



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

DIRECCIÓN ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES Y REGISTRO

**RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL FRUTO Y EL NÚMERO DE
SEMILLAS EN PAPAYA (*Carica papaya* L.).**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA PRESENTA:**

CARLOS SUÁREZ ESPINOSA

CHAPINGO, MÉXICO. MAYO 2003



**RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL FRUTO Y EL NÚMERO DE SEMILLAS
EN PAPAYA (*Carica papaya* L.).**

Tesis realizada por **Carlos Suárez Espinosa** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de :

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR


DRA. MA. TERESA COLINAS LEÓN

ASESOR:


DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

ASESOR:


M.C. LILA M. MARROQUÍN ANDRADE

DEDICATORIA

A MI ALMA MATER

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

A MI ESPOSA E HIJOS

ROCÍO, CARLOS ALEJANDRO Y ROCÍO REBECA

A MIS PADRES

DONÑA “REBE” Y DON “TRINI”

A MIS HERMANOS, CUÑADAS, CUÑADOS Y SOBRINOS

*RAMÓN, PAULA, REY, MA. DEL SOCORRO, JAVIER J. JESÚS † Y CÉSAR
ADELA, “TOÑO” †, LUISA, CARLOS, ELODIA Y CLAUDIA.
IVONNE, OSCAR, ERIKA, JUAN ANTONIO, TONATIUH, REYNA, “TOÑITO”,
ULISES, ITZEL, DANIEL, LUIS ALBERTO, KARLA, MARYCHUY, “JAVIERIN” Y
ANDREA.*

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

AL DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA DE LA UACH

AL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

A LA DRA. MA TERESA COLINAS LEÓN

Por su atinada dirección durante el desarrollo de este trabajo, hasta su consecución.

A la MC. LILA M. MARROQUÍN ANDRADE

Por su desinteresada asesoría.

AL DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

Por sus atinados comentarios y correcciones al trabajo final.

ATODOS AQUELLOS QUE DE UNA U OTRA MANERA CONTRIBUYERON A LA REALIZACIÓN DE ESTE TRTABAJÓ.

MUCHAS GRACIAS

DATOS BIOGRÁFICOS

Carlos Suárez Espinosa

Originario de Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México.

Inicié mis estudios en mi comunidad hasta el 4º año y concluí la educación primaria en Los Reyes La Paz, estado de México. La secundaria y la Preparatoria las realicé en la Cd. de Texcoco, y posteriormente realicé mis estudios profesionales en la Escuela Nacional de Agricultura en su etapa de transición a Universidad Autónoma (ENA-UACH) en Chapingo Edo. De México. Inicié mi desarrollo profesional en la Secretaria de Programación y Presupuesto, delegación regional Puebla, posteriormente en el Banco Mexicano Somex Regional Colima, en ambas dependencias realicé y evalué proyectos agroindustriales, a partir de 1984 me he desempeñado como profesor en la Universidad Autónoma Chapingo campus Chapingo, actualmente mi actividad profesional la llevo a cabo en el Dpto. de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVO	4
3.	HIPÓTESIS.....	4
4.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
	4.1. Descripción botánica	5
	4.2. Características del fruto	7
	4.3. Polinización	8
	4.4. Importancia del cultivo.	9
	4.5. Relaciones fuente demanda.....	11
	4.6. Relación entre la semilla y algunos componentes del fruto...	13
	4.7. Características de calidad	15
	4.7.1. Sólidos solubles totales	15
	4.7.2. Acidez titulable	15
	4.7.3. Vitamina C	16
	4.7.4. Carbohidratos	17
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
	5.1. Primera etapa, (determinaciones en el laboratorio).....	18
	5.2. Segunda etapa, (trabajo de campo)	23
	5.2.1. polinización	23
	5.3. Tercera etapa (determinaciones de laboratorio)	24
	5.4. Análisis estadístico.	25
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
	6.1 Determinaciones físico-químicas	27
	6.2 Análisis de regresión	33
7.	CONCLUSION	39
8.	LITERATURA CITADA	40
9.	ANEXOS	49

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Superficie cultivada con papayo en México	9
Cuadro 2. Componentes del fruto de Papaya en una porción comestible de 100 g	10
Cuadro 3. Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas de los frutos considerando las tres var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo)	34
Cuadro 4. Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas kg^{-1} de fruto considerando las tres var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo)	36
Cuadro 5. Comparación de medias de variables que miden calidad del fruto, en tres variedades de papaya (Cera, Maradol, Hawaiana)	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
Figura 1. Contenido de semillas por fruto en las tres variedades estudiadas; Amarilla ó Criolla, Hawaiana y Maradol	27
Figura 2. Peso Fresco por fruto en las tres variedades estudiadas; Amarilla ó Criolla, Hawaiana y Maradol ...	28
Figura 3. Acidez Titulable en las tres variedades estudiadas; Amarilla ó Criolla, Hawaiana y Maradol	29
Figura 4. Vitamina C en las tres variedades estudiadas; Amarilla ó Criolla, Hawaiana y Maradol	30
Figura 5. Sólidos Solubles Totales en las tres variedades estudiadas; Amarilla ó Criolla, Hawaiana y Maradol ...	31
Figura 6. Azúcares Reductores en las tres variedades estudiadas; Amarilla ó Criolla, Hawaiana y Maradol ...	32
Figura 7. Azúcares Totales en las tres variedades estudiadas; Amarilla ó Criolla, Hawaiana y Maradol	33

RELACIÓN ENTRE LA CALIDAD DEL FRUTO Y EL NÚMERO DE SEMILLAS EN PAPAYA (*Carica papaya* L.)

RELATION OF FRUIT QUALITY AND SEED NUMBER IN PAPAYA(*Carica papaya* L.)

Carlos Suárez Espinosa¹ y Ma. Teresa Colinas León²

RESUMEN

En México la papaya Cera presenta características de calidad adversas para comercializarse, como el bajo contenido de azúcares, considerándose un problema importante de resolver. En investigaciones anteriores se ha encontrado que en algunas especies existe relación entre el número de semillas y algunas características de calidad del fruto. La variedad de papaya amarilla ó tipo Cera presenta bajo contenido de semillas, respecto a otras. Por lo cual se planteó incrementar el número de semillas mediante polinización manual, en una plantación ubicada en Paso de Ovejas, Ver. y determinar la relación entre el número de semillas y aspectos de calidad del fruto. Se realizaron determinaciones físicas (número de semillas, peso del fruto y sólidos solubles totales(°Brix)) y químicas, azúcares totales (AT), azúcares reductores (AR), vitamina C y acidez titulable (AT) en papaya tipo Cera (polinizada manualmente y sin polinizar manualmente), Maradol y Hawaiana. Los datos fueron analizados mediante regresión lineal y comparación de medias utilizando la prueba de Tukey en SAS. Los resultados mostraron que el número de semillas y número de semillas por kg de fruto influyen significativamente en la calidad, aunque el coeficiente de determinación fue relativamente bajo; esto sugiere que existen otros factores que están influyendo en la calidad del fruto (contenido de azúcares, contenido de vitamina C, etc.), estos factores pueden ser la temperatura, la radiación solar, la humedad relativa, manejo del cultivo, relaciones internas fuente-demanda y el desarrollo del fruto. La cantidad de azúcares en la papaya tiene una relación directa con el número de semillas del fruto y las semillas por kg de fruto. Las ecuaciones que modelan este comportamiento son: $AR=1.40+0.0072$ (Número de semillas por kg de fruto) con $R^2=0.37$ y $AT=1.60+0.008$ (Número de semillas por kg de fruto) con $R^2=0.33$.

Palabras clave: Papaya, *Carica papaya*, relación semillas-fruto, azúcares, vitamina C, acidez, sólidos solubles totales.

ABSTRACT

In Mexico, pawpaw fruit, wax type, has adverse quality characteristics for commercial purposes, for example the low sugar content is an important problem to solve. It has been found in previous reports, that in some species there is a close relationship between number of seeds and some quality characteristics of the fruit. The pawpaw fruit, wax type has a very low seed content compared with other papaya fruit. Thus it was considered important to study the relationship between seed number and sugar content. To increase seed number, pollination was implemented in plants from an orchard in Paso de Ovejas, state of Veracruz, Mexico. Evaluations in pollinated and non pollinated fruit were: fruit weight, total sugar (TS) and reducing sugars (RS) content, vitamin C, titratable acidity and total soluble solids (°Brix); Maradol and Hawaiian pawpaw fruit. were also evaluated. Data were analyzed by linear regression and mean comparisons, using tukey test in SAS. The results show that seed number per kg of fruit significantly affects the quality characteristics, although the determination coefficient was low. This suggests that there are other factors influencing the parameters evaluated, for example the growth environment, orchard handling practices, source-sink relationships. The sugar content in pawpaw fruit has a direct relationship with seed number in the fruit and per kilogram of fruit. The equations that model this behavior are: $RS= 1.40+ 0.0072$ (seed number per kg of fruit), with $R^2=0.37$ $TS= 1.60+0.008$ (seed number per kg of fruit), with $R^2 0.33$.

Key words: Pawpaw, *Carica papaya*, seed number, sugars, °Brix, acidity, vitamin C.

¹ Tesista

² Director

1. INTRODUCCIÓN

En México, el papayo (*Carica papaya* L.), se cultiva en cuando menos 20 estados del país y se considera como un frutal de importancia nacional. El consumo *per capita* fue en 1998 de 5.5 kg (ASERCA, 1999), y se siembran diferentes variedades, que producen frutos de diferentes tamaños, formas y apariencia. La superficie sembrada de papayo en nuestro país presenta una tendencia creciente, ya que a nivel nacional, se sembraron 20 420 ha. En 1996 según la SAGAR (1997) y para el año 2000 se sembraron 23 300 ha (SAGARPA, 2001). De esta superficie, la papaya Cera o Criolla ocupaba el 74% (Salazar, 1985). De la superficie sembrada se cosecharon 13,276 ha a nivel nacional de papaya tipo Cera ó Criolla. De éstas se obtuvieron 390,956 t en 1996 según la SAGARPA (2001), lo cual corresponde al 78.6% del total producido en el país. En Veracruz se sembraron 8,865 ha en 1996 y para el año 2000 se sembraron 8 851 ha. El 86% de la superficie fue sembrada bajo condiciones de temporal. Reportándose rendimientos muy bajos en las zonas de temporal 23.8 t ha⁻¹ (Alvarado y Arcos, 1996); en tanto en Hawai y Brasil se han obtenido rendimientos de 42.0 t.ha⁻¹ y 80.0 t ha⁻¹ respectivamente, con las variedades Solo y Thailand según Giacometti (1987). Se sabe muy bien que el número de frutos por planta es un factor determinante en el rendimiento, así como el tamaño del fruto y la densidad de población (Hay y Walker, 1989). En México, las estimaciones que se han realizado para la papaya tipo Cera nos indican que el número de frutos varía de 10 a 14 (Romero, 1992) ó de 6 a 15 (López, 1993); reportándose además un peso

promedio por fruto de 2.4 kg. (Mosqueda y Molina, 1973; Mandujano, 1980) y de 3.0 a 7.0 kg. por fruto según (Salazar, 1985).

Es innegable la importancia económica que tiene la papaya tipo Cera ó Criolla por lo antes expuesto. Aunado a que es uno de los frutales más tolerante a las condiciones adversas en que se desarrolla, como son: la sequía, el tipo de suelo y la incidencia de algunas enfermedades de difícil control como el virus de la papaya, entre otros. Y, aun cuando México no es a nivel mundial uno de los principales productores, para el año 1999 fue el primer exportador de esta fruta, ya que aportó poco más del 45% al mercado mundial. Los principales países importadores son: Estados Unidos con un 42 %, Singapur con un 18 %, China con un 11.6 %, entre otros (SAGARPA, 2001).

Ahora bien, el fruto de papaya tipo Cera posee algunas características de calidad adversas para su comercialización en el mercado nacional e internacional. Éstas son: su gran tamaño, frutos de 2.0 a 6.0 kg (SAGARPA, 2001), y el bajo contenido de azúcares, comparado con los otros tipos de papayas que se cosechan en el país. Miranda (1982) determinó el contenido de sólidos solubles totales(SST) en papaya tipo Cera, Maradol amarilla y Maradol roja, y Mamey, los resultados que obtuvo, a los 7 meses de desarrollo fueron 6.2, 6.6, 8.8 y 8.8 , respectivamente, como se puede observar el tipo Cera tiene el nivel más bajo.

