

# MORFOLOGIA Y FRUCTIFICACION EN AGUACATE CV. HASS SOMETIDO A RADIACION GAMMA DE $^{60}\text{Co}$

## MORPHOLOGY AND FRUITING ON HASS AVOCADO SUBJECTED TO $^{60}\text{Co}$ GAMMA IRRADIATION

Eulogio De La Cruz Torres<sup>1</sup>, Martín Rubí Arriaga<sup>2</sup>, Lorena Sandoval R.<sup>3</sup> y Jorge Ibáñez P.<sup>4</sup>

### RESUMEN

Se presenta la evaluación del desarrollo vegetativo y reproductivo de 94 árboles, generados a partir de varetas sometidas a radiación gamma de  $^{60}\text{Co}$  en dosis de 0, 5, 10, 15, 20 y 25 Gy e injertadas en julio de 1993. Se encontró que las dosis de 20 y 25 Gy propician una reducción en altura sin modificar sustancialmente el diámetro del follaje. Estas mismas dosis generaron mayor variabilidad en altura y circunferencia del injerto. Las dosis de 10 y 15 Gy propiciaron aumento en la extensión del vástago y de la lámina foliar. Esta última dosis indujo un incremento en el número de frutos del 200% respecto al testigo. La radiación afectó ligeramente características de fructificación tales como longitud y diámetro del fruto, pedúnculo y pedicelo.

Palabras clave: *Persea americana*, aguacate, mutagénesis radioinducida, fitomejoramiento, radiación.

### ABSTRACT

Evaluation of vegetative and reproductive development and fruiting of 94 Hass avocado trees (three years old), obtained by irradiation of budwood with  $^{60}\text{Co}$  gamma rays, and grafted on mexican seedling rootstocks. Doses of 20 and 25 Gy induced a reduction on tree height keeping foliage diameter unchanged, thus promoting a trend to horizontal growth. These doses also generated maximum variability regarding to tree height and trunk circumference. Maximum increase in shoot and leaves length was found at 10 and 15 Gy, being the highest number of fruits per tree found at 15 Gy (200% more than control). It was found that irradiation affects slightly fruit characters such as length and diameter of fruit, peduncle and pedicel.

Key words: *Persea americana*, avocado, radioinduced mutagenesis, plant breeding, radiation.

### INTRODUCCION

---

<sup>1</sup> Depto. Biología. ININ. A.P. 18-1027, C.P. 11801, México, D.F.

<sup>2</sup> Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., C.P. 51700. Coatepec Harinas, México.

<sup>3</sup> UNAM. ENEP-Iztacala. Biología. C.P. 54090. Tlalnepantla, México.

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. A.P. 435, C.P. 50000, Toluca, México.

El fruto de aguacate ha ganado popularidad en muchos mercados del mundo gracias a su alto valor nutritivo y cada día se involucran un mayor número de países en el cultivo de este frutal. Sin embargo, el árbol de aguacate presenta varias limitantes como son la sensibilidad a varios factores climáticos y edáficos, baja productividad, excesivo vigor de las plantas, etc. Razón por la cual se han establecido programas de mejoramiento genético en países como Estados Unidos de América, Israel, Sudáfrica y México entre otros, con el propósito de generar variedades que contraresten los problemas antes señalados así como aspectos más específicos como son precocidad a producción, calidad de fruta principalmente para exportación, época de cosecha, tamaño de fruto y tamaño de semilla (Sánchez *et al.*, 1991; Bergh, 1992; Witney y Martín 1995; Lahav *et al.*, 1995, Zeldá *et al.*, 1995).

En dichos programas se han seguido los métodos tradicionales como son evaluación de segregantes, autopolinizaciones, hibridaciones ó cruza dirigidas, colectas de germoplasma y a fechas recientes se ha incursionado en el uso de las técnicas nucleares (Sánchez *et al.*, 1989)

Aunque estos trabajos han sido orientados a obtener cultivares superiores a los actuales, se puede decir que 'Hass' ejerce un dominio casi total al ocupar alrededor del 90% de la superficie mundial cultivada con aguacate. Sin embargo, su excesivo crecimiento, así como el reducido tamaño de fruto, han marcado la necesidad de realizar trabajos de investigación al respecto (Sánchez *et al.*, 1991).

