

**ESTIMACION DE COMPONENTES DE VARIANZA GENETICA  
Y HEREDABILIDAD EN CARACTERES DE INTERES AGRONOMICO  
EN AGUACATE (*Persea americana* Mill.)**

**ESTIMATION OF GENETIC VARIANCE COMPONENTS AND HERITABILITY ON  
AGRONOMIC INTEREST TRAITS ON AVOCADO (*Persea americana* Mill.)**

**Eulogio De la Cruz Torres<sup>1</sup> y Jaime Sahagún Castellanos<sup>2</sup>**

**RESUMEN**

Se realizó la estimación de componentes de varianza genética y heredabilidad en sentido estrecho para ocho caracteres en poblaciones de aguacate establecidas en Coatepec Harinas, México. En virtud de que la obtención de variedades de porte bajo es uno de los objetivos del fitomejorador, se puso especial énfasis en la determinación de la correlación entre algunos criterios de selección para porte bajo y altura en árboles de tres años de edad. Se encontró una correlación negativa y altamente significativa entre altura y proporción de área transversal de corteza y positiva y altamente significativa entre altura y diámetro del tallo. No se encontró correlación entre altura y número de entrenudos. Las estimaciones de las heredabilidades fueron las siguientes: proporción de área transversal de corteza (0.85 y 0.46, métodos de regresión y covarianzas, respectivamente), número de entrenudos (0.11 y 0.12), diámetro del tallo (-0.1 y 0.02), relación diámetro del follaje/altura (0.76 y 0.35), peso del fruto (0.98 y 0.73), peso de la semilla (0.30 y 0.12), porcentaje de pulpa (0.80 y 0.30) y grosor de la cáscara (0.82 y 0.53).

Palabras clave : Varianza genética, heredabilidad, aditividad, dominancia.

**ABSTRACT**

Estimation of genetic variance components and narrow sense heritability was made on eight characters on avocado populations using the regression offspring-maternal parent and the covariance methods. Considering that the reduction in tree height is one of the most desired traits in avocado breeding, special emphasis was placed in regard to correlations between some selection index and the height of three years old trees. It was found a negative and highly significant correlation between height and ratio of transversal bark area in regard to xylem, and a positive and highly significant correlation between trunk diameter and height. No correlation was found between height and internodes length. Estimates of heritability were as follows : transversal bark area percentage 0.85 and 0.46 (regression and covariance methods respectively), internodes length 0.11 and 0.12; stem diameter -0.1 and 0.02; foliage diameter to height ratio 0.76 a 0.35; fruit weight 0.98 and 0.73; seed weight 0.30 and 0.12; pulp ratio 0.80 and 0.30 and skin thickness 0.82 and 0.53.

Key words: Genetic variance, heritability, additive, variance, dominance.

**INTRODUCCION**

---

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

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. Fax (595) 4 09 57

Entre los métodos utilizados por el fitomejorador existen dos que lejos de ser excluyentes se complementan entre sí: la hibridación, que permite conjugar características de dos progenitores (los cuales se cruzan) en un solo individuo y la selección, que cuando se realiza recurrentemente permite acumular gradualmente características positivas y/o incrementar la intensidad de una de más interés.

En virtud de que la hibridación se basa fundamentalmente en la explotación de la varianza genética no aditiva, y de que la selección se fundamenta en la explotación de la varianza genética aditiva, es conveniente, a efecto de establecer una adecuada estrategia de mejoramiento, conocer los componentes de varianza genética y la heredabilidad de los caracteres de interés agronómico en la población de interés.

A la fecha se han realizado diversos estudios sobre componentes de varianza genética y heredabilidad para cultivos básicos como trigo, maíz, frijol, etc.; sin embargo, para el caso de frutales, el número de trabajos relativos al tema disminuye sustancialmente. En el caso del aguacate, no obstante su importancia socioeconómica, el número de estudios al respecto es muy reducido.