Varios autores han encontrado que para algunas especies existe relación entre el número de semillas y ciertas características de calidad en el fruto. Strik y Proctor (1988) determinaron en fresa (*Fragaria sp*), que hay una correlación positiva entre el número total de aquenios por fruto y el peso del fruto. Cameron *et al.* (1960) determinaron en naranja valencia (*Citrus sinensis* L.), que existe una estrecha relación entre el tamaño del fruto y el número de semillas. Singh *et al.* (1997), en un estudio en papaya,

determinaron que existe una correlación significativa entre el peso del fruto y el número de semillas por kilogramo de fruto y entre la circunferencia del fruto y el número de semillas. Además, se ha observado que estos frutos tipo Cera tienen un bajo contenido de semillas, en comparación con otros tipos de frutos de papayas.

Así mismo, (Hubbard *et al.*, 1989; Klann *et al.*, 1993; Pavel y Dejong, 1993) encontraron que la relación fuente-demanda juega un papel muy importante en el desarrollo del fruto y de la semilla, así como en la acumulación y composición de los azúcares durante la maduración del fruto. En particular, el punto de fuerte demanda influye en los niveles de azúcares específicos tales como fructosa, glucosa y sacarosa. Lo antes dicho sugiere que uno de los principales puntos de demanda en cualquier fruto, son las semillas de tal manera que consideramos, que al tener el fruto pocas semillas se translocan menor cantidad de azúcares a éste, y, no solo azúcares sino también otro tipo de fotosíntatos o asimilados.

El bajo contenido de azúcares en el fruto tipo Cera es muy desventajoso en el mercado de ahí que se considere como un problema de importancia a resolver. Considerando que al mejorar los parámetros de calidad se pueda competir en principio en el mercado nacional pero quizá lo más interesante sea en el mercado internacional, como fruta fresca y además con algún procesado o semiprocado de papaya.

Por lo antes expuesto se planteó el siguiente:

2. OBJETIVO

1. Determinar la relación que existe entre el número de semillas y la calidad del frutote papaya (peso del fruto, contenido de azúcares totales, contenido de azúcares reductores, contenido de vitamina C, acidez titulable y sólidos solubles totales).

3. HIPÓTESIS

1. La cantidad de azúcares en los frutos de papaya tiene una relación directa con la cantidad de semillas.
2. Mediante la polinización manual se incrementará el número de semillas en el fruto de papaya tipo cera.
3. Al incrementar el contenido de semillas en papaya tipo Cera, se incrementará el nivel de azúcares.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1.- Descripción Botánica

La papaya (*Carica papaya* L.), pertenece a la familia Caricaceae, que agrupa 4 géneros; *Carica*, *Cylicomorpha*, *Jacaritia* y *Jarilla*. de los que sobresale el género *Carica* del cual se tienen alrededor de 21 especies, todas dioicas excepto *C. papaya*, que es polígama y *C. monoica* que es monoica (Storey, 1987). Sobresale la especie papaya por ser la principal que se cultiva a nivel mundial. Desde el punto de vista botánico el fruto de la papaya, es una baya con un número no determinado de semillas.

El papayo es una planta herbácea, dicotiledónea, con un solo tallo succulento y hueco, excepto en los nudos, con una corola de grandes hojas lobuladas (Nakasone, 1975). En algunos casos el tallo puede ramificarse, sobre todo cuando la planta ha sido dañada en el ápice (Purseglove, 1968). Sus requerimientos climáticos son: precipitación de 1500 a 2000 mm anuales distribuidos entre 6 y 8 meses a lo largo del año; temperaturas óptimas entre 22 y 26 °C; vientos ligeros; suelos francos con buen drenaje, con un contenido de materia orgánica de un 3%; pH de 6 a 7 (Samson, 1991).

La hojas son orbiculares, glabras, palmeadas, presentando de 7 a 11 lóbulos, márgenes dentados con venas prominentes, las cuales se forman en el ápice, en un arreglo espiral, con pecíolos de 25 a 100 cm de longitud (Purseglove, 1968).

El papayo presenta algunos problemas, relacionados con la expresión sexual de la planta bajo cultivo, los cuales son: problemas en la polinización y por ende en el amarre de frutos, para finalmente expresarse en el rendimiento. En la planta de papayo podemos encontrar básicamente tres tipos sexuales de flores: flores pistiladas, flores

hermafroditas y flores estaminadas (Nakasone, 1986). Se supone que todos los tipos de flores son derivadas de un ancestro hermafrodita, de modo que el hermafrodita actual es un relictó (Storey, 1985).

Flores hermafroditas. Éstas presentan diversas modificaciones en las que la expresión sexual se altera por factores ambientales, que llegan a producir varios tipos de flores en las que pueden predominar los aspectos masculinos o femeninos. La flor hermafrodita normal se denomina elongata o tipo IV y presenta los pétalos fusionados en casi dos tercios de su longitud, formando un tubo floral. En ésta hay diez estambres en dos series de cinco, en tanto que el pistilo funcional es piriforme, terminando en cinco lóbulos estigmáticos. A partir de este tipo básico se pueden presentar modificaciones en la dirección de masculinidad a través del aborto del pistilo, para volverse flor masculina, aunque con el tubo floral y los pétalos más gruesos que los de las flores estaminadas.

También se presentan modificaciones en dirección a la femineidad en la flor elongata, se presenta a través de la conversión de los estambres en estructuras carpelares, presentando una reducción en el número de estambres y un aumento en el número de carpelos, lo que conlleva a que los frutos sean deformes. A este tipo de flores se les ha denominado flores tipo III o carpelares.

Se presentan además otro tipo de flores, hermafroditas denominadas pentándricas o tipo II, las cuales presentan un tubo floral con cinco estambres y un ovario. El ovario está compuesto de cinco carpelos, pero éstos pueden variar de cinco a diez. Este tipo de flores pueden presentar también formas teratológicas, cuando los estambres adquieren características de carpelos, llegándose a dar el caso de que, con la fusión de

los cinco estambres en carpelos y el aborto de los carpelos originales, se formen flores de apariencia pistilada (Nakasone, 1986).

Flor pistilada. Las flores femeninas son solitarias o se encuentran en racimos de pocas flores, de 3.5 a 5 cm de largo y de 4 a 6 cm de diámetro, con el raquis corto y grueso, presentando los pétalos libres (Ochse *et al.* 1980). Esta flor carece de estambres, y es de tipo estable, ya que su expresión sexual no se modifica por efecto del ambiente (Nakasone, 1986). El estigma es sésil, con cinco lóbulos cuya base es en forma de tallo y el ápice muy dilatado, palmeado o pectinoso, papiloso (Ochse *et al.* 1980).

Flor estaminada. La flor masculina presenta una forma de tubo largo y delgado, de color amarillo, de 1.5 a 2.0 cm de largo y de 0.15 a 0.20 cm de diámetro. Presenta dos series de estambres de cinco cada una alrededor de la garganta del tubo floral siendo las anteras intrusas (Ochse *et al.* 1980) ; los filamentos están fusionados con el tubo de la corola. El néctar es producido entre la base del filamento y el ovario abortado, variando su contenido de azúcar de 24 a 34 %. En tanto , las flores pistiladas carecen de nectarios (Baker, 1976).

4.2.- Características del fruto

Ahora bien, las características del fruto que se obtienen del papayo tipo Cera son: Tamaño variable con un peso también muy variable que va de 1.0 a 5.0 kg, color amarillo claro en la pulpa, de aspecto ceroso en la epidermis, con bajo contenido de

azúcares en la pulpa comparado con los otros tipos de papayos ó cultivares que se tienen en el país (SAGARPA, 2001). Posiblemente sea el fruto de menor contenido de azúcares comparado con todos los que a nivel comercial se cultivan en México. Esta última característica es muy importante en todas las frutas de consumo en fresco y esta dada por el contenido de azúcares reductores principalmente, a este respecto la papaya tipo Cera presentó un contenido promedio de 4.5% de azúcares reductores en tanto que la variedad Maradol Roja presento un contenido promedio de azúcares reductores de 5.2% (Miranda, 1982).

Se sabe que el sabor dulce en todas las frutas, esta dado principalmente por el contenido de azúcares reductores, los cuales tienen una relación directa con el porcentaje de sólidos solubles totales. En el caso de la papaya se ha determinado que existe una relación directa entre el color de la superficie del fruto y el porcentaje de sólidos solubles totales de la pulpa, del cultivar Solo (Akamine y Goo, 1971).

4.3.-Polinización

Los estigmas de las flores femeninas y de la hermafroditas son receptivas antes y después de la antesis (Mendez, 1966). Así mismo, Baker (1976) afirma que las flores pistiladas son receptivas al polen durante varios días después de antesis y que los mejores resultados se obtienen durante las primeras 24 horas durante la antesis.

4.4.- Importancia del Cultivo

En México se cultivan diferentes tipos de papayas y dentro de estos algunas variedades ó cultivares, sobresaliendo los tipos criollos; Cera y Mamey (Mandujano, 1980).

Dentro del tipo Hawaiana se tienen las siguientes cultivares; Red Lady y Cariflora, entre otras. Así mismo se cultivan actualmente en México 2 variedades de origen cubano que son: Maradol Roja y M. amarilla.

En México, se cultivan los tipos y variedades de papaya antes mencionados, y aun cuando a últimas fechas se ha incrementado la superficie cultivada de el cv. Maradol roja, destaca el cultivo de la papaya tipo Cera (Cuadro 1). SAGARPA, (2001), básicamente debido a las condiciones del medio en las que se desarrolla dicho cultivo.

Cuadro 1. Superficie cultivada con papayo en México. (SAGAR, 2000).

Tipo o Cultivar	Superficie cultivada (ha).			Superficie cosechada (ha.)			Rendimiento (t.ha ⁻¹ .)		
	R	T	Total	R	T	Total	R	T	Total
Criolla ó cera	4781	10385	15166	4147	9129	13276	35.3	26.8	29.4
Hawaiana	26	1	27	26	1	27	15.1	12.0	15.0
Maradol	458	244	702	441	241	682	36.9	40.7	38.3
Roja ó Mamey	1672	2836	4508	1419	1918	3337	22.1	25.0	23.8

R= Riego, T= Temporal

En cuanto a su valor nutrimental, en general la papaya como casi todas las frutas, es importante por el contenido de vitaminas y minerales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Componentes del fruto de Papaya en una porción comestible de 100 g.
(Morton, 1987)

Calorías	23.1-25.8 g
Humedad	85.9-92.8 g
Proteínas	0.81-.034 g
Grasas	0.05-0.96 g
Carbohidratos	6.17-6.75 g
Fibra cruda	0.5-1.3 g
Cenizas	0.21-0.66 g
Calcio	12.9-40.8 mg
Fósforo	5.3-22.0 mg
Hierro	0.25-0.78 mg
Caroteno	0.0045-0.676 mg
Tiamina	0.021-0.036 mg
Riboflavina	0.024-0.058 mg
Niacina	0.227-0.555 mg
Ácido ascórbico	35.7-71.3 mg
Triptofano	4.0-5.0 mg
Lisina	15.0-16.0 mg
Metionina	1 mg

4.5. Relaciones Fuente Demanda

Las relaciones fuente demanda en las plantas, involucran tres aspectos los cuales aparentemente están interrelacionados y son: los órganos productores de fotosintatos ó asimilados, el sistema de transporte de éstos, y los órganos que los almacenan y/ o metabolizan. Bajo este esquema se define a un órgano como fuente o demanda en función de la dirección del transporte neto asociado al mismo. Por lo tanto, una fuente será un órgano exportador neto de asimilados, en tanto un órgano demanda sería un tejido u órgano importador neto (Hay y Walker, 1989).

Según Sonnewald y Willmitzer (1992) los tejidos de demanda, se dividen a su vez en: i) demandas altamente metabólicas, para un crecimiento rápido de los tejidos (meristemas y hojas inmaduras), y ii) demandas de almacenamiento, tal como tubérculos, semillas y raíces.

Además se ha observado que hay un paralelismo estrecho entre la capacidad fotosintética de las hojas y las fases del desarrollo de los frutos como se observó en durazno (Evans, 1993).

De la misma manera se han dado algunas hipótesis para entender este fenómeno. Una de ellas supone que la fotosíntesis está controlada por la concentración de productos fotosintéticos en la hoja, los que suprimirían la fotosíntesis de manera similar a la inhibición que ejercen los productos terminales en los procesos bioquímicos; por ejemplo, la acumulación de carbohidratos impide la regeneración de Ribulosa 1, 5 BiP en el ciclo de Calvin, a través de niveles bajos de Pi en el cloroplasto (Hay y Walker, 1989). Además indicaron que este tipo de relaciones se debe a efectos

hormonales. Con todo y lo anterior, la remoción de las demandas aparentemente no siempre ha conducido a una disminución de la capacidad fotosintética, lo cual se ha explicado por la presencia de demandas alternativas (Evans, 1993).