Dado el contexto anterior, podemos señalar que lo que se puede buscar son ligeras modificaciones al cultivar Hass, para lo cual los métodos convencionales no son muy efectivos porque provocan la segregación de caracteres indeseables. Sin embargo, y afortunadamente se puede recurrir a otros procedimientos de mejoramiento, como es el caso de la mutagénesis radioinducida, la cual ha demostrado su utilidad para modificar algunos parámetros vegetativos de las plantas como son porte, época de producción, etc. (Donini, 1992).

Razón por lo que dentro del programa de mejoramiento genético mediante mutagénesis radioinducida iniciado en 1989, a partir de 1993, se consideró especial atención a 'Hass' con la finalidad de obtener individuos con reducido crecimiento, precocidad, alta productividad y mejor calidad de fruto.

A tres años de iniciado el proyecto, los resultados obtenidos indican que se está avanzando, pero es necesario aclarar que la investigación se encuentra en etapas iniciales, por lo que será preciso continuar evaluando los materiales en base a su comportamiento en función del tiempo (años) y a la estabilidad de los caracteres mejorados (porte, precocidad y productividad) en generaciones sucesivas.

## **MATERIALES Y METODOS**

Se evaluaron características de desarrollo vegetativo: altura, circunferencia del injerto, diámetro del follaje, longitud del brote nuevo, longitud y diámetro de entrenudos y longitud de la lámina foliar, y de fructificación: longitud y diámetro del fruto, longitud del pedúnculo

y pedicelo, así como índices de selección de porte bajo: densidad estomatal y porcentaje de área transversal de corteza, en 94 árboles de aguacate irradiados en 1993 (De La Cruz *et al.*, 1993).

El número de repeticiones por dosis de radiación es diferente dado que a mayor dosis se obtiene menor sobrevivencia (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de árboles por dosis

Error! Bookmark not defined.Dosis (Gy)	No. de árboles
0	28
5	15
10	17
15	26
20	5
25	3

Los datos obtenidos en las evaluaciones fueron analizados mediante técnicas de estadística descriptiva, análisis de varianza para un criterio de clasificación, con número desigual de repeticiones y análisis de regresión y correlación.

## RESULTADOS

### 1. Caracteres relacionados con el porte del árbol

**1.1. Altura y circunferencia del injerto.** En la figura 1 se muestra el comportamiento promedio de las variables altura y circunferencia del injerto en función de la dosis. Si bien el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos (debido a la alta variabilidad entre individuos dentro de tratamientos), se observa una tendencia decreciente en la dosis de 20 y 25 Gy, lo que concuerda con lo reportado en estudios previos (De La Cruz *et al.*, 1995).

Dado que existe una correlación positiva entre circunferencia del injerto y altura (López y Barrientos, 1987), se considera que este carácter es un índice de selección para porte bajo. En la figura 1 se observa que el comportamiento de la circunferencia del injerto en función de la dosis, es muy similar al de la variable altura, con un coeficiente de correlación  $r=0.87^*$ .

Dado que en el mejoramiento por mutagénesis se pretende ampliar la variabilidad genética, la variabilidad de la altura y circunferencia del injerto se evaluó en términos del coeficiente de variación (Figura 2), observándose que existe mayor coeficiente de

variación en las dosis de 15 y 20 Gy respecto al testigo, por lo que el comportamiento de la variación de estos caracteres es similar al observado el año anterior (De La Cruz *et al.*, 1995).

