

MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL AGUACATE EN LA FUNDACIÓN SALVADOR SÁNCHEZ COLÍN-CICTAMEX, S.C.

I. Rogel-Castellanos

Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. Ignacio Zaragoza No. 6 Coatepec Harinas, Edo. de México. 51700. MÉXICO.
cictamex@edomex1.telmex.net.mx

RESUMEN

Un problema potencial del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.), es la carencia de cultivares alternativos al 'Hass', el cual abarca el 95% de la superficie cultivada con este frutal en México; esto marca la necesidad de contar con cultivares de calidad y productividad semejante o superior a 'Hass', genéticamente diferentes, que nos asegure una mayor estabilidad en las zonas productoras. Por lo cual la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S.C. desarrolla un programa de mejoramiento genético del aguacate. En el presente artículo se hace una reseña de los trabajos que se han realizado dentro de este programa, además se hace mención sobre las técnicas empleadas en la obtención de nuevas selecciones como son: 'Fundación II' árbol de porte bajo, 'Encinos' con fruta de alta calidad y proporción pulpa-semilla grande (semilla pequeña) y 'Aguilar', con cosecha fuera de picos de producción, por lo que resultan de interés para su producción comercial.

PALABRAS CLAVE: *Persea americana*, selecciones, cultivares, segregantes.

AVOCADO BREEDING PROGRAM OF "FUNDACIÓN SALVADOR SÁNCHEZ COLÍN-CICTAMEX, S. C."

SUMMARY

A potential problem in regard to avocado (*Persea americana* Mill.) crop in Mexico, is the use only of one cultivar, 'Hass' that represents the 95% of cultivated area. There is a need to look for another cultivar with characteristics of quality and productivity equal or superior to 'Hass', with stable characteristics in our different production areas. For this reason, the "Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S. C." has a breeding avocado program. In the present work we made a short history of the advantages until to the new selections, results obtained of the establishment and evaluation of seedlings like: 'Fundación II', the dwarf tree; 'Encinos' with high fruit quality and little seed; 'Aguilar' the production out of season. Selections with possibility the cultivation a commercial scale.

Key Words: *Persea americana*, selections, varieties, seedlings.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético en aguacate presenta una problemática muy peculiar, por una parte las características propias de la especie como son la condición altamente heterocigótica y un periodo de juvenilidad amplio, las cuales limitan obtener resultados satisfactorios en pocos años, por otra parte es sin duda el aspecto de falta de flexibilidad en cuanto al intentar cambiar hacia otro cultivar que no sea 'Hass'. Sin olvidar que éste ha mostrado hasta el momento ser uno de los cultivares que

presenta características muy sobresalientes en comparación a otros.

Desarrollo del Tema

Los trabajos de investigación que dieron origen a la que hoy es la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S. C., se iniciaron en 1953, cuando su fundador el Dr. Salvador Sánchez Colín estableció la huerta fenológica "Las Animas" en el Salitre, Ixtapan de la Sal, México. En 1957 se introdujeron 12 plantas del cultivar Fuerte de Ajijic, Jal., de una población de segregantes de estos árboles se seleccionó el 'Colín V-33', cuyos rasgos fun-

damentales son: Tendencia a un crecimiento horizontal en las ramas, entrenudos cortos, abundante floración y compacta, las cuales le confieren características de porte bajo (Sánchez, 1987).

En 1969 se traslada el área experimental al rancho "La Cruz" en Coatepec Harinas Estado de México, México, llevando el material vegetal sobresaliente seleccionado en "Las Animas", el cual se enriqueció con los mejores aguacates tipo "criollo" de Coatepec Harinas; siendo ésta la base que conformó un Banco de Germoplasma.

En Coatepec Harinas se inició la selección de segregantes de 'Fuerte', obteniéndose sujetos interesantes que se denominaron: 'Negro Colín', 'Colinillo', entre otros.

Con la finalidad de propiciar variación genética orientada a trabajos de selección, en el año de 1978 se realizaron las primeras plantaciones de aguacate de los cultivares Hass y Colín V-33, destinadas a la obtención de segregantes. Posteriormente se evaluaron cerca de 5000 sujetos procedentes de 23 variedades y selecciones, logrando obtener 44 selecciones sobresalientes (Sánchez, 1990).

