

**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**PROPIEDADES FISICAS Y ESTRUCTURALES DEL FRUTO DE  
TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa*, Brot.) Y CAMBIO  
POR DANO MECANICO, COSECHAS Y ALMACENAMIENTO**

**TESIS DE MAESTRIA**

Que para Obtener el Grado de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
Especialista en Horticultura



DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**P R E S E N T A :**

**FRANCISCO JAVIER MACIAS RODRIGUEZ**

**CHAPINGO, MEXICO**

**1995**



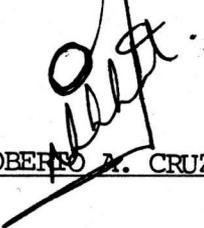
DX63077  
-101234

ESTA TESISI FUÉ DIRIGIDA POR LA DRA. Ma. TERESA COLINAS LEON Y ASESORADA POR EL DR. JAIME SAHAGUN CASTELLANOS Y EL M.C. ROBERTO A. CRUZ GARZA, SIENDO APROBADA POR EL JURADO EXAMINADOR INDICADO Y ACEPTADA PARA QUE EL ING. FRANCISCO JAVIER MACIAS RODRIGUEZ OBTENGA EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALISTA EN HORTICULTURA.

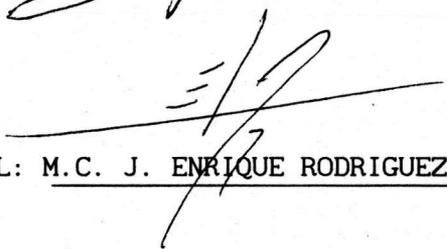
JURADO EXAMINADOR

  
PRESIDENTE: DRA. MA. TERESA COLINAS LEON

  
SECRETARIO: DR. JAIME SAHAGUN CASTELLANOS

  
VOCAL: M.C. ROBERTO A. CRUZ GARZA

  
REPRESENTANTE DEPARTAMENTAL: M.C. AURELIANO PEÑA LOMELÍ

  
REPRESENTANTE COORDINACION GENERAL: M.C. J. ENRIQUE RODRIGUEZ PEREZ

# D E D I C A T O R I A

A MI ESPOSA GRACIELA POR SU APOYO DURANTE MIS ESTUDIOS

A MIS HIJOS SOFIA IVONNE FRANCISCO JAVIER Y GERARDO DANIEL

POR SU AMOR Y COMPRESION

A MIS PADRES SOFIA (QEPD) E HILARIO POR SUS CONSEJOS Y ORIENTACIONES

A MIS HERMANOS POR DARME ANIMOS DE SEGUIR ADELANTE

## INDICE GENERAL

	pag
INDICE DE FIGURAS.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. HIPOTESIS.....	3
4. REVISION DE LITERATURA.....	4
4.1. Indices de calidad en frutas y hortalizas.....	4
4.2. Terminología relativa al daño mecánico.....	4
4.3. Generalidades de los daños en algunos cultivos.....	6
4.3.1. Manzana ( <u>Pyrus malus</u> ).....	6
4.3.2. Pera ( <u>Pyrus communis</u> ).....	8
4.3.3. Durazno ( <u>Prunus persica</u> ).....	9
4.3.4. Jitomate ( <u>Licopersicum esculentum</u> ).....	9
4.4. Métodos de evaluación del daño.....	12
5. MATERIALES Y METODO.....	16
5.1. Localización del lote experimental.....	16
5.2. Factores en estudio.....	16
5.2.1. Variedades.....	16
5.2.2. Cosechas.....	17
5.2.3. Periodos de almacenamiento.....	17
5.3. Diseño de tratamientos y diseño experimental .....	18
5.4. Caracteres evaluados.....	20
5.5. Conducción del experimento.....	21

6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	23
6.1. Análisis de varianza.....	23
6.2. Comparación de medias.....	23
6.2.1. Factor variedades.....	23
6.2.2. Factor periodos de almacenamiento.....	27
6.2.3. Factor cosechas.....	30
6.2.4. Interacción cosechas por periodos de almacenamiento....	32
6.2.5. Interacción cosechas por variedad (C*V).....	33
6.2.6. Interacción periodos de almacenamiento por variedad....	35
6.3.. Análisis de correlación.....	35
7. CONCLUSIONES.....	41
8. RECOMENDACIONES.....	42
9. LITERATURA CITADA.....	43
APENDICE.....	47

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAG
1	Aproximación de $R_1$ y $R_2$ para cuerpos convexos.....51
2	Herramienta para impacto y como se provocó el daño por impacto....54
3	Forma como se midió el volumen dañado.....55
4	Medición de la resistencia a la penetración.....55
5	Interacción cosecha por periodos de almacenamiento de resistencia a la penetración.....56
6	Interacción cosecha por periodos de almacén de área de impacto....56
7	Interacción cosecha por periodos de almacén de volumen dañado.....57
8	Interacción cosecha por periodos de almacén de sólidos solubles...57
9	Interacción cosecha por variedad de peso.....58
10	Interacción cosecha por variedad de diámetro ecuatorial.....58
11	Interacción cosecha por variedad de volumen.....59
12	Interacción cosecha por variedad de sólidos solubles.....59
13	Interacción periodos de almacén por variedad de área de impacto...60
14	Interacción periodos de almacén por variedad de volumen.....60

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAG
1	Análisis de varianza del modelo usado.....19
2	Análisis de varianza de las variables respuesta estudiadas.....24
3	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de ocho variables en diferentes niveles del factor variedades.....27
4	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de ocho variables en diferentes niveles del factor periodos de almacén.....29
5	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de ocho variables en diferentes niveles del factor cosechas.....31
6	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de cuatro variables con la interacción cosecha por periodos de almacén.....33
7	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de cuatro variables con la interacción cosecha por variedad.....34
8	Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de dos variables con la interacción periodos de almacén por variedad.....36
9	Análisis de correlación de las variables estudiadas.....38

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar algunas propiedades físicas, estructurales y bioquímicas del fruto de tomate de cáscara y los cambios por efecto de daños mecánicos, en cosecha y almacenamiento, se estableció un experimento en los terrenos del Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. El establecimiento se inició en febrero de 1994 y se terminó en septiembre del mismo año, utilizando cuatro variedades (Tamazula, Salamanca, Rendidora y Compuesto mejorado [CHF1]). Se realizaron tres cortes, el primer corte se realizó a los 73 días después del trasplante, en las variedades Rendidora y Compuesto mejorado. En Salamanca y Tamazula el primer corte fué a los 93 días después del trasplante, el segundo y tercer corte se hicieron a intervalos de nueve días. Los frutos cosechados se almacenaron por periodos de 0, 15, 30, y 45 días. Se determinaron las variables respuesta volumen, diámetro ecuatorial y polar, volumen dañado, resistencia a la penetración, área de impacto y porcentaje de sólidos solubles. Los resultados de esta investigación demuestran que las variedades forman frutos con diferentes características físicas, estructurales y bioquímicas; éstas características son afectadas tanto por la cosecha, así como por el periodo de almacenamiento en mayor medida, demeritando la calidad del fruto en periodos prolongados de almacenamiento. La resistencia a la penetración fué la variable a la que más se asocia la calidad del fruto. Es posible almacenar el fruto hasta los treinta días con un 9.5% de pérdida en la resistencia a la penetración, se considera que hasta los treinta días los frutos se pueden conservar almacenados sin que sufran graves daños en calidad.

## 1.-INTRODUCCION

La susceptibilidad al daño de los productos agrícolas varía con el grado de madurez, contenido de agua, cantidad de fibra y de acuerdo con su estructura biológica, otros aspectos de importancia de los productos agrícolas son las características físicas tales como forma, tamaño, volumen, área superficial, densidad, porosidad, color, apariencia y propiedades estructurales tales como compresión, firmeza, impacto y resistencia al corte, entre otras.

En el tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.), como en todos los productos agrícolas, es necesario conocer sus propiedades físicas y estructurales con el fin de estar en capacidad de planear un manejo adecuado del producto, para minimizar los daños causados en forma mecánica, ya sea durante la cosecha, transporte y/o almacenamiento. El tomate de cáscara es una hortaliza que en los últimos años a cobrado importancia económica, sin embargo, ha tenido poca atención en cuanto a manejo de postcosecha, siendo de importancia el considerar este aspecto, ya que como se sabe todo daño causado por efecto mecánico también aumenta la susceptibilidad al ataque de enfermedades, lo cual demerita la calidad del producto además de alterar las propiedades químicas de sus componentes. Algunos de los daños mecánicos por ejemplo la compresión entre dos superficies, no se hacen visibles inmediatamente sobre la superficie del producto, sino que aparecen varios días después de estar almacenados, ya que el efecto del daño ocurre en el interior, por el rompimiento de paredes celulares. Entre los factores cuyos niveles pueden tener efectos diferenciales en la intensidad del daño mecánico se encuentran las Cosechas

o Cortes, Periodos de almacenamiento y Variedades, Al respecto no se tiene información para el tomate de cáscara pero si en otros cultivos como lo es el jitomate (Lycopersicum esculentum), por lo que en la mayoría de las citas se hace referencia a este cultivo y a otros cultivos como antecedentes para orientar la presente investigación.

## 2.- OBJETIVO

Determinar los cambios en el fruto por efecto de almacenamiento y número de cosechas, sobre las propiedades físicas, estructurales y susceptibilidad al daño mecánico en cuatro variedades de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa, Brot.).

## 3.-HIPOTESIS

1.- Existen diferencias en las propiedades físicas, estructurales y bioquímicas de los frutos, considerando genotipos y estos se demeritarán crecientemente de acuerdo al tiempo de cosecha y sobretodo al periodo de almacenamiento.

#### 4.-REVISION DE LITERATURA

##### 4.1. INDICES DE CALIDAD EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Se dice que la calidad en los productos agrícolas es una propiedad exclusiva de cada producto, la cual puede definirse como la suma total de los atributos los cuales se combinan para hacer a las frutas y hortalizas aceptables, apetecibles y de valor nutritivo como alimento humano. Los principales factores de los componentes de la calidad en frutas y hortalizas para consumo en fresco son la apariencia, la textura, el sabor, el valor nutritivo y la sanidad o seguridad (Salunhke et al; 1991; Cuadro 1A).

##### 4.2. TERMINOLOGIA RELATIVA AL DAÑO MECANICO

Con el objeto de manejar una terminología adecuada en el presente trabajo, se definen algunos términos propuestos por Mohsenin (1965).

a) Abrasión: El daño abrasivo (ulceración de membranas), que puede variar en severidad, es el daño que se produce por la separación de la peridermis o piel solamente o con parte o todo el periciclo de la corteza. La abrasión de la piel es difícil de detectar en el momento de la cosecha, pero puede observarse fácilmente después de una semana de almacenamiento o a bajas humedades.

b) Magullamiento: Es el daño al tejido de la planta causado por fuerzas externas. Este provoca cambios en la textura y/o eventuales cambios químicos que alteran el color, sabor y textura. El magullamiento no

necesariamente rompe la piel.

- c) Deformación: Es un cambio en la forma de un fruto u hortaliza.
- d) Ruptura: Es un estrellamiento sin una separación completa de las partes.
- e) Cortadura: Se debe a la penetración o división por un objeto punzo-cortante.
- f) Pinchadura: Es un pequeño agujero o herida sobre la superficie de un fruto hecho por un objeto puntiagudo o tallos con aristas afiladas.
- g) Ruptura por impacto: Es una o más rupturas sinuosas en forma radial desde el punto de impacto.
- h) Ruptura de piel: Es la fractura de la peridermis cuando llega a su límite de ruptura.
- i) Descortezamiento y descamado: El descortezamiento es la separación de la peridermis de una parte de la planta por troceado, raspado, etc. El descamado es el mismo proceso excepto que la separación de la peridermis está adjunta a la peridermis sin separar.
- j) Divisionamiento: Es la división o separación de partes internas.

k) Desgarramiento terminal de tallos: Es la ruptura de la piel causada por la separación del pedúnculo y del fruto.

l) Ruptura por hinchamiento: Es la ruptura debida al aumento del agua por presión osmótica.

#### 4.3.GENERALIDADES DE LOS DAÑOS EN ALGUNOS CULTIVOS

Existen diferentes indicadores de calidad de acuerdo al tipo de fruto y forma de comercialización. En tomate de cáscara, no existen éstos indicadores o al menos no se han definido bien, razón por la cual, siendo un cultivo que cobra cada vez mayor importancia es necesario que se definan. En este capítulo se describen a manera de ejemplos las normas de calidad para algunos cultivos y que servirán como referencias.

##### 4.3.1.MANZANA (Pyrus malus).

La cosecha comercial de frutas para el mercadeo en fresco debe realizarse en los etapas tempranas de la madurez fisiológica para minimizar el daño durante la cosecha, almacenamiento, empaçado, traslado, y asegurar una calidad aceptable al comercializar al menudeo (Watada et al; 1984).

a) Extra fino: Debe ser firme, liso, sólomente magullamiento (no mayor 3.17 mm para la mayor profundidad de un punto). Un magullamiento de 12.7 mm de diámetro o varios magullamientos menores de 12.7 mm de diámetro, y el área total de los cuales no debe exceder un diámetro de 19.05 mm.

b) Fino: Este debe ser firme, sólo magullamiento mínimo liso (no mayor de 4.76 mm a la mayor profundidad del punto). Un magullamiento menor a 19.05 mm en el diámetro o varios magullamientos cada uno no mayor de 19.05 mm en el diámetro, y el área total de los cuales no debe exceder 25.4 mm de diámetro.

c) Regular: El magullamiento mínimo (no mayor a 9.52 mm a la mayor profundidad del punto). Un magullamiento de 22.2 mm de diámetro o varios magullamientos cada uno menor a 22.2 mm en el diámetro y el área total de ellos no debe exceder 31.75 mm de diámetro.

d) Desecho: Ninguna manzana con magullamiento de 25.4 mm de diámetro o mayor a 6.35 mm de profundidad en el punto, con piel rota, blanda, o con el área total de magullamiento cada una menor de 25.4 mm en el diámetro y el área total de los cuales exceda 31.75 mm de diámetro (USDA, 1955). En cuanto a exigencias de calidad en el estado de Washington para la variedad de manzana Red Delicious el promedio de firmeza para mercado debe ser de 53.4 N, es decir debe ser bastante firme (Delwiche y Sarig, 1991).

