

VARIABILIDAD EN ARQUITECTURA EN AGUACATE CV. HASS, SOMETIDO A RADIACIÓN GAMMA DE ^{60}Co

VARIABILITY ON ARCHITECTURE ON HASS AVOCADO SUBJECTED TO ^{60}Co . GAMMA IRRADIATION

Eulogio De La Cruz Torres¹, Martín Rubí Arriaga², Lorena Sandoval R³.
y Juan Manuel García Andrade¹.

RESUMEN

Arboles de aguacate variedad Hass sometidos a radiación gamma de ^{60}Co en Junio de 1993 en un rango de dosis de 0 a 26 Gy, se caracterizaron de acuerdo a los descriptores de aguacate y se estudiaron en relación a su variabilidad en arquitectura. Se encontró una reducción del 22% en altura y diámetro del árbol en la dosis de 10 y 15 Gy. La dosis de 15 Gy indujo mayor diversidad en cuanto a formas del árbol y distribución de ramas, mostrando también los valores mayores de diámetro y longitud del vástago. La longitud de entrenudos fue mínima en ésta dosis. La longitud de la lamina foliar fue mayor en 7.7% respecto al control en la dosis de 10 Gy. El número de ramas con diámetro mayor a 3.5 cm y su ángulo promedio de inclinación respecto a la vertical, aumentaron al aumentar la dosis de radiación; la longitud de éstas ramas presentó un comportamiento inverso. El número promedio de ramas axilares por sección anual de crecimiento fue máximo en el testigo con tendencia decreciente al aumentar la dosis. El número de brotes prolépticos en el último módulo de crecimiento rítmico fue considerablemente mayor en el material irradiado que en el testigo, el cual presento mayor proporción de brotes silépticos. La longitud y diámetro de frutos se redujo y la longitud del pedúnculo aumentó al aumentarse la dosis.

Palabras clave : Arquitectura de árboles, *Persea americana* Mill, irradiación, mutagénesis, fitomejoramiento.

ABSTRACT

Hass avocado trees subjected to ^{60}Co . Gamma irradiation in June 1993 in a dose range from 0 to 25 Gy were characterized according the avocado descriptors and studied in relation to their variability in architecture. It was found a reduction of 22 % in tree height and diameter in the doses of 10 and 15 Gy. The dose of 15 Gy induced greater diversity in tree form and in branches distribution, exhibiting also the greatest shoot length and diameter. The length of internodes was lowest in this dose. The length of the leaves was greatest in the 10 Gy dose (7.7 % greater than the control). The number of branches with diameter higher than 3.5 cm and their average inclination angle in regard to the vertical, increased with the dose, conversely the length of the main branches was reduced with the increasing of dose. The number of axillary branches in each annual growth section was greater in the control decreasing as the doses increase. The number of

¹ Departamento de Biología, ININ. A.P. 18-1027. México, D. F. C.P. 11801.

² Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, S.C. Ignacio Zaragoza N° 6, Coatepec Harinas, Estado de México, C.P. 51700 Fax (714) 5 02 79. E-mail : cictamex@toluca.teesa.com

³ UNAM-ENEP-IZTACALA. Biología. Tlalnepantla, México.

proleptic shoots in the rhythmical growth module was considerably higher in the irradiated material than in the control which exhibited greater number of syleptic shoots. The fruit length and diameter was reduced in the irradiated material while the penducle length increased.

Key words : Architectural tree models, *Persea americana* Mill, radiation, mutation, plant breeding.

INTRODUCCIÓN

En el mejoramiento genético por mutagénesis en aguacate es muy importante conocer los cambios que a nivel de arquitectura de planta se presentan, dado que cambios en la distribución de ramas, ángulo de inclinación de las mismas, longitud de la sección anual de crecimiento etc., son fundamentales para detectar posibles mutantes con características favorables hacia la consecución de nuestro objetivo, relativo a la búsqueda de individuos de la variedad Hass de porte bajo y alta productividad.

La Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., editó en 1991 una publicación denominada “Descriptores para aguacate”, en la cual se incluyen las diferentes características vegetativas y productivas que se deben considerar en la descripción del germoplasma de aguacate. Dicha publicación una vez revisada y actualizada por el IPGRI (International Plant Genetic Resource Institute) fue editada como la guía oficial para describir los recursos genéticos del aguacate (IPGRI, 1995).

