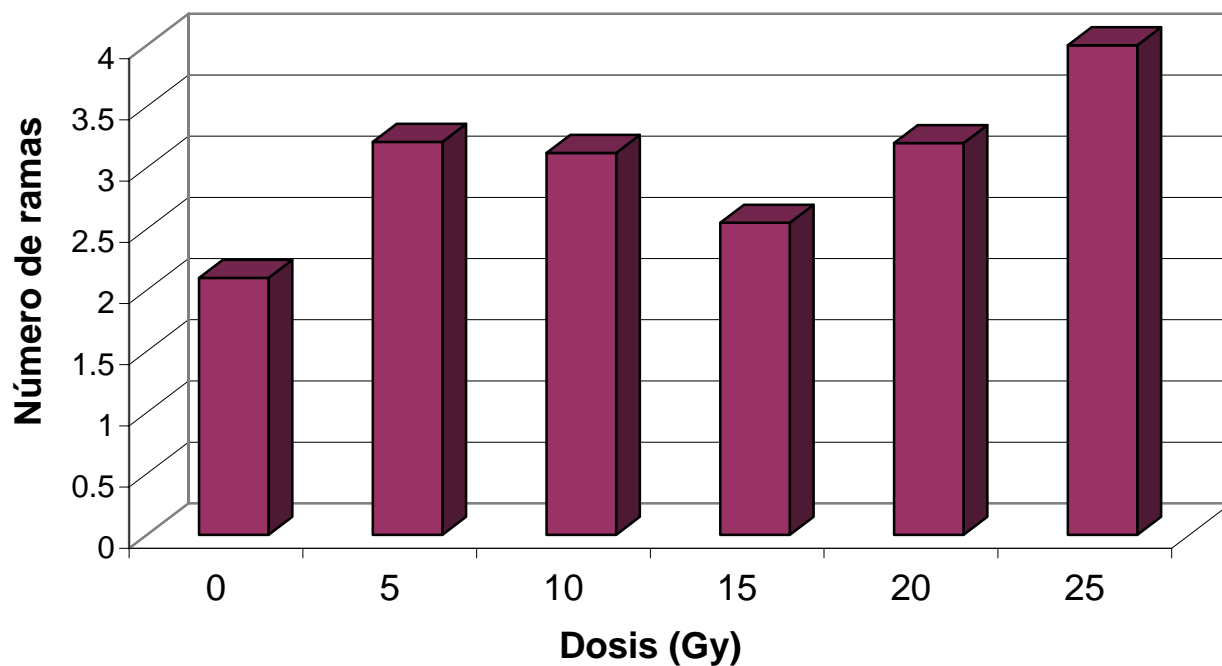
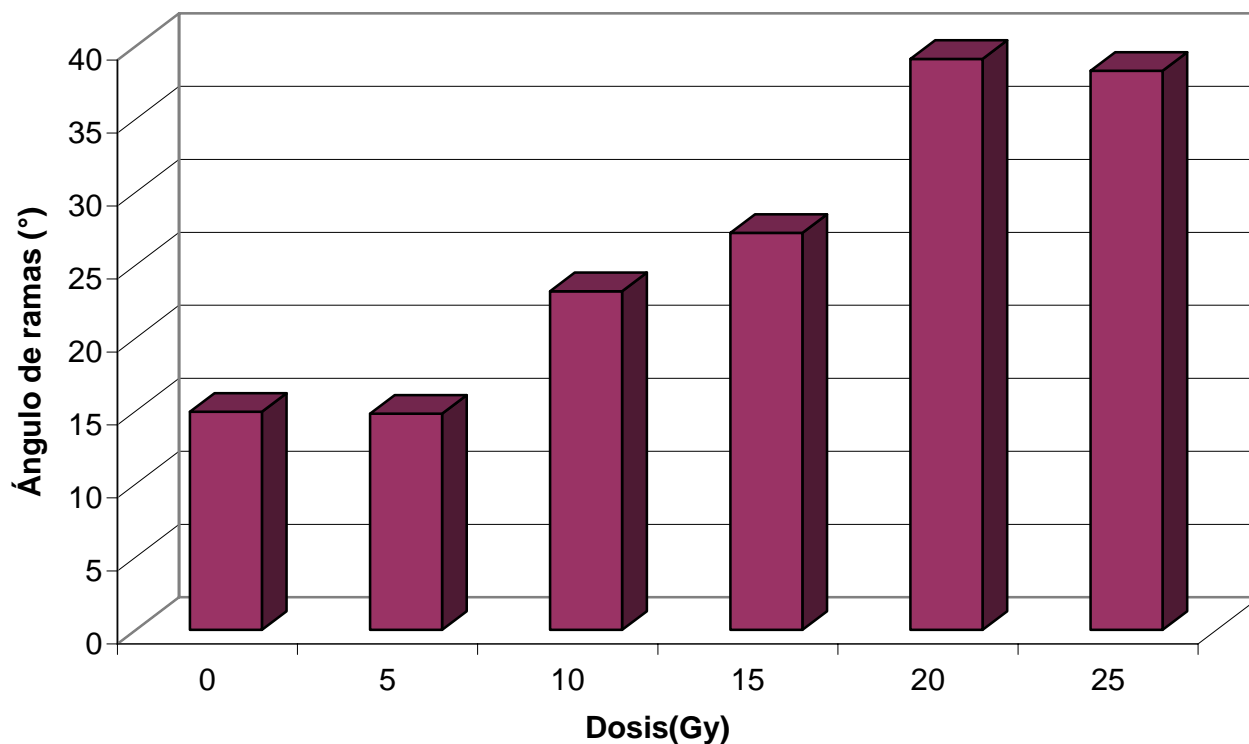


Figura 34. Ángulo de inclinación de las ramas en función de la dosis



objetivo de modificar el hábito de crecimiento y así aumentar la productividad ha sido objeto de investigación en Sudáfrica estableciéndose comparaciones entre esta metodología y el uso de inhibidores de crecimiento como el paclobutrazol (Köhne y Köhne 1990), como resultado de estas investigaciones se ha encontrado que el paclobutrazol sí permite incrementar la productividad pero propicia la deformación de los frutos, por otro lado el colgar materiales pesados a las ramas para modificar su ángulo de inclinación es un procedimiento costoso que requiere de mayores análisis costo-beneficio. Por lo anterior el obtener mediante mutagénesis plantas con mayor ángulo de inclinación constituye un significativo avance en el mejoramiento del aguacate.

4.4.3 Longitud promedio de la sección anual de crecimiento.

En la Figura 35, se observa la longitud promedio de la sección anual de crecimiento encontrándose que la dosis de 10 y 15 Gy supera al testigo, lo cual concuerda con lo encontrado respecto a la longitud de las ramas principales, análogamente las dosis de 20 y 25 Gy, presentaron la menor longitud de sección anual de crecimiento y en consecuencia menor longitud total de ramas, lo que aunado al hecho de que en estas dosis el número de individuos sobrevivientes se redujo considerablemente, permite constatar que estas dosis son deletéreas para el mejoramiento de la variedad Hass, sin embargo se debe tener siempre en mente que la respuesta a la radiación depende en gran medida a la variedad dado que para el caso de la variedad Fuerte incluso dosis superiores a las usadas para Hass (hasta de 40 Gy) no afectan ni la sobrevivencia, ni el hábito de crecimiento, ni la productividad de acuerdo a estudios realizados por De la Cruz 1997. El Análisis de varianza detectó diferencias significativas para esta variable, lo que permite establecer que las diferencias respecto a la longitud de la sección anual de crecimiento se deben a los tratamientos.

4.4.4 Número de ramas axilares por sección anual de crecimiento.

En la Figura 36, se aprecia que el número promedio de ramas axilares por sección anual de crecimiento es máximo en el testigo, por lo que estos árboles presentan abundante follaje y en general se observan más vigoroso que el material tratado. La tendencia decreciente en esta variable al aumentar la dosis es una explicación de la presencia de árboles más compactos a mayor dosis.