El magullamiento en manzano se inicia aproximadamente a los 2 mm al dejar caer las manzanas de la variedad "McIntosh" sobre una superficie de acero un día después de haber sido cosechadas. Al adicionarle un cojín se reduce hasta en un 43% el daño por magullamiento (Schulte et al; 1992).

Algunos trabajos reportan relaciones entre cambios en los parámetros de textura, actividad bioquímica y cambios en el potencial hídrico en manzana. Para las pruebas dinámicas no destructivas se calculó el

coeficiente de dureza, encontrándose que es una buena medida para la firmeza y elasticidad de los frutos. Este coeficiente presenta un pico que declina alrededor del tiempo de madurez climatérica. Junto con la prueba de compresión axial, esta prueba no destructiva puede proporcionar información útil en relación a la firmeza, textura, estado de madurez, y de esto depende la aceptación por parte de los consumidores. El total de potencial hídrico no tuvo cambios significativos durante el almacenamiento, esto es indicativo que el potencial hídrico (turgencia, osmosis, y matrices) es un componente de los cambios durante el almacenamiento (Woensel y DeBaerdemaeker, 1983).

En otros productos como jitomate (Lycopersicum esculentum), peras (Pyrus comunis) etc., existen pérdidas por magullamiento de la pulpa hasta de un 2.8% del peso total, así como pérdida y cambio de sustancias químicas diversas (Wannergreen and Lee, 1961). Además, se mencionan que las pérdidas en frutas debidas a la vibración por tránsito son hasta de un 10% (O'Brien et al. 1960).

#### 4.3.2. PERA (Pyrus comunis).

Las categorías Estándares para la variedad "Bartlett" de pera (Pyrus comunis) especifican los valores máximos de firmeza de 84.5 a 97.9 N dependiendo del contenido de sólidos solubles y el promedio mínimo del lote de 66.7 N. (Delwiche y Sarig, 1991).

Las variedades de pera difieren en firmeza, susceptibilidad al daño por impacto y compresión y en respuesta al almacenamiento a 0° C y

maduración a 20° C. La variedad Chojuro fué la más firme y resistió el daño mecánico mejor que las otras variedades. Al estado inicial de almacenamiento en frío, las variedades Tsu Li y la Ya Li resistieron el daño muy similar a la variedad Chojuro, sin embargo las primeras son más susceptibles a magullamiento al pasar más tiempo (cinco meses) en almacenamiento (Chen, et al, 1987).

#### 4.3.3.DURAZNO (Prunus persica).

Uno de los atributos físicos clave indicativos de la madurez del fruto es la textura de la pulpa comúnmente referido como la firmeza, esto se refleja en los USDA y los estandares del grado de condición para varias frutas, se reporta que el índice más efectivo de madurez para el mercadeo en fresco de duraznos fue, en orden de importancia: firmeza de la pulpa y el área de la piel con color (Rood, 1957).

Las Categorías Estandares Federales para duraznos frescos estipulan que la fruta debe estar "madura pero no tierna o sobremadura" aunque el nivel exacto de firmeza no se especifica.

(Delwiche y Sarig, 1991).

#### 4.3.4.JITOMATE (Lycopersicum esculentum)

Se menciona que la rotura debida a golpes o a compresiones excesivas se produce en frutos de jitomate que poseen: a)piel poco resistente y/o b)frutos blandos. Ambas características, aunque combinadas en muchas variedades para industria, son independientes y determinadas por la

constitución histológica de los frutos según la variedad de que se trate (Pagalday y Ruiz, 1983).

Algunas variedades de jitomate para la industria tienen mayor susceptibilidad de dehiscencia del fruto que otras cuando se cosechan mecánicamente, por lo que las pérdidas de producto pueden ocurrir debido a la maquinaria como a características varietales. Los frutos dañados en la máquina están ligados principalmente a propiedades de resistencia de cada variedad. Por lo que se tiene la relación tomate maduro sin daños respecto al tomate maduro total en campo la cual es del orden del 80 al 92% (Ruiz y Gil, 1983).

La resistencia mecánica de la piel de jitomate, varía en la fuerza requerida para romperla, siendo mayor la fuerza en aquellos frutos que poseen mayor anchura y mayor grosor en las células epidérmicas así como mayor grosor en la cutícula. como ejemplo se puede citar que la variedad Petomech II requiere de una fuerza de punción de 1.16 N, teniendo una altura de células de 13.75  $\mu\text{m}$ , y un grosor en la cutícula de 6.94  $\mu\text{m}$ , mientras que la Chef necesita una fuerza de punción de 0.68 N, con una altura de células de 7.69  $\mu\text{m}$ , y un grosor en la cutícula de 4.81  $\mu\text{m}$ . Por lo que estos datos indican la posibilidad de detectar variedades que resistan el manejo del producto (Pagalday y Ruiz, 1983).

La resistencia al daño mecánico en frutos causado por la cosechadora se midió en el laboratorio en cultivares de tomate del tipo industrial. Los frutos se dejaron caer de diferentes alturas, de 0.25 a 1.5 m, sobre cuatro superficies diferentes. Los resultados indican que los frutos no sufren

mucho daño si se dejan caer de alturas menores a 0.25 m. Además se observa significativamente menor daño en la hoja de goma que en los otros materiales, la variedad Red Rock manifestó mayor resistencia al daño (Galbán, et al; 1978).

La sensibilidad del fruto de tomate al agrietamiento inducido artificialmente por inmersión en vacío depende de la elasticidad y absorción de la piel del fruto. Variedades con poca tendencia al agrietamiento poseen piel elástica y permeabilidad limitada de agua. La firmeza de la fruta y la piel gruesa no están directamente relacionadas con la tendencia al agrietamiento. Bajo condiciones naturales de crecimiento la elasticidad de la piel es más importante para determinar la tendencia al agrietamiento que la capacidad de absorción (Golias y Némecová, 1983).

Diferencias significativas en la firmeza del fruto de jitomate, la estructura del fruto y calidad se encontraron en 38 cultivares, divididos en pequeños (S) (determinados) y largos (L) (indeterminados y semideterminados) y dentro de los frutos tipos oblatos (O) y elongados (E). La media de la firmeza de los frutos fué más alta en los grupos S y E que en los grupos L y O. En la totalidad del grupo S la firmeza del fruto y la relación peso del fruto/lóculo se correlacionó positivamente (Kanno y Kamimura, 1985).

Para determinar la firmeza de los frutos en variedades de jitomate este se cosechó cuando el fruto estaba maduro pero su coloración aún era verde, enseguida se colocaron a 20° C y a 85% de humedad está se hizo

durante dos épocas de cosecha diferentes. Para ser considerados los frutos de una maduración igual se tomo la aparición de color sobre el estilo, realizándose las pruebas a los 7,14 y 21 días después del inicio del color. Los resultados indican que el promedio de los valores de firmeza son diferentes para las épocas de cosecha y entre las variedades, siendo los cultivares "Flora-Dade" y la "Florida MH-1" los que podrían manejarse durante un periodo de 7 a 14 días y presentar aún índices de firmeza aceptables (Hall y Augustine, 1981).

El mayor daño en peras, tomates y chabacanos, ocurre entre el campo y el momento de someterlos al procesamiento, dependiendo del grado de madurez y la temperatura del fruto, la hora de cosecha, el tiempo entre la cosecha y el procesamiento y la distancia de transporte. Los frutos firmes así como los de poca maduración sufren menos daños, la pulpa del fruto a más bajas temperaturas se daña menos. Los frutos cosechados a primera hora del día son frescos y turgentes los cuales experimentan menos daños, este daño se incrementa al transcurrir más tiempo y distancia de transporte. Al mejorar los métodos de cosecha y manejo es posible reducir significativamente la cantidad de daños (O'Brien, et al; 1978).

#### 4.4.METODOS DE EVALUACION DEL DAÑO

Un método descrito para valoración del daño mecánico que resulta de impactos, en frutas u hortalizas, es el que consiste en remplazar el símbolo cualitativo del daño por su equivalente numérico, el cual es derivado directamente de los experimentos de impacto. Los parámetros mecánicos son energía potencial, energía consumida, y rebote del producto

impactado. La evaluación cualitativa se basa sobre una escala arbitraria de clasificación del daño de la piel, magullamiento, cuarteaduras etc. La energía consumida ( $E_{ab}$ ) es representada por la siguiente ecuación:

$$E_{ab} = (1-e^2) WH$$

donde:

$e$ = es el coeficiente de restitución,

$W$ = es el peso del producto,

$H$ = es la altura de caída del fruto u hortaliza,

Incorporando un valor al factor para cada tipo de daño valorado cualitativamente, un promedio del grado de daño podría ser computado para el lote de los productos bajo consideración. (Timofeev, 1956).

El coeficiente de restitución generalmente se define como la tasa relativa de los componentes de velocidad inicial y final de los cuerpos golpeados, en dirección normal a la superficie de contacto. Denotado por "e", el cual puede expresarse como:

$$e = V_2/V_1 = (h_2/h_1)^{1/2}$$

donde los subíndices 1 y 2 representan los estados inicial y final respectivamente y  $h_2$  y  $h_1$  denotan la altura de rebote y altura de caída libre, respectivamente. Si el principio del péndulo simple se aplica para determinar el coeficiente de restitución, los ángulos de deflexión del péndulo se pueden usar directamente como se ve en la relación siguiente.

$$e = \text{sen} \frac{\beta/2}{\alpha/2}$$

donde  $\alpha$  es el ángulo inicial y  $\beta$  el ángulo de rebote del péndulo.

Otro método para la evaluación cuantitativa del daño mecánico es la medición de la tasa de respiración por el tejido dañado en frutas u hortalizas. Se ha establecido que las heridas del tejido en las plantas vivas resulta en un incremento de la tasa de respiración, la cual es expresada usualmente en términos del volumen de  $\text{CO}_2$  emitido por unidad de peso del producto por unidad de tiempo. Un método usado para la medición respiratoria de  $\text{CO}_2$  es por medio del analizador de gases infrarojo (IRGA) el cual absorbe el aire de salida del tejido vivo de la planta. El aparato puede colocarse para obtener lecturas continuas en la evolución del  $\text{CO}_2$  contra el tiempo (Stiles and Leach, 1961).

La firmeza generalmente es medida con el penetrómetro de mano, y es la fuerza requerida para perforar la pulpa expuesta con un cilindro de punta roma y está influenciado por el esfuerzo cortante y resistencia de compresión del tejido. Una punta de 7.9 mm se usa normalmente para duraznos y peras, mientras que una de 11.1 mm se usa para manzanas. Aunque se han reportado algunos problemas relacionados con la consistencia al medirla con el penetrómetro, esto en cuanto al grado de firmeza y sus relaciones de percepción de textura por parte del consumidor, es decir en ocasiones no existe mucha concordancia entre lo registrado por el penetrómetro y el gusto del consumidor (Abbot et al., 1984; Van Woensel et al., 1987). Pero debido a la falta de alternativas adecuadas, el penetrómetro permanece como el estándar en la industria para la determinación de la firmeza (Delwiche y Sarig, 1987).

Para la evaluación de de los daños en materiales agrícolas es necesario conocer algunas metodologías y tipos de pruebas a realizarse, por lo que se mencionan algunas realizadas en cuatro variedades de pera que se les hicieron las siguientes pruebas: **prueba de compresion, prueba de impacto, evaluacion del magullamiento y otras mediciones.** (Para mayores detalles ver el apendice, Chen, et al; 1987)

La ASAE para efectuar las pruebas de compresión en los materiales alimenticios de forma convexa recomienda una metodología, de la cual en lo referente a las características de los materiales se deben de seguir. (Ver el apendice, ASAE STANDARDS, 1985).

## 5.- MATERIALES Y METODOS

### 5.1. LOCALIZACION DEL LOTE EXPERIMENTAL

El experimento se estableció el 7 de abril de 1993 bajo condiciones de riego en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo en Chapingo, Méx., que se localiza a los 19° 29' de latitud norte y a los 98° 53' de longitud oeste, situándose a una altura de 2250 msnm, con una precipitación media anual de 644.8 mm, siendo los meses más lluviosos de junio a septiembre. La temperatura media anual es de 15°C. El tipo de clima predominante es C(W<sub>o</sub>)(W) b (i')g, (García, 1973). El suelo del sitio experimental es profundo, de textura media y color marrón grisáceo oscuro; el horizonte A es de textura franco-limosa, medianamente rico en materia orgánica y ligeramente alcalino (Cachón, et al., 1976).