Con base en lo anterior, en el presente artículo se presenta la descripción de individuos sometidos a radiación gamma de ^{60}Co , tomando como base los descriptores de aguacate editados por el IPGRI, incluyendo también algunas variables de importancia en relación a arquitectura de planta, acerca de las cuales se presentan algunas consideraciones a continuación.

El objetivo que persigue esta investigación es obtener árboles de porte bajo y de alta productividad, por lo que es fundamental analizar el efecto de la radiación sobre el crecimiento del árbol y en particular sobre la arquitectura del mismo.

El aguacate exhibe un modelo rítmico de crecimiento monopodial característico del modelo Rauh, de arquitectura (Thorp, 1992).

El tronco monopodial forma ramas que son morfogenéticamente idénticas al tronco y las flores nacen lateralmente sin efecto sobre el crecimiento de los brotes, aunque en algunos brotes se tienen flores en posición terminal, siendo el crecimiento subsecuente simpoidal (Hallé *et al*, 1978).

El modelo de Rauh, permite al árbol responder rápidamente a problemas ambientales, por reiteración del modelo de crecimiento monopodial. Esta reiteración es una respuesta especializada al ambiente, a daños en las ramas o condiciones desfavorables estimulando meristemas apicales dormantes. Este tipo de crecimiento propicia la formación de troncos múltiples en árboles severamente podados. Un aspecto importante a considerar es el tipo de ramificación que existe en aguacate.

La ramificación proléptica es aquella en la que un brote se desarrolla solo después de un periodo de dormancia de una yema latente; en tanto que la ramificación siléptica es aquella en la que no hay periodo de dormancia y el crecimiento lateral es contemporáneo con el eje del padre.

Consideraciones adicionales son el número de ramas principales, la longitud de las mismas, su ángulo de inserción, la longitud de la sección anual de crecimiento y el tipo de brotes (prolépticos y silépticos) del módulo de crecimiento rítmico más reciente (Thorp, 1992).

Aumento en el número de ramas principales y del ángulo de inserción (respecto a la vertical), y reducción de la longitud de la sección anual de crecimiento entre otros son criterios que nos permitirán seleccionar individuos de porte bajo.

Por otra parte, la caracterización de todos los individuos en base a los descriptores para aguacate, permitirá tener caracterizados a los materiales y posteriormente corroborar posibles diferencias fenotípicas con metodologías de tipo bioquímico (electroforésis), y de biología molecular (DNA-mapas).

MATERIALES Y METODOS

Se evaluaron los individuos sometidos a las dosis de radiación que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Número de individuos y dosis de radiación utilizadas

Dosis (Gy)	No. de individuos
0	29
5	14
10	16
15	25
20	5
25	3

Las variables evaluadas fueron: Altura del árbol y diámetro del follaje (en metros y centímetros respectivamente); forma del árbol (en base a descriptores); diámetro del tronco (cm) y tipo de superficie (en base a descriptores); patrón de ramificación y distribución de ramas; ángulo de inserción de las ramas; extensión del vástago y longitud de entrenudos; características de las hojas (longitud, color, tipo de pedicelo, ángulo de inserción, margen y forma del ápice); número de ramas mayores a 3.5 cm; ángulo de inclinación de las ramas respecto a la vertical; longitud de la sección anual de crecimiento (crecimiento de la rama en el periodo de un año que se distingue por la presencia de un anillo de escamas y por cambio en el color y textura de la corteza); número de ramas axilares por sección anual de crecimiento; número de brotes prolépticos y silépticos en el módulo de crecimiento rítmico. (módulo de crecimiento más reciente dentro de una sección anual de crecimiento); características del fruto. Promedio de 10 frutos por árbol (forma, longitud, diámetro, forma de la base, presencia de aristas, brillantez, posición y forma del pedicelo).