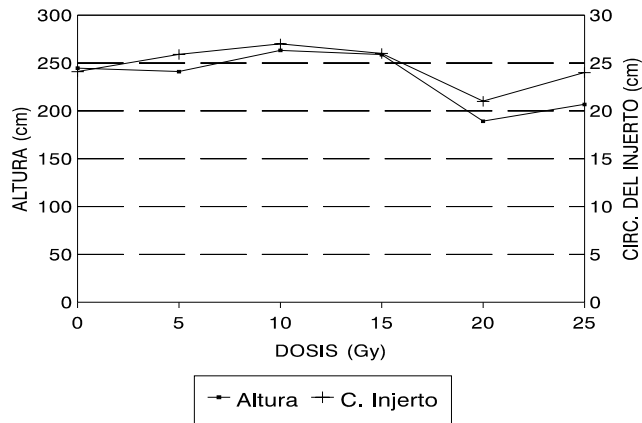


Figura 1. Altura y circunferencia del tronco en función de la dosis.

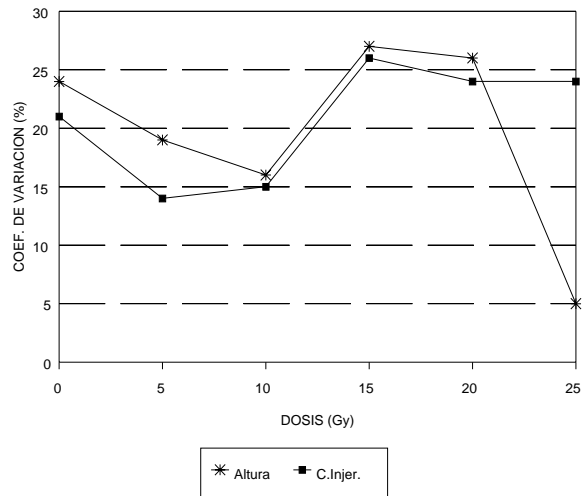


Figura 2. Variación de altura y circunferencia del injerto en función de dosis.

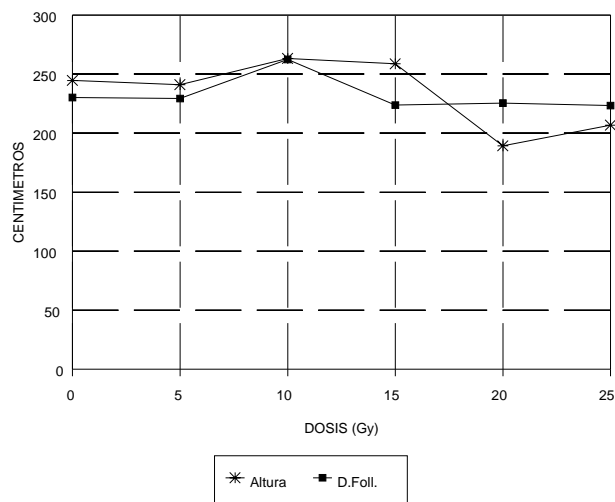


Figura 3. Diámetro del follaje y altura en función de la dosis.

**1.2.-Diámetro del follaje.** Uno de los factores que determinan el porte de los árboles es el diámetro del follaje, existiendo dos alternativas de mejoramiento respecto a éste carácter. Por una parte árboles de follaje reducido (aunque altos) permiten establecer plantaciones a distancias más cortas. Por otro lado árboles de porte bajo con predominio del crecimiento horizontal permiten aumentar la densidad de plantación y facilitan las labores de cultivo (Bergh, 1992).

En la figura 3 se muestra el comportamiento promedio del diámetro del follaje comparado con la altura en función de la dosis, destacando la dosis de 10 Gy con un valor promedio mayor, el resto de los tratamientos presentó un comportamiento similar al testigo. Es de notar que en las dosis altas la altura presenta una drástica reducción en relación al testigo en tanto que el diámetro del follaje se mantiene similar al del control, lo que indica tendencia al crecimiento horizontal como se verá posteriormente.

El coeficiente de variación para diámetro del follaje fue inferior al testigo en todos los tratamientos.