Figura 35. Longitud de la sección anual de crecimiento en función de la dosis

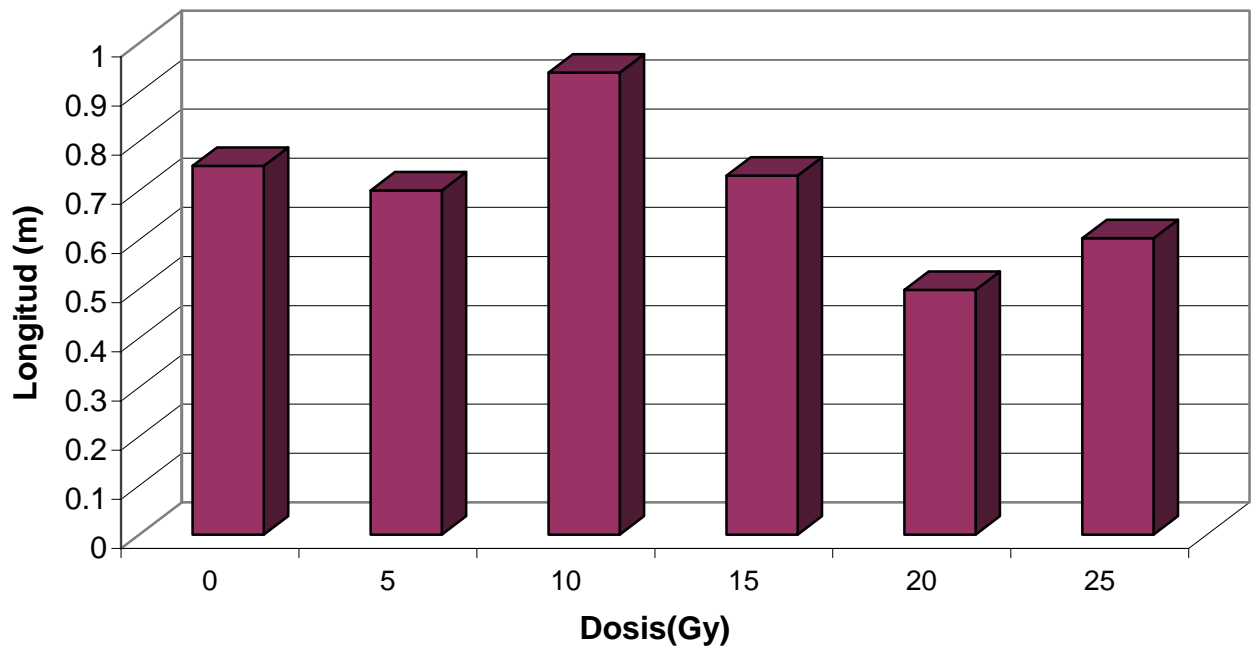
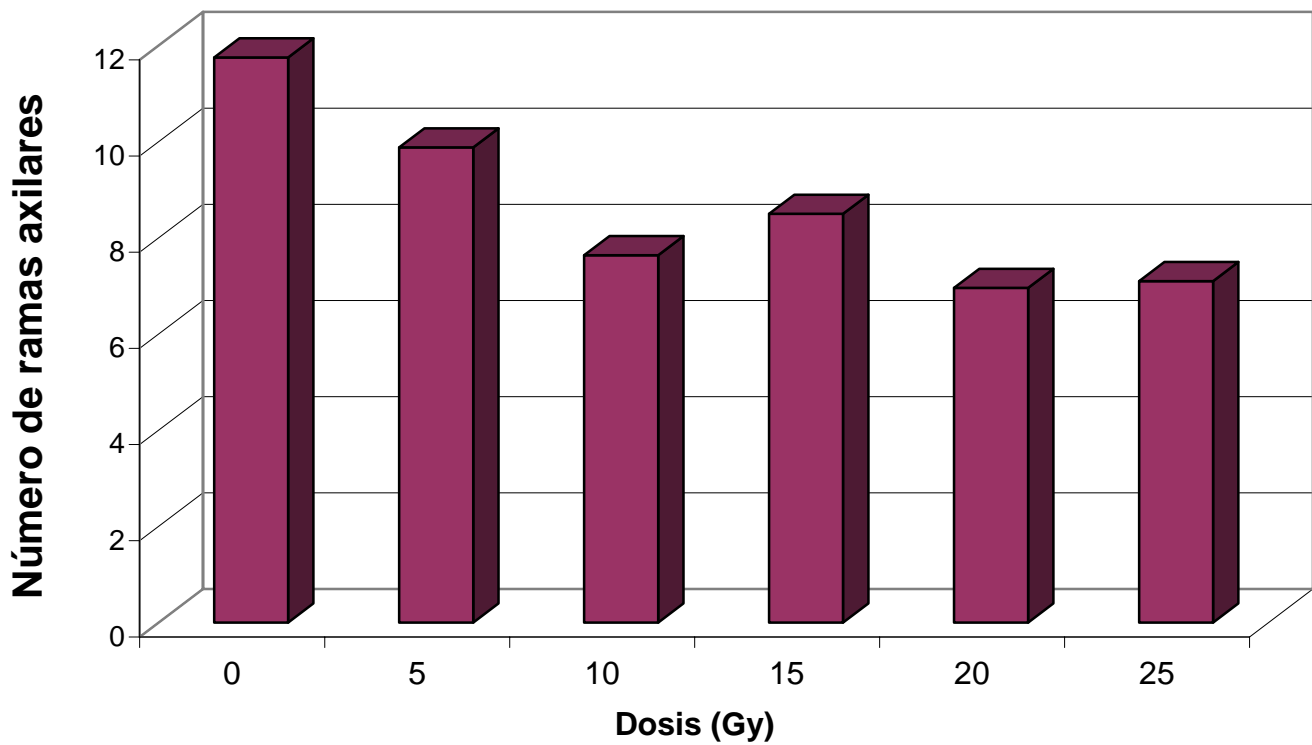
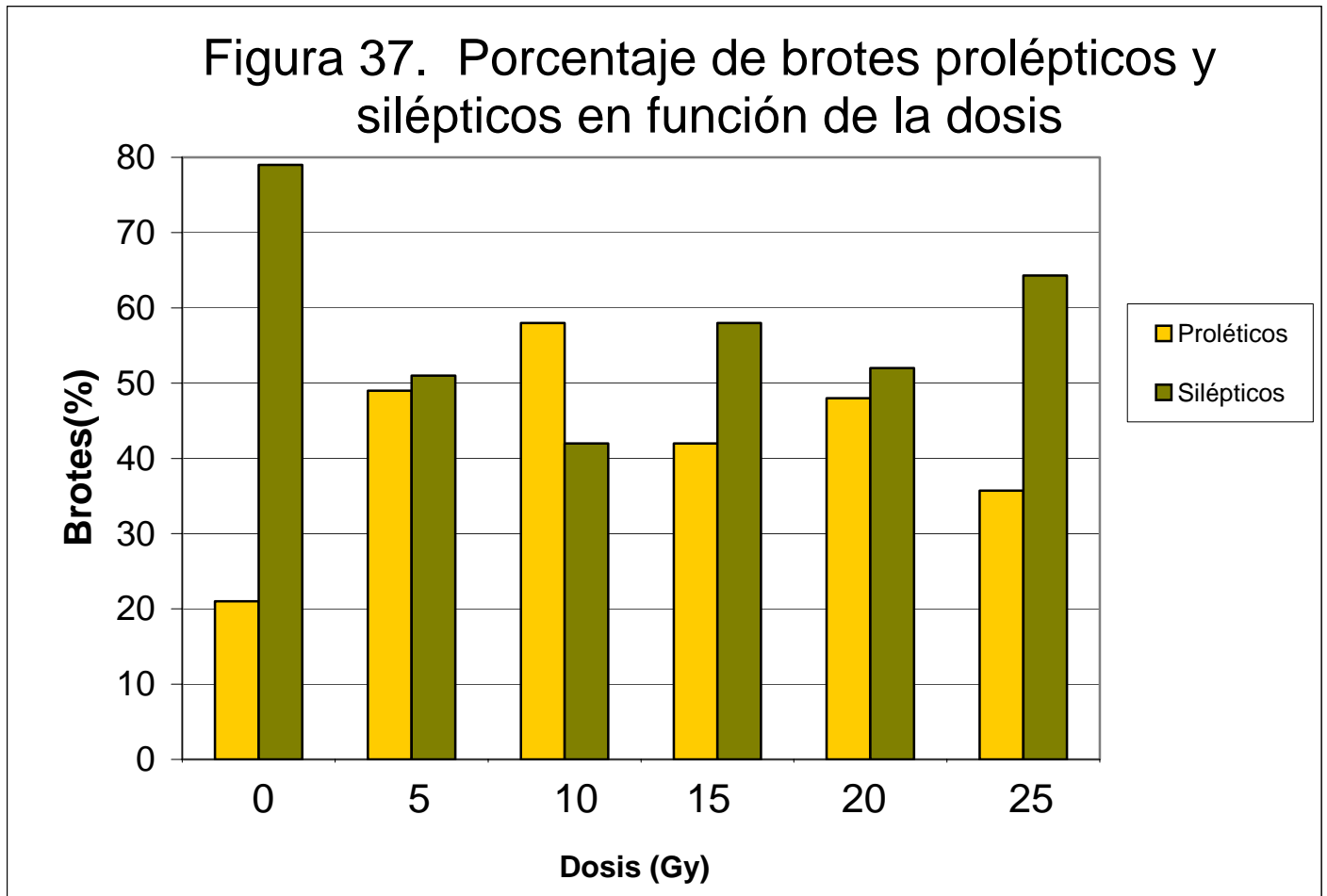


Figura 36. Número de ramas axilares por sección anual de crecimiento en función de la dosis



4.4.5 Número de brotes prolépticos y silépticos.

En la Figura 37, se muestra que la radiación provocó un cambio dramático en relación a la proporción de brotes prolépticos y silépticos en el ultimo módulo de crecimiento rítmico, así en la dosis de 10 Gy se invierte el orden respecto al testigo predominando los brotes prolépticos. Esto significa que en el material irradiado una alta proporción de brotes nuevos proceden de yemas que estuvieron dormantes en el ciclo anterior, activándose en el periodo de crecimiento, a diferencia de los árboles testigo en el que los brotes nuevos son contemporáneos al eje de desarrollo. El hecho de que muchas yemas permanezcan dormantes después de un proceso de mutagénesis ha hecho necesario una serie de injertaciones sucesivas con la finalidad de promover su activación para poder observar los cambios tanto en el desarrollo vegetativo como en el reproductivo (Donnini, 1992).