RESULTADOS Y DISCUSION

Descriptores del árbol

Altura del árbol y diámetro del follaje

En la Figura 1, se muestra el comportamiento de la variable altura y ancho del follaje en función de la dosis. Se aprecia un ligero aumento para ambas variables en las dosis de 5 y 10 Gy, lo cual se puede atribuir a cierto efecto estimulante de la radiación, debido a una excesiva respuesta de los factores de equilibrio homeostático de la planta (Brunner, 1997). En la dosis de 15 y 20 Gy, se aprecia una reducción del 22 % en el promedio de la variable altura concordando con una reducción en el diámetro del follaje. El análisis de varianza para ambas variables detectó diferencias altamente significativas para altura en tanto que en el diámetro del follaje se tienen diferencias al 5 % de significancia.

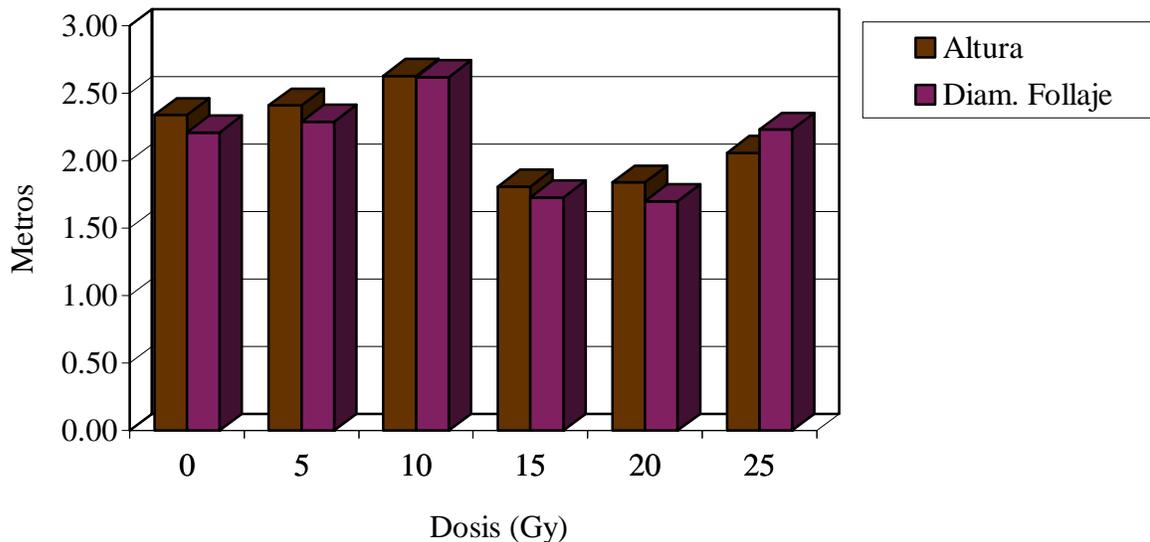


Figura 1. Altura y diámetro del follaje en función de la dosis

Forma del árbol

La variación detectada en relación a forma del árbol se muestra en el Cuadro 2., mientras que en el tratamiento control, la categoría (rectangular) agrupaba al 41.37 % de los individuos (existiendo algunas categorías sin representación), 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 forma del árbol. Es de notar que dosis superiores propician agrupamiento en torno a ciertas categorías.

Cuadro 2.- Forma del árbol en función de la dosis (% de individuos)

Forma del árbol	Dosis (Gy)					
	0	5	10	15	20	25
Columnar	3.40	0.00	6.20	7.50	0.00	0.00
Piramidal	20.69	20.00	0.00	7.60	0.00	0.00
Rectangular	41.37	33.33	50.00	30.76	40.00	0.00
Circular	0.00	0.00	0.00	3.80	20.00	0.00
Semicircular	24.13	33.33	37.50	38.46	0.00	0.00
Irregular	10.34	13.30	6.20	11.53	40.00	100.00

Diámetro del tronco y tipo de superficie

Las características del tronco se muestran en el Cuadro 3. Como es de esperarse el diámetro del tronco muestra un comportamiento análogo al caso de la altura y el diámetro del follaje presentando valores máximos en las dosis de 5 y 10 Gy.

Por medio del análisis de varianza para diámetro del tronco, se encontraron diferencias altamente significativas.