### 1.3. Diámetro del follaje/altura y proporción de área transversal de corteza (A.T.C).

La relación diámetro del follaje/altura permite apreciar la tendencia del crecimiento de los árboles. Relaciones superiores a la unidad indican tendencia al crecimiento horizontal, en tanto que valores inferiores muestran tendencia al crecimiento vertical (Rubí 1989; Thorp y Sedgley, 1992). Por otra parte a mayor proporción de área transversal de corteza, se tiene menor altura de los árboles para el caso del aguacate (López y Barrientos, 1987).

La Figura 4. muestra el comportamiento de la relación diámetro del follaje/altura y de la proporción de A.T.C en función de la dosis.

Es de notar que en las dosis de 10, 20 y 25 Gy el promedio de la relación diámetro del follaje/altura es mayor que la unidad, lo que indica que varios árboles presentan tendencia

al crecimiento horizontal. Existe así mismo una estrecha relación entre ésta variable y la proporción de área transversal de corteza ( $r=0.92^{**}$ ), lo que indica que los individuos sometidos a éstas dosis presentan características genéticas tendientes al porte bajo.

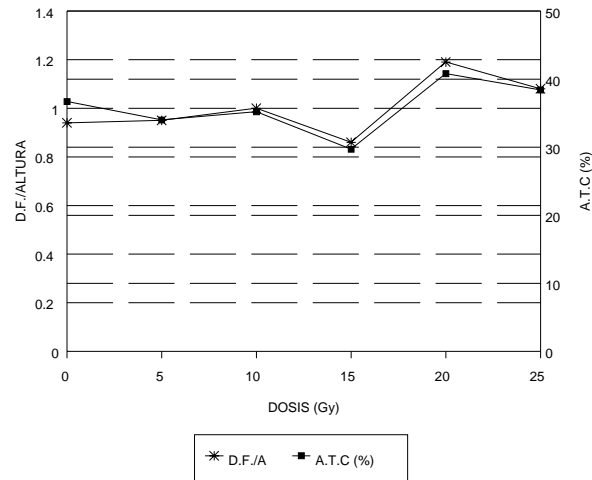


Figura 4. Diámetro del follaje altura y % de A.T.C. en función de la dosis.

Esto se hace más notorio al considerar el porcentaje de árboles con relación DF/A mayor que uno por tratamiento, como se muestra en la Figura 5, destacando que con excepción de la dosis de 15 Gy el resto de los tratamientos supera al testigo. Evidentemente un efecto de la radiación es el incremento del número de individuos con tendencia al crecimiento horizontal.

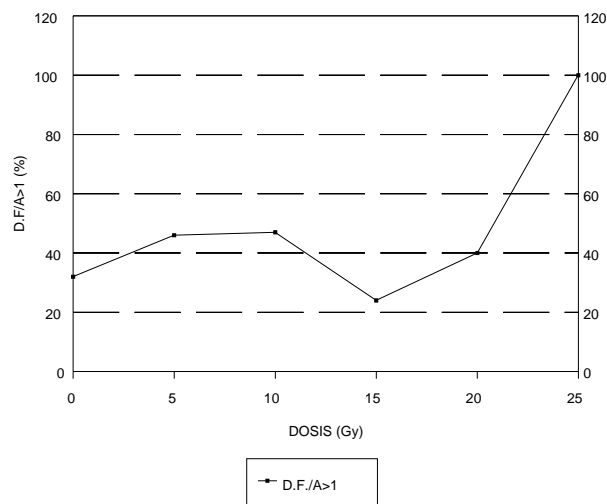


Figura 5. Porcentaje de árboles con D.F./A.>1 respecto a dosis

**1.4.-Características del desarrollo de brotes nuevos.** En la continua evaluación de brotes nuevos se pueden identificar posibles mutantes. Parámetros como longitud del brote del crecimiento del año, longitud y diámetro de entrenudos y longitud de la lámina foliar permiten caracterizar posibles mutantes.

En las Figuras 6 y 7 se muestra el comportamiento de éstas variables en función de la dosis.