En el aguacate, por su porte y por su ciclo de vida relativamente largo, el tiempo y el espacio requeridos para su mejoramiento genético son de bastante consideración en relación a lo que se demanda en cultivos anuales. Sin embargo, la información relativa a componentes de varianza y heredabilidad que se pueda obtener debe ser de gran valor para la mejor orientación de las estrategias de mejoramiento genético de esta especie. Por esta razón es necesario realizar investigación orientada a la evaluación y desarrollo de métodos para conocer la estructura de variabilidad genética de las poblaciones de esta especie. Siendo este conocimiento de gran valor para el desarrollo de cultivares superiores. Es con este tópico con el que más se relaciona este trabajo de investigación.

Como objetivo general se planteó estimar los componentes de varianza genética y heredabilidad de caracteres de interés en ciertas poblaciones de aguacate mediante los métodos de regresión de la media de la progenie sobre el progenitor materno y covarianzas en familias de medios hermanos.

Un principio fundamental que debe tomarse en consideración en el método de covarianzas es que en una población bajo apareamiento aleatorio en la cual se pueden identificar grupos (de hermanos completos o de medios hermanos, por ejemplo), la varianza entre grupos es igual a la covarianza de individuos dentro de grupos (Kempthorne, 1957). En este sentido, se ha demostrado que la covarianza de medios hermanos es igual a un cuarto de la varianza aditiva (Mather, 1964).

El método de análisis de varianza para estimar componentes de varianza genética consiste en igualar los cuadrados medios con sus esperanzas (Searle, 1971). El sistema de ecuaciones lineales obtenido se resuelve para los componentes de varianza como funciones de los cuadrados medios.

Laví *et al.*, (1991, 1993) al realizar el estudio de componentes de varianza genética y heredabilidad mediante el método de covarianzas en segregantes autopolinizados, medios hermanos, cruza y recíprocos, respecto a los caracteres tamaño del árbol, intensidad de floración, densidad de floración, peso del fruto, longitud de la inflorescencia, tamaño de la semilla, tiempo

de madurez fisiológica a madurez de consumo y duración de la cosecha, encontraron desviaciones de dominancia que variaron de muy altas en relación a tamaño del árbol a bajas para el carácter tamaño de semilla. Por otra parte, reportan que el nivel de varianza genética aditiva varió de alto a mediano en la mayoría de las características con excepción del peso del fruto y densidad de floración para las cuales la varianza aditiva es baja. Otros estudios relativos a los caracteres cuantitativos en aguacate, han sido realizados por Bergh (1966) y Bergh y Ellstrand (1986). Estos autores reportan la autopolinización de las variedades Hass y Fuerte, para establecer la ascendencia genética de ambas variedades, concluyendo que la variedad Hass tiene de 10-15% de genes de la raza mexicana y 90-85% de genes de la raza guatemalteca, en tanto que la variedad Fuerte tiene 50% de genes de ambas razas. No obstante lo amplio del estudio realizado, no reportan valores de componentes de varianza genética y heredabilidad para ningún carácter.

Otra metodología para obtener componentes de varianza genética y heredabilidad es mediante la regresión de la media de la progenie sobre un progenitor ( $b_{op}$ ) y se obtiene dividiendo la covarianza progenie-progenitor entre la varianza de los progenitores, la cual es la varianza fenotípica de la población; es decir (Falconer, 1986):  $b_{op}=(1/2)(V_A/V_P)=1/2(h^2)$ . Se considera el valor medio de la progenie de cada progenitor sin especificar el número de individuos en los cuales está basada la progenie.

Para el caso del aguacate, Barrientos y Sánchez (1983) realizaron un estudio de variabilidad de segregantes del cv. Colín V-33, estimando la heredabilidad para el carácter número de ramas, mediante el método de regresión progenie-progenitor, encontrando una estimación de  $\hat{h}^2=0.74$ . Con base en que el carácter número de ramas está negativamente correlacionado con la variable altura, concluyeron que existe alta heredabilidad para el carácter porte bajo.