Como se observa en el Cuadro 3, el porcentaje de individuos con superficie rugosa del tronco se incrementa en las dosis de 5, 10, 20 y 25 Gy en comparación con el testigo, en tanto que en la dosis de 15 Gy se muestra una reducción de la superficie rugosa.

Cuadro 3. Diámetro y rugosidad de la superficie del tronco (% de individuos) en función de la dosis.

Carácter	Dosis (Gy)					
	0	5	10	15	20	25
Diámetro (cm.)	7.74	8.24	8.44	6.86	6.59	7.77
Rugoso (%)	35.00	46.70	37.50	20.00	40.00	100.00
Muy rugoso (%)	65.00	53.30	62.50	80.00	60.00	0.00

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.

Distribución de ramas

En la Figura 2, se muestra la distribución de ramas, es de notar que en la dosis de 15 Gy las diferencias en 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 permitiendo mayores posibilidades de selección.

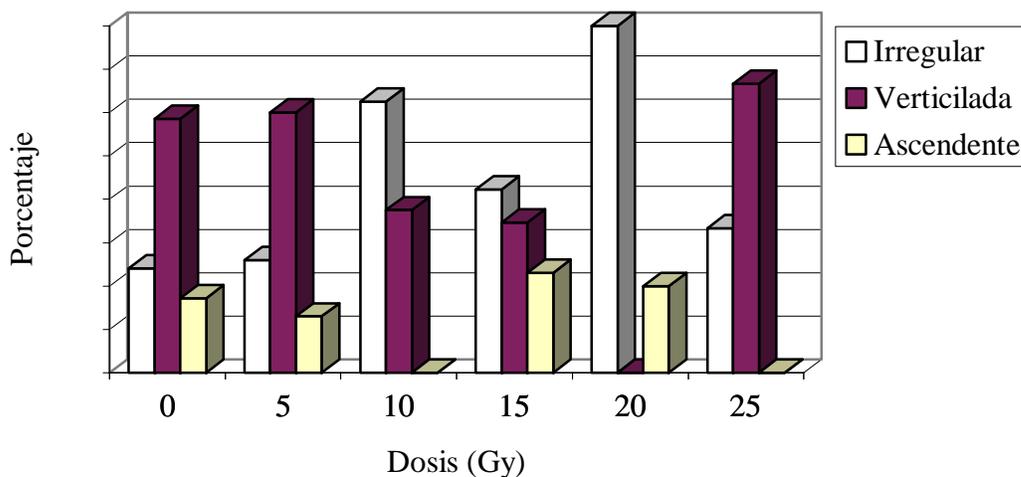


Figura 2. Distribución de ramas en función de la dosis.

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 agudo.

Extensión del vástago y longitud de entrenudos

El comportamiento de la extensión y diámetro del vástago se muestra en el Cuadro 4; en el que se aprecia que el valor máximo de extensión del vástago corresponde a 15 Gy que concierne también al máximo valor de diámetro del vástago, estos resultados pudieran ser contradictorios respecto a la variable altura, dado que a la misma dosis se tiene la menor altura; lo que nos indica que si bien en ciclos anteriores el crecimiento de los árboles a 15 Gy fué reducido, en el presente ciclo se observa un desarrollo vigoroso de los brotes nuevos. Cabe hacer notar que en la dosis de 25 Gy los 3 individuos que componen el tratamiento presentan menor extensión del vástago incluso que el testigo y mayor diámetro del vástago; estas características (crecimiento longitudinal reducido e incremento en grosor de brote) se han reportado por (Lacey y Campbell, 1982) en experimentos en manzana.

Respecto a la longitud de entrenudos, está presenta su mínimo valor para la dosis de 15 Gy, correspondiendo la máxima a la dosis de 10 Gy; esto indica que no obstante que en este ciclo el promedio de longitud del vástago fué mayor en la dosis de 15 Gy, se mantiene en la mayoría de individuos la presencia de entrenudos cortos.

Cuadro 4.- Extensión, diámetro del vástago y longitud de entrenudos en función de la dosis.