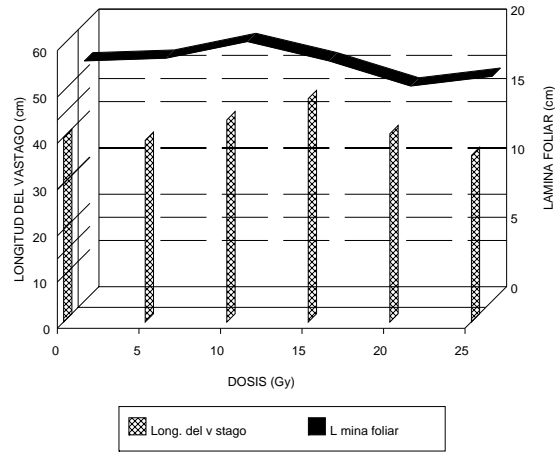


Figura 6. Longitud del vástago y lámina foliar en función de la dosis. En la figura 6 se observa que la extensión del vástago y lámina foliar presentan la misma tendencia respecto a un ligero incremento en las dosis intermedias y una ligera reducción en las dosis altas en comparación con el testigo, lo que concuerda con el comportamiento de la variable altura.

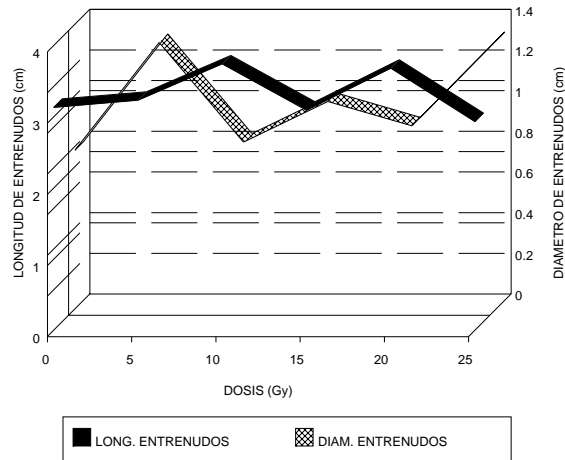


Figura 7. Longitud y diámetro de entrenudos en función de la dosis.

En la figura 7 se muestra el comportamiento de las variables longitud y diámetro de entrenudos, encontrando una tendencia inversa, es decir al aumentar la longitud el diámetro disminuye y viceversa, siendo esto más evidente en las dosis más altas, esto concuerda con lo reportado por Lacey y Campbell (1981), al evaluar mutantes de manzano, generados por radiación.

Respecto a la densidad de estomas ésta no siguió un comportamiento definido dado que tres de las cinco dosis presentaron valores muy similares al testigo (48.5 estomas por campo 40X), en tanto que 10 y 20 Gy presentaron valores inferiores (31.9 y 40.4 respectivamente), por lo que se seguirá poniendo atención a esta variable.

Del análisis de datos presentados hasta ahora se desprende que las dosis de entre 10 y 25 Gy propician aumento en variabilidad y tendencia a reducir el porte del árbol.

## **2.- Caracteres relacionados con la producción**

Dado que el objetivo fundamental de esta investigación es lograr individuos de porte bajo y alta productividad a continuación se presenta el análisis relativo a número de frutos.

**2.1. Número de frutos.** En la figura 8 se muestra el promedio de número de frutos en función de la dosis, en tres fechas de evaluación: frutos tamaño cabeza de cerillo (febrero´96), frutos tamaño canica (julio´96) y frutos previos a madurez fisiológica (noviembre´96). Las dosis de 5, 10 y 15 Gy presentan mayor número de frutos que el control siendo el incremento de hasta 200% en ésta última. Cabe hacer notar que el mayor número de frutos corresponde a un mayor número de flores (De La Cruz *et al.*, 1995) y en consecuencia mayor amarre de frutos en el material irradiado, dado que al analizar el porcentaje de abscisión en las diferentes fechas este se comporta de manera similar para todos los tratamientos, oscilando entre 69 y 79% en noviembre.

La variación en número de frutos por árbol dentro de tratamientos es enorme, con un coeficiente de variación superior al 90% en todos los tratamientos.

