



27  
04 300627  
UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"EVALUACION FISICA DE LA CALIDAD DEL  
AGUACATE var. HASS, TRANSPORTADO Y  
ALMACENADO EN TRES DIFERENTES TIPOS  
DE EMBALAJE"

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P R E S E N T A :

**SOCORRO JOSEFINA VILLANUEVA RODRIGUEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este trabajo de tesis fué realizado en las instalaciones de los LABORATORIOS NACIONALES DE FOMENTO INDUSTRIAL, en el Departamento de Envase y Embalaje, bajo la dirección de la Ingeniero Químico - OLGA ARCE LEON, jefe de este departamento. Así mismo la realización de esta evaluación se llevó a cabo gracias a la donación de todo el aguacate requerido, que hizo la Sociedad Cooperativa - "CUPANDA" de Tacámbaro, Michoacán.

Agradezco infinitamente el apoyo brindado por el personal de dicho departamento, especialmente a:

- Sr. Miguel Quijano, por su ayuda y asesoramiento en las pruebas de punción.

- Ing. Hildeberto López, por su ayuda y asesoramiento en las pruebas de manejo y transporte.

A la Dra. RUBY NICKEL DE CASTREJON, de la Universidad La Salle\_ directora académica de este trabajo y a la M.en C. Elsa Bosques - de la CONAFRUT, por sus valiosos comentarios.

Y, finalmente, a la Q.F.B. Georgina Rodríguez de Leo, por permí tirme el acceso a las instalaciones que hicieron posible el mecanó grafiado de esta tesis.

"Ha de considerarse que no hay cosa más difícil de emprender, ni de resultado más dudoso, ni de más arriesgado manejo, que ser el primero en introducir nuevas disposiciones, porque el introductor tiene por - enemigos a todos los que se benefician de las instituciones viejas, y por tibios defensores, a todos aquellos que se beneficiarán de las nuevas; tibieza que procede en parte, de la incredulidad de los hombres, quienes no creen en ninguna cosa nueva hasta que la ratifica una experiencia firme."

Nicolas Machiavello, "El Principe" 1513

	página
INTRODUCCION	1
OBJETIVO	4
I) GENERALIDADES	5
1.- Datos Económicos	5
a) Producción Mundial	5
b) Producción Nacional	6
c) Estacionalidad de la Oferta	8
2.- Aspectos Botánicos y de Cultivo	10
3.- Aguacate, un Fruto de Calidad	12
3.A) Factores Precosecha	14
3.A.1.) Variedad	15
3.A.1.a) Características Físicas y Químicas	15
3.A.1.b) Crecimiento de la Fruta	18
3.A.1.c) Comportamiento Respiratorio	18
3.A.1.d) Transpiración	23
3.B) Factores de Cosecha	25
3.C) Factores Postcosecha	30
3.C.1.a) Manejo	31
3.C.1.b) Transporte	32
3.C.1.c) Almacenamiento	37
3.C.1.d) Embalaje	39
3.C.1.d.A) Cajas de Madera	42
3.C.1.d.B) Cajas de Cartón Corrugado	44
3.C.1.d.C) Cajas de Espuma de Poliestireno	45

	página
II) DISEÑO EXPERIMENTAL	47
1.- Hipótesis	47
2.- Material y Métodos	48
3.- Desarrollo del Experimento	58
4.- Resultados	63
4.A) Prueba de Simulación de Transporte	63
4.B) Pérdida Fisiológica de Peso	66
4.C) Ritmo Respiratorio	70
4.D) Resistencia a la Penetración	74
4.E) Color y Apariencia	82
4.F) Evaluación Sensorial	85
5.- Análisis de Resultados	93
III) DATOS ECONOMICOS	98
IV) CONCLUSIONES	100
BIBLIOGRAFIA	103

## INTRODUCCION

Podemos decir que México es un país favorecido por la naturaleza, ya que cuenta con un vasto territorio en condiciones variadas y adecuadas para la producción de diversas frutas y hortalizas durante todo el año; desde las que requieren un clima tropical, hasta las que crecen en ambientes áridos así como frutos de climas templados y semifríos. Nuestra capacidad de producción en este campo es grande, se sabe que el sector hortofrutícola es el más sobresaliente de la agricultura mexicana, representa el 20% de la producción agrícola nacional y es una importante fuente de trabajo ( 13% de la población económicamente activa en la agricultura)(43) desafortunadamente, este potencial es disminuido debido, en gran parte, a las pérdidas postcosecha (16), situación que se da con frecuencia en nuestro país y cuyas causas son diversas y complicadas; sin embargo, cabe mencionar entre otras; la falta de recursos económicos, una marcada desorganización a nivel de pequeños - y en ocasiones - medianos productores; muy a menudo, falta de formación e información técnica que pueda apoyar o mejorar la prácticas tradicionales de cultivo, cosecha, manejo, transporte y almacenamiento de los productos hortofrutícolas, que en la mayoría de los casos son de excelente calidad en el momento de la cosecha pero, en ocasiones, como se mencionó anteriormente, la falta de información, así como de los medios adecuados, ocasiona deméritos en la calidad de los frutos. En dicha situación podemos encontrar al AGUACATE, fruto del cual México es el primer productor a nivel mundial ( 18, 22, 25, 26).