Características del vástago	Dosis (Gy)					
	0	5	10	15	20	25
Extensión	40.23	39.29	42.810	49.660	40.270	36.600
Longitud entrenudos	2.98	3.29	3.800	2.890	3.540	2.910
Diámetro	0.79	0.78	0.816	0.919	0.865	0.944

Los análisis de varianza para un criterio de clasificación desbalanceado para extensión y diámetro del vástago evidenciaron diferencias significativas (5 %), en tanto que para longitud de entrenudos de los vástagos las diferencias fueron altamente significativas (1 %).

Longitud de la lamina foliar

La variable longitud de la lamina foliar exhibió su máximo valor en la dosis de 10 Gy (18.61 cm) que representa un aumento del 7.7 % en relación al testigo y su mínimo valor en la dosis de 25 Gy (16.19), una reducción del 6.2 % respecto al testigo, al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos.

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

Pedicelo acanalado

Mientras la característica pedicelo acanalado estuvo presente en 75 % de los individuos en el tratamiento control, este se incremento a 93 % en la dosis de 10 y 15 Gy, y a 100 % en el resto de los tratamientos.

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 de la hoja y el olor a anís presentando el 100 % de los individuos del experimento textura semidura y sin olor a anís.

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 del 40 % contra 4 % que presenta el testigo; el resto de los tratamientos presentaron únicamente margen entero.

Forma del ápice de la hoja

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

Número de ramas

En la Figura 3, 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 yemas que se encuentran en una etapa más avanzada de desarrollo propiciado una especie de poda natural estimulando una mayor brotación de yemas laterales que posteriormente se convierten en ramas principales al reducirse la dominancia apical.

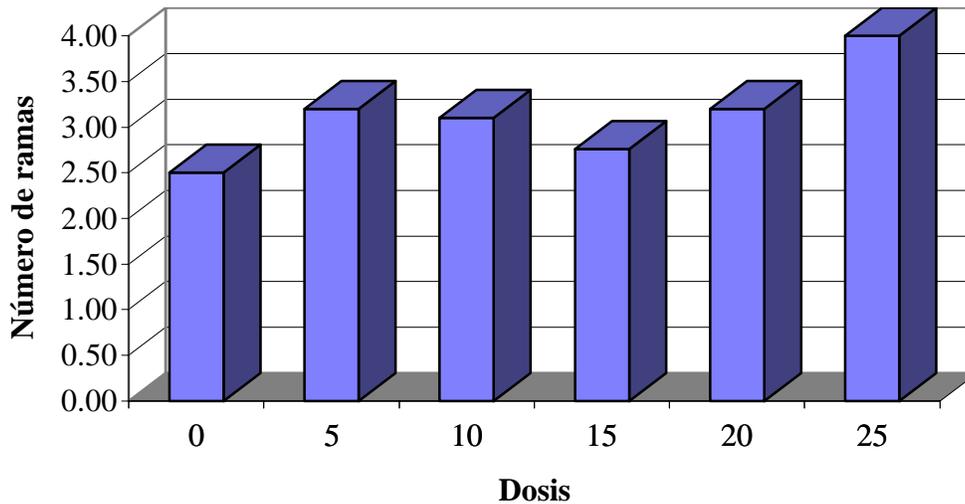


Figura 3. Número de ramas en función de la dosis.

La presencia de mayor número de ramas principales permite una mejor estructura del árbol, mayor entrada de luz y un menor tamaño del árbol por reducción del vigor al existir mayor competencia entre las ramas. Esto se puede constatar al estudiar la altura promedio de las ramas principales (Figura 4) que en general es menor en los árboles irradiados presentando sus valores mínimos en las dosis más altas (20 y 25 Gy).