El transporte de los azúcares en la mayoría de las plantas se da por la savia del floema y es principalmente la sacarosa; aunque en algunas plantas sean azúcares alcohol como el sorbitol y el manitol (Hay y Walker, 1989). Para el caso de papaya se carece de datos precisos acerca del tipo de azúcares que se transportan, ya que por ejemplo Zimmerman y Ziegler (1975) no la incluyen en su lista de más de 300 especies. Sin embargo, como ya se mencionó en la mayoría de las especies el principal azúcar transportado es sacarosa por lo que se cree que esto mismo ocurra en papaya.

En la papaya no se ha descrito el proceso de descarga del floema al punto de demanda, y de acuerdo con Chan *et al.* (1979), en el fruto de papaya la glucosa y la fructosa son los azúcares más importantes en los primeros días después de la antesis, con una cantidad menor de sacarosa y, al acercarse a la madurez, la sacarosa aumenta a la vez que disminuyen los otros azúcares, esto podría sugerir que la sacarosa es hidrolizada en el fruto en activo crecimiento y que, al acabar de crecer el fruto adquiere la capacidad de almacenar sacarosa.

4.6. Relación entre las semillas y Algunos componentes del Fruto

La determinación de la relación entre el número de semillas y algunos atributos del fruto, como por ejemplo el tamaño, el desarrollo, el contenido de azúcares. Se ha venido realizando desde los años 30's del siglo XX tal como lo señala Cameron *et al* (1960). En particular, en este mismo trabajo se señala que la relación entre el número de semillas y el tamaño del fruto en naranja es bien reconocida tal y como lo consigna Murneek y Schowengerdt (1975) en donde ellos determinaron que el número de semillas estaba relacionado con el tamaño del fruto y con el grado de madurez. Regularmente la determinación de las relaciones mencionadas se han venido haciendo con fines de mejoramiento genético y con fines de mejorar el manejo del cultivo para incrementar sus características de calidad del fruto.

Se debe destacar que existen una gran cantidad de estudios en varias especies como son manzanas, peras, arandanos y cítricos entre otros, particularmente Cameron *et al* (1960) determinaron en naranja valencia que existe una estrecha relación entre el tamaño del fruto y el número de semillas; sin embargo, señalan que se encontraron frutos de tamaño grande con relativamente poco número de semillas, los cuales se desarrollan a pesar de poseer un reducido número de semillas y atribuyen este desarrollo a condiciones atípicas dentro del árbol. También señalan que aparentemente en la naranja valencia el número de semillas afecta al tamaño del fruto; sin embargo el número de semillas no es un factor de control completo sobre el tamaño del fruto.

Rani (1997), encontró que el peso de las semillas en chile (*Capsicum annum* L) no mostró ninguna relación con los caracteres estudiados (longitud de fruto, peso de la

pulpa del fruto, diámetro del fruto, entre otros). Aunque, anteriormente el mismo autor (Rani, 1996) observó una relación positiva entre el peso de las semillas del fruto con el diámetro y el peso, encontrando además que estas relaciones son importantes para obtener una mayor producción de frutos.

Así mismo, Strik y Proctor (1988) determinaron en fresa, que hay una correlación positiva entre el número total de achenios por fruto y el peso del fruto. Así como, el número de achenios por cm^2 y el peso del fruto. Nitsch (1950), encontró que el peso de la pulpa en fresa esta en función del número de semillas (achenios) siempre y cuando las semillas sean fértiles, las cuales son una fuente de auxinas cuya función fisiológica es promover el crecimiento; particularmente promueve el crecimiento de la pulpa de la fresa en donde se desarrollan las semillas.

Se han estudiado otro tipo de relaciones en papaya. Por ejemplo, Akamine y Goo (1971) estudiaron la relación entre el desarrollo del color de la superficie del fruto y el contenido de sólidos solubles totales (SST). Encontraron, que cuando el fruto tiene el 6% de coloración amarilla en las superficie, el contenido de SST es el requerido para su venta en papaya Hawaiana.

Bertin *et al.* (1998), determinaron en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) que el peso del fruto no se explica por el contenido de semillas, y esto podría estar relacionado con la regulación interna de la planta en respuesta al balance fuente-demanda durante el desarrollo del cultivo.

4.7. Características de Calidad

4.7.1. Sólidos Solubles Totales

Los sólidos solubles totales expresados en por ciento (%) permiten de manera indirecta en casi todos los frutos tener una idea del contenido de azúcares, aún cuando los SST, son el contenido de sacarosa y ácidos orgánicos en las mismas.

Los instrumentos útiles para determinar el contenido del por ciento de los sólidos solubles totales (SST); son el refractómetro de Abbe y el refractómetro de mano ó de campo, ya que sólo se requiere de una gota de jugo para efectuar la determinación . Estos refractómetros proporcionan lecturas de el porcentaje de SST expresados en grados Brix (°Brix). (Bósquez, 1992).

4.7.2. Acidez Titulable

Los frutos en general son ricos en el contenido de ácidos orgánicos, los cuales están disueltos generalmente en la vacuola de la célula, ya sea de forma libre ó combinada.

La acidez titulable, también conocida como acidez libre, se mide neutralizando los jugos ó extractos de los frutos con una base fuerte, utilizando como indicador la fenolftaleína. Para reportar la acidez se considera el ácido orgánico más abundante en la fruta, el cual varía dependiendo de la especie (en papaya es el ácido málico).

Desde el punto de vista práctico, la acidez titulable es un parámetro adecuado para que en algunas frutas sea la referencia del estado de madurez poscosecha , así como una información objetiva relacionada con el sabor (Bósquez, 1992).

4.7.3. Vitamina C

Se identificó como una sustancia cristalina relacionada con el ácido hexurónico, sustancia reductora, reduce la solución de Fehling, Nitrato de plata y permanganato de Potasio neutro. Es fácilmente oxidada por yodo y solución Benedict, así como también por el Oxígeno atmosférico y soluciones alcalinas (Jacobs,1962).

En general los frutos son las fuentes más importantes de algunas vitaminas necesarias en la nutrición humana. Para el hombre, la vitamina C es necesaria porque mantiene en un estado adecuado la sustancia cementante que hay entre las células. Como resultado de esta acción se previenen la inflamación y el sangrado de las encías, las hemorragias en los tejidos y algunas formas de anemia, además de ayudar al adecuado desarrollo de la estructura ósea. La dieta diaria requiere 30. mg. de vitamina C para infantes menores de un año y hasta 150 mg en la mujer lactante (Jacobs 1962).

4.7.4. Carbohidratos

En los frutos los azúcares son muy importantes ya que junto con el contenido de ácidos y otros compuestos determinan el sabor de los mismo, influyendo también en la textura, a través de los polisacáridos estructurales (Whiting, 1970).

La determinación de los azúcares se hace midiendo los monosacáridos a través de su oxidación (en una solución alcalina) por el CO^{2+} , Ag^+ ó ferricianuro, produciéndose una mezcla de azúcares ácidos. Los azúcares capaces de reducir tales agentes oxidantes se denominan azúcares reductores, siendo los principales de ellos la glucosa y la fructosa (Lehninger, 1981).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo, se desarrolló en tres etapas:

5.1. Primera etapa: Determinaciones en el laboratorio

Durante la primera etapa experimental se realizaron determinaciones físicas y químicas de los parámetros de calidad en tres variedades, papaya amarilla o cera, papaya maradol roja y hawaiana. Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de Fisiología Postcosecha del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo, y fueron el número de semillas por fruto, peso del fruto, contenido de vitamina C, acidez titulable, contenido de sólidos solubles totales, azúcares reductores y azúcares totales.

Para la evaluación de las variables respuesta señaladas anteriormente se uso el siguiente material: 3 tipos ó variedades de diferentes regiones del país, 20 frutos de papaya cv. Hawaiana (5 kg), 19 frutos papaya cv. Maradol (15 kg) y 17 frutos de papaya tipo Cera (50 kg). Los frutos se analizaron en la etapa de madurez comercial, considerando el color de la cáscara como índice de madurez (amarillo característico mayor al 80%). Las determinaciones se hicieron de la manera siguiente;

Se contó el número de semillas en cada uno de los frutos muestreados, se obtuvo el peso fresco del fruto en el laboratorio de Fisiología Postcosecha de Ingeniería Agroindustrial usando una balanza granataria marca METLER P1000.

Para determinar los sólidos solubles totales (SST), se utilizó un refractómetro de mano marca ATAGO N1 de 0-32 °Brix, para determinar la acidez titulable, se tomaron muestras de la papaya de 20 g. de pulpa, los cuales se molieron en una licuadora con 100 ml de agua destilada, posteriormente se filtró el licuado a través de papel filtro Whatman poro grueso, midiendo el volumen obtenido del filtrado, de este volumen se tomó una alícuota de 20 ml ésta se llevó a neutralización con NaOH 0.1N. Se calculó el porcentaje de acidez con la siguiente fórmula, en base al ácido que se encuentra en mayor proporción, el cual fue el ácido málico.

$$\% \text{ ácido} = \frac{\text{mlNaOH} \times \text{N} \times \text{meq ac.} \times \text{V} \times 100}{\text{Peso muestra} \times \text{v. alícuota}}$$

Donde:

N= normalidad de NaOH

V= Volumen total (ml de extracto después de licuar y filtrar)

meq. ac. málico = 0.06705

Vitamina C (Ácido Ascórbico)

Determinación mediante el Método Calorimétrico Estándar de Nelson (1944)

Se fundamenta en la reducción de la vitamina C, con el 2,6- Indofenol en solución ácida. Se pesó de 10 ó 15 g de pulpa, se licuó con 100 ml de solución extractora y se filtró, el filtrado se recibió en un matraz Erlenmeyer de 125 ml de éste se tomó una alícuota de aproximadamente 2 mg de ácido ascórbico en un volumen igual ó menor de 7 ml, se realizaron lecturas por triplicado incluyendo un blanco. Se tituló con Indofenol hasta que dió un color rosa claro que persistió por lo menos durante 5 s. Cada titulación

requirió aproximadamente 15 ml de indofenol y la diferencia entre repeticiones no fue mayor a 0.1 mL.

Cálculos

$$\text{mg ácido ascórbico} \cdot 100 \text{ g}^{-1} = \frac{V_1 V_2 V}{V_1 V_3} \frac{100}{\text{ml}} \frac{F}{P}$$

En donde:

V_1 = Volumen del Indofenol Blanco

V_2 = Volumen del Indofenol Gastado en la titulación.

V_3 = Alícuota de la extracción.

V = Volumen del aforo.

P = Peso de la Muestra.

F = Equivalente del Indofenol al ácido ascórbico. Para este caso este tuvo un valor de 0.133 mg.

Azúcares Totales

Para azúcares totales se usó el Reactivo de Antrona según Withan *et al.* (1971). Se elaboró la curva tipo ó estándar, para lo cual se preparó una solución de glucosa 10 mg en 100 ml de agua. Se prepararon 5 tubos de ensaye con: 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 y 1.0 ml de la solución de glucosa. Se ajustó el volumen total en cada tubo a 3.0 ml con agua destilada y un blanco con 3.0 ml de agua destilada solamente. A todos los tubos se les adicionó 6.0 ml de reactivo de antrona con una bureta y se agitaron suavemente, posteriormente se pusieron en baño maría por 3 minutos enfriando posteriormente en otro balde con agua fría, ya fríos se tomaron lecturas se usó un

spectronic 20 y a 630 nm la curva tipo ó estándar se trazó considerando la densidad óptica y la concentración de la glucosa en mg.

Estimación de los azúcares totales

Extracción de azúcares, se pesaron 20 g de muestra y picó finamente, la muestra se colocó en 50 ml de alcohol al 80% se molió en un mortero, posteriormente lo obtenido se filtró de varias ocasiones cuando menos tres se combinaron todos los filtrados y se aforó a 100 ml con etanol al 80 %, posteriormente se centrifugo a 3000x g durante 15 minutos obteniendo un sobrenadante claro, del cual se tomaron con una pipeta 0.2, 0.4 y 0.5 ml como alícuota haciendo las repeticiones necesarias. Se puso en baño maría en ebullición durante 15 minutos para evaporar el alcohol se enfriaron y se adicionaron 3.0 ml de agua destilada, posteriormente se adicionaron 6.0 ml del reactivo de antrona en todos los tubos y sus repeticiones procediendo posteriormente a realizar las lecturas. Antes de tomar las lecturas se procedió a clarificar el extracto. El extracto no solo contiene azúcares sino también otras sustancias que pueden reaccionar de la misma forma, regularmente aminoácidos, para evitar la interferencia de éstas se recomienda clarificar con soluciones de nitrato ó acetato de plomo. Para nuestro caso se utilizó solución carrez (Pearson, 1976).