## MATERIALES Y METODOS

### Descripción del área de estudio

Los materiales utilizados en este trabajo se desarrollaron en el Campo Experimental "La Cruz" de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C., ubicado en Coatepec Harinas, México, con una altura sobre el nivel del mar de 2 140 metros, clima templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura mínima de 0°C, temperatura máxima de 32°C y media de 14.9°C, 1,135 mm de precipitación media anual, 499 horas frío (Método de Da Motta) y una acumulación de unidades calor de 3614 (Método residual), período de crecimiento de 177 días y presencia de heladas de noviembre a febrero (De La Cruz y Reyes, 1992).

### Materiales genéticos utilizados y variables evaluadas

La población de referencia no es la misma para la evaluación de los caracteres vegetativos y reproductivos en virtud de que los datos de que se dispuso para realizar los estudios corresponden a poblaciones utilizadas en el programa de mejoramiento genético del aguacate en CICTAMEX,

estando en diferentes etapas de desarrollo. Los genotipos usados se muestran en los Cuadros 1 y 2.

**Cuadro 1. Genotipos y número de individuos empleados en las estimaciones relacionadas con caracteres vegetativos.**

Genotipo	% A.T.C	Entrenudos y diámetro del tallo	Relación diámetro del follaje/altura
Pinkerton	11	11	9
Fuerte 96 PJ	8	13	13
Tolimán 328 PJ	19	29	29
Rincoatl	5	9	9
Cictamex 4Pme	3	4	4
VX-2	2	7	7
Cictamex 131PLS	3	4	4
Colín V-33	19	4	118
Cictamex 222 PLC	4	5	5
Cictamex 175 PLS	5	5	5
Criollo			87
Coatepec			41
Hass			35
Fuerte			5

**Cuadro 2. Genotipos y número de individuos empleados en las estimaciones relacionadas con caracteres del fruto.**

Genotipo	Peso del fruto	Peso de la semilla y % de pulpa	Grosor de cáscara
Fuerte 96 PJ	4	4	6
Tolimán 328 PJ	5	4	3

Colín V-33	54	23	26
Cictamex 175 PLS	6	6	6
Criollo	32	32	26
Coatepec	11	10	10
Hass	29	25	27
Cictamex 137 PLS	8	6	2
Cictamex 54 PLS	15	15	15
Colín V-101	2	2	2

En el presente trabajo se estimaron los componentes de varianza genética de los siguientes caracteres:

Proporción de área transversal de corteza (%); número de entrenudos; diámetro del tronco (cm); relación diámetro del follaje/altura; peso del fruto (g); peso de la semilla (g); porcentaje de pulpa y grosor de cáscara (mm).

## Métodos de estimación de componentes de varianza

### Regresión progenie-progenitor

Se ha establecido que el coeficiente de regresión de la media de la progenie respecto a un progenitor permite estimar la heredabilidad del carácter y en consecuencia la varianza genética aditiva (Falconer, 1986). Para aplicar esta metodología se evaluaron las características de las progenes utilizando el promedio de las mismas y procediendo a realizar la regresión respecto a los valores individuales de los progenitores maternos correspondientes. La estimación de la heredabilidad se hizo de acuerdo con la expresión:

$$\hat{h}^2 = 2(b) = \hat{\sigma}_A^2 / \hat{\sigma}_F^2$$

Donde  $\hat{h}^2$  es la heredabilidad en sentido estrecho, b es el coeficiente de regresión de la media de la progenie sobre el progenitor femenino y  $\hat{\sigma}_F^2$  es la varianza fenotípica de los progenitores. Una vez obtenido el valor estimado de la heredabilidad se estimó la varianza aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) despejando de la expresión anterior:

$$\hat{\sigma}_A^2 = (\hat{h}^2)(\hat{\sigma}_F^2)$$

Dado que el presente estudio se realizó tomando en cuenta una sola localidad, la estimación de la varianza ambiental no se pudo realizar con precisión, por lo que se procedió a tratar de evaluarla tomando en consideración la varianza promedio de diversos genotipos propagados vegetativamente ya que al ser los individuos dentro de cada genotipo genéticamente homogéneos, la varianza que se pueda detectar es una estimación de la varianza ambiental (Falconer, 1986). La fórmula usada para estimar la varianza ambiental considerando que en algunas variables se tenía diferente número de genotipos y de individuos por genotipo fué la

siguiente:

$$\hat{\sigma}_E^2 = \frac{\sum_i^t \sum_j^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{(\sum_i^t n_i - t)}$$

en la que se tienen t genotipos, con una muestra de n individuos por genotipo.