Debe tomarse en cuenta que es el tercer año después de la injertación, por lo que realmente los datos relativos a fructificación corresponden a la etapa que los cultivadores denominan "ensayos", requiriéndose mayor tiempo para tener datos más concluyentes.

**2.2. Tamaño del fruto.** Las características promedio de diámetro y longitud del fruto se muestran en la figura 9, observándose una ligera reducción de longitud en las dosis de 5, 10 y 25 Gy y un aumento en las dosis de 15 y 20 Gy. El diámetro presentó valores inferiores al testigo en todos los tratamientos.

**2.3. Pedúnculo y pedicelo.** La longitud del pedúnculo y pedicelo muestran una tendencia marcada a la reducción al aumentar la dosis, en 20 Gy se hace evidente una drástica reducción en la longitud y diámetro del pedúnculo y un incremento en la longitud del pedicelo (Fig 10).



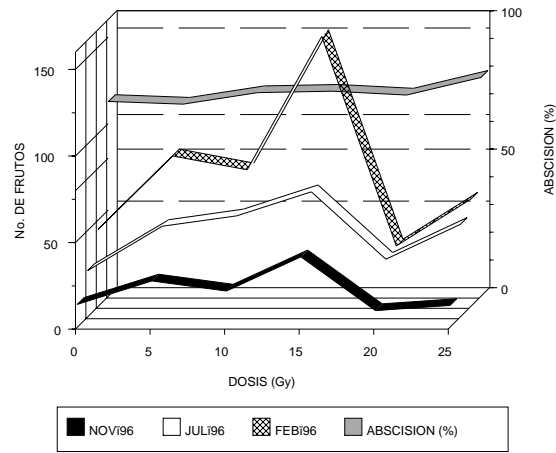


Figura 8. Número de frutos en diferentes etapas de desarrollo y abscisión.

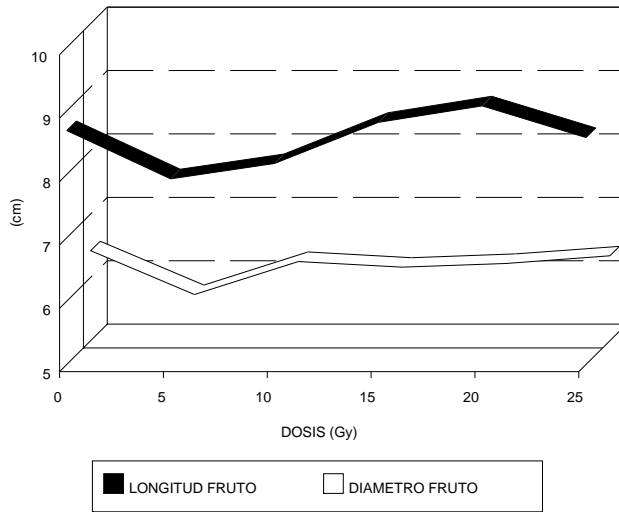


Figura 9. Longitud y diámetro del fruto.

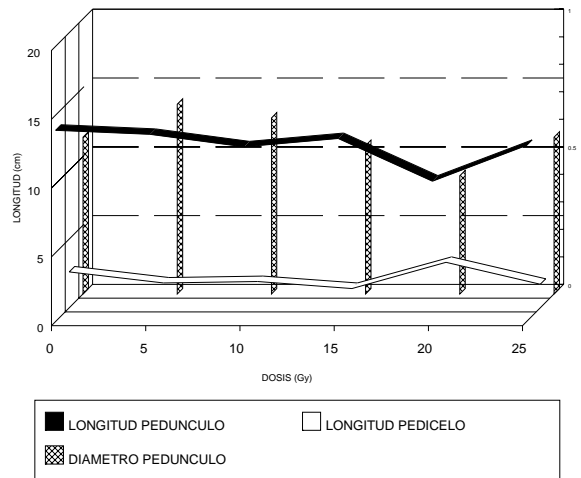


Figura 10. Características del pedúnculo y del pedicelo.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones que se presentan a continuación corresponden al comportamiento promedio de los tratamientos.