Al momento del origen del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México (CICTAMEX) en el año de 1982, se planteó como objetivo fundamental el generar cultivares de porte bajo, que produjeran frutos de calidad en épocas fuera de temporada, resistentes a condiciones adversas de clima, suelo, plagas y enfermedades (Sánchez, 1992).

Con el fin de llegar a conseguir los objetivos Institucionales, los trabajos de mejoramiento genético, se basan en cinco metodologías complementarias: Selección de tipos criollos y variantes de cultivares; establecimiento y evaluación de segregantes; promoción de poliinjertos para propiciar la combinación de caracteres; generación y evaluación de híbridos, producto de cruas controladas.

Selección de tipos criollos y variantes de cultivares (recursos genéticos)

Los trabajos de evaluación de distintos cultivares y tipos criollos de aguacate con el objetivo de detectar aquellos con mejor adaptación a las condiciones climáticas y edáficas en la región sur del Estado de México, se iniciaron en el año de 1953 en Ixtapan de la Sal, México, por el Ing. Salvador Sánchez Colín (Sánchez, 1985). Marcando el inicio de la creación de los bancos de germoplasma.

En la selección de variantes de cultivares se obtuvo la selección 'Rincoatl', cuyo origen fue el cultivar 'Rincon' (Barrientos, 1987).

Una de las múltiples utilidades de estos bancos de germoplasma ha sido el detectar sujetos sobresalientes a

condiciones limitantes de suelo como salinidad y enfermedades, en este último punto se tienen en proceso de evaluación a por lo menos cinco genotipos, que presumiblemente son tolerantes al ataque de *Phytophthora cinnamomi*, hongo causante de la "tristeza del aguacate", estos genotipos actualmente se están siendo propagados clonalmente para su evaluación tanto en vivero como en campo.

Establecimiento y evaluación de segregantes.

De los primeros trabajos de evaluación de segregantes se seleccionó al Colín V-33, procedente de una población del cultivar Fuerte traídas de Ajijic Jal., en 1957 (Sánchez, 1987).

En 1978 el CICTAMEX inicio un programa de siembra de segregantes, en el cual hasta el año de 1992 se tenían evaluados aproximadamente 5,000 individuos provenientes de 23 selecciones o cultivares, de los cuales se han detectado 49 individuos sobresalientes en cuanto a porte, calidad de fruto y desarrollo vegetativo.

Como resultado de estas evaluaciones, en 1998 se registraron los cultivares 'Aries', 'Colinmex', 'Colin V-101', 'Ariete', 'Aguilar', 'Encinos' y 'Fundación II'.

Con la finalidad de reducir el tiempo y el espacio requeridos en los trabajos de evaluación de segregantes sobresalientes, desde el año de 1988 se maneja la técnica de Huerto Vivero, para promover la fructificación, acortándose el periodo de juvenilidad mediante la plantación en altas densidades, conducción de la planta en un sólo eje a través de la eliminación de yemas laterales, el anillado y las aspersiones de fósforo (Sánchez *et al.*, 1988).

Promoción de poliinjertos en el mejoramiento genético.

Una estrategia más para propiciar la recombinación genética es el establecimiento de poliinjertos, técnica que consiste en cortar árboles al ras del suelo, con la finalidad de estimular la emisión de brotes, sobre los cuales se injertan los materiales con características deseables, con la finalidad de propiciar el entrecruzamiento, y poder obtener individuos que presenten una recombinación sobresaliente de las características de los progenitores.

Sánchez *et al.* (1992) señalaron como ventajas del uso de los poliinjertos, las posibilidades de utilizar el amplio sistema radical de árboles adultos, permitiendo realizar varios injertos en sus brotes con la posibilidad de tener hasta 10 progenitores por poliinjerto. Por otra parte se aprovecha la característica de floración de dicogamia protogínica, por lo que al establecer poliinjertos se favorece la hibridación natural entre selecciones con características deseables.

La Institución, ha venido empleando y desarrollando la técnica de los poliinjertos desde 1970 y a la fecha se han establecido más de 105 poliinjertos.