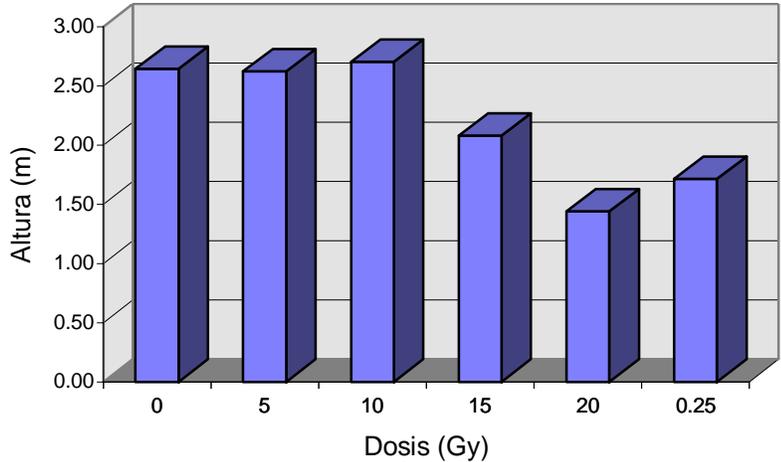


Figura 4. Altura de ramas en función de la dosis

Angulo de inclinación de las ramas principales

Otro aspecto a tomar en consideración en relación a la arquitectura del árbol es el ángulo de inclinación de las ramas principales que como se observa en la Figura 5, se incrementa sustancialmente al aumentar la dosis de radiación (se midió el ángulo de inclinación respecto a la vertical).

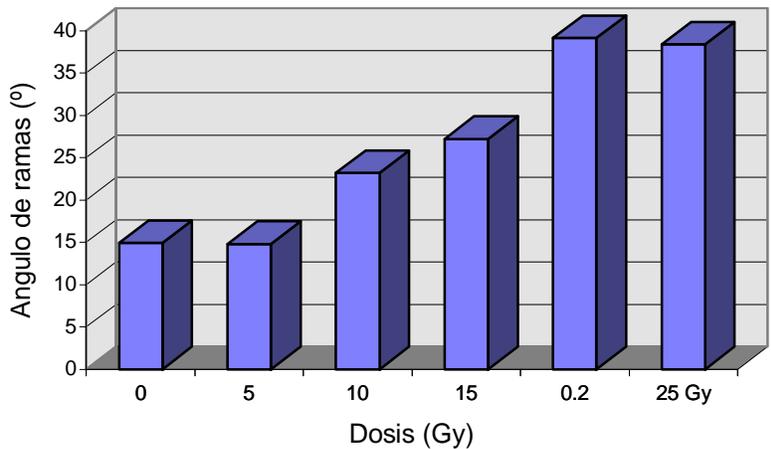


Figura 5. Angulo de inclinación de las ramas en función de la dosis.

Longitud promedio de la sección anual de crecimiento

En la Figura 6, se observa la longitud promedio de la sección anual de crecimiento encontrándose que en dosis de 10 y 15 Gy se 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, presentan la menor longitud de sección anual de crecimiento y en consecuencia menor longitud total de ramas. El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas para esta variable.

Número de ramas axilares por sección anual de crecimiento

En la Figura 7, 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 vigorosos 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.