### 5.2. FACTORES EN ESTUDIO

#### 5.2.1. VARIETADES

En este trabajo se estudiaron las variedades Salamanca, Rendidora, Tamazula y el Compuesto Mejorado (CHF1); se decidió estudiarlas debido a que presentan características contrastantes en cuanto a sus propiedades físicas y estructurales, además de que se ha observado que el gusto de los consumidores varía de una región a otra, así, por ejemplo en los Estados de Jalisco, Aguascalientes y Zacatecas se prefieren los frutos pequeños a medianos. En cambio en los Estados de México, Morelos y otros, se tiene preferencia por los frutos grandes y de color verde. Se ha observado que la

variedad Tamazula produce frutos pequeños a medianos y tienden a tomar una coloración morada, en cambio los frutos de la variedad Rendidora son más bien grandes y de color verde, esta variedad sirvió para seleccionar el Compuesto mejorado (CHF1), por lo que resulta interesante conocer sus características. La variedad Salamanca tiende a producir frutos grandes y firmes por lo que resulta interesante compararla con las otras variedades.

### 5.2.2. COSECHAS

Otro de los factores que afectan las propiedades de los frutos son el número de cosechas o cortes que se le hacen al cultivo, esto según se ha reportado por otros autores, por lo que en el presente trabajo se incluyeron tres cosechas o cortes, la primer cosecha se realizó a los 72 días, después del trasplante en las variedades Rendidora y Compuesto mejorado (CHF1), pues alcanzaron la madurez comercial en menor tiempo; en las variedades Tamazula y Salamanca la primer cosecha se dió a los 92 días después del trasplante. La segunda y tercer cosecha en los cuatro genotipos se realizaron a intervalos de nueve días después de la primer cosecha. Se consideró que los frutos alcanzaron la madurez comercial cuando llenaron la bolsa (capítulo) que los contiene, momento en el cual fueron cosechados, esto se hizo con la finalidad de asegurar la mayor uniformidad posible en el desarrollo de los frutos

### 5.2.3. PERIODOS DE ALMACENAMIENTO

Por experiencia se sabe que los productos agrícolas con el tiempo alteran sus características, por tal razón se incluyó el almacenamiento

como un factor más de estudio. Se manejaron cuatro periodos de almacenamiento después de la cosecha que fueron de 0, 15, 30, y 45 días, a partir del momento de la cosecha. Los frutos se almacenaron en cajas de madera y se resguardaron bajo techo y en condiciones ambientales.

### 5.3. DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente fué posible conformar un factorial completo de 4x4x3 y el diseño experimental utilizado fué un bloques completos al azar en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela grande fue para las variedades por lo que se tuvieron 16 unidades experimentales grandes. La parcela chica comprendió las combinaciones de los niveles de cosechas o cortes y almacenamiento. La parcela experimental grande consistió de cinco surcos separados a 100 cm y 600 cm de longitud, la separación entre plantas fué de 30 cm. La unidad experimental consistió de muestras de diez frutos por parcela grande al final de cada periodo de almacenamiento y por cosecha. El modelo lineal utilizado para representar la situación experimental fué el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + V_i + R_j + E_{a_{ij}} + C_k + L_l + (LC)_{lk} + (VC)_{ik} + (VL)_{il} + (VLC)_{ikl} + E_{b_{ijkl}}$$

En este modelo  $\mu$  es la media general,  $V_i$  es el efecto de la  $i$ -ésima variedad,  $R_j$  es el efecto del  $j$ -ésimo bloque,  $E_{a_{ij}}$  es el error contra el cual se probó el factor variedad,  $C_k$  es el efecto de la  $k$ -ésima cosecha,  $L_l$  es el efecto del  $l$ -ésimo periodo de almacenamiento,  $(LC)_{lk}$  es el efecto de de la interacción del  $l$ -ésimo periodo de almacenamiento y de la  $k$ -ésima cosecha,  $(VC)_{ik}$  es el efecto de la  $i$ -ésima variedad y de la  $k$ -ésima

cosecha,  $(VL)_{i1}$  es el efecto de la  $i$ -ésima variedad y del 1-ésimo periodo de almacenamiento,  $(VLC)_{ilk}$  es el efecto de la interacción de  $i$ -ésima variedad, del 1-ésimo periodo de almacenamiento y del  $k$ -ésimo corte, y, por último,  $E_{b_{ijkl}}$  es el término de error asociado a la observación  $Y_{ijkl}$ .

El término de error "a", para parcela grande corresponde a la interacción (R\*V), utilizada para la prueba de F del factor variedad (Cuadro 1), el resto de los factores e interacciones se probaron contra el error "b" ( $E_b$ ).

Cuadro 1.- Análisis de varianza del modelo usado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F <sub>o</sub>
R	3	SCR	CMR	CME/CME <sub>a</sub>
V	3	SCV	CMV	CMV/CME <sub>a</sub>
E <sub>a</sub>	9	SCE <sub>a</sub>	CME <sub>a</sub>	
C	2	SCC	CMC	CMC/CME <sub>b</sub>
L	3	SCL	CML	CML/CME <sub>b</sub>
CL	6	SC(C*L)	CM(C*L)	CM(C*L)/CME <sub>b</sub>
CV	6	SC(C*V)	CM(C*V)	CM(C*V)/CME <sub>b</sub>
LV	9	SC(L*V)	CM(L*V)	CM(L*V)/CME <sub>b</sub>
CLV	18	SC(C*L*V)	CM(C*L*V)	CM(C*L*V)/CME <sub>b</sub>
E <sub>b</sub>	132	SCE <sub>b</sub>	CME <sub>b</sub>	

Para el grado de asociación lineal entre dos variables se realizó un análisis de correlación, mediante este análisis es posible conocer la dependencia que existe entre dos variables al cambiar una de ellas. Además se realizaron comparaciones múltiples de medias de Tukey, con  $\alpha=0.05\%$ .

#### 5.4. CARACTERES EVALUADOS

En cada repetición se consideraron diez frutos (por unidad experimental) para la determinación de las variables respuesta (caracteres), cuyos valores se promediaron para obtener una observación por cada unidad experimental. Los caracteres evaluados fueron:

-El peso del fruto (PESO) se obtuvo utilizando una báscula granataria y fué expresado en gramos (g).

-El volumen del fruto (VOL). Se determinó por el desplazamiento de agua al sumergir el fruto en una probeta graduada. Los valores de esta variable se expresaron en centímetros cúbicos ( $\text{cm}^3$ ).

-Area de impacto (ARE). Para estudiar esta variable se utilizó una herramienta que pesa 50 g con punta esférica de un diámetro de 10 mm. Para su aplicación, ésta se dejó caer libremente sobre el fruto desde una altura de 15 cm. Aquí la punta se impregnó con tinta para marcar el área de contacto y poder medirla. En este caso las unidades utilizadas fueron milímetros cuadrados ( $\text{mm}^2$ ), (Figura 2A).

-Volumen Dañado (VOD). Para calcular el volumen dañado se hizo un corte longitudinal por el centro del área de impacto, (el área de impacto fué la marcada por la herramienta de impacto), para luego realizar la medición de profundidad del daño y proceder al cálculo del volumen deteriorado, Aquí las unidades utilizadas fueron  $\text{mm}^3$  (Figura 3A)

-Sólidos solubles (SOL). Se uso el refractómetro de mano, con un poco de jugo del fruto para hacer la lectura, la cual se expresó en grados Brix. (Chen et al; 1987)

-Resistencia a la penetración (RPE). Esta variable fué estudiada auxiliándose del penetrómetro de mano usándose una punta de 7.9 mm de diámetro. Esto es, se aplicó la presión sobre la superficie del fruto hasta que se rompió la epidermis del mismo, en este caso la fuerza se expresó en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{Kg/cm}^2$ ).

-Diámetro ecuatorial (RA1), diámetro polar (RA2) se midieron con la ayuda de un vernier, las unidades en que se expresaron fueron mm.

##### 5.5. CONDUCCION DEL EXPERIMENTO

El trabajo de campo se inició con la siembra en el almácigo de las variedades en estudio, la cual se realizó el 25 de febrero de 1993, en esta etapa al cultivo se le proporcionaron los cuidados necesarios, tales como fueron los riegos diarios y los deshierbes requeridos que en este caso fueron dos. El trasplante fué en forma manual y se realizó el día 7 de abril de 1993, cuando la plantúla tenía 41 días de haberse sembrado. El cultivo se condujo en forma comercial, y siguiendo las recomendaciones para este cultivo. En lo que respecta a riegos se dieron seis en total, para el control de malezas únicamente se le hicieron dos escardas con tracción animal, complementandose con tres deshierbes realizados con azadón, se realizó una aplicación preventiva de Metasystox un poco antes de la floración para el control de plagas, durante la conducción del cultivo no

fué necesaria la aplicación de fungicidas.

El primer corte de las variedades Compuesto mejorado (CHF1) y la Rendidora se realizó el 18 de junio de 1993 y de ahí los cortes se hicieron cada nueve días hasta completar tres. Para las variedades Salamanca y la Tamazula el primer corte se dió el día 8 de julio de 1993 y cortes cada nueve días hasta completar tres. La diferencia en el inicio de los cortes se debe a que las variedades Compuesto mejorado (CHF1) y la Rendidora alcanzaron primero la madurez comercial. En este caso se cosechó la totalidad de cada una de las parcelas para la toma de datos. El producto cosechado se envasó en cajas de madera, usándose una por parcela y una por corte lo que dió un total de 48 cajas que se sometieron al almacenamiento. El almacenamiento se hizo únicamente bajo techo en las condiciones ambientales prevalecientes. Para realizar las mediciones planteadas en las variables respuesta se tomaron diez lecturas por parcela, por corte y por periodo de almacén; es decir, se realizaron 120 observaciones por parcela, lo que dió un total de 1920 observaciones, que posteriormente se promediaron quedando únicamente 192 observaciones..

## 6-. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. ANÁLISIS DE VARIANZA

En el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 2, se observa que para la fuente de variación variedades, hubo diferencias altamente significativas en todos los caracteres evaluados, exceptuando el correspondiente a volumen dañado. En relación al factor cosechas los caracteres peso, diámetros ecuatorial y polar, y volumen, presentan diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) y en los caracteres sólidos solubles y volumen dañado se observan diferencias con  $\alpha=0.05$ ; los caracteres de resistencia a la penetración y área de impacto no muestran diferencias. Para el caso del factor periodos de almacenamiento se observa que los caracteres peso y diámetro polar no presentan diferencias significativas.

En relación a lo mencionado en el párrafo anterior se puede decir de una manera general que la calidad de los frutos en el tomate de cáscara se ve afectada por factores variedades, número de cosechas (cortes) y por los periodos de almacenamiento.

Con relación al efecto conjunto de los factores (interacciones), se observa en el mismo Cuadro 2, que la interacción Cosechas por Periodos de almacenamiento (C\*L) fué significativa para los caracteres de sólidos solubles, resistencia a la penetración, área de impacto y volumen dañado; para la interacción Cosechas por Variedad (C\*V) se encuentra que presenta significancia en peso, diámetro ecuatorial, volumen y sólidos solubles. En

la interacción Periodos de almacenamiento por variedad (L\*V) solamente presenta significancia en los caracteres de área de impacto y volumen dañado y la triple interacción (C\*L\*V) resultó significativa para todos los caracteres excepto para el caracter resistencia a la penetración.

Con respecto a los coeficientes de variación se observa que éstos tuvieron una variación entre 5.74 y 15.58, lo cual indica que la conducción del experimento se realizó bajo las condiciones pertinentes.

Cuadro 2.- Análisis de varianza de las variables respuesta estudiadas.

VALORES DE CUADRADOS MEDIOS									
FV	g l	PESO	RA1	RA2	VOL	SOL	RPE	ARE	VOD
R	3	12.5	4.2	2.3	3.0	0.04	0.79*	16.3	2659*
V	3	950.5**	389.3**	143**	340.9**	1.3**	18.0**	158.6**	532
Ea	9	41.7	16.7	8.4	13.3	0.1	0.22	13.6	1280
C	2	744.0**	280.6**	77.6**	211.7**	0.5*	0.50	10.7	2906*
L	3	26.6	22.3*	4.8	40.4**	0.4**	5.2**	1898**	45689**
CL	6	13.3	2.4	2.8	7.0	0.4**	0.68*	42.0**	4708**
CV	6	32.6*	14.4*	4.2	10.1*	0.4**	0.45	6.6	586
LV	9	18.8	5.6	3.9	6.7	0.1	0.39	36.8**	3340**
CLV	18	28.6**	9.6*	4.4*	10.4*	0.2*	0.28	15.6*	2003**
Eb	132	12.9	5.8	2.6	4.6	0.1	0.23	7.5	775
CV		15.5	6.4	5.7	15.0	7.4	10.7	6.3	13.9

\* = Significativa al 5%

\*\* = Significativa al 1%

Peso=peso (g/fruto)

RA1=diametro ecuatorial (mm)

RA2=diametro polar (mm)

RPE=resistencia a penetracion (kg/cm<sup>2</sup>)

SOL=solidos solubles (grados brix)

VOL=volumen (mm<sup>3</sup>)

C=numero de cosecha

L=periodos de almacen

V=variedades

ARE=area de impacto (mm<sup>2</sup>)

VOD=volumen dañado (mm<sup>3</sup>)

CV=coeficiente de variacion

## 6.2. COMPARACIONES DE MEDIAS

### 6.2.1. FACTOR VARIEDADES

En el Cuadro 3 se presentan las comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el factor variedades. En relación al caracter peso se tiene que las variedades Salamanca, Compuesto mejorado (CHF1) y Rendidora fueron estadísticamente iguales, superando con mucho a la variedad Tamazula. En cuanto a los caracteres diámetro ecuatorial y volumen se tiene el mismo comportamiento, en el caso de diámetro polar la tendencia es similar, sólo que Salamanca es superior seguida de las variedades Rendidora y Compuesto mejorado (CHF1), y la Tamazula continúa manifestando su inferioridad para este caracter evaluado. Estos resultados indican que la variedad Tamazula tuvo un menor desarrollo de frutos, lo cual es atribuible a la constitución genética de las variedades.