Dado que  $\sigma_F^2$  se puede estimar como la varianza fenotípica de los progenitores, conociendo  $\hat{\sigma}_F^2$  y  $\hat{\sigma}_E^2$  se puede estimar la varianza de dominancia aplicando la expresión:

$$\hat{\sigma}_D^2 = \hat{\sigma}_F^2 - \hat{\sigma}_A^2 - \hat{\sigma}_E^2.$$

### Covarianza de medios hermanos

Para el caso en que se tiene una muestra aleatoria de g grupos con una muestra de r individuos en cada uno de ellos, la explicación del valor genotípico del j-ésimo individuo del grupo i ( $Y_{ij}$ ), se puede obtener mediante:

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= u + g_i + e_{ij} \\ \text{Cov}(g_i, e_{ij}) &= 0 \\ i &= 1, 2, \dots, g; j = 1, 2, \dots, r_i \\ E(g_i) &= 0, E(g_i^2) = \sigma_g^2 \\ E(e_{ij}) &= 0, E(e_{ij}^2) = \sigma_e^2. \end{aligned}$$

Para este modelo se encontró (Kempthorne, 1957) que:

$$\text{Cov}(Y_{ij}, Y_{ij'}) = \sigma_g^2 \quad j \neq j'$$

Dado que las familias de medios hermanos tenían diferente número de miembros, el análisis de varianza se realizó de acuerdo con el modelo de un criterio de clasificación con números desiguales de individuos dentro de los grupos de medios hermanos. La forma general del análisis de varianza se muestra en el Cuadro 3 (Sahagún, 1996).

**Cuadro 3. Análisis de varianza para g familias de medios hermanos<sup>1</sup>.**

Fuente de variación	Cuadrado medio	Esperanza de cuadrados medios
Grupos (Familias de medios hermanos)	$C_1$	$\sigma_w^2 + [1/(g-1)](\sum n_i - \sum n_i^2/N)\sigma_{BG}^2$
W (Dentro de grupos)	$C_2$	$\sigma_w^2$

1.-La familia i fue formada por  $n_i$  individuos ( $i=1,2,\dots,g; \sum n_i=N$ )

Ahora, como la covarianza de medios hermanos [Cov (MH)] en una población con apareamiento aleatorio es:  $Cov (MH)=(1/4)\sigma_A^2$ , un estimador insesgado de la varianza aditiva sería  $4\hat{\sigma}_h^2$ , en donde  $\hat{\sigma}_h^2$ , es un estimador insesgado de  $\sigma_h^2$  o de  $\sigma_{BG}^2$  según se anota en el Cuadro 3.

Así la estimación de la varianza aditiva se puede realizar de acuerdo con la expresión:

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4(C_1 - C_2)/k_1$$

en donde:

$g$  = Número de hembras

$k_1 = [1/(g-1)](\sum n_i - \sum n_i^2/N)$  y

$$\hat{\sigma}_h^2 = (C_1 - C_2)/k_1.$$

La varianza de dominancia se estimó considerando que la varianza intraparcelar ( $\sigma_w^2$ ) se puede descomponer en la forma (Márquez y Sahagún, 1994):

$$\sigma_w^2 = \sigma_{wg}^2 + \sigma_{we}^2$$

en donde  $\sigma_{wg}^2$  y  $\sigma_{we}^2$  son la varianza genética intraparcelar y ambiental intraparcelar, respectivamente.