Generación y evaluación de híbridos, producto de cruza controladas.

La hibridación controlada se inició en el año de 1997, mediante la polinización manual, con lo que se pretende una mayor eficiencia en la recombinación de características deseables, comparado con la metodología de los poliinjertos donde la polinización es abierta. Las polinizaciones controladas se han realizado tanto en plantas en campo como plantas en maceta bajo condiciones de invernadero, se han utilizado como progenitores femeninos a los cultivares Hass, Pinkerton, Whitsell y a las selecciones de la Institución denominadas 'Rincoat', 'Pionero', 'Encinos', y 'Fundación II', como progenitores masculinos se tiene preferentemente al cultivar Colín V-33, además de 'Hass' y 'Whitsell' y a las selecciones 'Encinos' y 'Fundación II'.

Como es sabido el porcentaje de amarre de frutos en el aguacate es bajo, en el orden de 1 a 10 frutos por cada 10,000 flores, por lo que se realizan diversas prácticas en los árboles para la generación de híbridos, encaminadas a incrementar el amarre de fruto tales como: raleo de flores, anillado de ramas, pinchado de brotes vegetativos (dentro de las inflorescencias de crecimiento indeterminado), entre otras. Con estas prácticas ha sido posible obtener arriba del 10% de amarre, en algunos casos.

Una vez obtenidas las progenies, éstas se establecen en campo y se manejan en huerto-vivero.

Generación de nuevos cultivares mediante mutagenesis.

Es el 1989 cuando la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C., inició con los trabajos concernientes al empleo de la energía nuclear como fuente generadora de mutaciones, los trabajos pioneros se sustentaron en conseguir como objetivo evaluar la radio sensibilidad de distintas selecciones de aguacate al Co^{60} , determinándose esto tanto en semillas como en material vegetativo, mediante la evaluación de su comportamiento, apreciando como factor de importancia el efecto del Co^{60} sobre el porte de los árboles.

Actualmente se ha estimado el efecto de la radiaciones en varetas de 'Hass' en cuanto a su comportamiento posterior ya injertadas en campo (de la Cruz *et al.*, 1994).

Logros más recientes de la Fundación Salvador Sánchez Colín-CICTAMEX, S. C. en cuanto a la generación de nuevos cultivares.

Con base en el uso de técnicas de mejoramiento genético, como es la evaluación de segregantes, se seleccionó un sujeto proveniente de una semilla de 'Hass', denominado "Fundación II", cuyas características se detallan a continuación:

El fruto en maduración presenta pérdidas de peso superiores al 10 % sin afectar la apariencia de la fruta (Figura 1). Esta selección se caracteriza por presentar árboles con porte muy bajo.



Otras selecciones obtenidas de igual manera, son 'Aguilar' y 'Encinos' (Sánchez y Campos, 1997). A conti-

Figura. 1. Fruto del genotipo denominado 'Fundación II'.

nuación se describen:

Selección 'Aguilar':

Es un genotipo obtenido mediante la evaluación de segregantes. A esta selección se le dio el nombre de 'Aguilar' en reconocimiento al desempeño del Ing. Juan José Aguilar Melchor, elemento con una brillante trayectoria dentro de nuestra Institución.

La selección 'Aguilar' tiene su origen de semilla de un lote de 'Colín V-33', establecido el 11 de octubre de 1978 en la parcela Terrazas del Centro Experimental "La Cruz", ubicado en Coatepec Harinas, Estado de México.

El 'Colín V-33' de la parcela Terrazas, se mantuvo bajo condiciones de polinización libre. La semilla fue sembrada y establecida en diferentes lotes para su evaluación y estudio. Destacando el árbol No. 39 de la parcela Mejía, que recibió el nombre de 'Aguilar'.

Cuadro 1. Características del árbol y fruto de la selección 'Fundación II' (Anónimo, 1994).