Para azúcares reductores se usó la prueba de Nelson (1944)

Esta prueba se basa en la reacción de un azúcar reductor con un ión cúprico que se transforma en ión cuproso produciéndose un azúcar ácido. El ión cuproso es de color rojo pero no puede valorarse pues es insoluble, motivo por el cual se trata con el reactivo de arsenomolibdato que se reduce a un ión verdoso y que se puede medir colorimétricamente. Se elaboró la curva tipo usando, concentraciones conocidas de glucosa, se usaron 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 y 1.0 en distintos tubos de ensaye, a los cuales se les agregó agua destilada hasta completar un ml, posteriormente se les agregó 1 ml de reactivo de Nelson preparado con antelación, se pusieron todos los tubos en baño maría incluyendo un blanco durante 20 minutos, posteriormente se enfriaron y ya fríos se les agregó 1 ml de reactivo de Arsenomolibdato y 7 ml de agua destilada. Finalmente se tomaron lecturas en un Spectronic20 (colorímetro), a 520 nm. Con las lecturas obtenidas se elaboro la curva tipo, graficando concentración de azúcares y absorbancia de la muestra. La obtención del extracto de los azúcares de realizo de manera similar a la determinación anterior.

El contenido de de los azúcares en ambos casos se calcula con la siguiente formula:

$CA = \beta_0 A (fd)$ en donde:

CA = es el contenido de azúcares totales ó reductores expresado en $g.100g^{-1}$ de muestra.

β_0 = La pendiente de la curva tipo.

A = Absorbancia de la muestra.

fd = Factor de dilución.

5.2. Segunda etapa: Trabajo de campo

5.2.1. Polinización

La segunda etapa se llevó a cabo en campo, se utilizó la plantación del Sr. Jorge Pérez León, ubicada en la comunidad de Paso de Ovejas, dentro del distrito de riego de la Antigua en el estado de Veracruz. A una altitud de 30 metros sobre el nivel del mar con un clima A_{wo} (García, 1981), clima cálido subhúmedo el más seco de este grupo, se utilizaron 100 flores femeninas distribuidas en 57 plantas con flores femeninas.

En esta segunda etapa se planteó incrementar el número de semillas en frutos de papaya tipo Cera mediante la polinización manual lo cual se realizó en el ciclo primavera-verano del año 2000. Se realizó la polinización manual, con el fin de obtener mediante este procedimiento frutos con mayor cantidad de semillas y por ende con mayor contenido de azúcares, el desarrollo de los frutos se dio del 18 de Abril al 25 de Septiembre, fecha en la cual fueron cosechados.

Se seleccionaron flores femeninas que aun no hubiesen abierto, de modo que permitan realizar la polinización en forma segura. Las plantas se seleccionaron por tener una alta cantidad de frutos, un buen estado fitosanitario y que no tuvieran demasiadas flores abortadas. Por último se cubrieron con una bolsa de papel, asegurando que no se cayera posteriormente. Esta actividad se realizó por la tarde. La principal característica de la bolsa es que resistiera la humedad hasta el día siguiente.

Al día siguiente se inició con la localización de las plantas macho (donadoras de polen), se cortan las flores individualmente. Posteriormente se localizaron las flores que abrieron durante el transcurso de la noche.

La actividad de polinización consistió en partir la flor masculina y con ayuda de un pincel tomar el polen liberado y después aplicarlo al estigma de la flor femenina. Una acción que incrementa la eficiencia y el número de semillas de un fruto es el colocar una porción de la flor masculina que contenga el mayor número de anteras posible en el estigma conforme éste vaya siendo receptivo. Por último se identificó la flor con una etiqueta resistente al agua y se colocó nuevamente la bolsa protectora para evitar la contaminación de otros granos de polen procedentes de otras flores.

Cuando la planta seleccionada tenía solamente flores postiladas; es decir, una planta femenina, entonces se seleccionó polen de una planta macho vigorosa con el mismo origen que la hembra seleccionada. Cuando esto no fue posible, el macho se escogió al azar. En todo caso, la flor de las plantas hembras debe encerrarse en la bolsa de papel, y etiquetarse, antes de que los pétalos abran; y cuando estos abran, se polinizan a mano derramando el polen en el estigma de la flor, y quitando la bolsa cuando los pétalos se marchiten (Rodríguez, 2000).

5.3. Tercera etapa: Determinaciones en laboratorio).

Del experimento anterior se obtuvieron: 13 Frutos de Papaya Tipo cera y fueron analizadas en el Laboratorio de Fisiología Postcosecha del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo.

En esta última etapa, los frutos polinizados y cosechados se evaluaron tal y como se hizo en la primera etapa del presente trabajo de investigación. Es decir se hicieron determinaciones físicas y químicas de las variables de calidad del fruto.

5.4. Análisis Estadístico

Para estudiar la relación que pudiera existir entre la cantidad de semillas y algunos parámetros de calidad medidos en el fruto de Papaya se hizo un análisis regresión lineal simple según el modelo estadístico:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + e$$

Donde: y = variables de calidad del fruto (peso. Acidez titulable, vitamina C, sólidos solubles totales (°Brix), contenido de azúcares reductores y totales); X = La variable independiente (número de semillas ó número de semillas por kg de fruto); e = error experimental y β_0 y β_1 = Parámetros del modelo.

El análisis estadístico realizado se efectuó, a través del análisis de varianza que plantea el siguiente juego de hipótesis:

$$H_0: \beta_1=0 \quad \text{vs} \quad H_a: \beta_1 \neq 0$$

Donde: H_0 : Hipótesis nula (no existe relación entre las variables) y H_a : Hipótesis alternativa (existe relación entre las variables). Para aceptar la hipótesis de la investigación se tendrá que rechazar H_0 .

Para determinar si existe un incremento significativo en el número de semillas y en el contenido de azúcares en el fruto de la papaya tipo Cera polinizada manualmente, se hicieron comparaciones con la papaya tipo Cera sin polinizar, así como con las otras

variedades estudiadas; se hizo una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0.05, con base en un diseño completamente al azar.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Determinaciones físico-químicas

Aunque hubo un incremento en el número de semillas de la papaya tipo Cera polinizada manualmente en relación a la no polinizada manualmente, este incremento no fue significativo (Figura 1) de acuerdo con la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0.05. Además, se puede observar que la variedad Hawaiana es significativamente diferente al resto de las variedades. Sin embargo, el peso del fruto de ésta es menor a cualquiera de las otras (Figura 2), esta característica implica que la cantidad de semillas por unidad de peso (kilogramo) es mucho mayor que cualquiera de las otras.

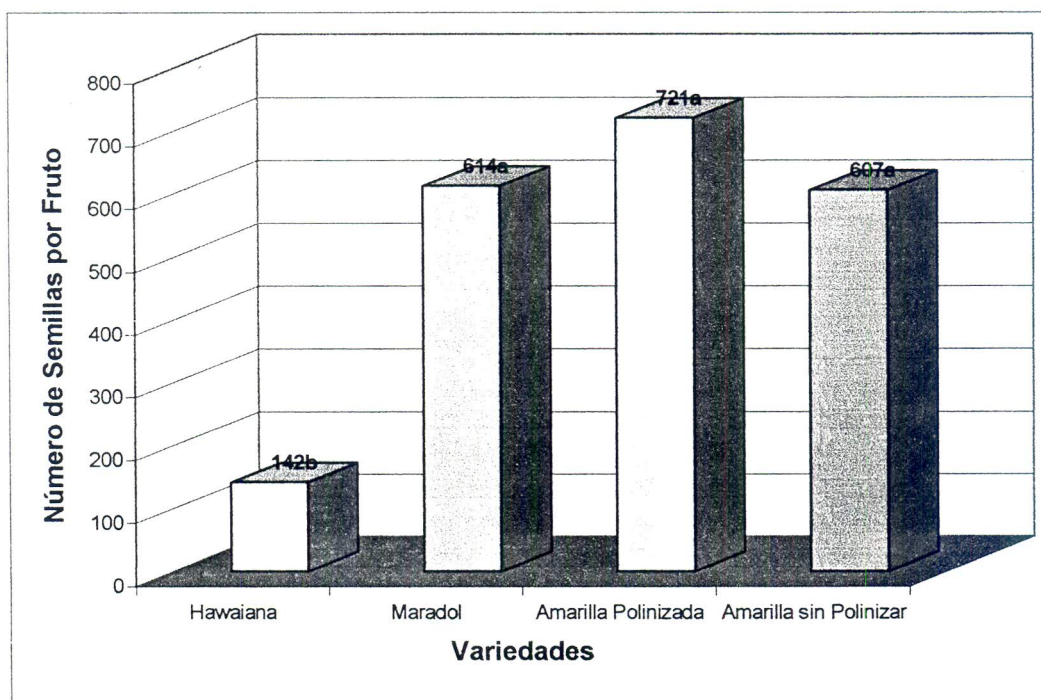


Figura 1. Contenido de semillas por fruto en las tres variedades de papaya estudiadas (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente). Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

En la Figura 2 también se observa que la variedad Maradol es significativamente diferente a las otras, el peso promedio determinado en los frutos del experimento fue de 1.40 kg, en tanto que Miranda (1982) reportó un promedio, para frutos de esta variedad, de 1.69 kg y para la variedad tipo Cera reportó frutos con peso promedio de 2.9 kg. Por otra parte, SAGARPA (2001) indica que el rango de peso del fruto de la variedad Hawaiana esta entre 400 y 600 g, sin embargo, el peso promedio encontrado en los frutos del experimento fue de 255 g (Figura 2).

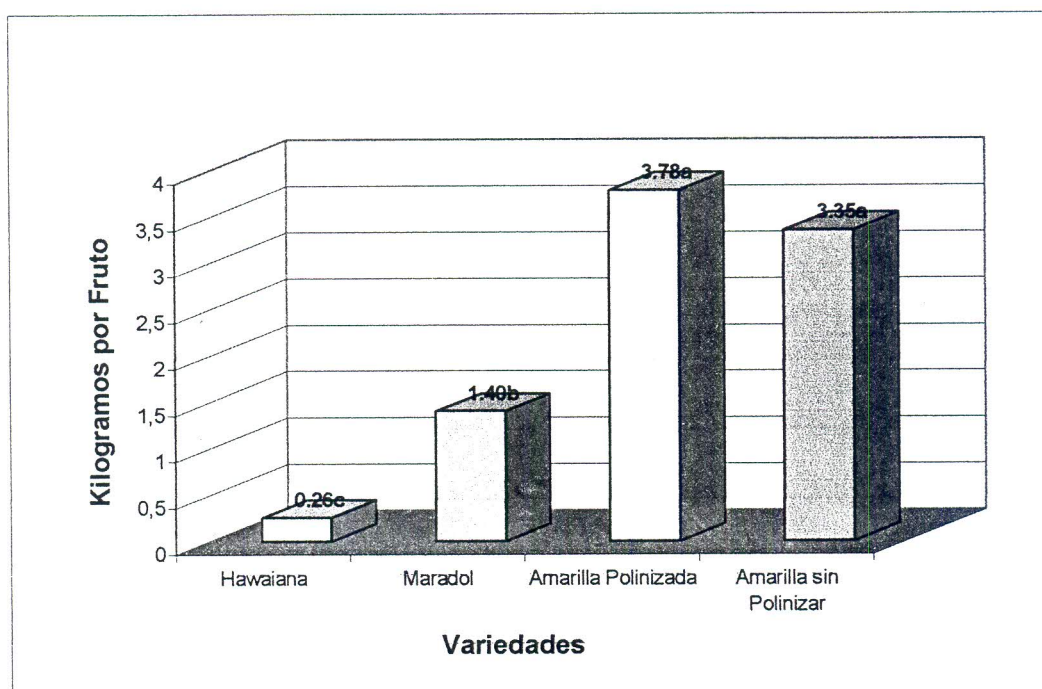


Figura 2. Peso del fruto en las tres variedades de papaya estudiadas (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente). Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

La determinaciones de acidez titulable en las cuatro variedades en la etapa de madurez comercial muestran que la variedad con menor acidez fue la tipo Cera polinizada (0.18% de acidez), la cual fue significativamente diferente al resto. En la variedad Hawaiana se encontró un 0.34% de acidez, la cual resultó ser

significativamente diferente a las variedades Maradol y tipo Cera sin polinizar. Selvaraj *et al.* (1982) señala que la acidez titulable en papaya es muy baja y que esta característica podría explicar el sabor dulce de la papaya, reportando 0.09% de acidez en frutos maduros del cultivar Sunrise.