El registro de estas características es necesario para las condiciones del uso de envases, pues se tiene que los frutos al tener mayor peso y mayores dimensiones requieren un manejo diferente, principalmente al momento de ser almacenados, pues si se envasan en arpillas se corre el riesgo de que los frutos de la parte inferior se vean dañados al soportar un mayor peso por unidad de superficie, claro que esto es posible evitarlo mediante la utilización de cajas ya sea de madera o de cartón, según las exigencias del mercado. Otro aspecto es el tamaño y la forma del fruto, pues recuerdese que las diferentes regiones demandan diferentes formas, tamaños y colores en los frutos, por lo que la diversidad que presentan las variedades es posible aprovecharlas para las exigencias en calidad de los diferentes mercados, además la forma y tamaño juegan un papel determinante

en relación a la firmeza, tal como lo mencionan Kanno y Kamimura (1985).

Respecto al carácter resistencia a la penetración en el Cuadro 3, se observa que las variedades Rendidora y Compuesto Mejorado tienen la menor resistencia, siendo superados estadísticamente por Tamazula ( $\alpha=0.05$ ), la cual a su vez es superada por la variedad Salamanca, siendo también ésta la de menor área de impacto, en relación al volumen dañado no se observan diferencias significativas, pero la Salamanca sigue conservando la superioridad numérica. Al respecto cabe mencionar que éstas características determinan la calidad de los frutos en lo que a firmeza se refiere, pues es una cualidad buscada tanto por los productores como por los comerciantes, ya que esto les asegura mayor aceptación por los consumidores, además frutos más firmes resisten mejor el manejo del producto pues tienden a presentar menores daños, estos resultados concuerdan con los obtenidos para jitomate en diferentes variedades según lo reportan Pagalday y Ruiz (1983), quienes observaron respuesta diferencial entre genotipos.

Con respecto a los sólidos solubles se observa que las variedades Rendidora y Compuesto mejorado (CHF1) manifiestan superioridad estadística sobre el resto de las variedades (Cuadro 3). Este es un carácter que juega un papel importante en el gusto de los consumidores, pues existen regiones en donde se prefieren frutos dulces o ácidos, por lo que al contar con variedades que produzcan frutos con diferente grado de sólidos solubles permiten al productor satisfacer las necesidades de la demanda.

En relación a lo mencionado en los párrafos anteriores las variedades juegan un papel importante, principalmente cuando se deseen realizar

mejoras genéticas, pues por ejemplo el Compuesto mejorado (CHF1) es superior a todas las variedades en sólidos solubles pero es el más susceptible en cuanto a resistencia a la penetración y volumen dañado, por lo que se podría buscar el conjuntar éstas características en una misma variedad, de forma tal que también sea lo bastante firme para que resista el daño por golpes o compresiones.

Cuadro 3.- Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de ocho variables, en diferentes niveles del factor variedades.

#### VARIABLES

NIVEL	PESO	RA1	RA2	VOL	RPE	ARE	VOD	SOL
SAL	25.83 <sup>A</sup>	38.83 <sup>A</sup>	30.45 <sup>A</sup>	15.90 <sup>A</sup>	5.40 <sup>A</sup>	40.76 <sup>B</sup>	195.40 <sup>A</sup>	4.50 <sup>B</sup>
CHF1	24.64 <sup>A</sup>	38.68 <sup>A</sup>	28.66 <sup>B</sup>	15.21 <sup>A</sup>	4.06 <sup>C</sup>	44.54 <sup>A</sup>	200.80 <sup>A</sup>	4.77 <sup>A</sup>
TAM	16.48 <sup>B</sup>	33.08 <sup>B</sup>	26.27 <sup>C</sup>	10.33 <sup>B</sup>	4.59 <sup>B</sup>	43.36 <sup>A</sup>	199.02 <sup>A</sup>	4.45 <sup>B</sup>
REN	25.49 <sup>A</sup>	38.81 <sup>A</sup>	28.89 <sup>B</sup>	15.77 <sup>A</sup>	4.16 <sup>C</sup>	44.54 <sup>A</sup>	203.33 <sup>A</sup>	4.75 <sup>A</sup>

Medias con misma letra no son significativamente diferentes.

Peso = peso (g/fruto)

RA1 = diametro ecuatorial (mm)

RA2 = diametro polar (mm)

RPE = resistencia a penetracion ( $\text{kg/cm}^2$ )

SOL = solidos solubles (grados brix)

CHF1 = Compuesto mejorado

ARE = area de impacto ( $\text{mm}^2$ )

VOD = volumen dañado ( $\text{mm}^3$ )

VOL = volumen ( $\text{mm}^3$ )

SAL = Salamanca

TAM = Tamazula

REN = Rendidora

#### 6.2.2. FACTOR PERIODOS DE ALMACENAMIENTO

El Cuadro 4 presenta las comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para este factor, para el caracter diámetro ecuatorial el periodo de cero días en almacenamiento muestra la superioridad estadística del periodo de

45 días y superioridad numérica de los periodos de quince y treinta días. En diámetro polar no se encontraron diferencias significativas. En caracter volumen se observa un comportamiento similar a diámetro ecuatorial. De esta información se infiere que los periodos prolongados de almacenamiento afectan el tamaño de los frutos al ver disminuido el tamaño inicial, aunque numericamente las diferencias son de solo dos milímetros en diámetro ecuatorial y dos mililitros en volumen, lo que en la práctica no es muy notorio, este aspecto obviamente que va en detrimento de la calidad, por lo que se debe de considerar y en lo posible evitar periodos prolongados de almacenamiento.

En el Cuadro 4 se observa que la mayor resistencia a la penetración se presenta al momento de la cosecha y se mantiene quince días después de estar almacenados los frutos. Posteriormente ésta resistencia disminuye significativamente a los treinta días y aún más a los cuarenta y cinco días después del almacenamiento. Y los caracteres área de impacto y volumen dañado tienen comportamiento muy similar, aunque en cada periodo de almacenamiento disminuyen significativamente presentando menor área de impacto y menor volumen dañado a los cero días y los mayores valores se tienen a los cuarenta y cinco días de almacenamiento. De acuerdo a lo anterior se puede decir que para los dos últimos caracteres los intervalos de quince días afectan significativamente las propiedades estructurales de los frutos. En estos resultados concuerdan con los obtenidos en jitomate por Hall y Agustine (1981).

En relación a las tres últimas características discutidas es notorio que son determinantes para la calidad en los frutos, pues los resultados

indican que los periodos de almacenamiento prolongados deterioran la presentación de los frutos, dado que su firmeza se disminuye, haciendolos más susceptibles a las magulladuras por golpes o compresiones, por lo que en la medida de lo posible se deberán evitar los almacenamientos prolongados, sobre todo más allá de los treinta días.

En relación al contenido de los sólidos solubles el Cuadro 4 muestra la inferioridad estadística para los cuarenta y cinco días de almacenamiento, en términos generales esto quiere decir que conforme se aumentan los días bajo almacenamiento el contenido se disminuye afectandose ésta característica, lo cual no es muy deseable, debido a que los frutos se tornan insípidos siendo poco apreciados por los consumidores. En este sentido lo mejor es evitar periodos prolongados en almacenamiento, más allá de los treinta días.

Cuadro 4.- Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de ocho variables, en diferentes niveles del factor periodos de almacén.

VARIABLES								
NIVEL	PESO	RA1	RA2	VOL	RPE	ARE	VOD	SOL
0*	23.62 <sup>A</sup>	38.18 <sup>A</sup>	28.95 <sup>A</sup>	15.24 <sup>A</sup>	4.91 <sup>A</sup>	36.07 <sup>D</sup>	164.73 <sup>D</sup>	4.70 <sup>A</sup>
15	22.97 <sup>A</sup>	37.41 <sup>AB</sup>	28.45 <sup>A</sup>	14.35 <sup>A</sup>	4.70 <sup>A</sup>	40.85 <sup>C</sup>	189.89 <sup>C</sup>	4.62 <sup>AB</sup>
30	23.75 <sup>A</sup>	37.29 <sup>AB</sup>	28.66 <sup>A</sup>	14.55 <sup>A</sup>	4.44 <sup>B</sup>	45.75 <sup>B</sup>	205.46 <sup>B</sup>	4.67 <sup>A</sup>
45	22.12 <sup>A</sup>	36.52 <sup>B</sup>	28.20 <sup>A</sup>	13.05 <sup>B</sup>	4.15 <sup>C</sup>	50.67 <sup>A</sup>	238.47 <sup>A</sup>	4.48 <sup>B</sup>

Medias con misma letra no son significativamente diferentes.

\* Los niveles son expresados en días.

Peso = peso (g/fruto)

RA1 = diametro ecuatorial (mm)

SOL = solidos solubles (grados brix)

RPE = resistencia a penetracion (kg/cm<sup>2</sup>)

ARE = area de impacto (mm<sup>2</sup>)

VOL = volumen (mm<sup>3</sup>)

VOD = volumen dañado (mm<sup>3</sup>)

RA2 = diametro polar (mm)

### 6.2.3. FACTOR COSECHAS

En relación a este factor en el Cuadro 5 se presentan las comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). El caracter peso presenta diferencias estadísticas entre las tres cosechas, siendo la cosecha 1 la que manifiesta la superioridad estadística y la menor la cosecha 3, también se observa el mismo comportamiento en los caracteres de diámetros (polar y ecuatorial) y para volumen, los cuales aparentemente están muy relacionados. Se infiere que en cada cosecha la planta tiende a formar frutos de menor peso y tamaño, esto debido a una respuesta de la planta por los daños que sufre, dado que en la cosecha 1 la planta se encuentra prácticamente sin daños severos y a las siguientes cosechas el cultivo se deteriora por los pasos de los cosechadores, invirtiendo parte de las substancias en reparación de los tejidos dañados y los frutos no alcanzan a desarrollarse completamente, otro aspecto a tomar en cuenta es que después de la primera cosecha las siguientes se realizaron cada nueve días, este hecho también pudo influir al no permitir en estos periodos el desarrollo completo de frutos remanentes en la planta.

Esta situación obliga a que se tengan mayores cuidados con el manejo de la planta si se desea conservar además de la calidad en cuanto a forma, tamaño y el rendimiento, dado que muchas veces en el mercado se exigen tamaños y formas de los frutos, que son más fácil comercializarlos si reúnen las normas de calidad establecidas.

En lo referente a volumen dañado se observa que las cosechas 2 y 3 son las que resultan mejor estadísticamente para este factor. La tendencia de la planta es la de formar frutos resistentes al daño por impacto hacia las

últimas cosechas, siendo una característica deseable principalmente para fines de manejo y almacenamiento. en cuanto a resistencia a la penetración no se observan diferencias estadísticas, entre los niveles de estudio, aunque existe una ligera tendencia numérica a aumentar en las cosechas 2 y 3. El área de impacto no presentó diferencias significativas; sin embargo, se observa una ligera superioridad numérica en la primer cosecha.

En relación a los sólidos solubles se observa que la mayor concentración se tiene en la primer y segunda cosecha, siendo estadísticamente iguales, este hecho es importante tomarlo en cuenta principalmente cuando los productos se van a destinar a mercados exigentes en cuanto a calidades organolepticas.

Cuadro 5.- Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de ocho variables, en diferentes niveles del factor cosechas.

#### VARIABLES

NIVEL	PESO	RA1	RA2	VOL	RPE	ARE	VOD	SOL
1	26.72 <sup>A</sup>	39.46 <sup>A</sup>	29.67 <sup>A</sup>	16.16 <sup>A</sup>	4.48 <sup>A</sup>	42.90 <sup>A</sup>	207.40 <sup>A</sup>	4.72 <sup>A</sup>
2	22.68 <sup>B</sup>	37.31 <sup>B</sup>	28.57 <sup>B</sup>	14.20 <sup>B</sup>	4.65 <sup>A</sup>	43.72 <sup>A</sup>	196.25 <sup>AB</sup>	4.59 <sup>AB</sup>
3	19.94 <sup>C</sup>	35.28 <sup>C</sup>	27.46 <sup>C</sup>	12.53 <sup>C</sup>	4.52 <sup>A</sup>	43.40 <sup>A</sup>	195.26 <sup>B</sup>	4.54 <sup>B</sup>

Medias con misma letra no son significativamente diferentes.

Peso = peso (g/fruto)

VOD = volumen dañado (mm<sup>3</sup>)

RA1 = diametro ecuatorial (mm)

VOL = volumen (mm<sup>3</sup>)

RPE = resistencia a penetracion (kg/cm<sup>2</sup>)

ARE = area de impacto (mm<sup>2</sup>)

SOL = solidos solubles (grados brix)

RA2 = diametro polar (mm)

#### 6.2.4. INTERACCIÓN COSECHAS POR PERIODOS DE ALMACENAMIENTO (C\*L)

En el Cuadro 6 se muestran los valores de los cuatro caracteres que de acuerdo al análisis de varianza resultaron significativos, pero como puede observarse en relación a resistencia a la penetración las pruebas de comparación de medias no detectan diferencias estadísticamente significativas, entonces la interacción puede estar determinada por el periodo de almacenamiento de cuarenta y cinco días debido a que es el que muestra los valores más bajos para este caracter (Figura 5A). Para el área de impacto se observa que la interacción ocurre en la cosecha dos, puesto que ningún periodo difiere significativamente en ésta, a diferencia de lo que ocurre en las cosechas uno y tres, donde los primeros periodos de almacenamiento tienden a ser menores (Figura 6A). En volumen dañado no se observan diferencias estadísticamente significativas, sin embargo de acuerdo a los resultados numéricos se puede inferir que la interacción se manifiesta por los cero días de almacenamiento, ya que no varía a través de las cosechas (Figura 7A). En los sólidos solubles tampoco existen diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, la interacción detectada en en análisis de varianza puede obedecer al comportamiento del amacenamiento de cuarenta y cinco días, el cual se abate al pasar de la cosecha uno al tres (Figura 8A). Con respecto al análisis de estos cuatro caracteres se puede decir en forma general que esta interacción no altera significativamente el comportamiento general de los factores cosechas, y periodos de almacenamiento, ya que además de no ser significativas en la comparación de medias, no alteran las tendencias antes discutidas, a excepción de sólidos solubles.