$\sigma_{wg}^2 = \text{Varianza genética total} - \sigma_{BG}^2$  y

$\sigma_{BG}^2$  es la varianza genética entre familias ( $1/4 \sigma_A^2$ ). Así:

$$\sigma_{wg}^2 = 3/4(\sigma_A^2) + \sigma_D^2,$$

$$\sigma_D^2 = \sigma_{wg}^2 - 3/4(\sigma_A^2)$$

$$\hat{\sigma}_D^2 = C_2 - 3/4(\hat{\sigma}_A^2)$$

Una vez determinada la varianza de dominancia se procedió a calcular la heredabilidad mediante:

$$\hat{h}^2 = \hat{\sigma}_A^2 / (\hat{\sigma}_A^2 + \hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_E^2).$$

Similarmente al caso del método de regresión progenitor-progenie,  $\hat{\sigma}_E^2$  es el valor correspondiente al promedio de la varianza de varios genotipos propagados vegetativamente.

## RESULTADOS

### Estimaciones de componentes de varianza y heredabilidad.

En el Cuadro 4 se presentan las estimaciones de componentes de varianza genética y heredabilidad para los caracteres en estudio, observándose que el método de covarianzas produjo en general menores estimaciones de la varianza aditiva que el método de regresión.

Respecto a la varianza de dominancia este método proporcionó menores estimadores en uno de los ocho caracteres evaluados. En consecuencia el método de covarianzas proporciona

estimaciones de heredabilidad menores que el método de regresión en seis de los ocho caracteres evaluados.

**Cuadro 4. Estimaciones de componentes de varianza genética y heredabilidad para varios caracteres de interés en aguacate por el método de covarianzas y regresión.**

Carácter	Método de regresión				Método de covarianzas			
	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$	$\hat{\sigma}_E^2$	$\hat{h}^2$	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$	$\hat{\sigma}_E^2$	$\hat{h}^2$
Area transversal de corteza.	16.82	0.09	2.98	0.85	12.96	12.28	2.98	0.46
Número de entrenudos	1.54	2.72	9.72	0.11	2.17	5.72	9.72	0.12
Diámetro del tallo	-1.05	8.29	3.32	-0.1	0.137	4.40	3.32	0.02
Diámetro del follaje/altura	0.11	0.00	0.04	0.76	0.11	0.17	0.04	0.35
Peso del fruto	13346	154	118.9	0.98	2817	937.7	118.9	0.73
Peso de la semilla	81.92	97	77.20	0.32	28.24	131.4	77.20	0.12
Porcentaje de pulpa	59.6	11.05	3.89	0.80	18.68	38.02	3.89	0.30
Grosor de cáscara	0.3025	0.043	.023	0.82	0.135	.1384	.023	0.45

Estos resultados no concuerdan con lo establecido por Aguedo y Márquez (1975), quienes aseveran que las estimaciones de heredabilidad que se obtienen con base en componentes de varianza genética son mayores que las determinadas por el método de regresión, atribuyendo esto a que al utilizar datos obtenidos en un solo año se elimina la variabilidad ambiental atribuida a años. Sin embargo, los resultados obtenidos pueden estar asociados con una deficiente técnica de muestreo o un modelo inadecuado (Hallauer y Miranda, 1981).

Las diversas estimaciones de varianzas y heredabilidad encontradas por los dos métodos es un resultado que con cierta frecuencia se observa en la práctica del mejoramiento genético. Las explicaciones correspondientes han sido de naturaleza muy diversa. Por ejemplo Espiricueta *et al.*, (1973), al encontrar este problema en caracteres de variación continua en trigo, lo atribuyeron a efectos epistáticos no considerados en el modelo. Análogamente Salazar *et al.*, (1975) al estudiar altura de planta en trigos duros reportaron variaciones en las estimaciones lo que explicaron en términos de datos sesgados por el ambiente.