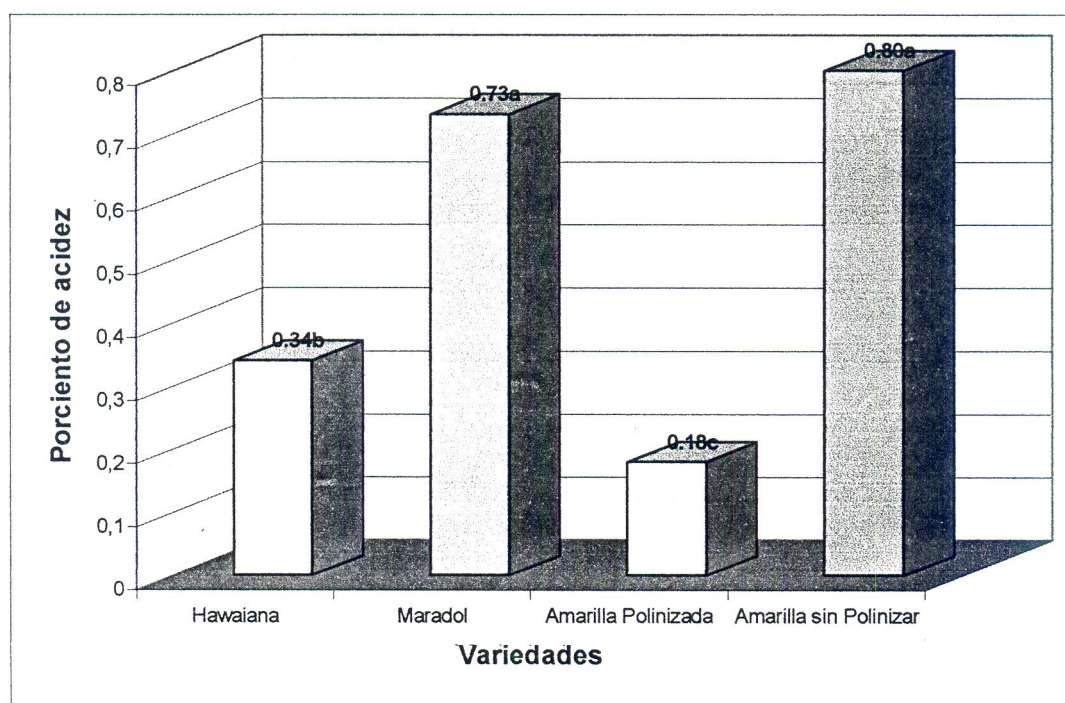


Figura 3. Acidez Titulable en el fruto de las tres variedades de papaya estudiadas (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente). Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

En cuanto al contenido de vitamina C los resultados obtenidos (Figura 4) muestran que la variedad con mayor contenido de vitamina C es la tipo Cera polinizada, siendo significativamente diferente al resto. En tanto, las variedades Maradol y tipo Cera sin polinización manual estadísticamente fueron similares y diferentes a la Hawaiana. Selvaraj *et al.* (1982) encontraron que el contenido de vitamina C en los cultivares, Coorg Honey Dew, Pink Flesh Sweet, Sunrise y Washington, en estado de madurez comercial esta en un rango de 47 a 78 mg. $100g^{-1}$ de pulpa.

La cantidad de sólidos solubles totales (SST) determinada en las tres variedades estudiadas muestran que la variedad Hawaiana, es la variedad con mayor contenido de SST con 12.4%, siendo significativamente diferente a las otras dos variedades, las cuales resultaron estadísticamente similares entre si (Figura 5). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Akamine y Goo (1971), ellos señalan un rango de 10.5 a 11.5 de SST para que la variedad Solo pueda ser comercializada en Hawai. Además, Miranda (1982) reportó 7.9 % de SST para la variedad Maradol Amarilla, 7.1 para la Maradol Roja, 7.5 para la variedad tipo Cera.

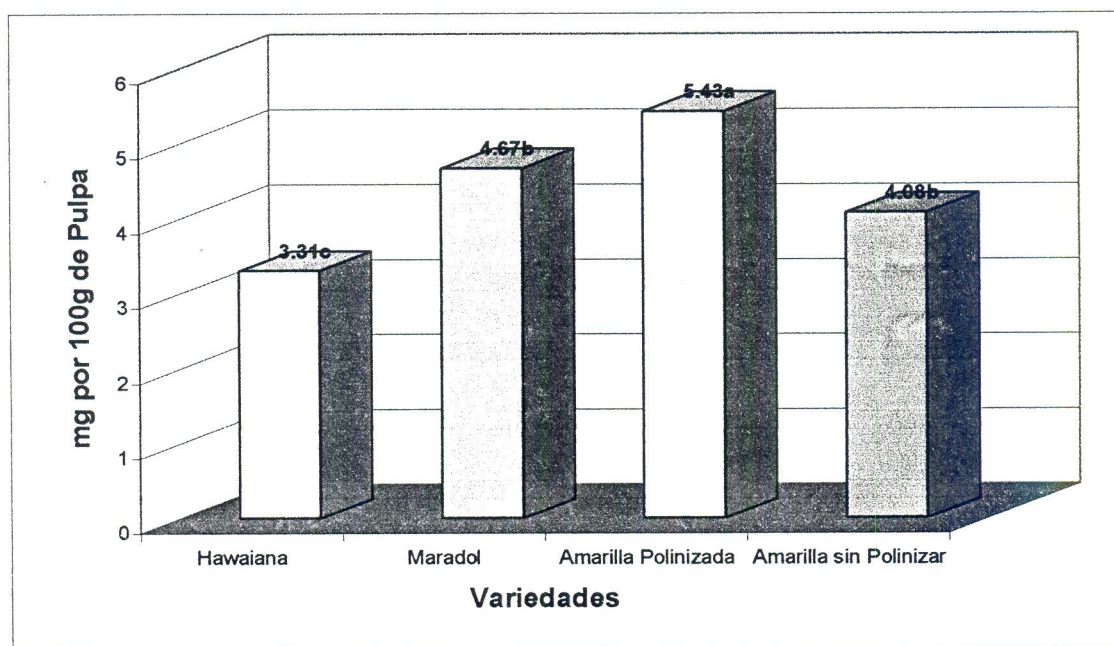


Figura 4. Contenido de Vitamina C en el fruto de las tres variedades de papaya estudiadas (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente). Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

En cuanto al contenido de azúcares reductores y totales (Figuras 6 y 7), la variedad Hawaiana presentó el contenido de azúcares más alto, siendo significativamente diferente al resto. Mientras en la variedad tipo Cera polinizada manualmente el contenido de azúcares es ligeramente más alto al contenido de las

variedades tipo Cera sin polinización manual y Maradol. Cabe aclarar que esta diferencia es estadísticamente significativa. Estos resultados concuerdan con los reportados por Selvaraj *et al.* (1982) quienes mencionan que el rango del contenido de azúcares totales se encuentra entre 2 y 12 %.

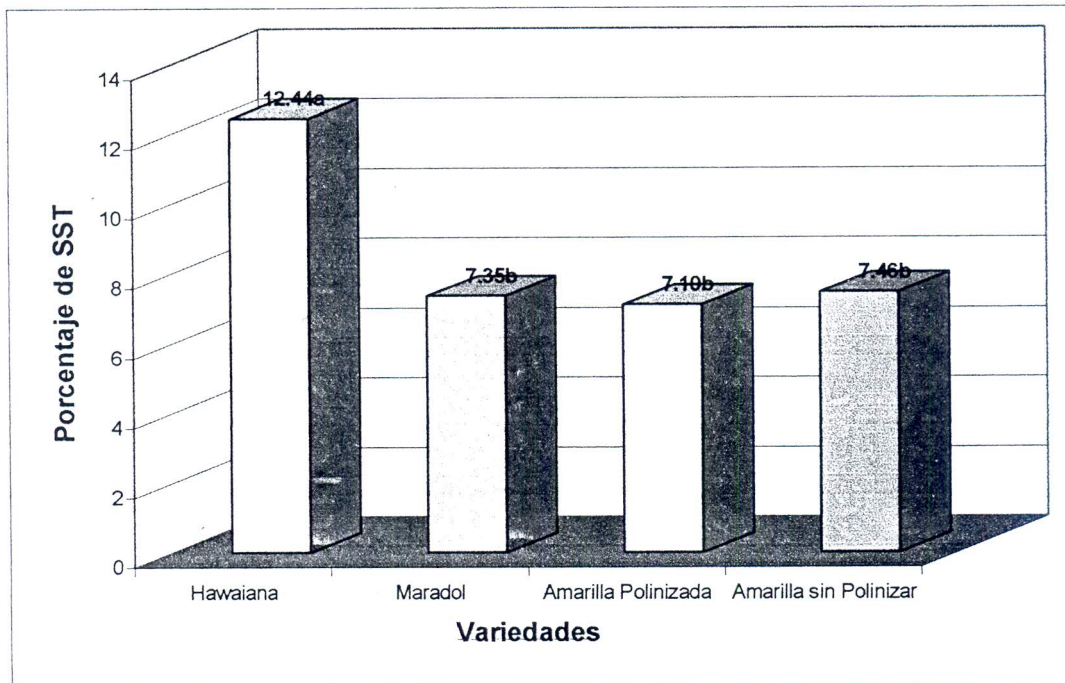


Figura 5. Contenido de sólidos solubles totales en el fruto de las tres variedades de papaya estudiadas (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente). Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

Existe diferencia significativa en los contenidos de azúcares totales y reductores (Figuras 6 y 7). Se puede observar que los contenidos de azúcares entre la papaya tipo Cera polinizada manualmente y la no polinizada manualmente son significativamente diferentes, teniendo un contenido más alto la tipo Cera polinizada manualmente. Sin embargo, esta diferencia en la cantidad de azúcares en la papaya polinizada manualmente no se puede atribuir a un aumento en el contenido de número de semillas,

ya que no hubo un aumento significativo en esta variable. Este resultado, sugiere que el número de semillas no es el único factor que explica las variables azúcares totales y reductores, tal como lo han señalado en otras investigaciones Cameron *et al.* (1960); Strik (1988) y Bertin *et al.* (1998).

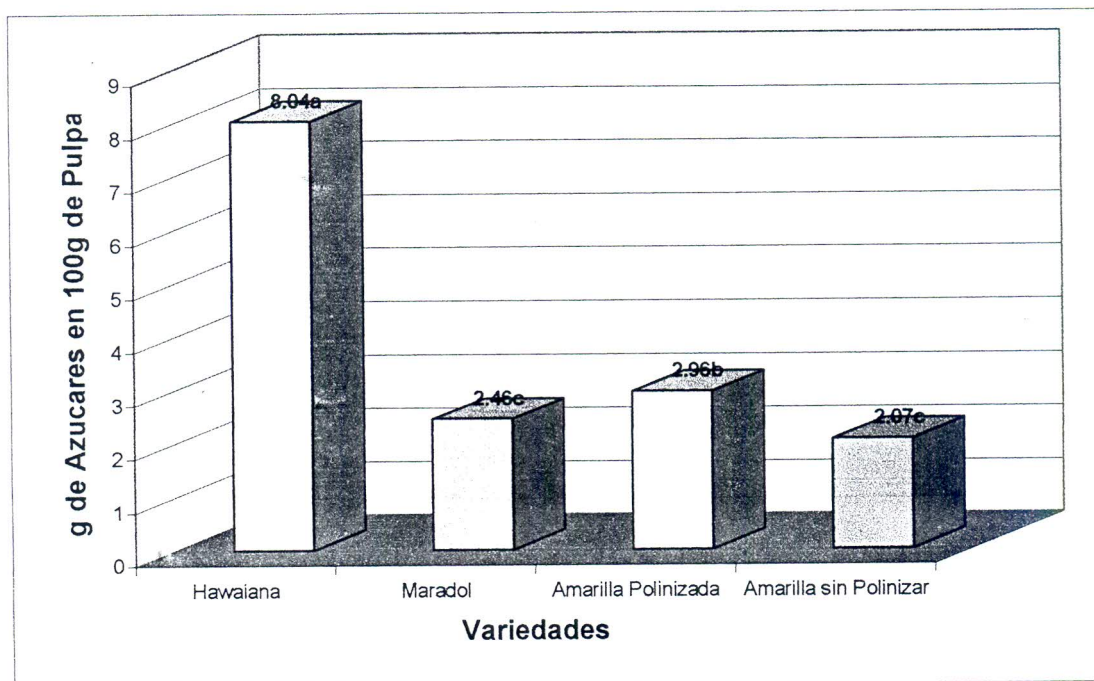


Figura 6. Contenido de azúcares reductores en el fruto de las tres variedades de papaya estudiadas (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente). Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