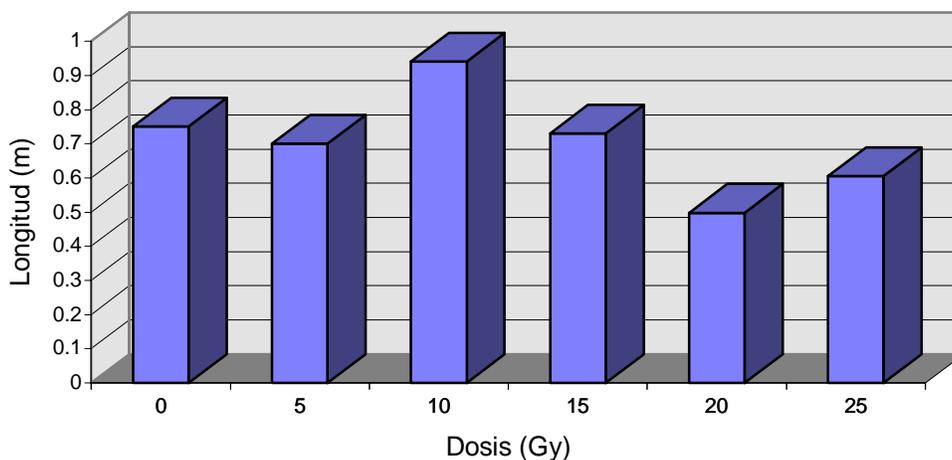


Figura 6. Longitud de la sección anual de crecimiento

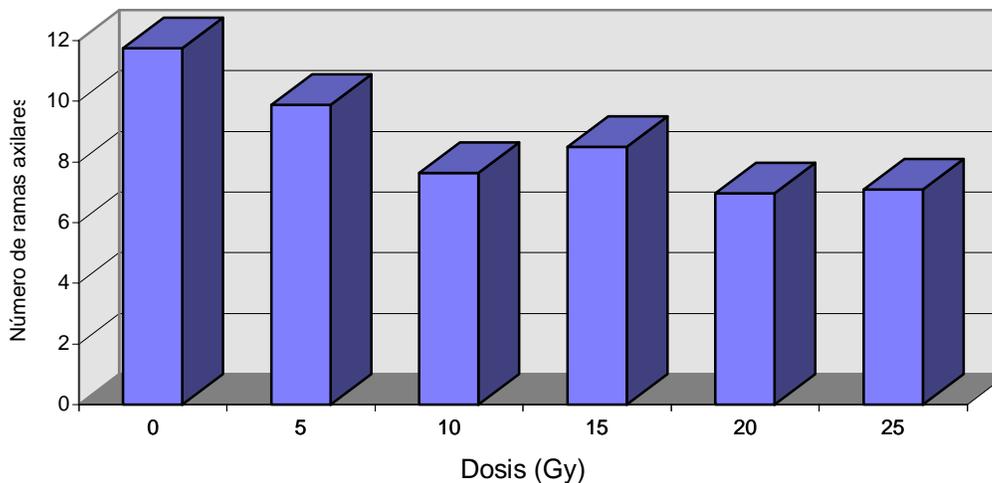


Figura 7. Número de ramas axilares por sección anual de crecimiento.

Número de brotes prolépticos y silépticos.

En la Figura 8, se muestra que la radiación provocó un cambio dramático en relación a la proporción de brotes prolépticos y silépticos en el último 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, activándose en el periodo de crecimiento, a diferencia de los árboles testigo en el que los brotes nuevos son contemporáneos al eje de desarrollo.

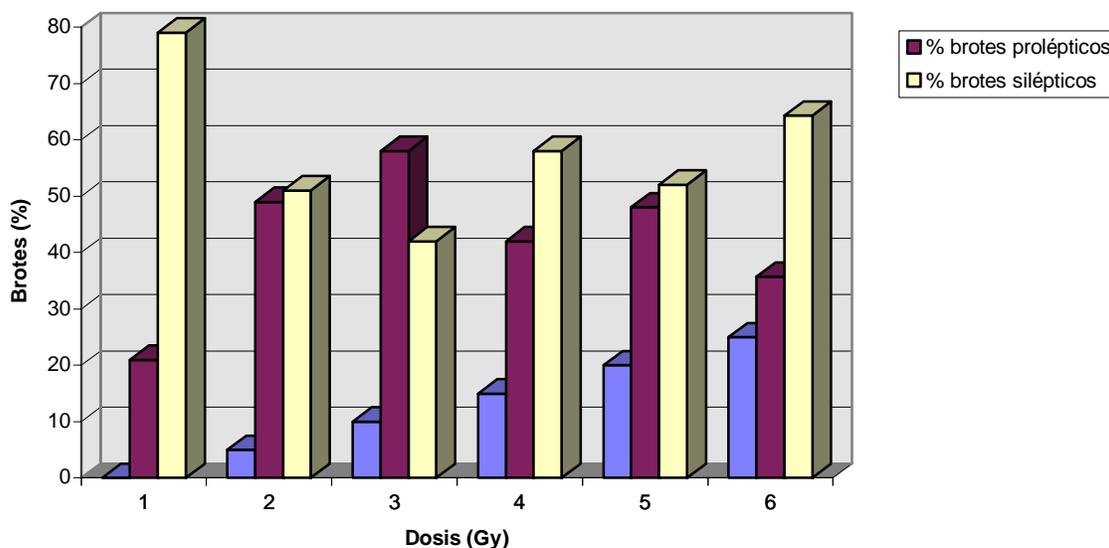


Figura 8. Porcentaje de brotes prolépticos y silépticos.