4.5. CITOLOGÍA

4.5.1 Descripción del meristemo.

Con base en las observaciones realizadas en los meristemos de material testigo e irradiado a diferentes dosis se concluye que el meristemo apical vegetativo en aguacate cultivar "Hass" se comporta de acuerdo a la teoría propuesta por Buder (1928) y Schidt (1924), que se conoce como teoría túnica-cuerpo, como se aprecia en la Figura 38, en la que existen de 2 a 3 capas en la túnica por lo que el meristemo apical en aguacate es multiestratificado. Este patrón de distribución de capas no se vio afectado en ninguna de las dosis, por lo que podemos inferir que la radiación no afecta la morfología original del meristemo, lo que se hace evidente en las Figuras 38 a la 43 en las que se aprecia la misma estratificación en las capas de la túnica en todos los tratamientos y no se ven afectadas las capas del cuerpo.

En nuestro estudio no se pudo distinguir la zonación que según Mauseth (1988) existe en las plantas angiospermas, en donde el corazón (o cuerpo) presenta diferentes zonas que pueden ser apreciadas por la tinción, y el plano de división celular.

En cuanto a los planos de división, se observa un comportamiento acorde a lo reportado en la literatura, en las capas de la túnica se encuentran principalmente divisiones periclinales lo que da un crecimiento en grosor y algunas anticlinales (Figura 39), así mismo se presentan divisiones anticlinales en el corazón lo que permite un incremento en longitud (Figura 39) (Mauseth, 1988; Sussex, 1989).

Considerando que Ikeda y Nishida (1992) aplicando mutagénesis radioinducida en manzano encontraron diferencias significativas en las variables a tamaño de núcleo y vigor del árbol lo que los llevó a establecer una correlación positiva entre tamaño del núcleo y porte del árbol, se procedió a realizar un análisis de varianza para la variable volumen nuclear en las células de la túnica y el cuerpo en las diferentes dosis de irradiación con la finalidad de detectar si en aguacate se tenía el mismo comportamiento, sin encontrar diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos para ambas variables.

El no haber encontrado diferencias estadísticas significativas para diámetro del núcleo en la túnica y el cuerpo hace evidente que la respuesta de los materiales a la radiación depende en gran medida de la especie y dentro de la especie a nivel variedad.

El hecho de que el núcleo de las células meristemáticas del aguacate no hayan tenido la misma respuesta que las de manzano se puede atribuir a una serie de consideraciones como la diferencia no solo a nivel taxonómico (diferentes familias), sino respecto a hábito de crecimiento dado que mientras el manzano es frutal de clima templado con periodos bien definidos de reposo, floración, brotación y fructificación y hábito de crecimiento relativamente fácil de manipular, el aguacate es un frutal de clima subtropical y tropical que constantemente está en desarrollo encontrándose incluso en una misma época, desarrollo vegetativo, desarrollo floral, desarrollo de frutos y frutos en madurez fisiológica. La sola diferencia en cuanto a contenido de humedad de las varetas que se irradian implica esperar una respuesta diferencial a la radiación. Por otra parte hay que considerar que algunas características morfológicas y anatómicas están fuertemente influenciadas por el medio ambiente, así por ejemplo López y Barrientos, (1987) encontraron una correlación positiva y altamente significativa entre la densidad de estomas y la altura de árboles de aguacate, situación que no se corroboró en el trabajo de Ibáñez (2001) al evaluar una población de árboles de aguacate Hass sometida a radiación gamma de ^{60}Co . De acuerdo a Macías y Borys (1980), citados por Barrientos *et al.*, (1995), la densidad estomática tiene posible influencia ambiental ya que sometiendo las plantas a déficit hídrico la densidad estomatal aumentó significativamente al aumentar el estrés.

4.5.2 Efectos de la radiación sobre caracteres de interés agronómico

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten aseverar que ciertas dosis de radiación afectan significativamente características de morfología y arquitectura del árbol.

En primer termino la altura y el diámetro del follaje son afectados significativamente teniendo su máxima reducción en las dosis de 15 Gy, dosis en la cual se obtiene el mayor numero de individuos de porte bajo.

Este hecho corrobora estudios previos realizados por De la Cruz, *et. al.*, 1993) en los cuales el estudio de radiosensibilidad permitió estimar la dosis optima con fines de mejoramiento en alrededor de los 15 Gy, la dosis optima para mejoramiento en aguacate

que induce mayor variabilidad en las caracteres de interés sin afectar significativamente el resto de las características de los árboles y de acuerdo a (Visser, *et al.*, 1969), es aquella que se ubica en 20 % de la LD₅₀.

La reducción en altura y diámetro del follaje se vio acompañada por una disminución en el diámetro del tronco, lo cual era de esperarse dado que López y Barrientos (1987) encuentran que el diámetro del tronco está positivamente correlacionado con la altura. En concordancia con la reducción en altura en la dosis de 15 Gy la forma del árbol exhibió mayor variabilidad en dicha dosis, brindando al fitomejorador mayores posibilidades de selección.

La extensión del vástago fue mayor en la dosis de 15 Gy, evidenciando un crecimiento frondoso del árbol, no obstante su porte bajo.

La longitud de la lámina foliar aumentó significativamente en algunas dosis, lo que sin duda tiene efecto directo sobre la capacidad fotosintética y en consecuencia sobre la producción.

De acuerdo a estudios realizados por Ibáñez (2001) en el mismo periodo de la realización de este trabajo, dosis de 10 y 15 Gy superan en producción al testigo, tomando en consideración la variable de número de frutos.

Este incremento en el número de frutos que es altamente significativo y alcanza hasta el 300% más en la dosis de 15 Gy se ve acompañado de una mayor variabilidad en cuanto a la forma del fruto, aunque los factores de tamaño como longitud y diámetro del fruto no muestran diferencias significativas.

Otras características de interés como la longitud y diámetro de la cavidad de la semilla no muestran diferencias significativas, aunque un factor adverso es el tamaño de la semilla el cual aumentó significativamente.

Para contrarrestar este problema se puede proceder de dos formas: a) dentro de la población de material irradiado con porte bajo y alta productividad seleccionar individuos con semilla pequeña y propagarlos vegetativamente y b) realizar retrocuzas con

individuos de semilla grande pero óptimas características de porte y productividad, con árboles "Hass", sin irradiar y evaluar la descendencia.

El segundo método es mas costoso y requiere mucho tiempo y tiene menos probabilidades de brindar sujetos promisorios por lo que lo aconsejable seria lo primero.

Respecto a la arquitectura el ángulo de inclinación de las ramas aumentó al aumentar la dosis (ramas con tendencia hacia la horizontal). Este mayor ángulo de las ramas respecto a la vertical favorece una mayor floración y fructificación debido a la modificación de la relación C/N incrementándola, lo que induce mayor floración, en consecuencia mayor número de frutos (Calderón, 1978), este mayor número de frutos también se correlaciona con el mayor numero de brotes prolépticos en el material irradiado que de acuerdo a Torph (1992) es en estos brotes en los que se tiene la producción de flores.

Un carácter agronómico importante que se pretende mejorar es la alta productividad del cultivar "Hass", tomando en cuenta que los brotes florales provienen de brotes prolépticos (Thorp,1992) se podría inferir que en las dosis de 10 Gy que es donde existe mayor porcentaje de brotes prolépticos la productividad es mayor en relación a otros tratamientos, esto es parcialmente cierto pues de acuerdo a Ibáñez (2001) en las dosis de 10 y 15 Gy se obtiene un porcentaje de productividad mayor que el testigo, esta ultima dosis, sin embargo muestra un incremento de hasta el 300% de producción en relación al grupo testigo el porcentaje de brotes prolépticos no supera la dosis de 10 Gy aunque sí a la de 0 Gy en un 200%.