Cuadro 6.- Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de cuatro variables con la interacción cosechas por periodos de almacén.

COSECHA	DIAS EN ALMACÉN	RPE	ARE	VOD	SOL
1	0	4.83 <sup>A</sup>	33.49 <sup>B</sup>	164.79 <sup>A</sup>	4.84 <sup>A</sup>
1	15	4.48 <sup>A</sup>	40.40 <sup>AB</sup>	205.76 <sup>A</sup>	4.53 <sup>A</sup>
1	30	4.67 <sup>A</sup>	46.80 <sup>A</sup>	193.40 <sup>A</sup>	4.81 <sup>A</sup>
1	45	3.95 <sup>A</sup>	50.92 <sup>A</sup>	265.45 <sup>A</sup>	4.70 <sup>A</sup>
2	0	5.16 <sup>A</sup>	38.47 <sup>A</sup>	163.68 <sup>A</sup>	4.73 <sup>A</sup>
2	15	4.77 <sup>A</sup>	41.37 <sup>A</sup>	192.23 <sup>A</sup>	4.65 <sup>A</sup>
2	30	4.37 <sup>A</sup>	45.55 <sup>A</sup>	214.15 <sup>A</sup>	4.49 <sup>A</sup>
2	45	4.32 <sup>A</sup>	49.47 <sup>A</sup>	214.93 <sup>A</sup>	4.51 <sup>A</sup>
3	0	4.76 <sup>A</sup>	35.25 <sup>B</sup>	165.71 <sup>A</sup>	4.55 <sup>A</sup>
3	15	4.86 <sup>A</sup>	40.79 <sup>AB</sup>	178.66 <sup>A</sup>	4.69 <sup>A</sup>
3	30	4.29 <sup>A</sup>	44.93 <sup>AB</sup>	208.83 <sup>A</sup>	4.71 <sup>A</sup>
3	45	4.19 <sup>A</sup>	51.63 <sup>A</sup>	234.84 <sup>A</sup>	4.21 <sup>A</sup>

Medias con misma letra no son significativamente diferentes

#### 6.2.5. INTERACCIÓN COSECHAS POR VARIEDAD (C\*V)

En relación a ésta interacción en el Cuadro 7 se presenta la comparación de medias para los caracteres que presentaron significancia de acuerdo al análisis de varianza. Con respecto al caracter peso se observa que existen diferencias estadísticamente significativas, en donde se detecta que en la cosecha dos la variedad Tamazula no difiere de las otras variedades estadísticamente, como ocurren en las cosechas uno y tres; el comportamiento se observa en Figura 9A. En relación al caracter diámetro

ecuatorial existen diferencias significativas, siendo nuevamente la variedad Tamazula la que provoca que se manifieste la interacción, pues se observa que cambia el diámetro ecuatorial al pasar de un nivel a otro del factor cosechas (Figura 10A). Para el caso de volumen tiene el mismo comportamiento anterior la variedad Tamazula (Figura 11A). En relación al caracter sólidos solubles se tiene nuevamente un comportamiento similar para la variedad Tamazula, pero en este caso también interviene la variedad Salamanca como responsables de la interacción, pues se detecta que el contenido de sólidos solubles varía al pasar de un nivel a otro del factor cosechas (Figura 12A).

Cuadro 7.- Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de cuatro variables con la interacción cosechas por variedad.

COSECHA	VARIEDAD	PESO	RA1	VOL	SOL
1	SAL	27.59 <sup>AB</sup>	39.62 <sup>B</sup>	16.87 <sup>AB</sup>	4.46 <sup>B</sup>
1	REN	30.22 <sup>A</sup>	41.37 <sup>AB</sup>	18.18 <sup>A</sup>	5.01 <sup>A</sup>
1	CHF1	29.82 <sup>A</sup>	41.93 <sup>A</sup>	18.00 <sup>A</sup>	5.05 <sup>A</sup>
1	TAM	19.24 <sup>B</sup>	34.92 <sup>B</sup>	11.61 <sup>B</sup>	4.37 <sup>B</sup>
2	SAL	26.29 <sup>A</sup>	39.31 <sup>A</sup>	15.93 <sup>A</sup>	4.54 <sup>A</sup>
2	REN	24.20 <sup>A</sup>	38.25 <sup>A</sup>	15.38 <sup>A</sup>	4.64 <sup>A</sup>
2	CHF1	23.40 <sup>A</sup>	38.18 <sup>A</sup>	14.93 <sup>A</sup>	4.65 <sup>A</sup>
2	TAM	16.85 <sup>A</sup>	33.50 <sup>A</sup>	10.56 <sup>A</sup>	4.53 <sup>A</sup>
3	SAL	23.62 <sup>A</sup>	37.56 <sup>A</sup>	14.81 <sup>A</sup>	4.48 <sup>A</sup>
3	REN	22.06 <sup>AB</sup>	36.81 <sup>AB</sup>	13.74 <sup>AB</sup>	4.59 <sup>A</sup>
3	CHF1	20.70 <sup>AB</sup>	35.93 <sup>AB</sup>	12.69 <sup>AB</sup>	4.63 <sup>A</sup>
3	TAM	16.85 <sup>B</sup>	30.81 <sup>B</sup>	8.81 <sup>B</sup>	4.45 <sup>A</sup>

Medias con misma letra no son significativamente diferentes

#### 6.2.6. INTERACCIÓN PERIODOS DE ALMACENAMIENTO POR VARIEDAD (L\*V)

En relación a esta interacción que resultó con significancia en el análisis de varianza para el carácter área de impacto, en el Cuadro 8 se presentan las medias del mismo, al respecto se observa que existen diferencias estadísticamente significativas y se aprecia que la interacción la está dando la variedad Salamamca principalmente, pues presenta los valores significativamente menores que el resto de las variedades para área de impacto en los periodos de almacenamiento de treinta y cuarenta y cinco días (Figura 13A). En relación al carácter volumen dañado la prueba de medias no alcanza a detectar diferencias estadísticamente significativas a pesar de que en el análisis de varianza se tiene significancia, y numéricamente no es evidente ésta interacción (Figura 14A). Es decir que la variedad Salamanca posee las mejores propiedades para estos caracteres aquí discutidos, pues existe la posibilidad de mantenerla en almacenamiento por periodos más prolongados sin que se vea afectada la calidad de forma significativa especialmente hasta los treinta días de almacenamiento.

#### 6.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de correlación, usando el coeficiente de Pearson. En relación a este análisis se observa que el factor cosechas se asocia lineal y significativamente con los caracteres peso, diámetros ecuatorial y polar, sólidos solubles y volumen, haciendo notar que todas presentan correlación negativa, es decir que conforme se aumenta el número de cosechas estos valores disminuyen. En relación al factor periodos de almacenamiento se tiene que se asocia lineal y significativamente con los caracteres de resistencia a la penetración,

Cuadro 8.- Prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para medias de dos variables con la interacción periodos de almacenamiento por variedad.

DIAS EN ALMACEN	VARIEDAD	ARE	VOD
0	SAL	35.80 <sup>A</sup>	169.55 <sup>A</sup>
0	REN	35.68 <sup>A</sup>	155.24 <sup>A</sup>
0	CHF1	35.33 <sup>A</sup>	155.78 <sup>A</sup>
0	TAM	37.47 <sup>A</sup>	178.42 <sup>A</sup>
15	SAL	38.78 <sup>A</sup>	183.33 <sup>A</sup>
15	REN	41.39 <sup>A</sup>	192.55 <sup>A</sup>
15	CHF1	41.91 <sup>A</sup>	192.62 <sup>A</sup>
15	TAM	41.32 <sup>A</sup>	191.05 <sup>A</sup>
30	SAL	41.55 <sup>B</sup>	205.62 <sup>A</sup>
30	REN	48.76 <sup>A</sup>	206.27 <sup>A</sup>
30	CHF1	47.85 <sup>A</sup>	193.86 <sup>A</sup>
30	TAM	44.89 <sup>AB</sup>	216.10 <sup>A</sup>
45	SAL	46.91 <sup>B</sup>	223.19 <sup>A</sup>
45	REN	52.33 <sup>AB</sup>	259.24 <sup>A</sup>
45	CHF1	53.68 <sup>A</sup>	260.94 <sup>A</sup>
45	TAM	49.76 <sup>AB</sup>	210.51 <sup>A</sup>

Medias con misma letra no son significativamente diferentes

sólidos solubles y volumen, aunque dicha correlación es negativa. También se asocia con los caracteres área de impacto y volumen dañado, en este caso se observa que la correlación es positiva, es decir a mayor tiempo en almacén mayores valores en los caracteres mencionados. Al observar los

datos del análisis de correlación (Cuadro 9) con respecto a la comparación de cada uno de los caracteres estudiados, se tiene que para peso se asocia lineal y significativamente con los diámetros (polar y ecuatorial), sólidos solubles y volumen, siendo esta correlación positiva, estos resultados indican que al variar uno de estos caracteres los demás se verán afectados directamente. En relación al diámetro ecuatorial se tiene como es de esperarse tenga correlación con diámetro polar y volumen, además con sólidos solubles, siendo positiva esta asociación, en cuanto al diámetro polar se tiene asociación con sólidos solubles, volumen y con resistencia a la penetración, encontrándose una correlación positiva. Con respecto a resistencia a la penetración se observa asociación lineal y significativa con área de impacto y volumen dañado y en ambos casos se manifiesta negativa esta correlación. Con sólidos solubles se encuentra asociación únicamente con volumen, encontrándose positiva. Volumen se correlaciona positiva y significativamente con área de impacto y por último se observa que área de impacto se asocia lineal y significativamente con volumen dañado, siendo positiva tal asociación, esto indica que a mayor área de impacto se tendrá mayor volumen dañado. Estos resultados indican que algunos caracteres se asocian fuertemente y que al variar alguno de ellos afecta la calidad de los frutos por lo que se debe tener cuidado en el manejo del cultivo y manejo postcosecha. Se puede decir que los mejores indicadores de calidad son peso, resistencia a la penetración, volumen dañado y área de impacto.

Cuadro 9.- Análisis de correlación de las variables estudiadas.

	C	L	PESO	RA1	RA2	RPE	SOL	VOL	ARE
PESO	-0.44**	-0.06							
RA1	-0.42**	-0.14	0.96**						
RA2	-0.36**	-0.09	0.89**	0.89**					
RPE	0.02	-0.31**	0.11	0.13	0.32**				
SOL	-0.17**	-0.17**	0.24**	0.31**	0.22**	-0.06			
VOL	-0.39**	-0.19**	0.94**	0.91**	0.84**	0.16	0.23**		
ARE	0.03	0.82**	-0.05	-0.07	0.08	-0.45**	-0.06	-0.17**	
VOD	-0.11	0.60**	0.05	0.02	0.05	-0.32**	-0.06	-0.06	0.67**

\*\*=significativa  $\alpha \geq 0.01$

PESO = peso (g/fruto)

C = cosechas

RA1 = diametro ecuatorial (mm)

L = periodos de almacen

RA2 = diametro polar (mm)

V = variedades

RPE = resistencia a penetracion ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

ARE = area de impacto ( $\text{mm}^2$ )

SOL = solidos solubles (grados brix)

VOD = volumen dañado ( $\text{mm}^3$ )

VOL = volumen ( $\text{mm}^3$ )

De acuerdo con los resultados obtenidos para el factor cosechas se tiene que la primer cosecha es la mejor, esto por presentar frutos de mayor peso, mayores diámetros, mayor porcentaje de sólidos solubles, así como el mayor volumen del fruto. Para el caso de volumen dañado la tercer cosecha es la mejor ya que los frutos presentaron los menores daños; en cuanto a resistencia a la penetración y área de impacto, las últimas cosechas afectan de forma negativa a los frutos pues son más susceptibles.

En cuanto al factor periodos de almacenamiento los resultados indican que largos periodos en almacenamiento afectan de forma negativa a los frutos, pues los diámetros de los frutos se disminuyen (aproximadamente 2 mm); en cuanto a resistencia a la penetración los frutos son más susceptibles cuando están por periodos prolongados en almacenamiento, a partir de los treinta días; los frutos al estar almacenados por mucho tiempo tienden a disminuir la concentración de sólidos solubles. En cuanto a resistencia a la penetración y volumen dañado los frutos cambian negativamente conforme permanecen mayor tiempo en almacenamiento; otro aspecto es que el volumen de los frutos tiende a disminuir al aumentar el número de días en almacenamiento.