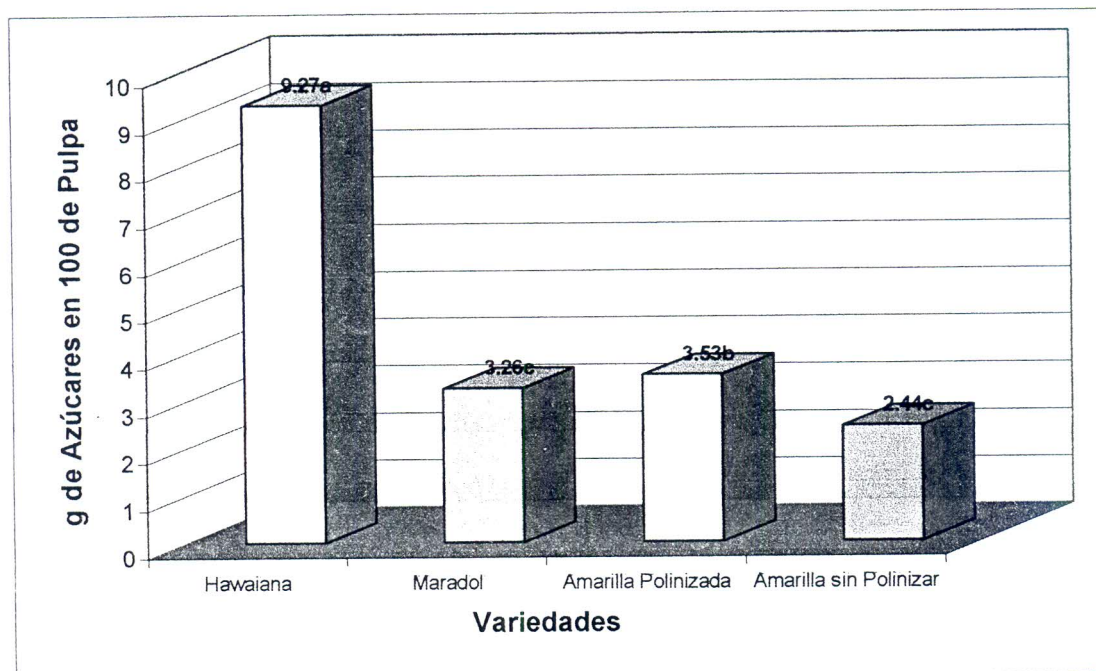


Figura 7. Contenido de azúcares totales en el fruto de las tres variedades de papaya estudiadas (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente). Medias con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$.

6.2 Análisis de regresión

De las variedades estudiadas (Maradol, Hawaiana, Amarilla tipo Cera y Amarilla tipo Cera polinizada manualmente) el análisis estadístico muestra que el número de semillas influye significativamente en todas las variables (Cuadro 3). Sin embargo, el coeficiente de determinación es relativamente bajo; lo cual significa que existen otros factores que están influyendo en las variables estudiadas. Este resultado es semejante al reportado por Cameron *et al.* (1960), quienes estudiaron la relación entre el número de semillas y tamaño del fruto en naranja valencia, encontrando que el tamaño del fruto puede ser afectado por otros factores tales como el medio ambiente y el manejo del

cultivo. Además, Bertin (1998) encontró en un estudio realizado en tomate que existe una relación estrecha entre el peso del fruto y el número de semillas.

Cuadro 3. Análisis de regresión de la variable número de semillas del fruto de papaya (variable independiente) y la calidad del fruto de papaya (variable dependiente) en tres variedades de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente).

Fuente de Variación	Variables de la Calidad del Fruto					
	Peso del fruto	Acidez titulable	Vitamina C	Sólidos solubles totales	Azúcares reductores	Azúcares totales
CMR	71.57	0.31	10.54	174.42	214.05	261.69
CME	1.48	0.08	1.02	4.11	4.16	6.14
Significancia	**	*	**	**	**	**
R^2	0.42	0.06	0.13	0.39	0.43	0.39
β_1	0.003	0.0002	0.001	-0.005	-0.005	-0.006
N	69	69	69	69	69	69

R^2 = coeficiente de determinación, β_1 = pendiente de la línea de regresión, N = número de observaciones, * y ** Significancia al 5% y al 1%, respectivamente, CMR = cuadrado medio de regresión, CME =cuadrado medio del error.

Sin embargo la alta variabilidad en el peso del fruto no puede ser explicada por el contenido de semillas y podría estar relacionada con regulaciones internas de la planta en respuesta al balance fuente-demanda durante el desarrollo del fruto.

Los resultados obtenidos en este trabajo, coinciden también, con lo reportado por Strik (1988), en donde se señala que existe una correlación entre el peso fresco del fruto de fresa y el número total de achenios por fruto. Además, Nitsch (1950) había encontrado que el número de achenios fertilizados influyen de manera significativa en el desarrollo del peso del receptáculo de fresa.

Cabe hacer notar que el β_1 en la regresión de las variables involucradas con el contenido de azúcar (SST, AzT y AzR) es negativo; lo cual significaría que el contenido de azúcares disminuye cuando el número de semillas aumenta. Este resultado está fuertemente influenciado por el contenido de azúcares, determinado en la papaya Hawaiana, el cual es el más alto de las cuatro variedades y el número de semillas es menor al de las variedades Maradol y Amarilla ó tipo Cera lo cual trae como consecuencia que la pendiente de la recta de regresión sea negativa. Sin embargo, los frutos de la variedad Hawaiana son muy pequeño en comparación con las otras variedades; por esta razón aunque el número de semillas es menor en la variedad Hawaiana, la proporción de las mismas es mucho mayor que en las otras variedades. Por lo cual se realizó un análisis de regresión en donde la variable independiente es el número de semillas por kilogramo de fruto. Cabe destacar que esta idea ya había sido utilizada por Strik (1988), quien realizó un estudio en fresa entre el número de achenios por cm^2 y el peso fresco del fruto.

Los resultados utilizando la nueva variable se presentan en el cuadro 4 y se puede observar que el número de semillas por kilogramo de fruto influye de manera significativa en las variables dependientes, excepto en la variable acidez titulable, la cual

resultó ser no significativa, lo que significa que el número de semillas por kilogramo de fruto, no influye en el contenido de acidez titulable.

Cuadro 4. Análisis de regresión de la variable el número de semillas del fruto por kg de papaya(variable independiente) y la calidad del fruto de papaya (variable dependiente) en tres variedades de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla polinizada manualmente).

Fuente de Variación	Variables de la Calidad del Fruto					
	Peso del fruto	Acidez titulable	Vitamina C	Sólidos solubles totales	Azúcares reductores	Azúcares totales
CMR	82.39	0.08	10.54	139.80	180.69	223.33
CME	1.31	0.08	1.02	4.63	4.66	6.72
Significancia	**	NS	**	**	**	**
R ²	0.49	0.02	0.13	0.31	0.37	0.33
β_1	-0.005	-0.002	-0.002	0.006	0.007	0.008
n	69	69	69	69	69	69

R² = coeficiente de determinación, β_1 = pendiente de la línea de regresión, n = número de observaciones, * y **Significancia al 5% y al 1%, respectivamente. CMR= cuadrado medio de regresión, CME =cuadrado medio del error.

El estimador del parámetro de regresión β_1 es positivo para los casos de SST, AzR y AzT. Lo cual significa que a medida que aumenta el número de semillas por kilogramo de fruto, aumenta también la cantidad de SST y azúcares. Del mismo modo

que en el análisis anterior los coeficientes de determinación son relativamente bajos. De tal manera que se puede decir que existen otros factores no considerados en el estudio que influyen en las variables dependientes, como lo encontraron en otros frutos, otros investigados Cameron(1960); Strik(1988) y Bertin(1998). En el fruto de papaya Zhou y Paull (2001), encontraron que la acumulación de azúcares en la pulpa de fruto empieza entre los 100-140 días después de antesis, cuando la maduración de las semillas ha ocurrido. Además señalan que la enzimas sacarosa sintasa y la invertasa ácida podrían determinar que el fruto de papaya sea un fuerte punto de demanda de azúcares. Por lo anterior las semillas no pueden por si solas explicar el comportamiento de contenido de azúcares en el fruto.

Para el caso de vitamina C se encontró que el estimador del parámetro de regresión es negativo lo cual significa que al aumentar el número de semillas por kilogramo de fruto disminuye la cantidad de vitamina C.

Como se puede observar en los cuadros 3 y 4, los factores de determinación del modelo utilizado son muy bajos, sin embargo, utilizando el siguiente modelo cuadrático

$$y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon \quad \text{los coeficientes de determinación siguen siendo bajos de}$$

tal manera que no se mejoran las R^2 . Por ejemplo, el R^2 para azúcares totales es 0.34 y el R^2 para azúcares reductores es 0.37. Tal como se ha mencionado, los ajustes que se pretendían hacer mediante el modelo cuadrático arriba señalado no mejoraron para nada los resultados, de tal manera que se consideró el modelo lineal. Por último el incremento del número de semillas en la papaya tipo Cera polinizada, comparándola con la tipo Cera sin polinizar no fue significativo (Cuadro 3). No obstante, existió diferencia significativa en las variables que miden la calidad del fruto (peso, acidez

titulable, vitamina C, sólidos solubles totales, los contenidos de azúcares totales y reductores), donde la que fue polinizada manualmente tuvo un contenido más alto que la no polinizada manualmente.

Cuadro 5. Comparación de medias de variables que miden calidad del fruto, en tres variedades de papaya (Cera, Maradol, Hawaiana).

Variedad	Variables						
	Número	Peso	Acidez	Vitamina	Sólidos	Azúcares	Azúcares
	de	del	Titulable	C	Solubles	Reductores	Totales
	Semillas	fruto			Totales		
Hawaiana	142.15b	0.255c	0.34b	3.31c	12.44a	8.04a	9.27a
Maradol	613.58a	1.40b	0.73a	4.67b	7.35b	2.46bc	3.26c
APM	721.08a	3.78a	0.18c	5.43a	7.10b	2.96b	3.53b
ASPM	607.06a	3.35a	0.80a	4.08b	7.46b	2.07c	2.44c

2 medias dentro de las columnas con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $p \leq 0.05$., APM= Amarilla polinizada Manualmente, ASPM= Amarilla sin polinización manual.

Sin embargo, esta diferencia en la cantidad de azúcares en la papaya polinizada no se puede atribuir a un incremento en el número de semillas, ya que no hubo diferencia estadística significativa (Cuadro 3) y nuevamente se evidencia que el número de semillas no es el único factor que explica un mayor contenido de azúcares totales y reductores.

7. CONCLUSION

La cantidad de semillas en los frutos de papaya amarilla tipo Cera tiene una relación directa con la cantidad de azúcares del fruto. Sin embargo, hay otras causas que contribuyen a la determinación de dicho contenido. La polinización manual no incrementó de manera significativa el número de semillas en el fruto de papaya tipo Cera.

8. LITERATURA CITADA

- Akamine, E., K. and Goo T. 1971. Relationship between surface color development and total soluble solids in papaya. Hort. Science, 6(6):567-568.
- Alvarado R., H. y H. Arcos R. 1996. Situación actual del mercado nacional de la papaya (*Carica papaya* L.). Tesis de Licenciatura. Dpto. De Economía Comercio Internacional. UACH. Chapingo, Méx. 105 p.
- ASERCA. 1999. Claridades Agropecuarias. ASERCA- SAGARPA. México, D.F. 44p.
- Baker, H., G. 1976. " Mistake" Pollination as a Reproductive System with Special ReferenceTo the Caricaceae. In: Tropical trees. Variation, Breeding and Conservation. D. Burley and B. T. Styles (eds.) Academic Press, London. Pp: 161-168
- Bertin, N., Gary C., Tachamitchian M. and B. Vaissiere E. 1998. Influence of cultivar, fruit position and seed content on tomato fruit weight during a crop cycle under low and high competition for assimilates. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 73(4):541-548.

Bosquez M., A. 1992. Manual de Prácticas de Laboratorio de Fisiología postcosecha de Frutas y Hortalizas. UAM. Unidad Iztapalapa. México. D.F.

Cameron, J., W., D. Cole Jr. and E. Naver M. 1960. Fruit size in relation to seed number in the Valencia orange and some other varieties. Amer.Soc. Hort. Sci.76:170-180.

Chan, H., T., L. Kenneth H., T. Goo and E. Akamine K. 1979. Sugar composition of papayas during fruit development. Hortscience. 14: 140-141.

Evans, I., T. 1993. Crops Evolution, Adaptation and Yield Cambridge University Press, Great Britain. 500 p.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. Tercera Edición. UNAM. México, D. F. 164pp

Giacometti, D., C. 1987. Papaya breeding. Acta Hort. 196:53-64.

Hay, R., K. M. and A. Walker J. 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Longman Scientific and Technical. New York. 292 p.