Otro caracter de interés agronómico que nos permite seleccionar individuos compactos es el diámetro del follaje el cual encontramos se redujo en las dosis de 15 Gy. Esto podrá contrastar con lo propuesto por Thorp (1992) ya que indica que existe una relación directa entre un fuerte crecimiento proléptico (reproductivo) y la forma abierta del árbol, significaría que árboles de mayor productividad (dosis de 10 y 15 Gy) tendrían una forma del árbol abierta aunque el porcentaje de brotes prolépticos fue menor en 15 gy (mayor productividad) que en 10 Gy ambos fueron superiores al testigo; en la dosis de 15 Gy se encontró que existe un porcentaje menor de forma abierta del árbol abierta en relación al testigo.

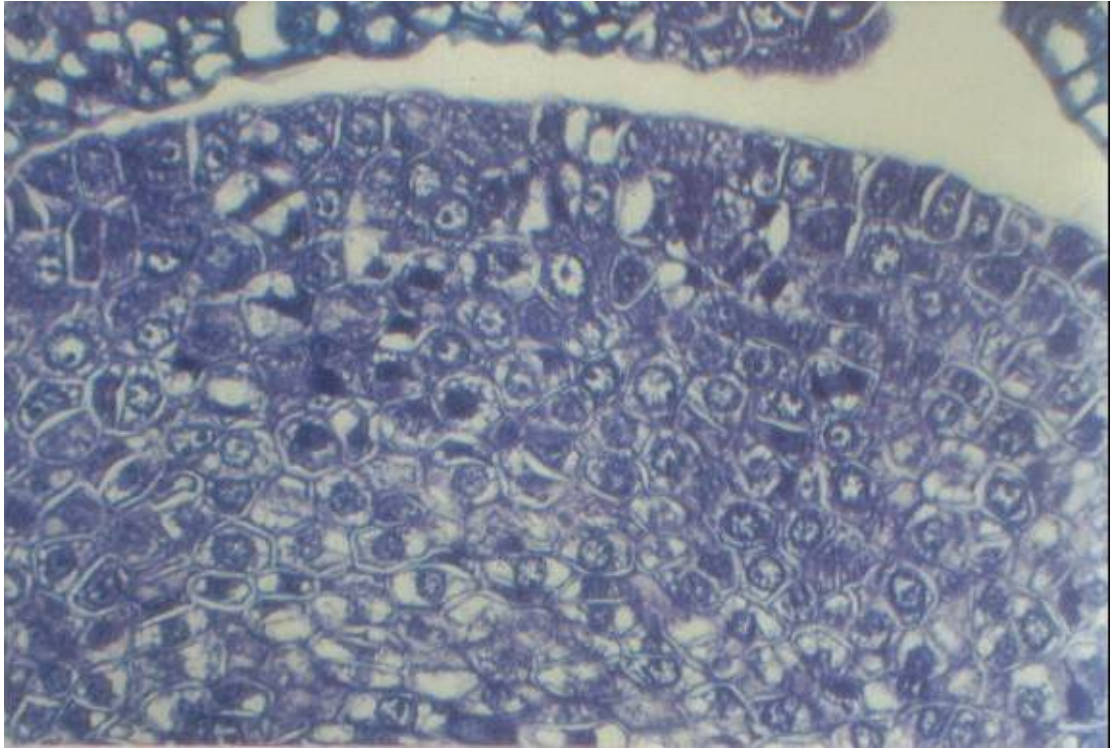


Fig. 38 Meristemo de ápice vegetativo. Testigo 0 Gy Aumento 40x

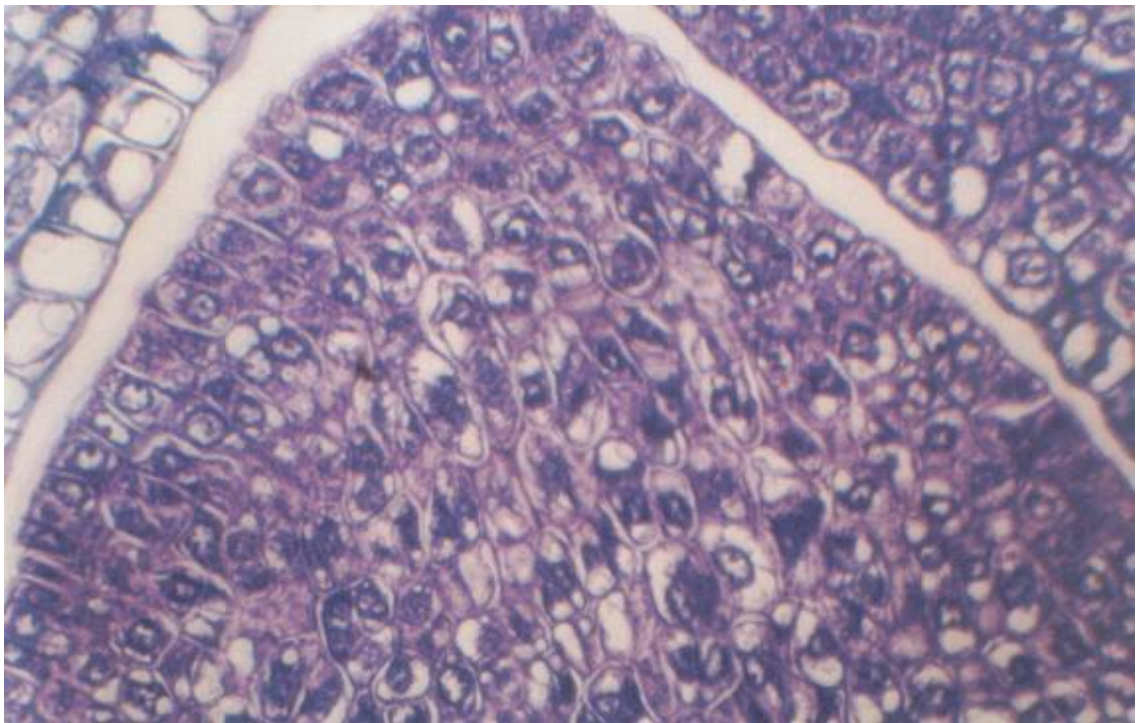


Fig.39 Meristemo de ápice vegetativo. Testigo 0 Gy Aumento 40x.

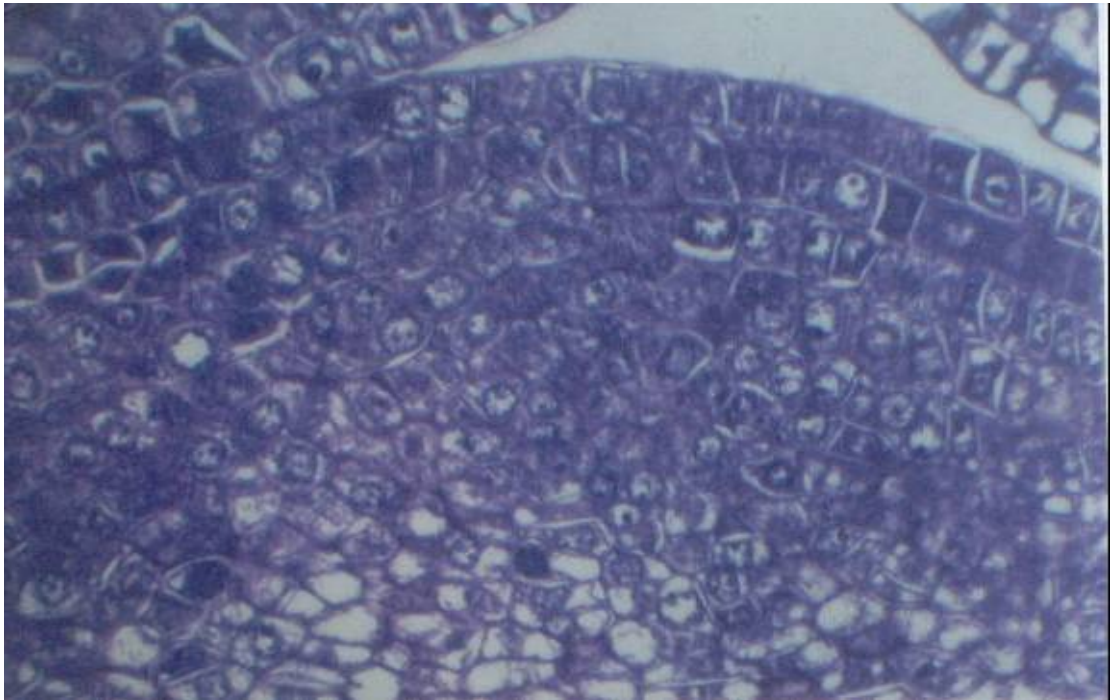


Fig.40 Meristemo de ápice vegetativo. Dosis 10 Gy Aumento 40x.