Con respecto al factor variedades se tiene que el peso del fruto es mayor en la variedad Salamanca, así como los mayores diámetros; en cuanto a resistencia la penetración también fue la que tuvo los valores más altos; también esta variedad fue la que tuvo los valores más bajos para el caso de área de impacto y volumen dañado al tener menor área de impacto y menor volumen dañado. Con relación a los sólidos solubles las variedades que mostraron los valores más altos y que se considera son las mejores fueron las variedades Rendidora y el Compuesto mejorado (CHF1).

En relación a las interacciones se tiene que algunos factores influyen en la respuesta del cultivo al pasar de un nivel a otro, por lo que deben de tenerse en cuenta cuando se manejen dos o más factores al menos en trabajos similares al realizado. Así, por ejemplo los factores cosechas y periodos de almacenamiento, tomando el caracter resistencia a la penetración se observó que cambia al pasar de un nivel a otro del factor cosecha,

aunque en magnitudes pequeñas en la práctica.

Con respecto a la correlación se encontro que varios aspectos se correlacionan fuertemente por lo que son dignos de estudiarse más a detalle, por ejemplo los caracteres área de impacto y volumen dañado, pues esto de alguna manera indica que se deben de evitar los golpes en los frutos para disminuir el daño, ya que se tiene que a mayor intensidad del golpe se espera mayor volumen dañado.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el experimento y a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que:

1.-El factor variedad es determinante en la calidad de los frutos, siendo la variedad Salamanca la mejor exceptuando los sólidos solubles, para estos resultaron mejores las variedades Rendidora y Compuesto mejorado (CHF1).

2.-Los periodos de almacenamiento son determinantes en la calidad de frutos, pues con periodos prolongados de almacenamiento se disminuye la firmeza del fruto y se aumenta la susceptibilidad al daño por golpes o compresiones.

3.-El número de cosechas también determina ciertos caracteres de calidad, ya que la primer cosecha resultó ser la mejor para todos los caracteres estudiados, excepto para volumen dañado.

4.-Las variables recomendadas como primer intento para definir la calidad en el fruto de tomate de cáscara son peso, resistencia a la penetración, volumen dañado, área de impacto y sólidos solubles para calidades organolépticas.

## 8. RECOMENDACIONES

- En futuras investigaciones las mediciones se deben realizar sobre frutos de forma, tamaño y edad uniformes para minimizar el sesgo de la información, esto es posible mediante trabajos sobre plantas seleccionadas y con cuidados practicamente individual.

- Utilizar en lo posible herramientas y métodos más precisos sobre todo en lo que se refiere a resistencia a la penetración e impacto, es posible lograrlo mediante el uso de un texturómetro y un sensor electrónico para daños por impacto

- Utilizar un método más preciso para la medición del volumen del fruto, como es la medición de la fuerza de flotación del fruto sumergido (Mohsenin, 1986).

- Para trabajos encaminados al mejoramiento genético tomar en consideración algunos de los parámetros aquí estudiados, pues por ejemplo el Compuesto mejorado (CHF1) resulta superior en solidos solubles pero posee poca firmeza.

## 9. LITERATURA CITADA.

1.- Abbot, J.A., Watada, A.E. and Massie, D.R. 1984. Sensory and instrument measurement of apple texture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (20): pp. 221-228.

2.- ASAE Standars. 1985. S368.1. Compression test of food materials of convex shape. pp. 95-98.

3.- Cachón, M. A., H. Nery, E. Cuanalo H. 1976. Los suelos del área de influencia de Capingo. Colegio de Pstgraduados. E.N.A. México.

4.- Chen, P., Sun, Z. 1984. Critical Strain Failure Criterion: Pros and Cons. Transaction of the ASAE 27(1): pp. 278-281.

5.- Chen, P.; Ruiz, Margarita; Lu, Fuming and Kader, Adel A. 1987. Study of impact and compression damage on asian pears. Transaction of the ASAE. Vol. 30 N°4. pp. 1193-1197.

6.- Delwiche, M. and Sarig, Y. 1991. A Probe Impact Sensor For Fruit Firmness Mersurement. Transactions of the ASAE, 34 (1): pp. 187-192.

7.- Delwiche, M. J. 1987, Theory of Fruit Firmness Sortin by Impact Forces. Transactions of the ASAE 30(4): pp. 1160-1166.

8.- Galbán, A.R.; Koschakov, G.D.; Sigarreta, A.; Piedra, S. and Hernández, A. 1978. Comparative study on resistance to mechanical damage in

fruits of processing tomato varieties. Ciencia y Técnica en la Agricultura 1 (1): Centro Nacional de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", Havana, Cuba. pp. 61-81.

9.- García, E. 1973, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de KÖPPEN, U.N.A.M., México, D. F. 213 p.

10.- Golias, J.; Némecová, A. 1983. Evaluations of some properties of tomato varieties by the method of vacuum immersion. Bulletin Vyzkumneho a Slectitelskeho Ustavu Zelinarskeho. Czechoslovakia. N° 27, pp. 85-95.

11.- Hall, C. B. and Augustine, J. J. 1981. Fruit Firmness of Firm tomato cultivars ripened in Storage of 20°C for extended periods. HortScience 16 pp. 780-781.

12.- Kanno, T.; Kamimura, S. 1985. Studies on fruit firmness, structural factors and quality in tomato. Bulletin Vegetable and Ornamental Crops Research Station. Iwate, Japan. N° 5, pp. 27-41.

13.- Mohsenin, Nuri N. 1965. Terms, definitions and measurement related to mechanical harvesting of selected fruits and vegetables. Penna Agr. Exp. Sta. Progress Report 257.

14.- Mohsenin, Nuri N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Second Edition, Gordon and Breach, Science Publishing Co. Inc. New York. U.S.A. pp. 483-488.

15.- O'Brien, M., Claypool, L.L. and Leonard, S.J. 1960. Effects of mechanical vibrations on fruit damage during transportation. ASAE, Paper #60-311.

16.- O'Brien, M.; Fridley, R.B. and Claypool, L.L. 1978. Food losses in harvest and handling systems for fruits and vegetables. Transaction of the ASAE. p.p. 386-390.

17.- Pagalday, L. y Ruiz, M. 1983. Estructura histológica de la piel de tomate (Lycopersicon esculentum) en relación con su resistencia mecánica. Anales del Instituto Nacioanal de Investigaciones Agrarias. Serie Agrícola Num. 22. Madrid, España. pp. 68-83.

18.- Rood, P. 1957. Development and evaluation of objective maturity indices for California freestone peaches. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70: pp. 104-112.

19.- Ruiz, Altisent M. y Gil, Sierra J. 1983. Variedades de tomate para recolección mecánica: ensayos de campo y de laboatorio. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. I Congreso Nacional. Valencia , España. pp. 787-799.

20.- Salunhke, D. K., Bolin, H. R., Reddy, N. R. 1991. Storage and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. 2nd Edition, Volume I, CRC Pres, Inc. U. S. A. pp.

21.- Schulte, N.L.; Brown, G.K.; Timm, E.J. 1992. Apple impact damage Thresholds. Applied Engineering in Agriculture. 8 (1) ASAE. pp. 55-60.

22.- Stiles, W. and Leach, W. 1961. Respiration in plants. Methuen Monograph on Biological Subjects, 4th. Ed. John Wiley and Sons, New York.

23.- Timofeev, A.N. 1956. Method for determining the dependence of potato damage on mechanical factors. Sbor. Trud. Zmlad. Mekham. Vsesoyuz. (USSR). Translation # 131, NIAE, Siso, Bedford, England.

24.- USDA, Forest Service, The Forest Products Laboratory. 1955. Agricultural Handbook N°72, Wood Handbook U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

25.- Van Woensel, G., Wouters, A. and De Baerdemaker. 1987. Relation between mechanical properties of apple fruit and damage sensory quality. J. of Food Proc. Eng. 9; pp. 173-189.

26.- Watada, A.E., Herner, R.C., Kader, A.A., Romani, R.J. and Staby, G.L. 1984. Terminology for the description of development stages of horticultural crops. Hort. Sci. 19 (1). pp. 20-21.

27.- Woensel, G.V. and DeBaerdemaeker, J. 1983. Mechanical properties of apples during storage. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie. N° 16 Belgium. pp. 357-372.

## A P E N D I C E

Cuadro 1A.- Factores principales y componentes que determinan la calidad en frutas y hortalizas.

FACTORES PRINCIPALES	COMPONENTES
Apariencia(Visual)	Tamaño: dimensiones, peso, volumen. Forma y Contorno: diámetro, tersura profundidad, uniformidad, compacidad Color: uniformidad e intensidad. Brillo: natural de la cera exterior Defectos: externos e internos a)Morfológicos c)Fisiológicos b)Físicos y mecánicos d)Patológicos e)Entomológicos
Textura(Tacto)	Firmeza, dureza, suavidad, jugosidad consistencia, succulencia, arenosidad harinosidad, resistencia, fibrosidad
Sabor(gusto, olfato)	Dulzura, acidez, astringencia, aroma Insípida y sin olor, amargor.
Valor Nutritivo	Carbohidratos, proteínas, lípidos, Vitaminas, minerales.
Seguridad	Presencia de tóxicos naturales, contaminantes (residuos químicos, metales pesados) micotoxinas Contaminación microbiana

## METODOLOGIA PARA DETERMINAR PROPIEDADES FISICAS Y ESTRUCTURALES EN PRODUCTOS AGRICOLAS

El procedimiento utilizado para la evaluación de cuatro variedades se describe a continuación. En este caso particular se evaluaron cuatro variedades de peras asiáticas de las cuales se seleccionaron 200 frutos de cada variedad para su estudio. Se describe debido a que se utilizó una metodología similar para el tomate de cáscara.

**Prueba de Compresion:** La prueba de compresión fue realizada usando una máquina de prueba universal Instron (modelo 1122). Un marcador esférico de 19 mm de diámetro se usó para comprimir la pera a la tasa de deformación de 10 mm/min hasta la deformación total de la longitud del valor predeterminado. Dos pruebas de compresión, una a 1.5 mm de deformación y una a 3 mm, y se realizaron en dos localidades diferentes (cerca de 2 cm de separación a lo largo del Ecuador) en cada pera.

**Prueba de Impacto:** Las pruebas de impacto se condujeron usando el probador de impacto desarrollado por Chen et al. (1987). Una varilla de acero, punta esférica y con diámetro de 19 mm y 43.2 g de peso se dejó caer desde una altura predeterminada sobre la fruta. Se realizaron dos pruebas de impacto una a 6 cm y otra a 10 cm en cada fruta. La aceleración de la varilla durante el impacto fue medida, así como otras variables pertinentes al impacto (fuerza máxima, deformación máxima, energía absorbida y duración del impacto).

**Otras Mediciones:** aquí se incluyen la lectura de firmeza, masa y volúmenes de la fruta y el porcentaje de sólidos solubles en el jugo. La

firmeza de la fruta se midió con un probador de firmeza de frutas UC, el cual dá la máxima fuerza requerida para pinchar la superficie descortezada de la fruta con émbolo cilíndrico de 7.9 mm de diámetro. El volumen de la fruta se obtuvo por la medición de la fuerza de flotación del fruto sumergido. El porcentaje de sólidos solubles se midió con un refractómetro.

**Evaluación del Magullamiento:** Durante cada prueba de compresión e impacto la punta esférica primeramente fue untada con tinta. Cuando la punta entró en contacto con la fruta la marcó mostrando la fruta el área de contacto. Cada punto de contacto se etiquetó, y el magullamiento en la fruta se dejó desarrollar por cerca de 2 horas. El grado de magullamiento se evaluó por el corte a través del centro de la región magullada y se midió el ancho máximo y la profundidad del magullamiento (Chen et al; 1987)

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA RECOMENDADO POR LA ASAE.

a) Los especímenes de prueba deberán ser probados en su tamaño y forma natural. Después se colocarán en sus guías apropiadas de soporte. Para cuerpos grandes y convexos tales como frutas y hortalizas, el espécimen de prueba en su forma natural permite tomar varias lecturas no destructivas sobre el mismo espécimen. Esto podría ser en contraste como en el caso donde los especímenes se cortan en forma de segmentos de una esfera. Si la piel es deslizada fuera del punto de compresión, los detalles del espécimen de prueba con o sin piel deben ser dados.

b) Si solamente se hiciera la medición relativa de fuerza y deformación, es deseable realizar mediciones sobre la forma, tamaño, peso, color e igualmente para los constituyentes como azúcar y almidón antes de probar el espécimen. También es deseable que se conozca el radio de curvatura del cuerpo por medir mediante la ecuación

$$R_1 \approx H/2; \quad R'_1 \approx (H^2 + L^2/4)/2H$$

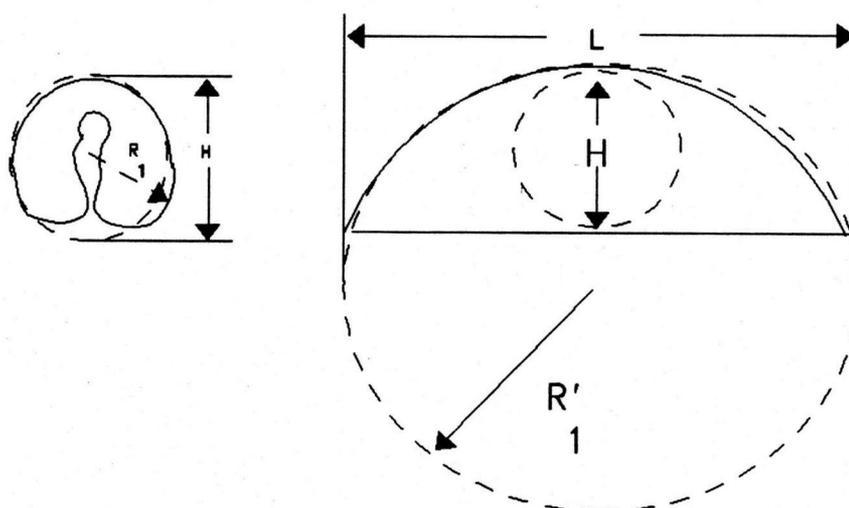


Figura 1A.- Aproximación de  $R_1$  y  $R'_1$  para cuerpos convexos.