En México se han realizado estudios para conocer las causas de las pérdidas de fruta en postcosecha, confirmandose que la principal es la fal-

ta de medios adecuados e información actualizada frente a las prácticas de manejo, incluyendo transporte y almacenamiento, así como también la utilización de envases y embalajes apropiados. Dentro de la comercialización de frutas, principalmente a nivel nacional, es frecuente la utilización de envases y embalajes en mal estado y que además son poco adecuados ( 1, 32, 40, 43).

De 1979 a la fecha, el aguacate ha ocupado entre el 7° y 5° lugares en volumen, entre las 32 especies frutícolas más importantes producidas en nuestro país y el 3er. lugar en cuanto a su valor comercial. Este producto es uno de los frutales que genera más alto rendimiento por hectárea [ 9.0 Ton./Ha. (4)], esto, aunado a las amplias perspectivas de mercado exterior (22), justifica la búsqueda de elementos que vayan haciendo posible el aprovechamiento de este recurso (1,6,25,26,32,43). Entre dichos elementos encontramos el embalaje, cuyo papel en la preservación de la fruta y su calidad, es determinante en el período de postcosecha y que pese a esto se le ha dado poca importancia (16, 27).

Para que un embalaje cumpla adecuadamente con su función es preciso tener bien definido cuál debe ser ésta, para lo cual es importante conocer las características del producto y las condiciones de manejo, en función de lo cual podrán elegirse el material y diseño más apropiados. En general, las funciones de un embalaje son las siguientes:

- 1.- Proteger contra daños mecánicos y otros factores del medio ambiente
- 2.- Reducción de pérdidas.
- 3.- Reducción del costo de transporte y mercado.
- 4.- Facilitar el uso de nuevos modos de transportación.
- 5.- Ser una unidad de manejo.

Además en el caso de las frutas y verduras, será necesario tener presente que como son entes vivos, respiran desprendiendo calor y humedad y son extremadamente sencibles a los daños mecánicos.

Actualmente en el caso de los embalajes para productos hortofrutícolas, y más concretamente en el caso del embalaje para aguacate, las funciones mencionadas no son cubiertas de manera satisfactoria, ya que existe un sinnúmero de modelos de embalajes que en su mayoría han sido diseñados con pocos fundamentos técnicos o científicos, originados más bien por costumbres o gustos de regiones o personas, así mismo, tampoco existen normas que regulen la calidad del embalaje para lograr un mejor desempeño de su función . (16,27).

Frente a esta situación, el presente trabajo pretende participar en la búsqueda de un mejor aprovechamiento y una adecuada utilización y aplicación de los embalajes para aguacate.

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar y comparar la eficiencia del desempeño de tres materiales de embalaje: madera, cartón corrugado y espuma de poliestireno, utilizados en el manejo, almacenamiento y comercialización de aguacate, variedad Hass, en estado fresco.

### Objetivos Específicos

a) Estimar la resistencia mecánica de cada uno de los materiales por medio de la simulación de manejo y transporte del sistema embalaje-producto, usando pruebas de caída libre, vibración, impactos y choques.

b) Conocer el grado de protección que brindan los embalajes al producto y su efecto sobre la calidad por medio de la evaluación del comportamiento fisiológico del fruto a través de la medición de:

- Patrón respiratorio
- Pérdida fisiológica de peso
- Firmeza
- Cualidades sensoriales.

## I.- GENERALIDADES

## 1.- Datos Estadísticos de Producción

## a) Producción Mundial

Según estimaciones de la FAO la producción mundial de aguacate durante el año de 1986, se estimó en 1,632,000.00 toneladas, volúmen en el que participaron cinco continentes, siendo el continente americano el que aportó la mayor proporción al total.