Datos del árbol		Características del Fruto		
		Físicas	Bromatológicas	
Altura 2.5 m	Color	Negro	Humedad	69.06%
	Forma	Piriforme	Grasa	20.76%
	Peso	250g	Proteína	1.63%
Epoca de floración: febrero-marzo	Días a madurez	10	Fibra	4.25%
	Grosor de cáscara	0.11cm	Minerales	1.95%
Rendimiento: 40 kg	Porcentaje de pulpa:	68.0%	Extrato libre de nitrógeno	0.42%
	Cáscara:	11.8 %	E.L.N.	
	Semilla:	20.2 %		

El árbol de 'Aguilar' es vigoroso con una altura de 7.5 m superando en tamaño a 'Colín V-33', que mide 3.5 m de altura; presenta un hábito de crecimiento erecto, follaje denso, notable flexibilidad en sus ramas secundarias, los brotes nuevos presentan color rojizo, las hojas nuevas son de un color verde claro, mientras que las hojas maduras son verde oscuro, de forma elíptica-lanceolada, semejantes a las de 'Colín V-33'.

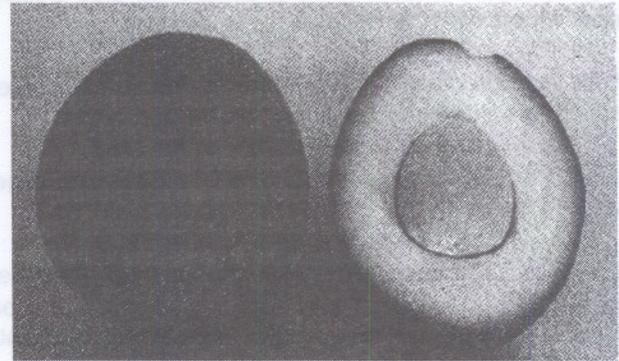
La selección 'Aguilar' tiene una producción regular sin alternar, la floración se presenta en los meses de enero y febrero, la época de cosecha es de 14 a 16 meses después de la floración lo cual difiere de 'Colín V-33' que florece antes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de la selección 'Aguilar' tomado de Sánchez y Campos (1997).

Producción (kg)	No. de Frutos	Año
98.0	209	1989
45.0	180	1990
52.5	150	1991
125.0	340	1992

El fruto madura de color verde y de manera uniforme 14 días después de la cosecha, su forma es piriforme-ovado, su peso promedio es aproximadamente de 400 g superando a su variedad de origen que es de 350 g, la epidermis es de color verde brillante, gruesa, áspera y fácilmente desprendible. El fruto de esta selección es

relativamente grande midiendo 13.5 cm de longitud y 8.4 cm de diámetro. El 81 % de la fruta es pulpa, el 11 % es cáscara y el 8 % semilla (Figura 3).

**Figura 3. Fruto de la selección 'Aguilar'.**

Se considera un fruto con buenas características organolépticas y con agradable sabor, siendo de una alta calidad bromatológica (Cuadro 3).

La propagación de esta selección se realizó en agosto de 1984 en la parcela "Hernández" del Centro Experimental "La Cruz", injertándose sobre materiales de raza Mexicana. Los árboles presentan un desarrollo vigoroso, crecimiento uniforme de forma irregular, follaje denso de un color verde oscuro, de hábito erecto con una copa más extendida; las características del fruto no cambiaron y su primera producción dio a los cuatro años después de injertado (Colín, 1992).

Cuadro 3. Características bromatológicas de la selección 'Aguilar' y 'Colín V-33'^z. (Sánchez y Campos, 1997)

Características	'Aguilar' ^y (%)	'Colín V-33' ^x (%)
Humedad	73.36	68.80
Grasa	14.90	12.20
Proteína	3.10	2.03
Fibra	3.10	8.70
Minerales	3.60	3.07
Carbohidratos	1.94	5.20

^z En 100 g de porción comestible

^y Fuente: López y Sánchez, 1990.

^x Fuente: Sánchez, 1980.

Selección 'Encinos':

Esta selección tiene su origen en una semilla proveniente de 'Hass' establecido en la parcela Terrazas del Centro Experimental "La Cruz" en Coatepec Harinas Estado de México. El árbol registrado con el número 42 PT2 tiene un injerto de 'Hass' y uno de 'Fuerte', mismos que se entrecruzan con una rama de 'Colín V-33'. De dicho árbol se tomaron las semillas de los frutos producto de polinización libre, las cuales fueron sembradas en 1986, los árboles se establecieron en la parcela Encinos (PEn) el 23 de marzo de 1987, de estos se identifica al árbol No. 53 PEn como sobresaliente de acuerdo a la calidad de fruta (Figura 2) y a su producción (Sánchez y Campos, 1997).