Ahora, si la herramienta de carga es redonda en la punta, el radio de curvatura de la punta también deberá especificarse.

c) Acondicionamiento. El espécimen deberá ser acondicionado para la temperatura y humedad relativa antes de la prueba. Las frutas y hortalizas normalmente requieren pocas horas para ajustar sus temperaturas desde el campo a la temperatura del lugar.

d) Número de Especímenes de Prueba. Debido a la gran variabilidad inherente de los materiales biológicos, cada experimento deberá ser diseñado estadísticamente con un número suficiente de repeticiones para que los resultados tengan un nivel aceptable de confianza en lo que concierne a las diferencias significativas. La variación debida a la forma, tamaño, edad y estructura celular tales que el número mínimo de especímenes requeridos para cada muestra es de 20.

e) Procedimiento de Prueba

e.1) Conducir la prueba bajo atmósfera de laboratorio de temperatura y humedad relativa constantes. Si es posible, las pruebas deberán ser conducidas bajo condiciones de laboratorio con una temperatura entre 15 y 25 °C y una humedad relativa entre 45 y 55 %.

e.2) La medición del diámetro mayor e intermedio del espécimen debe ser lo más cercano al 10% de las dimensiones.

e.3) Peso del espécimen y registro de peso junto con algunas observaciones de color y apariencia.

e.4) Si el módulo de deformabilidad va a ser calculado, medir radio de curvatura, el punto de carga lo más cercano a un 10%.

e.5) Registro de información de la variedad, edad, madurez y la historia a priori del material a probar.

e.6) Si la herramienta de compresión es una punta esférica, registrar el radio de la redondez en la parte terminal. Colocar el control de velocidad a la tasa diseñada y calibrar el registro en el papel graduado para carga y desplazamiento.

e.7) Colocar el espécimen en la máquina de prueba bajo la herramienta de compresión, tener cuidado de alinear el centro de la herramienta con el pico de la curvatura del espécimen de prueba.

e.8) Colocar el espécimen sobre el soporte y bajo el peso preseleccionado. Para especímenes de semillas y granos los cuales han sido ablandados en atmósfera de humedad relativa alta, un arreglo similar de precolocación puede ser trazado para asegurar que la deformación de todo el espécimen en comparación con la deformación a el punto sea insignificante.

e.9) Arrancar la máquina y registrar la curva de deformación completa a través del punto de ruptura (ASAE STANDARDS, 1985).

DIAGRAMAS DE ALGUNAS HERRAMIENTAS Y METODOLOGIAS UTILIZADAS  
DURANTE LA INVESTIGACIÓN

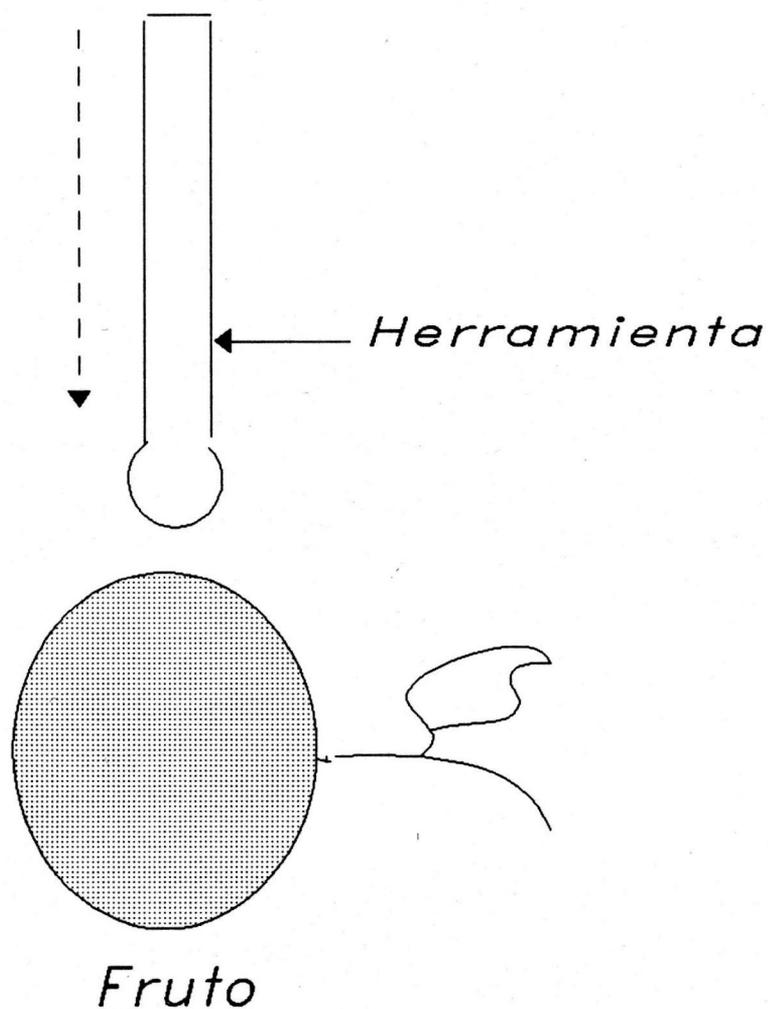


Figura 2A.- Herramienta para impacto y como se provocó el daño por impacto.

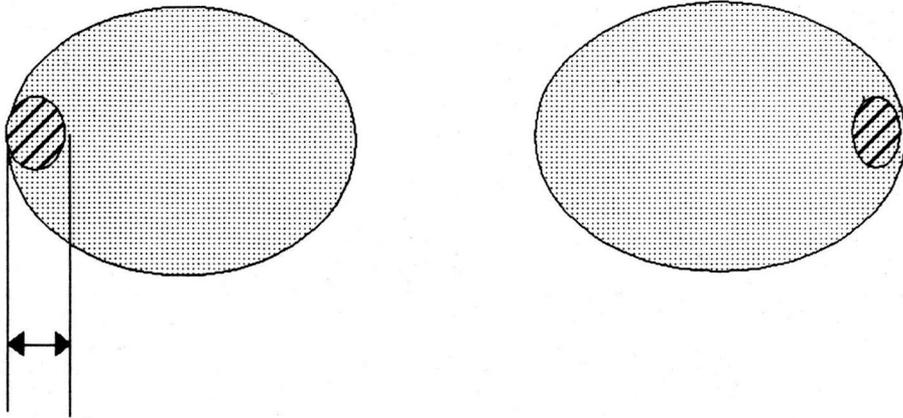


Figura 3A.- Forma como se midió el volumen dañado.

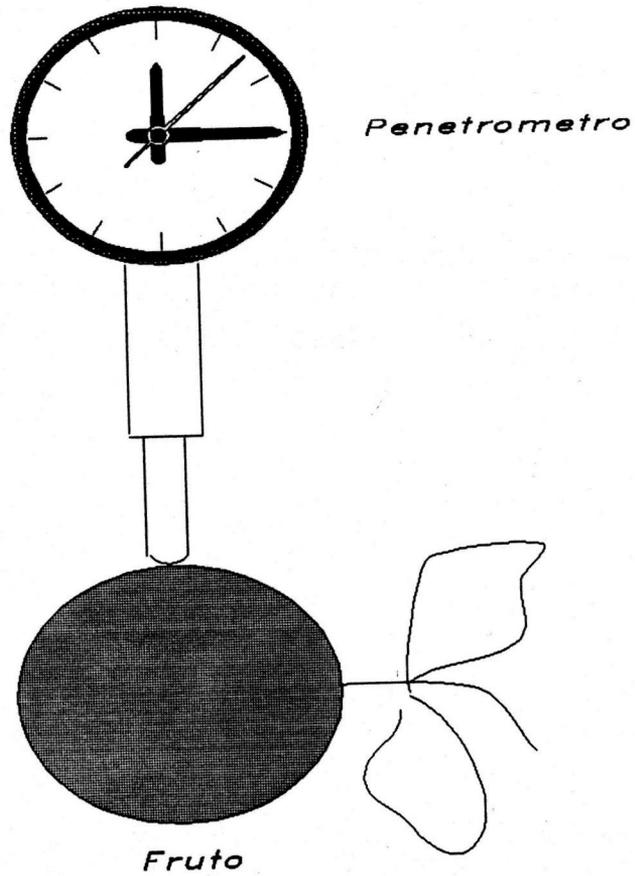


Figura 4A.- Medición de la resistencia a la penetración.

GRAFICAS DE LAS INTERACCIONES ANALIZADAS

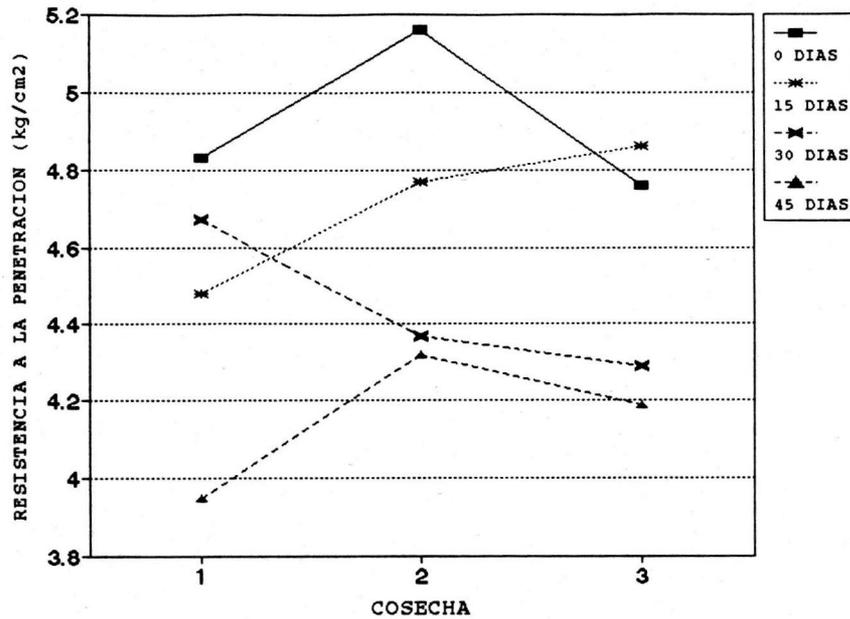


Figura 5A.- Interacción cosechas por periodos de almacén de resistencia a la penetración.

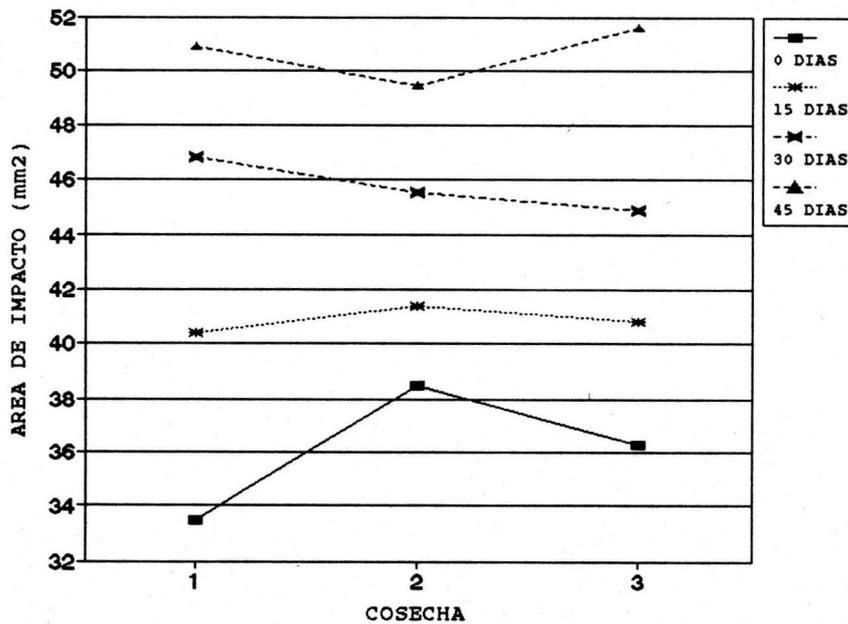


Figura 6A.- Interacción cosecha por periodos de almacén de área de impacto.

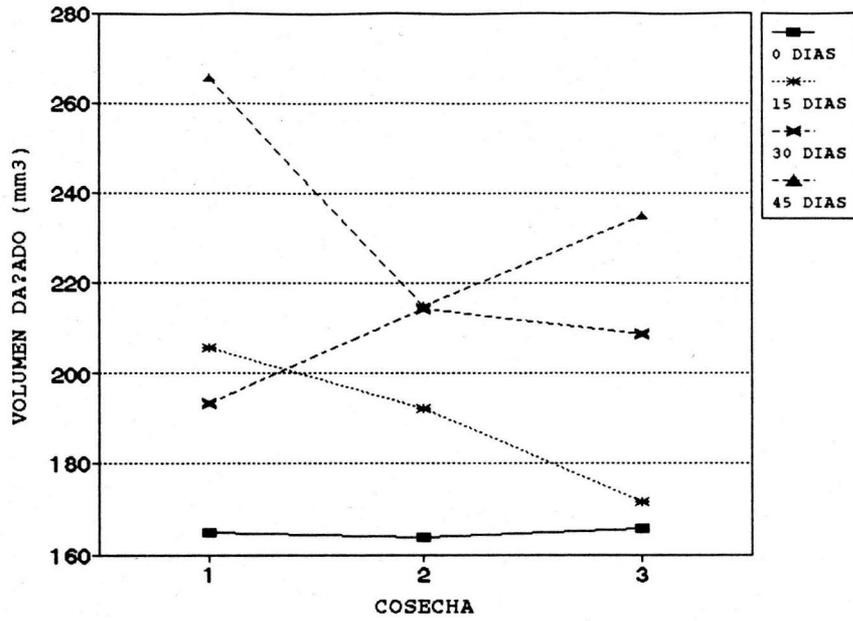


Figura 7A.- Interacción cosecha por periodos de almacén de volumen dañado.