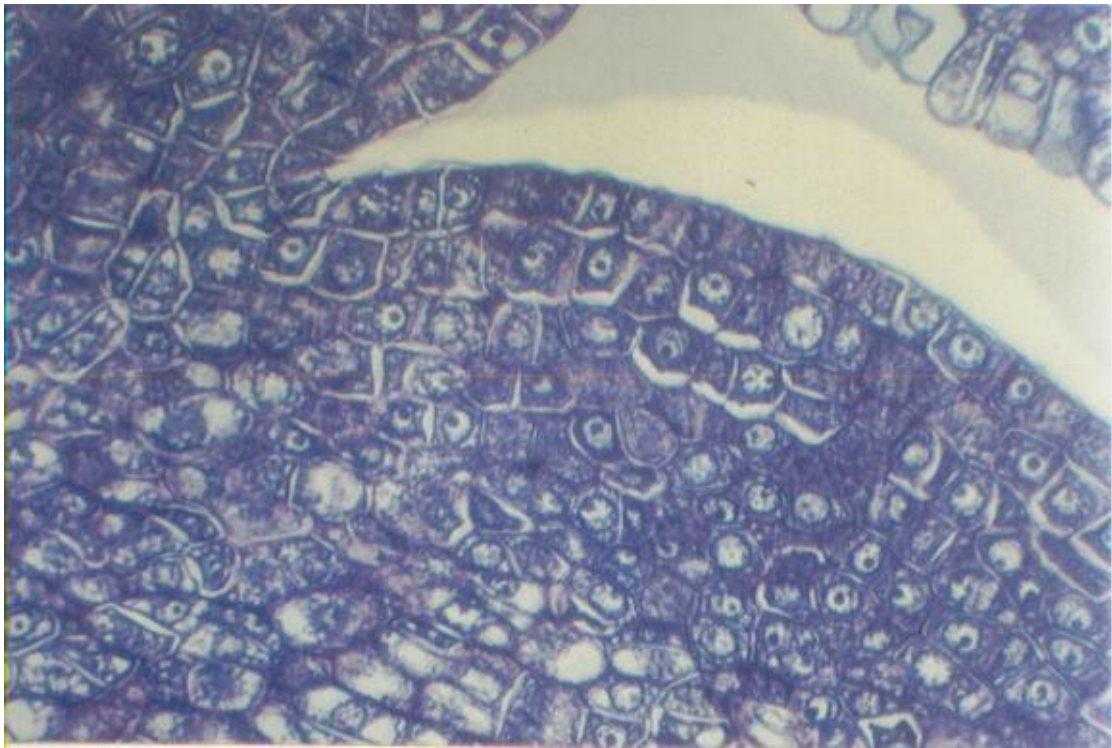


Fig.41 Meristemo de ápice vegetativo. Dosis 10 Gy Aumento 40x.

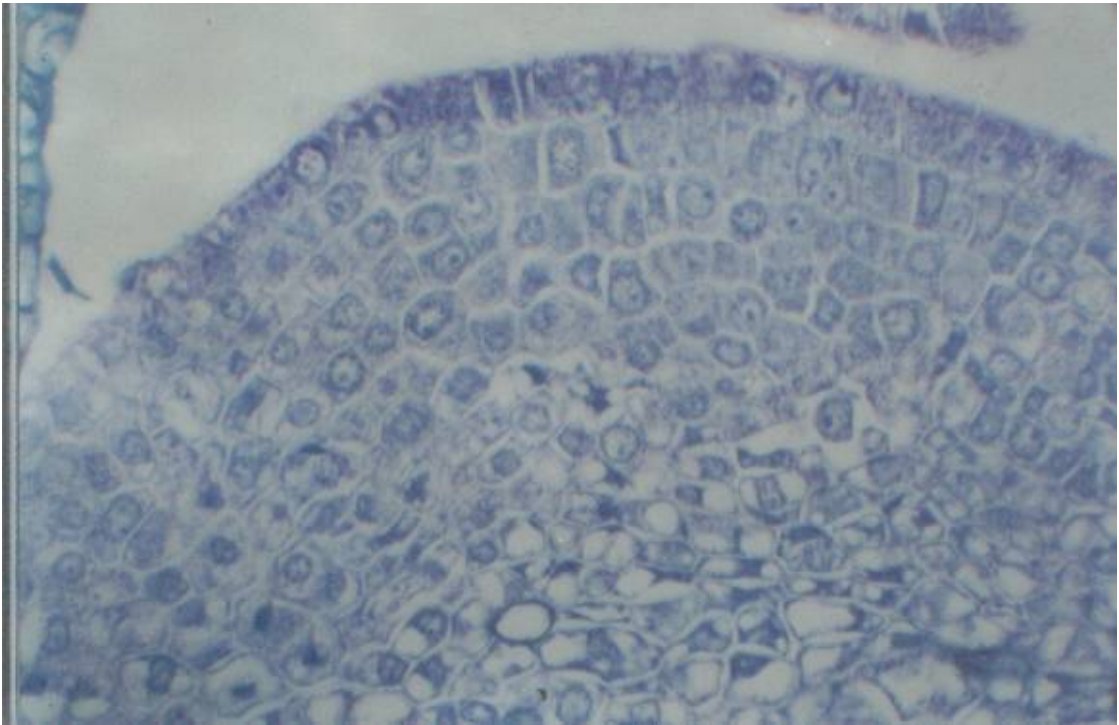


Fig.42 Meristemo de ápice vegetativo. Dosis 20 Gy Aumento 40x.

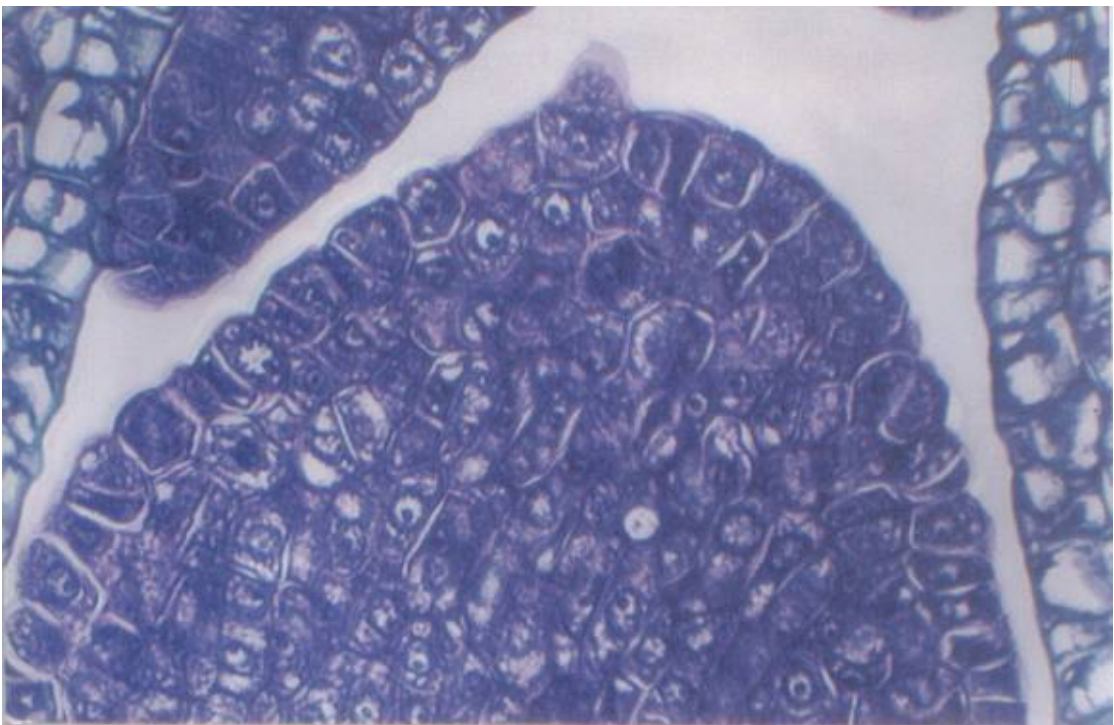


Fig.43 Meristemo de ápice vegetativo. Dosis 25 Gy Aumento 40x.