- Hubbard, N., L., S. C. Huber, and D. Pharr M. 1989. Sucrose phosphate synthase and acid Invertase as determinants of sucrose concentration in developing muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruits. *Plant Physiol.*, 91: 1527-1534.
- Jacobs, M., B. 1962. "The Chemistry Analysis of Food and Food Products". 4^a Ed. D. Van Nostrand Co., Inc., New York, USA.
- Klann, E., M., R. Chetelat T. and A. Bennett B. 1993. Expression of acid invertase gene controls sugar composition in Tomato (*Lycopersicon*) fruit. *Plant Physiol.*, 103:863-870.
- Lehninger, A., L. 1981. Curso breve de bioquímica. Ed. Omega S. A. Barcelona, España.
- López H., A. Y. 1993. Amarre de fruto y rendimiento en papayo (*Carica papaya* L.) bajo manejo integral para reducir los daños del VMAP. Tesis Profesional, Fac. de Ciencias Agrícolas, Universidad de Veracruz, Xalapa, Ver. 64 p.

- Mandujano B., M. A. 1980. Comparación de dos cultivares locales y dos cultivares cubanos de papaya (*Carica papaya* L.) en tres densidades de población. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo. 37 p.
- Méndez de Carvalho A. 1966. Polinizacao controlada das flores do mamoeiro. Agronomico 18:9-11. Campinas, Brazil.
- Miranda N., H. 1982. Determinación del índice de cosecha de los tipos mexicanos de papaya (Cera y Mamey) y dos variedades cubanas (Maradol Roja y Maradol Amarilla); su utilización postcosecha. Tesis de Licenciatura Facultad de Química UNAM.México D. F. 64pp.
- Morton, J., F. 1987. Fruits of Warm Climates. Ed. Media Incorporate. USA. Pp 336-346 .
- Mosqueda V., R. y J. Molina G. 1973. Formas sexuales, sus frecuencias y su relación con otras características en *Carica papaya* L. Agrociencia 11:73-83.

- Murneek, A., E. and G. Schowengerdt C. 1975. A study of relation of size of apples to number of seeds and weigh of spurs leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 334: 4-6.
- Nakasone, H., Y. 1975. Papaya development in Hawaii. HortScience 10: 198.
- Nakasone, H., Y. 1986. Papaya. In: Handbook of fruit Set and Development. S. P. Monselise (ed.) . CRC Press, Boca Raton, florida. Pp: 277-300.
- Nitsch, J., P. 1950. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. American Journal of Botany. 37:211-215.
- Ochse, J., J., M. J. Soule Jr., M. Dijkman J. y C. Wehlburg. 1980. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales. Vol. 1. Ed. Limusa, México, D. F. 836 p.
- Pavel, E., W. and T. DeJong M. 1993. Source-and Sink-limited growth periods of developing peach fruits indicated by relative growth rate analysis. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6): 820-824.
- Pearson, D. 1976. Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Acirbia, Zaragoza, España. 167pp.

- Purseglove, J., W. 1968. Tropical Crops. Dycotyledons. Kongman Scientific And Technical. New York. 719 p.
- Rani, P., U. 1996. Fruti seed weight and seed number and their relationship with other characters in chilli. Madras Agricultural Journal. 83(4):259-264.
- Rani, P., U. 1997. Studies on inter-relations of fruit yield, yield attributes and some other characters in chilli (*Capsicum annuum* L.). PKV Research Journal. 21(1): 35-38.
- Romero M., J. A. 1992. Efecto de la fertilización con nitrógeno y boro sobre el crecimiento y producción de papaya (*Carica papaya* L.). Tesis de Licenciatura. Dpto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 68 p.
- Rodríguez P., J. 2000. Producción de semilla balanceada y parámetros relacionados con productividad en plantas de papaya(*Carica papaya* L.) tipo cera. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 21 p.
- SAGAR. 1997. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria SAGAR, México, D.F.

- SAGARPA. 2001. Comentario Mensual sobre el avance de la producción agropecuaria, Centro de Estadísticas Agropecuarias. México.
- Salazar V., M. A. 1985. Estudio de fertilización en papaya (*Carica papaya* L.) Bajo condiciones de temporal en la región sur del estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Ing. Agr. , Dpto. de Fitotecnia, Fac. de Agronomía, UANL. Marín, Nuevo León. 105 p.
- Samson, J., A. 1981. Fruticultura Tropical. Ed. LIMUSA. México, D. F. Pp 305-320.
- Selvaraj, Y., D. Pal K., M. Subramanyam D. and C. Iyer P. A. 1982. Changes in the chemical composition of four cultivars of papaya (*Carica papaya* L.) during growth and development. Journal of Horticultural Science.57(1) 135-143.
- Singh, A., K., Prabhakar and A. Kumar. 1997. Interrelationships of fruit parameters and prediction of pulp weight of papaya without destroying. Annals of Agricultural Research. 18:(3)270-276.
- Sonnewald, W. and L. Willmitzer. 1992 Molecular approaches to sink-source Interactions. Plant Physiol. 99:1267-1270.

Storey, W., B. 1985. *Carica papaya*. In: CRC Handbook of Flowering.

Vol II. Halevy A. H. (ed.) . CRC Press, Inc. boca Ratón,
Florida pp: 147-157.

Strik, B., C. and T. A. Proctor J. 1988. Relationship between achene number,
achene density, and berry fresh weight in strawberry. Journal American
Society Horticultural Science. 113(4): 620-623.

Witham, F., H., D. Blaydes F., and R. Devlin M. 1971. Experiments in Plant
Physiology. Van Nostrand Reinhold. N.Y. USA. 16-18.

Whiting, G., C. 1970. Sugars. In: A.C. Hulme(De) the Biochemistry of Fruits
and Their Products.Vol. 1. Academic Press, London.

Zhou, L. and R. Paull E. 2001. Sucrose Metabolism During Papaya (*Carica
papaya*) Fruit Growth and Ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(3):
351-357.

Zimmerman, M., H. and H. Ziegler. 1975. List of sugars and
sugar Alcohols in sieve-tube exudates. In: Transport in Plant. I.
Phloem Transport. M. H. Zimmerman y J. A. Milburn (eds.)
Encyclopedia Of plant Physiology. New Series. Vol. I. Springer
Verlag, berlin. Pp: 480-503.

9. ANEXOS

Anexo 1. Datos de análisis de laboratorio.

NS	SPK	PFK	AT	V C	°Brix	PAT	PAR	Variedad
734	140	5.2300	0.9158	28.89	9.6000	2.2314	2.0268	amarilla
401	133	3.0200	0.7074	41.33	6.6667	2.3406	2.1618	amarilla
1104	272	4.0580	0.8325	40.44	7.9333	3.3013	1.8266	amarilla
910	277	3.2850	0.7076	39.11	7.0000	2.1607	2.0686	amarilla
932	252	3.7000	0.6244	44.44	7.5000	2.1768	1.8088	amarilla
68	25	2.7100	0.7493	55.11	8.9333	1.7677	1.6948	amarilla
919	246	3.7400	0.7909	33.33	6.3333	2.3053	1.5245	amarilla
18	7	2.4400	0.8328	57.78	9.0000	2.2849	2.1553	amarilla
445	219	2.0300	0.7493	31.56	6.4667	2.2228	2.0782	amarilla
949	394	2.4100	0.6660	45.33	4.2667	2.1843	2.0954	amarilla
728	270	2.7000	0.9990	49.33	7.0667	1.9529	1.8351	amarilla
943	203	4.6500	0.9158	49.33	7.8333	2.1125	1.9208	amarilla
54	22	2.4200	0.8325	38.67	8.5667	3.4051	2.8568	amarilla
101	41	2.4400	0.7076	40.44	8.1667	3.0474	2.4756	amarilla
1117	257	4.3400	0.8741	34.22	9.0000	2.5248	2.0118	amarilla
483	125	3.8500	0.8741	33.33	6.2000	2.7561	2.2828	amarilla
414	106	3.9100	0.8741	30.67	6.2667	2.7818	2.3470	amarilla
599	195	3.0700	0.2235	38.66	7.2000	3.8025	3.2408	exp
402	93	4.3000	0.2459	67.98	8.6000	3.8507	3.5402	exp
664	244	2.7200	0.4023	51.99	6.8000	3.8399	3.4589	exp
585	186	3.1400	0.2682	43.99	6.0000	3.7918	3.3542	exp
1402	310	4.5200	0.1565	53.32	7.8000	3.8239	3.4461	exp
855	244	3.5000	0.1341	66.65	6.9333	2.8889	1.2827	exp
503	147	3.4100	0.1118	42.66	7.8000	2.4327	1.2157	exp
502	100	5.0000	0.0671	51.54	6.8000	3.7543	3.4782	exp
809	225	3.6000	0.1006	54.65	6.8000	4.0236	3.9481	exp
366	134	2.7200	0.1229	69.76	6.8000	3.8078	3.5915	exp
921	141	6.5400	0.0894	58.65	7.0000	3.7489	3.2686	exp
1134	273	4.1500	0.1565	51.99	7.6000	2.3856	1.2243	exp
632	250	2.5300	0.2906	54.65	6.2000	3.7650	3.4568	exp
286	249	1.1500	0.7492	46.22	7.6667	1.6895	2.6742	Maradol
289	233	1.2400	0.7493	41.33	7.9333	1.9337	2.6774	Maradol
314	268	1.1700	0.7492	59.55	7.0000	2.2271	2.8645	Maradol
355	261	1.3600	0.7076	43.55	7.8333	2.1082	2.7511	Maradol
357	273	1.3100	0.2909	35.55	6.8000	3.1974	2.3598	Maradol
403	328	1.2300	0.7490	45.33	6.0000	2.1296	2.8698	Maradol
509	305	1.6700	0.8324	57.33	7.0000	2.4841	2.8602	Maradol

Anexo 1(Continuación). Datos de análisis de laboratorio.

NS.	SPK	PFK	AT	V C	°Brix	PAT	PAR	Variedad
573	441	1.3000	0.7490	55.11	9.0000	3.2274	2.9521	Maradol
575	464	1.2400	0.7076	45.77	7.5000	2.2035	2.9158	Maradol
605	426	1.4200	0.7493	44.88	7.1667	3.2734	2.8602	Maradol
621	531	1.1700	0.7490	45.33	7.0000	1.1883	2.0337	Maradol
622	379	1.6400	0.7076	40.44	7.2333	3.4983	2.8698	Maradol
623	623	1.0000	0.3746	31.11	6.0667	1.7302	2.4913	Maradol
710	504	1.4100	0.7493	53.77	7.2333	2.2228	2.7608	Maradol
856	476	1.8000	0.6657	47.11	6.4667	2.5537	2.4496	Maradol
857	556	1.5400	0.8741	56.44	7.7333	0.3949	0.0948	Maradol
948	593	1.6000	0.9154	54.22	8.6667	1.3275	2.1813	Maradol
971	689	1.4100	0.9573	44.88	9.7333	3.1136	2.9244	Maradol
1184	620	1.9100	0.8740	39.99	5.6667	2.3899	1.2057	Maradol
133	476	0.2804	0.2000	33.30	12.1000	8.5000	6.3700	Hawaiana
175	714	0.2447	0.2000	36.50	12.2000	8.5000	7.9600	Hawaiana
106	370	0.2858	0.2000	28.00	10.1000	7.9500	7.0800	Hawaiana
199	549	0.3627	0.3000	36.80	12.2000	8.5000	7.9600	Hawaiana
110	284	0.3890	0.2000	28.00	12.2000	7.9500	7.0800	Hawaiana
121	370	0.3260	0.4000	33.30	13.2000	9.1000	7.0800	Hawaiana
129	522	0.2463	0.3800	26.10	13.0000	9.1000	7.9600	Hawaiana
168	719	0.2333	0.3800	37.80	13.5000	8.5000	7.9600	Hawaiana
121	514	0.2354	0.4000	32.20	13.2000	9.1000	7.0800	Hawaiana
145	490	0.2962	0.3000	27.40	12.5000	10.6200	6.3700	Hawaiana
120	516	0.2317	0.4000	36.50	14.0000	8.5000	7.9600	Hawaiana
148	544	0.2722	0.2000	30.60	11.0000	11.0800	10.6200	Hawaiana
123	449	0.2742	0.3000	32.80	12.0000	10.2000	9.1000	Hawaiana
179	848	0.2112	0.2000	28.00	11.0000	8.7900	7.9600	Hawaiana
142	871	0.1631	0.4000	41.00	13.0000	8.7900	7.9600	Hawaiana
140	679	0.2056	0.5600	27.70	10.5000	8.5000	7.9600	Hawaiana
162	806	0.2006	0.3800	38.10	13.0000	10.3000	9.1000	Hawaiana
157	613	0.2566	0.4000	27.40	12.5000	10.2000	9.1000	Hawaiana
166	1066	0.1561	0.4000	31.70	13.5000	11.1000	9.1000	Hawaiana
99	430	0.2303	0.5900	48.20	14.0000	10.2000	9.1000	Hawaiana

NS= número de semillas, SPK= semillas por kilogramo de fruto, PFK= peso del fruto en kilogramos, AT= acidez titulable, VC= vitamina C, PAT= porciento de azúcares totales, PAR= porciento de azúcares reductores.