2. Descriptores del fruto

Forma del fruto

En relación a forma del fruto se observa en el Cuadro 5 que la radiación propicia mayor variabilidad dado que mientras en el tratamiento sin irradiar el 100 % de los frutos son abovados, en el resto de los tratamientos la forma del fruto cae en al menos dos categorías. Destaca el tratamiento de 15 Gy que tiene individuos representados en las cuatro categorías.

Cuadro 5. Forma del fruto en función de la dosis (% de individuos)

Forma del fruto	Dosis (Gy)					
	0	5	10	15	20	25
Abovado				9	67	50
Obovado	100	90	86	90	33	50
Esferoidal		10	14	5		
Elipsoidal				5		

Longitud y diámetro del fruto

En el Cuadro 6, se aprecia el comportamiento de las variables longitud y diámetro del fruto.

Se aprecia una reducción de alta significancia estadística en el tamaño del fruto de los tratamientos en relación al testigo siendo ésta más drástica en la dosis de 20 Gy en la que la longitud disminuye en 16.3 % y el diámetro en 7.1 %.

Cuadro 6. Longitud y diámetro del fruto en función de la dosis

Carácteres	Dosis (Gy)					
	0	5	10	15	20	25
Longitud	8.63	7.93	8.22	8.15	7.22	8.23
Diámetro	6.41	6.18	6.23	6.08	5.90	6.22

Características del pedúnculo y pedicelo

En el cuadro 7, se muestra el comportamiento de las variables longitud del pedúnculo y pedicelo así como diámetro del pedicelo. Destaca la tendencia creciente de la longitud del pedúnculo al aumentar la dosis de radiación, concordando con una tendencia decreciente en la longitud del pedicelo ambas con alta significancia estadística. Las diferencias respecto a diámetro del pedúnculo no fueron significativas.

Cuadro 7. Características del pedúnculo y pedicelo (cm).

Caracteres		Dosis (Gy)					
		0	5	10	15	20	25
Pedúnculo	Longitud	8.710	8.80	10.77	13.41	13.98	12.85
	Diámetro	0.533	0.49	0.53	0.53	0.49	0.57
Pedicelo	Longitud	1.810	1.90	1.96	1.44	1.64	1.68

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 fueron aplanada; la posición del ápice del fruto fué asimétrica.

En relación a la presencia de aristas en el fruto solo el individuo 354, sometido a 15 Gy presentó frutos con estas características.

Hubo uniformidad respecto a brillantes de la cáscara, así como respecto a posición del pedicelo en el fruto que en todos los casos fué asimétrico.

Para todos los individuos evaluados la forma del pedicelo fué cónica. Respecto a la característica pedicelo con forma de cabeza de clavo, esta estuvo ausente en general con excepción de los individuos 385 y 359 de 10 Gy y 341 y 343 de 5 Gy, que sí la presentaron.

CONCLUSIONES

La radiación genera mayor variabilidad respecto a forma del árbol y del fruto; propicia una reducción en altura y diámetro del árbol. En las dosis de 15, 20 y 25 Gy se detectó menor longitud de ramas y menor longitud promedio de sección anual de crecimiento. La dosis de 15 Gy mostró un comportamiento más uniforme respecto a distribución de ramas. El número de ramas principales, el ángulo de inclinación de las ramas y el número de brotes prolépticos se incrementan significativamente al aumentar la dosis de radiación. El tamaño de fruto se reduce y se aumenta la longitud del pedúnculo en el material irradiado.

LITERATURA CITADA

- Hallé, F., R.A. Oldeman, A. and P.B. Tomlinson. 1978. Tropical trees and forests-and architectural analysis. Springer -Verlad. 441p.
- IPGRI. 1995. Descriptores para aguacate (*Persea* spp.). Instituto Internacional de recursos fitogenéticos. Roma, Italia. 54p.
- Lacey, C. N. D. and A.I. Campbell. 1982. Progress on mutation breeding on apples (*Mallus plumila* Mill.). Induced mutations in vegetatively propagated plants. O.I.E.A. 310 p.
- Thorp, T. G. 1992. A study of modular growth on avocado (*Persea americana* Mill.). University of Adelaide. 107 p.