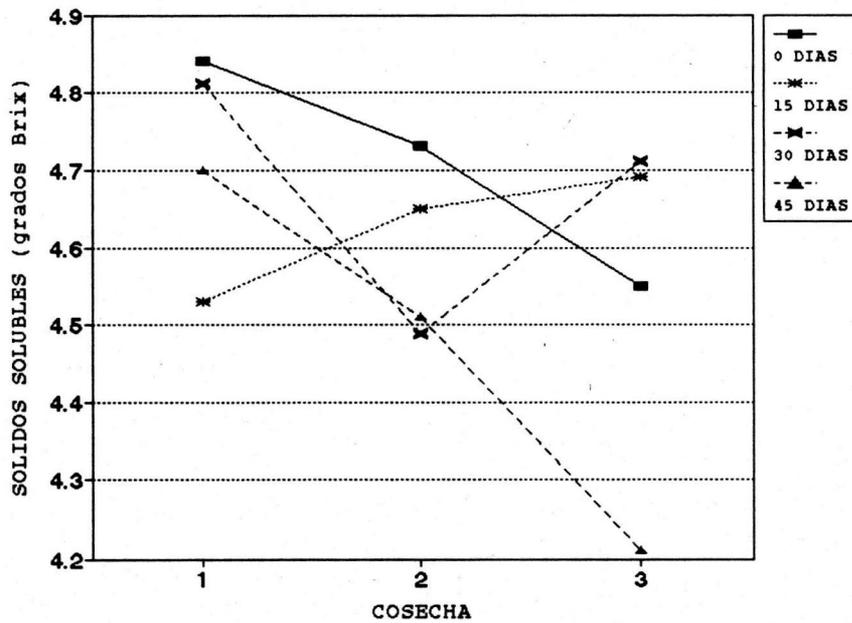


Figura 8A.- Interacción cosecha por periodos de almacén de solidos solubles.

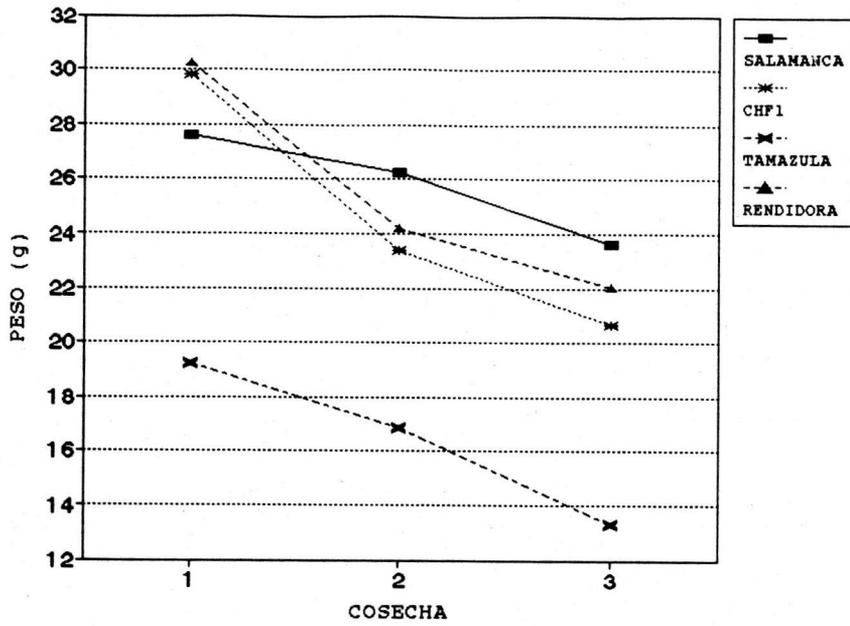


Figura 9A.- Interacción cosecha por variedad de peso.

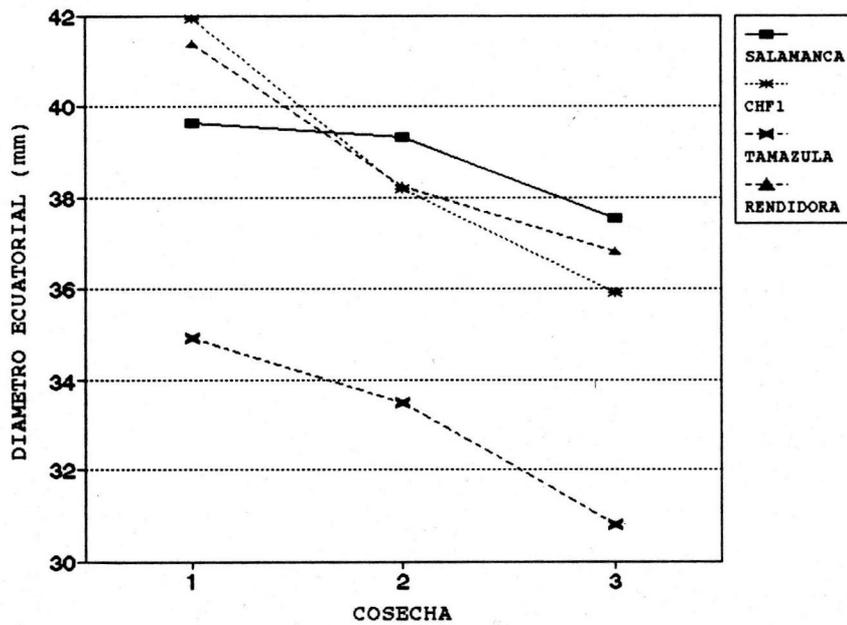


Figura 10A.- Interacción cosecha por variedad de diámetro ecuatorial.

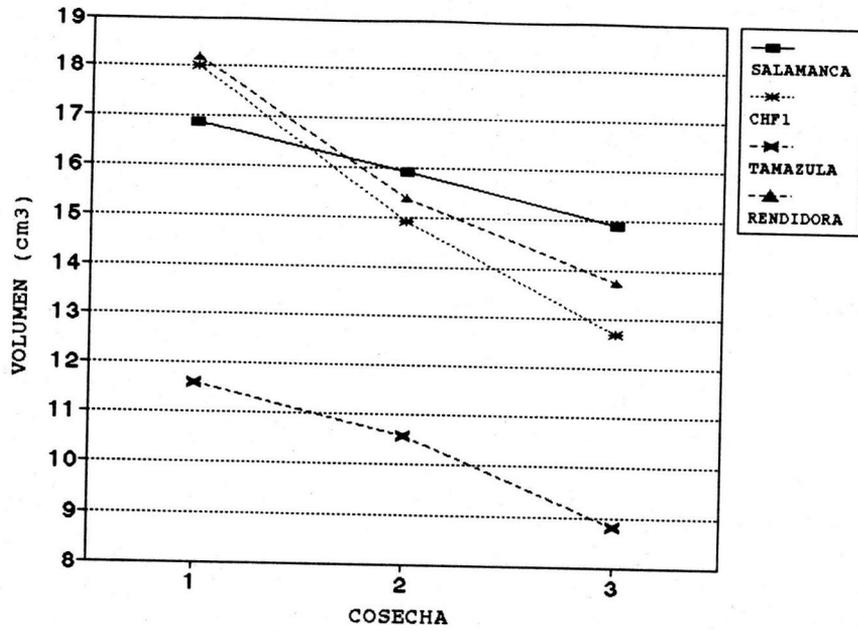


Figura 11A.- Interacción cosecha por variedad de volumen.

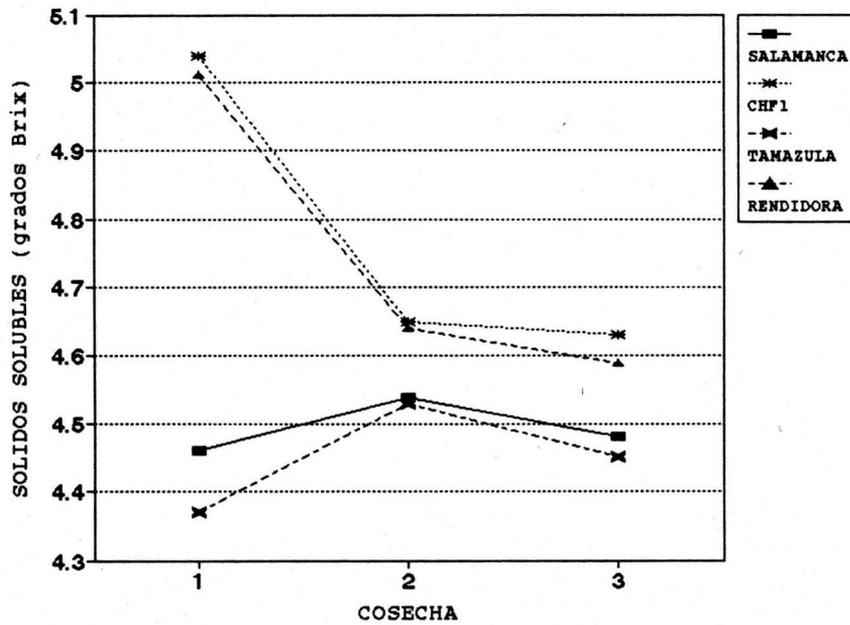


Figura 12A.- Interacción cosecha por variedad de solidos solubles.

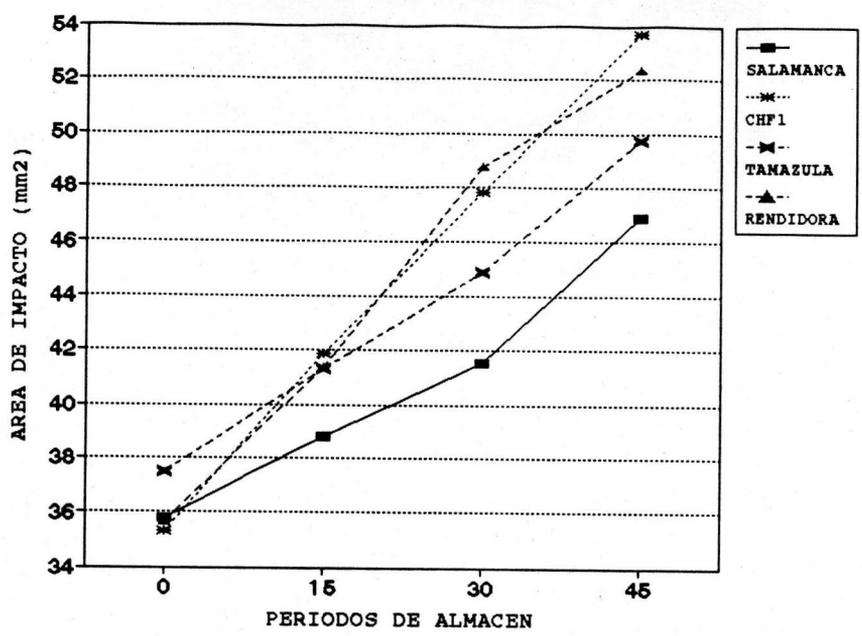


Figura 13A.- Interacción periodos de almacén de variedad para área de impacto.

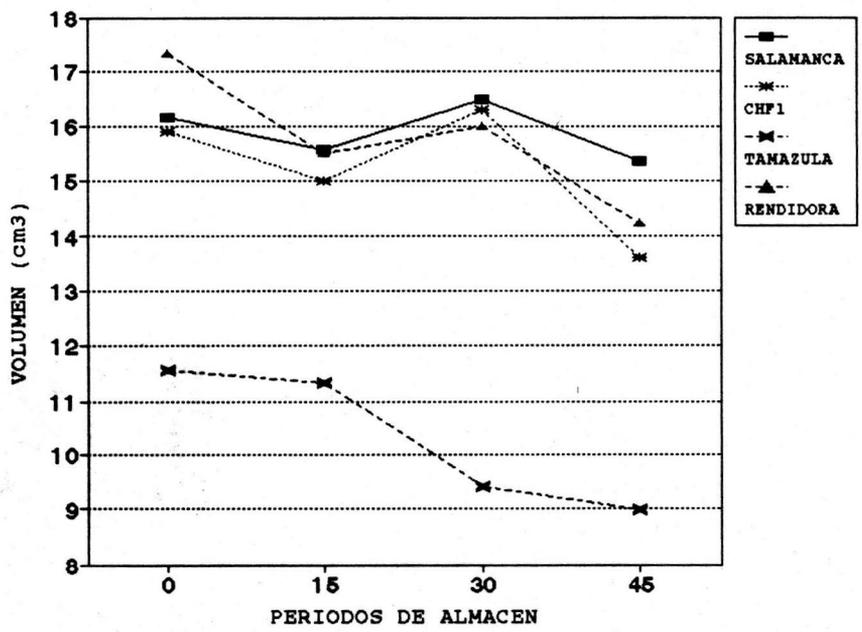


Figura 14A.- Interacción periodos de almacén de variedad para volumen.