V.- CONCLUSIONES

- 1.- Las características de desarrollo vegetativo tales como altura, diámetro del follaje y diámetro del tronco, presentaron su máxima reducción en la dosis de 15 Gy.
- 2.- La reducción indujo modificaciones significativas en la morfología del árbol, la cual observó la mayor variabilidad en la dosis de 15 Gy.
- 3.- La longitud del vástago así como la longitud de la lámina foliar aumento considerablemente en la dosis de 15 Gy.
- 4.- La productividad observada en la dosis de 15 Gy alcanzó un 300% y, la de 10 Gy alcanzó un 200% arriba del testigo.
- 5.- El peso del fruto y la forma del mismo no se afectaron significativamente con la radiación.
- 6.-La reducción de características del desarrollo vegetativo influyeron en las características de la arquitectura.
- 7.- El ángulo de inclinación de las ramas aumentó al incrementarse la dosis de radiación.
- 8.- Se observó mayor porcentaje de brotes prolépticos en la dosis de 10 Gy.
- 9.- No se detectaron modificaciones significativas respecto al diámetro del núcleo de la túnica y el cuerpo en las células de los meristemos apicales de aguacate.
- 10.- La mutagénesis radioinducida es una herramienta útil para inducir variabilidad en aguacate (*Persea americana* Mill var Hass), sin afectar los caracteres de interés comercial.

Apéndice 1

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	46732.921	9346.5843	3.87	0.0037
Error	71	171515.156	2415.7064		
Total	76				

Análisis de varianza para la variable altura

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	53559.498	10711.899	2.94	0.0180
Error	71	258486.812	3640.659		
Total	76				

Análisis de varianza para la variable diámetro de follaje

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	338.398	67.679	3.28	0.010
Error	71	1462.902			
Total	76				

Análisis de varianza para la variable circunferencia de tronco

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	721.077	144.2155	1.17	0.331
Error	71	87.30.528			
Total	76				

Análisis de varianza para la variable extensión de vástago

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	0.234	0.046	2.69	0.027
Error	71	1.235	0.017		
Total	76				

Análisis de varianza para la variable diámetro del vástago

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	17.040	3.408	5.64	0.0002
Error	71	42.915	0.604		
Total	76				

Análisis de varianza para la variable longitud de entrenudos

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	53.513	10.7026	5.55	0.0002
Error	71	136.957	1.928		
Total	76				

Análisis de varianza para la variable longitud de la lamina foliar

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	0.0224	0.0044	0.57	0.7216
Error	57	0.4478	0.0078		
Total	62				

Análisis de varianza para la variable diámetro del pedúnculo

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	1.532	0.306	1.95	0.099
Error	57	8.947	0.1569		
Total	62				

Análisis de varianza para la variable longitud de pedicelo

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	27681.786	5536.357	1.93	0.102
Error	57	163183.628	2862.870		
Total	62				

Análisis de varianza para la variable peso de fruto

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	193.496	38.699	10.36	<.0001
Error	57	212.882	3.734		
Total	62				

Análisis de varianza para la variable longitud pedúnculo

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	11.793	2.358	2.48	0.042
Error	57	54.292	0.952		
Total	62				

Análisis de varianza para la variable longitud del fruto

Fuente de variación F.V.	Grados de libertad G.L.	Suma de cuadrados S.C	Cuadrado de las medias C.M	(F) Calculada	Probabilidad mayor de F Pr>F
Tratamientos	5	1.569	0.313	1.61	0.172
Error	57	11.130	0.195		
Total	62				

Análisis de varianza para la variable diámetro del fruto

Fuente de variación F.V.	Grados de Libertad G.L	Suma de cuadrados C.M.	Cuadrado de las Medias C.M.	(F) Calculada F.c	(F) Tablas 0.5	0.1
Tratamientos	5	1.63	0.326	2.38	2.71	
Error	28	3.66	0.1367			
Total	33	5.29				

Análisis de varianza para diámetro de núcleo celular en la túnica meristemática

Fuente de Variación	Grados de Libertad G.L.	Suma de Cuadrados S.C.	Cuadrado de Medias C.M.	(F) Calculada	(F) Tablas 0.5	
Tratamientos	5	1.11	0.222	0.1964	2.71	
Error	25	31.89	1.13			
Total	33	33				

Análisis de varianza de diámetro de núcleo celular del cuerpo.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamientos	5	27.098	5.42	8.47	2.35	3.3
Error	71	45.42	0.64			
Total	76	72.51				

Análisis de varianza para número de ramas

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamientos	5	4571.85	914.37	11.95	2.35	3.3
Error	71	5430.50	76.48			
Total	76	10002.3				

Análisis de varianza para ángulo de inclinación de las ramas principales

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamientos	5	1.11	0.223	2.19	2.35	3.3
Error	71	7.21	.102			
Total	76	8.33				

Análisis de varianza para longitud promedio de la sección anual de crecimiento.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor de F	Ft 0.05	Ft 0.01
Tratamientos	5	291.9	58.38	6.94	2.35	3.3
Error	71	597.6	8.41			
Total	76	889.5				

Análisis de varianza para número de ramas axilares por sección anual de crecimiento

Comportamiento de las variables relacionadas con arquitectura.

Variable		Número de ramas			Ángulo de inclinación de las ramas principales			Longitud promedio de la sección anual de crecimiento (m)		
Dosis (Gy)	n ¹	X ²	d.e. ³	Grupo Tukey*	x	d.e	Grupo Tukey	x	d.e	Grupo Tukey
0	28	2.8	0.92	C	14.97	6.8	C	0.74	0.39	ABC
5	14	3.21	0.72	AB	14.81	8.6	C	0.85	1.16	AB
10	17	3.12	1.82	B	23.20	8.2	BC	0.94	2.14	A
15	10	2.5	3.82	BC	27.23	13.8	B	0.73	4.30	B
20	5	3.2	6.9	AB	39.12	13.16	A	0.48	7.94	C
25	3	4	10.5	A	38.38	9.1	A	0.60	12.19	BC

Número de ramas axilares por sección anual de crecimiento		
x	d.e	Grupo Tukey
11.73	4.05	A
9.89	2.24	AB
7.26	2.73	B
8.2	3.12	B
7	5.84	B
7.1	9.2	B

Apéndice 2

1.-Preparación de reactivos para el medio de inclusión JB-4

Preinclusión:

Catalizador .225 mg

Componente "A" 25 ml, se mezclan y agitan constantemente

Inclusión:

Catalizador .225 mg

Componente "A" 25 ml

Componente "B" 1 ml

2.- Preparación del colorante Azul de Toluidina

Azul de toluidina 1g

Bórax 1g

Agua destilada 200 ml

- i) Cada reactivo por separado se diluye aforando a 100 ml con agua destilada y en agitación continua a temperatura de 20 ° C
- ii) Mezclar los reactivos y agitar con varilla de vidrio por 15 o 20 minutos
- iii) Dejar en reposo por 24 horas
- iv) Filtrar y guardar en un frasco color ámbar ya etiquetado

V. BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, M. J. L. Et al. (1989) MARCO DE REFERENCIA DEL CULTIVO DEL AGUACATE EN EL ESTADO DE MICHOACÁN. Rev. fruticultura de Michoacán. Vol. II No.22 y 23 pp. 13-21 Y 29-31
- Aguilar, J.J. y E. De la Cruz T. (1988) EVALUACIÓN DE TIPÓS CRIOLLOS PERTENECIENTES AL BANCO DE GERMOPLASMA DE CICTAMEX. En memoria de actividades de CICTAMEX, Coatepec de Harinas, México pp.64-65.
- Arcos, O.G.F. y Pérez R.C.I. (1996) PROPAGACIÓN IN VITRO DEL AGUACATE (*Persea americana*. Mill) var. Fuerte. Tesis de Licenciatura (Biología) E.N.E.P Iztacala UNAM pp.1-63
- Auerbach, C. (1976). MUTATION RESEARCH PROBLEMS, RESULTS AND PERSPECTIVES. Chapman and Hall. pp. 2-5
- Auerbach, C. (1945) CHEMICAL MUTAGENESIS. Biol. Rev. 24: 335-391
- Azorin, N. J. (1980) LAS RADIACIONES Y LA PROTECCION RADIOLÓGICA, EN NOTAS SOBRE EL CURSO DE DOSIMETRÍA. Maestría en física de las radiaciones y seguridad radiológica. Fac Ciencias UNAM. 36 p.
- Barrientos, P.A.; Ben Ya'acov, A.; Boris W. M. Boris, W.M.; De la Cruz T.E. y López, L.L. (1991) EL GERMO PLASMA DE AGUACATE EN YUCATÁN MÉXICO. Memorias del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Estado de México. pp. 97-104.
- Barrientos, P. A. F., O. Rodríguez, J. L., Boris, M. W. (1995) ESTUDIO DE LA DENSIDAD ESTOMATAL EN EL PERFIL DE LA PLÁNTULA DE AGUACATE. En Memoria del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. CICTAMEX pp. 61-70