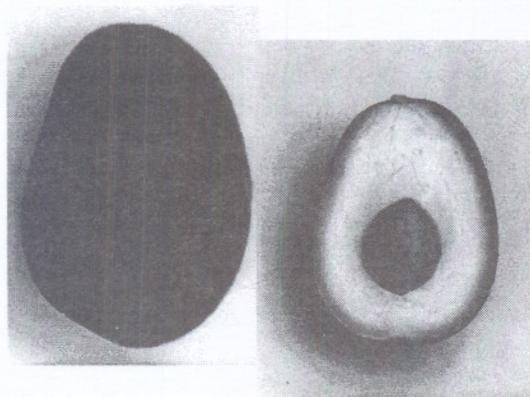


Figura 2. Fruto de la selección 'Encinos'.

La selección 'Encinos' es un árbol de vigor intermedio (semejante a 'Hass'), de hábito erecto con copa en forma rectangular, el follaje no es muy denso, la distribución de

sus ramas es ascendente, los brotes juveniles son de color verde claro y pubescentes, la superficie del tronco es lisa. Sus hojas tienen forma oblonga y son de color café claro en su fase joven, tornándose verde intenso al llegar a su madurez; presentan ligera pubescencia en el haz y en el envés, el peciolo es acanalado y con pubescencia cristalina. La floración se presenta en los meses de septiembre a octubre, la época de fructificación se da en los meses de julio-agosto de manera continua. El fruto es de forma obovada, con un peso promedio de 425 g, superando a su cultivar de origen que es de 280 g. El fruto madura en color negro con una mediana brillantez en su cáscara, al igual que 'Hass'.

La pulpa es de color amarillo claro (crema) y representa el 76 % del fruto, el 18 % es cáscara y el 6 % corresponde a la semilla.

Cuadro 4. Características bromatológicas de la selección 'Encinos' y de 'Hass'.

Características	'Encinos'	'Hass' ^z
Humedad	76.50	65.60
Grasa	11.70	20.33
Proteína	2.10	2.90
Fibra	7.00	5.00
Minerales	1.30	4.67
Carbohidratos	1.40	1.50

^z Fuente: López y Sánchez, 1990.

CONCLUSIÓN

Mediante las metodologías de mejoramiento genético se han obtenido genotipos con características sobresalientes, si no superiores a 'Hass', si con virtudes propias que los hacen de interés para ser cultivados a escala comercial, como son las selecciones 'Fundación II', 'Encinos' y 'Aguilar'.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1994. Nuevas variedades. Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México. pp. 170-172.
- BARRIENTOS P., A. 1987. Características del cultivar de porte bajo 'Rincoat'. Memoria del Centro de Investigaciones Científicas Y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. Coatepec Harinas, Méx. pp. 29-35.
- BARRIENTOS P., A.; BORYS, M.W.; BEN-YA'ACOV, A.; DE LA CRUZ T., E.; LÓPEZ L., L. 1991. El germoplasma de aguacate en

Yucatán, México. In: Memoria de actividades de la Fundación salvador Sánchez Colín CICTAMEX S. C. Coatepec Harinas, México. pp. 97-104.

COLÍN O., J.G. 1992. Tipificación de selecciones sobresalientes de aguacate (*Persea americana* Mill.). Tesis Profesional. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca, México. 106 p.

LÓPEZ L., L.; SÁNCHEZ C., S. 1990. Análisis físico y bromatológico de 19 selecciones de aguacate (*Persea americana* Mill.) obtenidas en el CICTAMEX. Memoria de actividades. CIC-Frutícola- CICTAMEX. Coatepec Harinas, México. pp. 193-206.

RUBÍ A., M. 1988. Descripción de una población de segregantes de aguacate del cultivar de porte bajo "Colín V-33". Memoria del CICTAMEX. Coatepec Harinas, Estado de México. pp. 21-27.