El haber encontrado mayores estimaciones de heredabilidad por el método de regresión concuerda con lo establecido por Aguedo y Márquez (1975), quienes establecen que el método de regresión es el que más se apega a la realidad cuando se selecciona con base en valores individuales. Es importante destacar que la estrategia de mejoramiento seguida en la población en estudio ha sido con base en selección individual (Sánchez *et al.*, 1991).

Los valores obtenidos mediante regresión concuerdan en magnitud con los reportados por Barrientos y Sánchez (1983) en sus estudios relacionados con el hábito de crecimiento del

aguacate y con los reportados por Pérez (1994a; 1994b), en sus trabajos sobre herencia de la resistencia a cenicilla y número de yemas florales en durazno.

### **Implicaciones a partir de los resultados obtenidos**

Dado que el aguacate es un importante frutal desde tiempos prehispánicos y en virtud de la gran diversidad de razas y tipos criollos es conveniente en el proceso de mejoramiento aprovechar el alto grado de heterocigocidad propiciado por la dicogamia, con el fin de obtener mejores variedades que superen a la variedad Hass cuyo cultivo predomina en la actualidad y que permitan satisfacer los requerimientos de los mercados internacionales, presentando resistencia a condiciones adversas de clima, suelo, enfermedades y plagas así como mayor eficiencia productiva y porte bajo.

A la fecha en los programas de mejoramiento genético del aguacate en México y en el mundo, la selección de progenitores se ha realizado con base en su comportamiento fenotípico, lo cual presupone una mayor componente de varianza aditiva del carácter en cuestión, de forma tal que, por ejemplo, si se quiere obtener un árbol de buena calidad de fruto como en el caso del cv. Hass, pero mejorar su tamaño, bajo este esquema habría que cruzar a este cultivar con otro de fruta más grande esperando que en su progenie se encuentre algún individuo que conjugue ambas cualidades. Si por otra parte se requiere cierta resistencia al frío habría que utilizar a la variedad Fuerte como uno de los progenitores. Sin embargo, no todos los caracteres presentan alta heredabilidad, sino como lo han demostrado Laví *et al.*, (1993), en algunos caracteres predomina la varianza genética no aditiva por lo que podría ser necesario propiciar cruzamientos con individuos que fenotípicamente no exhiban comportamiento sobresaliente respecto al carácter en cuestión con el fin de incrementar la variabilidad.

Para el caso de las poblaciones y características evaluadas los resultados obtenidos sugieren que si el objetivo del mejoramiento es la modificación del hábito de crecimiento, una buena estrategia podría ser algún esquema de selección recurrente tomando como criterios de selección caracteres de alta heredabilidad que presentan correlación significativa con la variable altura tales como proporción de área transversal de corteza y relación diámetro del follaje /altura.

Otros caracteres que se han asociado con el porte bajo tales como diámetro del tallo y número de entrenudos no presentaron correlación significativa con el porte y tienen baja heredabilidad por lo que no se recomiendan como índices de selección para porte bajo.

Si es preciso modificar sólo alguna o algunas características de interés en un cultivar aceptable (por ejemplo, reducir la altura de la variedad Hass sin modificar el peso del fruto), habrá que tomar en consideración otras estrategias de mejoramiento como la mutagénesis inducida que ha permitido generar variedades de porte bajo en manzana (Lacey, 1981) y portainjertos enanizantes y mutantes sobresalientes en aguacate (Pliego y Bergh, 1992; De La Cruz *et al.*, 1994).

En relación a características del fruto tales como peso, porcentaje de pulpa y grosor de cáscara tienen alta heredabilidad por lo que se recomienda su mejoramiento mediante selección recurrente. El carácter peso de la semilla por tener mayor componente de varianza genética de dominancia se debe mejorar propiciando la hibridación ya sea mediante polinización manual o estableciendo individuos con características contrastantes en poliinjertos, técnica esta

ampliamente utilizada para la recombinación de caracteres por Sánchez (1987) en México y por Bergh (1992) en California.

## CONCLUSIONES

Se encontró correlación negativa y altamente significativa entre las variables proporción de área transversal de corteza y altura de planta y positiva y altamente significativa entre el diámetro del tallo y la altura en segregantes de tres años de edad.