- Barrientos, F. y Sánchez, C. S. (1983) HEIGHT VARIABILITY OBTAINED FROM A NEW DWARF AVOCADO POPULATION. *Acta Horticulturae*. 140: 163-168
- Bautista, B. S. (1989) ESTUDIO ANATÓMICO COMPARATIVO DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill.) CRIOLLO, MEXICANO, FUERTE Y HASS. Tesis de Maestría. CONAFRUT-SAR. México D. F. 117 p.
- Bergh, B. O. (1992) THE ORIGIN, NATURE AND GENETIC IMPROVEMENT OF AVOCADO. *Calif. Avocado. Soc. Yrbk.* pp. 22-24.
- Bergh, B.O. and Whitsell, R.H. (1962) A POSSIBLE DWARFING ROOTSTOCK FOR AVOCADOS. In *California Avocado Society Yearbook*, pp. 55-69
- Bergh, B.O. y Storey, W.B. (1983) ALGUNOS AGUACATES INTERESANTES DE MADURACIÓN TEMPRANA, In. *California Avocado Society Yearbook*. pp. 87-97
- Bernardi, L. (1962). *Laureaceas*. Universidad de los Andes, Venezuela.
- Bidwell, R. G. S., FISILOGÍA VEGETAL. AGT Ed 1°. Ed., México 784 p.
- Bower, J.P. and Cutting, (1988) MEDICION DE ASIMILACIÓN DE CO₂ POR LAS PLANTAS EN EL CAMPO Y EL LABORATORIO. En: *Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad*, J. Coombs, D.O. may, S.P. Long y J. M. Scorlock. (Editors) Ed. Futura. México pp. 52-60.
- Brauer, O. (1981) FITOGENETICA APLICADA. Limusa. México, .D.F. Pags. 518
- Brook, R. D. MUTAGENESIS Y FITOMEJORAMIENTO. In *Biología de la Reproductividad*. Cap 10 p.p. 335.356
- Buder, J. (1982). DER BAU DES PHANEROGAMEN SPROSSUEGETATIONSPUNKTES UND SEINE BEDEUTANG FÜR DIE CHIMÄRENTHEURIE. *Ver. Dtsch. Bot. Ges.*, 46:20-21

- Calderón, A. E. (1978) LA PODA DE LOS ÁRBOLES FRUTALES Ed. Limusa pp. 1-35
- Casseret, A.P. (1968) RADIATION BIOLOGY. Prentice-Hall Ed. E.U.A. pp. 7-27
- CICTAMEX, S. C. 1982-1985. TRES AÑOS DE ACTIVIDADES DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS DEL ESTADO DE MÉXICO. Memoria. Coatepec de Harinas. México 280 p.
- Christie, A. W. (1939) THE IMPORTANCE OF MATURITY IN AVOCADOS. Calif. Avocado Assoc. Year Bock. 24:73
- Curtis, P. J. (1986) MICROTÉCNIA VEGETAL. Ed. Trillas, México D.F. 106 p.
- D'Ambrigio de A. A., (1986) MANUAL DE TÉCNICAS DE HISTOLOGÍA VEGETAL. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 83 p.
- De la Cruz, T. E. y Reyes, J.C.A. (1992) CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DEL MUNICIPIO DE COATEPEC DE HARINAS, MÉXICO. Memoria CICTAMEX S.C. Coatepec de harinas, México. pp. 47-54.
- De la Cruz, T. E., M. Rubí A. Y T. Falcón B. (1994). EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE PLANTAS DE AGUACATE C.V. HASS SOMETIDAS A RADIACIÓN GAMMA DE Co⁶⁰. Memoria del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Estado de México pp. 101-105
- De la Cruz, (1997) ESTIMACIÓN DE COMPONENTES DE VARIANZA GENÉTICA Y HEREDABILIDAD EN CARACTERES DE INTERÉS AGRONÓMICO EN AGUACATE (*Persea americana*. Mill) Tesis de Maestría en ciencias en fitomejoramiento. U.A.E.M. 101 p.
- Departamento de Citología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.

- Donini, B. (1976) USE OF IRRADIATION FOR USEFUL MUTATION INDUCTION IN FRUIT TREES. Mutation Breeding Newsletter 8:7-8. Viena. IAEA
- Donini, B. (1992). MEMORIAS DEL CURSO CORTO SOBRE MUTAGENESIS. ININ. OIEA-UAZ Irapuato Gto.
- Donini, B. and P. Manino (1982). A COMPACT MUTANT VARIETY OF OLIVE INDUCED BY MUTATION. Mutation Breeding Newsletter 19:3. Viena. IAEA
- Freifelder, D. (1983) Molecular biology. A COMPREHENSIVE INTRODUCCION TO PROKARYOTES AND EUCARYOTES. Jones And Bartlett Pub., Inc. U.S.A
- Fahn, A. (1978) Anatomía vegetal. Ed. Blume. Madrid. 643 p.
- Gallardo, M. (1986) "HASS" EL REY DE LOS AGUACATES. Fruticultura de Michoacán No. 4: 27-29
- Galleta, G. J. (1988). MANEJO DE POLEN Y SEMILLAS. In N. J. Moore y J. Janick (Eds.) Métodos genéticos en Frutales. AGT Ed. México. pp. 27-61
- Gaul, H. (1977) MUTAGEN EFFECTS ON THE FIRTS GENERATION AFTER SEED TREATMENT. In: Manual on Mutation Breeding pp. 69-85
- Gaviño, G. y Col. (1982) TÉCNICAS SELECTAS DE LABORATORIO Y CAMPO. Ed. Limusa. México, D. F. 180 p.
- Gonzáles, J.J. (1993) IRRADIACIÓN DE MERISTEMOS IN VITRO PARA INDUCIR MUTACIONES EN PLANTAS DE ORNATO. (*Petunia Híbrida*). Tesis de Licenciatura. Biología. Facultad de ciencias, UNAM. México D. F. 130 p.
- Gwen Avocado Growers. (1978). GWEN AVOCADO GROWERS ASSOCIATION. California U. S. A 16 p.
- Goodenough, U. (1981). GENÉTICA. Ed. Omega. España. pp.134-150

- Hardwick, R.C. (1986) PHYSIOLOGICAL CONSEQUENCES OF MODULAR GROWTH IN PLANTS. Phil. trans. R. Soc. London B. 313, 161-173
- Hallé, F.; R.A. Oldeman, and P.B. Tomlinson (1978) TROPICAL TREES AND FOREST- AND ARQUITECTURAL ANALYSIS. Springer-Verlag. 411 p.
- Hallé, F. (1986) MODULAR GROWTH IN SEED PLANTS. Phil. Trans. R. soc. London B 313, 77-87
- Hernández, A.M. y Saavedra, G.C. (1993) LA IRRADIACIÓN COMO UNA ESTRATEGIA PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO DE FRUTALES. Memorias del curso de actualización frutícola. CICTAMEX.
- IPGRI (1995). DESCRIPTORES PARA AGUACATE (*Persea spp*) Instituto Interamericano de Recursos Fitogenéticos. Roma Italia. 52 pags.
- Ibáñez, P. J. (2001). EVALUACIÓN DE UNA POBLACIÓN DE ÁRBOLES DE AGUACATE C.V. "HASS" SOMETIDOS A RADIACIÓN GAMMA DE Co ⁶⁰. Tesis Profesional. Fac. de Agron. UAEM pp.30-50
- Ikeda F., and Nishida I., (1982) SOME MORFOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL FEATURES OF SEVERAL DWARF APPLE SPORTS INDUCED BY GAMMA RAYS. IN: INDUCED MUTATIONS IN VEGETATIVELY PROPAGATED PLANTS II. Int. Atomic Energy. Agency. Vienna. pp 49-75
- Jiménez, R. P. (1988) CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FRUTO DE AGUACATE POR EXPORTACIÓN EN EL ESTADO DE MICHOACÁN. Tesis Profesional. U. M. S.H. 94 pags.
- Kawaii, T. (1977) PLANT TYPE AND GROWTH HABIT. IN: MANUAL ON MUTATION BREEDING. - Joins FAO/IAEA. Division of Atomic Energy in Food and Agriculture pp. 173-174