Dosis de 20 y 25 Gy inducen una reducción en altura promedio sin modificar el diámetro del follaje, promoviendo una tendencia al crecimiento horizontal.

Dosis de 15 y 20 Gy propiciaron un aumento en variabilidad para altura y circunferencia del injerto.

Dosis intermedias propician un incremento en la extensión del vástago y en la lámina foliar.

Se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre porcentaje de área transversal de corteza y la relación diámetro del follaje/altura.

La dosis de 15 Gy propició un incremento en 200% el número de frutos.

La radiación afecta ligeramente las variables longitud y diámetro del fruto y pedúnculo así como longitud del pedicelo.

## LITERATURA CITADA

- Bergh B.O. 1992. The origin, nature and genetic improvement of avocado. California Avocado Society Yearbook. pp: 67-75.
- De La Cruz T. E., M. Hernández A., M. Rubí A. y C. Saavedra G. 1993. Evaluación de radiosensibilidad del aguacate cv. Hass con fines de mejoramiento. *In*: Memorias de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. Rubí Arriaga M. (Ed). Coatepec Harinas, México. pp: 121-128.

- De La Cruz T. E., M. Rubí A. y T. Falcón B. 1995. Efecto de la radiación gamma sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo del aguacate cv. Hass. *In:* Memorias de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C., Rubí A.M., Salgado S.M.L. y Lopez L.L. (Eds). Coatepec Harinas, México. pp: 55-60.
- Donini B. 1992. Mutagenesis applied for the improvement of vegetatively propagated plants II. Thecnical aspects of mutagenic treatment. Curso corto sobre aplicación de técnicas nucleares en agricultura. OIEA, EAZ, ININ, Universidad de Guanajuato, Facultad de Agronomía. 29 p.
- Lacey C.N.D. and A.I. Campbell. 1981. Mutation breeding of apple at Long Ashton U.K. Mutation Breeding Newsletter. 18:2-5.
- Lahav E., U. Lavi., C. Degani. And S. Gazit. 1995. Avocado Breeding in Israel. Program and Book of Abstracts. World Avocado Congres III. Tel Aviv, Israel. pp:119
- López J. A. y A. F. Barrientos P. 1987. Selection of dwarf rootstocks of avocado (*Persea americana* Mill.). I. Studies of bark: xylem relationship in trunks of cv. Colín V-33 seedlings. California Avocado Society. Yrbk. 71:225-234.
- Rubí A. M. 1989. Descripción de segregantes de la variedad de porte bajo Colín V-33. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. 119 p.
- Sánchez C.S., Rubí A.M., Sosa Ch. R. Y Hernández A.M. 1989. Radiosensibilidad de diferentes materiales de aguacate (*Persea americana* Mill.) *In:* II Seminario Nacional. Uso de la irradiación en fitomejoramiento. Hernández, Ayala *et al.*, (Eds). México. pp:119-130.
- Sánchez C.S., De la Cruz T.E. y Rubí A.M. 1991. Avances en el programa de selección y mejoramiento genético del aguacate (*Persea americana* Mill.) en CICTAMEX, *In:* Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Ortega P.R. *et al.*, (Eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética de México. pp: 295-307.
- Thorp G.T. and M. Sedgley. 1992. Shoot growth and architecture in a range of avocado trees. Second world avocado congress. Proceedings. Ahahein, California. E.U.A. pp: 237-240.
- Whitney G. and G. Martín. 1995. Taking the California Avocado Breeding Program in to the Next Century. Program and Book of Abstracts. World Avocado Congress III. Tel Aviv, Israel. pp:118.
- Zelda B., A. Sippel, B. Shijder, H. Breedt and B. Cillers. 1995. Avocado Breeding and Evaluation of Genotypes in the Republic of South Africa. Program and Book of Abstracts. World Avocado Congress III. Tel Aviv, Israel. pp:117.

Las ilustraciones muestran el comportamiento de algunos de los sujetos sometidos a los tratamientos de irradiación donde cobra importancia la fructificación.