Los caracteres proporción de área transversal de corteza, relación diámetro del follaje/altura, peso del fruto, porcentaje pulpa y grosor de cáscara presentan alta heredabilidad en la población en estudio, por lo que se pueden mejorar por selección de plantas individuales.

Los caracteres números de entrenudos, diámetro del tallo y peso de la semilla tienen mayor componente de varianza de dominancia, requiriéndose hibridación para su mejoramiento.

El método de regresión media de la progenie sobre progenitor materno proporcionó mayores estimaciones de componentes de varianza genética y heredabilidad que el método de covarianzas, por lo que se recomienda cuando la selección se hace con base en individuos.

## LITERATURA CITADA

Aguedo C.,L. y F. Márquez S. 1975. Estimación de la heredabilidad por medio de la regresión progenie-progenitor usando componentes de varianza genética en una población de maíz en tres densidades de siembra. *Agrociencia*. 21:91-100.

Barrientos P.,F. and S. Sánchez C. 1983. Height variability obtained from a new dwarf avocado population. *Acta Horticulturae*. 140:163-168.

Bergh, B. O. 1966. A Hass open pollinated set. *Calif. Avocado Soc. Yrbk*. 50 : 64-77.

Bergh, B.O. and Ellstrand N.C. 1986. Taxonomy of the avocado. *Calif Avocado Soc. Yrbk*. 70:135-145.

Bergh, B.O. 1992. The origin, nature and genetic improvement of the avocado. *Calif. Avocado Soc. Yrbk*.pp. 61-75.

De La Cruz T. E. y Reyes, A. J.C. 1992. Caracterización agroclimática del Municipio de Coatepec Harinas México. *Memoria del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México CICTAMEX*. pp.47-52.

De la Cruz T. E., M.Rubí A. y T. Falcón B. (1994). Evaluación del desarrollo de plantas de aguacate cv. Hass, sometidas a radiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ . *En*: Rubí A. M. (Ed.) *Memoria de actividades*

de el Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. pp.101-105.

Espericueta R. T., J. Ortiz C. y J. Molina G. 1973. Estimación de efectos génicos en el caracter panza blanca de *Triticum durum* Desf. *Agrociencia*. 11:85-94.

Falconer, D.S. 1986. Introducción a la genética cuantitativa. Compañía Editorial Continental S.A. 384 p.

Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statistics. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. p.228.

Lacey, C.N.D. and A.I. Campbell. 1981. Mutation breeding of apple at Long Ashton U.K. *Mutation Breeding Newsletter*. 18:2-5.

Lavi U., E. Lahav, A.Genizi, C. Degani, S. Gazit, and J. Hillel. 1991. Cuantitative genetic analysis of avocado traits and cultivars. *Plant Breeding*. 106: 149-160.

Márquez S. F. y J. Sahagún C. 1994. Estimation of genetic variances with maternal half sub families. *Maydica* 39:197-201.

Mather, W. B. 1964. Principles of quantitative genetics. Burgess Publishing Company. 152 p.

Pliego, A.F. and Bergh, B.O. 1992. Avocado. *In* Biotechnology of perennial fruit crops. F.A. Hammerschlag and R.F. Lita Eds. pp. 323-331.

Sahagún, 1996. Comunicación personal.

Salazar, M. G., V. A. Rodríguez M. y M. A. Quiñones. 1975. Herencia de altura de planta en trigos duros (*Triticum durum* Desf.). *Agrociencia* . 21:133-143.

Sánchez C. S. 1987. Nuevas tecnologías en el cultivo del aguacate. *Academia mexicana de ingeniería* 59 p.

Sánchez C. S., E. De La Cruz T. y M. Rubí A. 1991. Avances en el programa de selección y mejoramiento del aguacate. *In*: Tercera reunión nacional avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Sociedad Mexicana de Fitogenética A. C. pp. 295-307.

Searle, S. R. 1971. Linear models. John Willey and sons. New York.