Anexo 2. Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas de los frutos considerando las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). Salida de SAS.

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Peso

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	71.57	71.57	48.78	0.0001
ERROR	67	98.31	1.46		
TOTAL	68	167.89			

$R^2 = 0.42$ $\beta_1 = 0.003$ $n = 69$

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Acidez Titulable

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	0.31	0.31	4.08	0.0001
ERROR	67	5.04	0.08		
TOTAL	68	5.34			

$R^2 = 0.06$ $\beta_1 = 0.0002$ $n = 69$

Anexo 2 (Continuación). Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas de los frutos considerando las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). Salida de SAS.

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Vitamina "C"					
Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	1054.16	1054.16	10.30	0.0001
ERROR	67	6860.43	102.40		
TOTAL	68	7914.60			

$$R^2 = 0.13 \quad \beta_1 = 0.01 \quad n = 69$$

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Sólidos Solubles Totales					
Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	174.42	174.42	42.42	0.0001
ERROR	67	275.50	4.11		
TOTAL	68	449.92			

$$R^2 = 0.39 \quad \beta_1 = -0.005 \quad n = 69$$

Anexo 2 (Continuación). Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas de los frutos considerando las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). Salida de SAS.

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Azúcares Totales					
Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	261.69	261.69	42.59	0.0001
ERROR	67	411.72	6.14		
TOTAL	68	673.41			

$$R^2 = 0.39$$

$$\beta_1 = -0.006 \quad n = 69$$

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Azúcares Reductores					
Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	214.05	214.05	51.40	0.0001
ERROR	67	279.00	4.16		
TOTAL	68	493.05			

$$R^2 = 0.43$$

$$\beta_1 = -0.005 \quad n = 69$$

Anexo 3. Datos Modificados número de semillas.kg-1 de los frutos considerando las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo).

Ob	SPKF	PFK	Acidez	VC	°Brix	PAT	Par	Variedad
1	140	5.23	0.92	28.89	9.60	2.23	2.03	Amarilla
2	133	3.02	0.71	41.33	6.67	2.34	2.16	Amarilla
3	272	4.06	0.83	40.44	7.93	3.30	1.83	Amarilla
4	277	3.29	0.71	39.11	7.00	2.16	2.07	Amarilla
5	252	3.70	0.62	44.44	7.50	2.18	1.81	Amarilla
6	25	2.71	0.75	55.11	8.93	1.77	1.69	Amarilla
7	246	3.74	0.79	33.33	6.33	2.31	1.52	Amarilla
8	7	2.44	0.83	57.78	9.00	2.28	2.16	Amarilla
9	219	2.03	0.75	31.56	6.47	2.22	2.08	Amarilla
10	394	2.41	0.67	45.33	4.27	2.18	2.10	Amarilla
11	370	2.70	1.00	49.33	7.07	1.95	1.84	Amarilla
12	203	4.65	0.92	49.33	7.83	2.11	1.92	Amarilla
13	22	2.42	0.83	38.67	8.57	3.41	2.86	Amarilla
14	41	2.44	0.71	40.44	8.17	3.05	2.48	Amarilla
15	257	4.34	0.87	34.22	9.00	2.52	2.01	Amarilla
16	125	3.85	0.87	33.33	6.20	2.76	2.28	Amarilla
17	106	3.91	0.87	30.67	6.27	2.78	2.35	Amarilla
18	195	3.07	0.22	38.66	7.20	3.80	3.24	A. Expto
19	93	4.30	0.25	67.98	8.60	3.85	3.54	A. Expto
20	244	2.72	0.40	51.99	6.80	3.84	3.46	A. Expto
21	186	3.14	0.27	43.99	6.00	3.79	3.35	A. Expto
22	310	4.52	0.16	53.32	7.80	3.82	3.45	A. Expto
23	244	3.50	0.13	66.65	6.93	2.89	1.28	A. Expto
24	147	3.41	0.11	42.66	7.80	2.43	1.22	A. Expto
25	100	5.00	0.07	51.54	6.80	3.75	3.48	A. Expto
26	225	3.60	0.10	54.65	6.80	4.02	3.95	A. Expto
27	134	2.72	0.12	69.76	6.80	3.81	3.59	A. Expto
28	141	6.54	0.90	58.65	7.00	3.75	3.27	A. Expto
29	273	4.15	0.16	51.99	7.60	2.39	1.22	A. Expto
30	250	2.53	0.29	54.65	6.20	3.77	3.46	A. Expto
31	249	1.15	0.75	46.22	7.67	1.69	2.67	Maradol
32	233	1.24	0.75	41.33	7.93	1.93	2.68	Maradol
33	268	1.17	0.75	59.55	7.00	2.23	2.86	Maradol
34	261	1.36	0.71	43.55	7.83	2.11	2.75	Maradol
35	273	1.31	0.29	35.55	6.80	3.20	2.36	Maradol
36	328	1.23	0.75	45.33	6.00	2.13	2.87	Maradol
37	305	1.67	0.83	57.33	7.00	2.48	2.86	Maradol

38	441	1.30	0.75	55.11	9.00	3.23	2.95	Maradol
39	464	1.24	0.71	45.77	7.50	2.20	2.92	Maradol
40	426	1.42	0.75	44.88	7.17	3.27	2.86	Maradol
41	531	1.17	0.75	45.33	7.00	1.19	2.03	Maradol
42	379	1.64	0.71	40.44	7.23	3.50	2.87	Maradol
43	623	1.00	0.37	31.11	6.07	1.73	2.49	Maradol
44	504	1.41	0.75	53.77	7.23	2.22	2.76	Maradol
45	476	1.80	0.67	47.11	6.47	2.55	2.45	Maradol
46	556	1.54	0.87	56.44	7.73	0.39	0.09	Maradol
47	593	1.60	0.92	54.22	8.67	1.33	2.18	Maradol
48	689	1.41	0.96	44.88	9.73	3.11	2.92	Maradol
49	620	1.91	0.87	39.99	5.67	2.39	1.21	Maradol
50	476	0.28	0.20	33.30	12.10	8.50	6.37	Hawaiana
51	714	0.24	0.20	36.50	12.20	8.50	7.96	Hawaiana
52	370	0.29	0.20	28.00	10.10	7.95	7.08	Hawaiana
53	549	0.36	0.30	36.80	12.20	8.50	7.96	Hawaiana
54	284	0.39	0.20	28.00	12.20	7.95	7.08	Hawaiana
55	370	0.33	0.40	33.30	13.20	9.10	7.08	Hawaiana
56	522	0.25	0.38	26.10	13.00	9.10	7.96	Hawaiana
57	719	0.23	0.38	37.80	13.50	8.50	7.96	Hawaiana
58	514	0.24	0.40	32.20	13.20	9.10	7.08	Hawaiana
59	490	0.30	0.30	27.40	12.50	10.62	6.37	Hawaiana
60	516	0.23	0.40	36.50	14.00	8.50	7.96	Hawaiana
61	544	0.27	0.20	30.60	11.00	11.08	10.62	Hawaiana
62	449	0.27	0.30	32.80	12.00	10.20	9.10	Hawaiana
63	848	0.21	0.20	28.00	11.00	8.79	7.96	Hawaiana
64	871	0.16	0.40	41.00	13.00	8.79	7.96	Hawaiana
65	679	0.21	0.56	27.70	10.50	8.50	7.96	Hawaiana
66	806	0.20	0.38	38.10	13.50	10.30	9.10	Hawaiana
67	613	0.26	0.40	27.40	12.50	10.20	9.10	Hawaiana
68	1066	0.16	0.40	31.70	13.50	11.10	9.10	Hawaiana
69	430	0.23	0.59	48.20	14.00	10.20	9.10	Hawaiana

Ob= observación, SPKF=semillas por kilogramo de fruto, PFK= peso del fruto en kilogramos, VC= vitamina C, PAT= porcentaje de azúcares totales, PAR=porcentaje de azúcares reductores.

Anexo 4 . Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas.kg⁻¹ de los frutos considerando las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). Salida de SAS.

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Peso Contra Número de Semillas.kg⁻¹ de Pulpa.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	82.39	82.39	63.09	0.0001
ERROR	67	87.50	1.31		
TOTAL	68	169.89			

$$R^2 = 0.49$$

$$\beta_1 = - 0.005$$

$$n= 69$$

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Acidez Titulable Contra Número de Semillas.kg-1 de Pulpa.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	0.08	0.08	1.05	0.0001
ERROR	67	5.26	0.08		
TOTAL	68	5.34			

$$R^2 = 0.02$$

$$\beta_1 = - 0.0002$$

$$n= 69$$

Anexo 4. Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas.kg⁻¹ de los frutos considerando las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). Salida de SAS.

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Vitamina "C" Contra Número de Semillas.kg⁻¹ de Pulpa.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	1054.04	1054.04	10.29	0.0001
ERROR	67	6860.35	102.40		
TOTAL	68	7914.39			

$$R^2 = 0.13$$

$$\beta_1 = - 0.02$$

$$n= 69$$

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Solidos Solubles Totales Contra Número de Semillas.kg-1 de Pulpa.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	139.80	139.80	30.20	0.0001
ERROR	67	310.12	4.63		
TOTAL	68	449.93			

$$R^2 = 0.31$$

$$\beta_1 = 0.006$$

$$n= 69$$

Anexo 4. Análisis de regresión de algunas variables sobre el número de semillas.kg⁻¹ de los frutos considerando las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). Salida de SAS.

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Azúcares Totales Contra Número de Semillas.kg⁻¹ de Pulpa.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Ft > F
MODELO	1	223.33	223.33	33.25	0.0001
ERROR	67	450.08	6.71		
TOTAL	68	673.41			

$$R^2 = 0.33$$

$$\beta_1 = - 0.008$$

$$n = 69$$

Análisis de Varianza Para la Variable Dependiente Azúcares Reductores Contra Número de Semillas.kg⁻¹ de Pulpa.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor Calculado de F	F de tablas Pr > F
MODELO	1	180.70	180.70	38.76	0.0001
ERROR	67	312.36	4.66		
TOTAL	68	493.06			

$$R^2 = 0.37$$

$$\beta_1 = - 0.007$$

$$n = 69$$

Anexo 5. Análisis de comparación de medias de algunas variables de las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). utilizando la prueba de Tukey. Salida de SAS.

Variable: Semillas

Grupos	Tukey	Medias	Número de observaciones	Variedad
A		721.08	13	Experimento
A		613.58	19	Maradol
A		607.06	17	Amarilla
B		142.15	20	Hawaiana

Variable: Peso

Grupos	Tukey	Medias	Número de observaciones	Variedad
A		3.78	13	Experimento
A		3.35	19	Maradol
B		1.40	17	Amarilla
C		0.26	20	Hawaiana

Variable: Acidez Titulable

Grupos	Tukey	Medias	Número de observaciones	Variedad
A		0.80	13	Experimento
A		0.73	19	Maradol
B		0.34	17	Amarilla
C		0.18	20	Hawaiana

Anexo 5(Continuación) . Análisis de comparación de medias de algunas variables de las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). utilizando la prueba de Tukey. Salida de SAS.

Variable: Vitamina C

Grupos Tukey	Medias	Número de observaciones	Variedad
A	54.34	13	Experimento
B	46.73	19	Maradol
B	40.78	17	Amarilla
C	33.07	20	Hawaiana

Variable: Solidos Solubles Totales

Grupos Tukey	Medias	Número de observaciones	Variedad
A	12.43	13	Experimento
B	7.45	19	Maradol
B	7.35	17	Amarilla
B	7.10	20	Hawaiana

Variable: Azúcares Totales

Grupos Tukey	Medias	Número de observaciones	Variedad
A	9.27	13	Experimento
B	3.53	19	Maradol
C	2.44	17	Amarilla
C	2.25	20	Hawaiana

Anexo 5(Continuación) . Análisis de comparación de medias de algunas variables de las cuatro var. de papaya (Amarilla, Maradol, Hawaiana y Amarilla del experimento de campo). utilizando la prueba de Tukey. Salida de SAS.

Variable: Azúcares Reductores

Grupos Tukey	Medias	Número de observaciones	Variedad
A	8.04	13	Experimento
B	2.96	19	Maradol
B	2.46	17	Amarilla
C	2.07	20	Hawaiana