SÁNCHEZ C., S. 1980. Colín V-33. Una nueva variedad de aguacate en México. CODAGEM-SAIMEX-SARH. 24 p.

SÁNCHEZ C., S. 1985. Síntesis numérica de 44 años de actividades frutícolas. Zinacantepec, Estado de México. 21 p.

SÁNCHEZ C., S. 1987. Nuevas tecnologías en el cultivo del aguacate. Academia Mexicana de Ingeniería Especialidad en Ingeniería Agronómica. Pliego Impresores, S.A. de C.V. Editores. D.F., México. 61 p.

SÁNCHEZ C., S. 1990. Aportaciones del CICTAMEX a la industria aguacatera. Seminario Internacional del aguacate. Uruapan, Michoacán. Folleto 183. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX, Coatepec Harinas, Estado de México. 28 p.

SÁNCHEZ C., S. 1992. Objetivos y logros de la investigación en aguacate. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Toluca, México. 16 p.

SÁNCHEZ C., S.; BARRIENTOS P., A. F.; AGUILAR M., J. J. 1988. Inducción de fructificación en huerta vivero de aguacate (*Persea americana* Mill.). Memoria de actividades del CICTAMEX CIC-Frutícola. pp. 57-61.

SÁNCHEZ C., S.; CAMPOS R., E. 1997. Aguilar y Encinos: dos nuevas selecciones de aguacate. Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C. Coatepec Harinas, México. pp. 137-143.

Tabla 4. Características bromatológicas de la selección "Encinos" y de "Hass".

Características	"Encinos"	"Hass"
Carbohidratos	1.40	1.50
Materiales	1.30	1.37
Fibra	1.90	2.00
Proteína	2.10	2.90
Grasa	11.10	20.33
Humedad	18.50	62.80

Fuente: López y Sánchez, 1993.

CONCLUSIÓN

Mediante las metodologías de mejoramiento genético se han obtenido genotipos con características sobresalientes, si no superiores a "Hass", si con virtudes propias que los hacen de interés para ser cultivados a escala comercial, como son las selecciones "Fundación II", "Encinos" y "Aguilar".

LITERATURA CITADA

ANÓNIMO. 1984. Nuevas variedades. Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México. pp. 170-173.

BARRIENTOS P., A. 1987. Características del cultivar de porte bajo "Encinos". Memoria del Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. Coatepec Harinas, Méx. pp. 20-22.

BARRIENTOS P., A.; BORYS, M.W.; BERNAYACOV, A.; DE LA CRUZ, T.; LÓPEZ, L. 1991. El mejoramiento de aguacate en

Esta selección tiene su origen en una semilla proveniente de "Hass" establecido en la parcela Tarzales del Centro Experimental "La Cruz" en Coatepec Harinas, Estado de México. El árbol registrado con el número 42 P12 tiene un injerto de "Hass" y uno de "Encinos", mismos que se entrecruzan con una tasa de "Colín V-33". De dicho árbol se tomaron las semillas de los frutos producidos en la población libre, las cuales fueron sembradas en 1985, los árboles se establecieron en la parcela Encinos (PEn) el 23 de marzo de 1987, de estos se identificó al árbol No. 53 PEn como sobresaliente de acuerdo a la calidad de fruta (Figura 2) y a su producción (Sánchez y Campos, 1987).

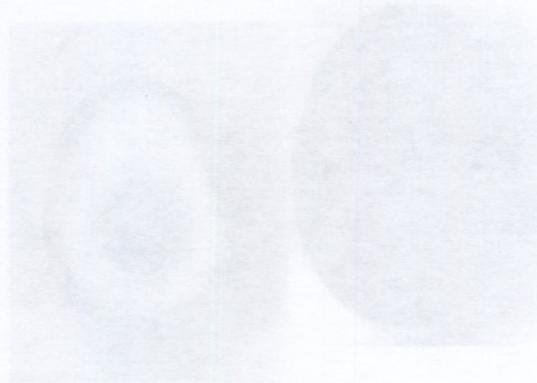


Figura 2. Fruto de la selección "Encinos".

La selección "Encinos" es un árbol de vigor intermedio (semilla de "Hass"), de árbol erecto con copa en forma de cono, el follaje no es muy denso, la distribución de