- Koch, F. D. (1983) AVOCADO GROWERS HANDBOOK .Ed Prentice-Hall. Bonsall Publications California: 273 p.
- Köhne, J.S. (1992) INCREACING “HASS” FRUIT SIZE. Proc. Of Second World Avocado Congress pp. 242
- Köhne, J.S. and Köhne (1990) RESULTS OF HIGH DENSITY AVOCADO PLANTING. 5t. Afr. Avoc. Growers Asst. Yrbk. 13: 33-34.
- Kosterman, A.J. (1952) A HISTORICAL SURVEY OF *Laureaceae*. Indonesia Journ. Sci. Res. 1:83-95
- Kuruvadi,S. (1989) EFECTO DE LA RADIACIÓN GAMMA DE Co⁶⁰ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS DE PLÁNTULAS EN DIVERSOS CULTIVOS. II Seminario Nacional sobre el uso de la Irradiación en Fitomejoramiento. pp 111-118
- Lapins K., (1974). PROGRESS IN BREEDING SELF COMPATIBLE SWEET CHERRIES. Mutation Breeding Newsletter. 13:14. Viena. IAEA.
- Lata, P. and M.N. Gupta (1971) FLAVOUR INDUSTRY. p.p. 2, 421.
- Lehninger, A. L. (1981) BIOQUIMICA Ed. Omega, 2da. Ed. Barcelona España
- Levine, S (1982) DESARROLLO METODOLOGICO PARA LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA IN VITRO DEL AGUACATE. Tesis de Licenciatura (Biología) ENEP Iztacala. UNAM. 97 p.
- Lizana, L. A. y Juvenal L. G. (1979) CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA DE PALTOS (*Persea americana* Mill) DE LA RAZA MEXICANA CULTIVADOS EN CHILE. Proc. Tropical Region Amer. Soc. Hort. Sci.23: 113-118
- López, J. A. and A. F. Barrientos, P., (1987). SELECTION OF DWARFING ROOTSTOCKS OF AVOCADOS (*Persea Americana* Mill.); I. STUDIES OF BARK:

XYLEM RELATIONSHIP IN TRUNKS of c.v. Colin V-33 SEEDLINGS. Calif. Avocado Soc. Yrbk. 71:225-234

- Lovatt, J.C. (1993) PHYSIOLOGY OF REPRODUCTION OF CITRUS AND AVOCADO. VI Curso de actualización frutícola "Tópicos selectos para el desarrollo de la fruticultura" Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C (1988) Coatepec de Harinas, México. pp. 118-143
- Lyndon, R.F. (1990) PLANT DEVELOPMENT (THE CELLULAR BASIS). Chapter II In: Topics in plants physiology: 3 Series. Editors: Mc Black And J. Chapman. G Britain, London. pp.19-38
- Mauseth, D. J. (1988) PLANT DEVELOPMENT (THE CELULLAR BASIS). Chapter VI In: Topics in plant physiology. 3 Series Editors. M. Black and J. Chapman. G. Britain London. pp.79-108
- Maluszynski, M., Van Zarten L.; Ashri, A.; Brunner H.; Ahloowalia, B.; Zapata, F. J. Weck, E. (1995) MUTATION TECHNIQUES IN PLANT BREEDING. pp. 489-504. IAEA-SM-340/29
- Micke A., (1977) CULTIVARS OF VEGETATIVELY PROPAGATED PLANTS DEVELOPED THROUGH MUTATION INDUCTION. In: Manual on Mutation Breedings Joint FAO/IAEA. Division of Atomic Energy in Food and Agriculture. pp.166-168
- Nicolás, C.M. (1993) ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL CENTRO EXPERIMENTAL "LA LABOR", Temascaltepec, México. en Memorias de actividades F.S.S.C. CICTAMEX S. C. pp. 311-327
- Novak, F.J. y Brunner, H. (1992) FITOTECNIA: TECNOLOGIA INDUCIDA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CULTIVOS. OIEA. Boletín Vol. 34 No. 4 Viena Austria. pp. 25-33

- Parra, N. L. A. (1992) MUTACIONES Y MÉTODOS DE TRATAMIENTO MUTAGÉNICO EN PLANTAS PROPAGADAS CON SEMILLA. Curso Corto Sobre Técnicas Nucleares Aplicadas al Fitomejoramiento. Escuela de Agronomía y Zootecnia. Universidad De Guanajuato.
- Popeone, W. (1974) MANUAL OF TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUIT. Hafner Press. U.S.A
- Polyscience, Inc. (1995) JB-4 EMBEDDING KIT. Data Sheet. No.123 y 123B :U. S. A.
- Ramírez, R.; Gonzalez, L.M; Camejo, Y. Licea L.,García B., Porra, E., y Pérez, A. (2001) METHODOLOGY FOR TOMATO (*Lycopersicum esculentum* L) GROWTH AND PLANT PRODUCTIVITY STIMULATION THROUGH SEDES IRRADIATION. Proceedings of the Thirth International Symposium on Nuclear and Related Techniquets pp 127.
- Rubí, A. M. (1989) DESCRIPCIÓN DE SEGREGANTES DE LA VARIEDAD DE AGUACATE DE PORTE BAJO “Colin V-33”. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias Agrícolas UAEM Toluca, México. 119 p.
- Rubí, A. M. y Avitia, G.F. (1995). HISTORIA DEL AGUACATE. Cictamex. Coatepec De Harinas, México. 35 p.
- Rubí, A.M., Saavedra G.C..., De la Cruz T.E. y Hernández A. M. (1993). EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SOBRE LA RADIOSESIBILIDAD DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill). Memorias de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. pp. 113-119
- Rodríguez, S. F. (1982) EL AGUACATE AGT Ed. México
- Sánchez, C. S. (1980) COLIN V-33. UNA NUEVA VARIEDAD DE AGUACATE EN MÉXICO. Codagem: Saimex: SARH: 24 p.

- Sánchez, C. S. (1982) NEW DWARF AVOCADO CLONE OBTAINED FROM THE cv. FUERTE. XXI International Horticultural Congress. Germany. Abstracts 1053 p
- Sánchez, C. S. (1988) LA IMPORTANCIA DE LA CALIFORNIA AVOCADO SOCIETY Y SU YEARBOOK PARA UN DIRECTOR AT LARGE. California Avocado Soc. Yrbk.
- Sánchez, C. S. E. de la Cruz T. Y M. Rubi. A (1990). AVANCES EN EL PROGRAMA DE SELECCIÓN Y MEJORAMIENTO GENETICO DEL AGUACATE (*Persea americana*. Mill) 3^{era} reunión sobre recursos filogenéticos de México. Jardín Botánico. UNAM
- Sánchez, C. S. y E. de la Cruz T. (1991) THE AVOCADO BREEDING AND SELECTION PROGRAMME AT CICTAMEX. Proceeding of the Second World Avocado Congress. Anaheim, Ca. pp. 501-504
- Sánchez, C. S y Rubí, A. M. (1994) SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DEL AGUACATE EN MÉXICO. CICTAMEX S. C. Coatepec de Harinas, México. p. p. 17-32
- Sánchez, C. S; L. López L. I. Inés A. y J.C. Mejía P. (1989) ANÁLISIS FISICO Y BROMATOLOGICO DE SELECCIONES DE AGUACATE (*Persea americana* Mill) OBTENIDA POR CICTAMEX. En: Memorias del Centro de Investigación Científicas Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. pp. 117-127
- Schmidt, A., (1924). HISTOLOGISCHE STUDIEN AN PHANEROGAMEN VEGETATIONSPUNKTEN. Bo. Arch., 7/8:345-404
- Sigurbjörnson, (1977). MUTATIONS IN PLANT BREEDING PROGRAMMERS. In: Manual in mutation breeding. Joint. FAO/IAEA. Division of atomic energy in food and agriculture.
- Sussex. I.M. (1989). DEVELOPMENTAL PROGRAMMING OF THE SHOOT MERISTEM. Cell. Vol 56, 225-229

- Tomlinson, P.B. (1978) ARQUITECTURE OF TROPICAL PLANTS. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18:1-21
- Thorp, T.G. (1992) (*Persea Americana*). Mill University Of Adelaide 107 p.
- Ville, C. A. (1996) BIOLOGIA. 8ava. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. México. D. F.
- Wilhey, A.W.; Saranah, B. J. and Wolstenholme. (1992) EFFECT OF PACLOBUTRAZOL BLOOM SPRAYS ON FRUIT YIELD AND QUALITY OF cv. HASS AVOCADO GROWING IN SUBTROPICAL CLIMATE. Proc. Of Second World Avocado Congress. pp. 227-232
- Wolstenholme, B. And A. W. Wilhey (1990) PROSPECTS FOR VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE GROWTH MANIPULATION IN AVOCADO TREES. South African Avocado Growers Association Yearbook 13:21-24
- Zagaja, S. W. And a. Przybyla. (1976). COMPACT TYPE MUTANTS IN APPLES AND SOUR CHERRIES. Mutation Breeding Newsletter. 8:9
- Zentmyer, G:A ; E, Schieber, and W.Popenoe. (1978) EARLY HISTORY OF THE AVOCADO DURING THE TIME OF THE CONQUISTADORES. S. Afr. Avocado Growers Assoc. Yrbk. 10: 11-12
- Viseer, T., De Vries, D.P.; Verhaegh, J.J. (1969) PREDETERMINATION OF SURVIVAL RATE OF APPLE AND PEAR SHOOTS AFTER X-RAYS TREATMENT. Euphytica. 18. pp. 352.