	Toneladas	%
América del Norte y Central	981,000.00	60.1103
América del Sur	372,000.00	20.0363
Asia	164,000.00	10.0490
África	130,000.00	7.9657
Europa	22,000.00	1.3480
Oceanía	8,000.00	0.4903

Ref.: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Mundial

FAO, 1986.

Así mismo, los países que contyribuyeron en mayor medida para la obtención de este volúmen fueron:

	Toneladas	%
México	450,000.00	27.5735
Estados Unidos de Norte América	200,000.00	12.2549
Brasil	137,000.00	8.3946
Israel	120,000.00	7.3529
Indonesia	88,000.00	5.3922
	73,000.00	4.4730

Pafs	Toneladas	%
Haiti	62,000.00	3.7990
Perú	61,000.00	3.7378
Venezuela	47,000.00	2.8799
El Salvador	35,000.00	2.1446

Ref.: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Mundial  
FAO 1986.

Como indican los datos anteriores, México es el primer productor mundial de aguacate, siendo su aportación aproximadamente el 30% de la producción mundial.

b) Producción Nacional

Aunque los datos emitidos por la FAO no coinciden del todo con los datos de producción total nacional estimados por la SARH, correspondientes a 1986, sin embargo pueden considerarse cercanos y se presentan a continuación:

Estado	Riego		Temporal		Total	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
Ags.	80.00	0.0196	-	-	80.00	0.0184
B.C. Sur.	947.00	0.2314	-	-	947.00	0.1746
Camp.	24.00	0.0059	2112.00	1.5816	2136.00	0.3938
Col.	1343.00	0.3281	70.00	0.0525	1413.00	0.2605
Chis.	-	-	20608.00	15.4765	20608.00	3.7990
D.F.	-	-	10.00	0.0075	10.00	0.0019
Gto.	15039.00	3.6743	507.00	0.3807	15546.00	2.8658
Jal.	22007.00	5.3763	3250.00	1.6897	25257.00	4.6560
Mex.	17461.00	4.2660	4555.00	3.4207	22016.00	4.0586

Estado	Riego		Temporal		Total	
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%
Mich.	288724.00	70.5404	5604.00	4.2116	294332.00	54.2588
Mor.	6756.00	1.6506	28804.00	21.6317	35560.00	6.5553
Nvo. Leon.	163.0	0.0398	-	-	163.00	0.0300
Oax.	125.00	0.0304	12778.00	9.5962	12903.00	2.3786
Pue.	15189.00	3.7109	13676.00	10.2706	28865.00	5.3211
Qro.	1122.00	0.2742	522.00	0.3320	1644.00	0.3031
Q. Roo.	46.00	0.0113	-	-	46.00	0.0085
S. L. P.	1843.00	0.4481	922.00	0.7449	2826.00	0.5209
Sin.	22370.00	5.4654	-	-	22370.00	4.1238
Son.	310.00	0.0750	-	-	310.00	0.0572
Tab.	-	-	1625.00	1.2203	1625.00	0.2996
Tams.	1575.00	0.3848	-	-	1575.00	0.2903
Tlax.	-	-	94.00	0.0705	94.00	0.0173
Ver.	215.00	0.0525	18785.00	14.1075	19000.00	3.5026
Yuc.	11355.00	2.7743	7425.00	5.5761	18780.00	3.4620
Zac.	1097.00	0.2680	-	-	1097.00	0.2022
<b>TOTAL</b>	<b>409303.00</b>	<b>100.0000</b>	<b>133156.00</b>	<b>100.0000</b>	<b>542459.00</b>	<b>100.0000</b>

Ref. Anuario de La Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos  
SARH, 1988.

A su vez, este volumen está constituido de la siguiente manera:

VARIEDAD Y ESTADO	%	$\bar{x}$
<u>Var. Hass</u>	52.53	
Michoacan		80.67

VARIEDAD Y ESTADO	Z	$\bar{z}$
Otros		19.33
<u>Var. Fuerte</u>	11.51	
Puebla		36.61
Michoacán		13.03
Otros		50.36
<u>Variedades Mejoradas</u>	11.98	
Michoacán		4.44
Puebla		4.44
Otros		91.12
Criollo y Pahua	23.98	

Ref. FIRA, Boletín Informativo. 1978.

Hasta 1970, la oferta nacional estaba integrada en su mayor parte por variedades criollas, pero, a partir de esta fecha, se introdujeron plantaciones con variedades mejoradas tales como: Hass, Fuerte, Zutano, Bacon y otras, cuyo efecto en el desarrollo productivo y comercial del aguacate ha sido positivo, haciendo posible volúmenes crecientes de alta calidad.

c) Estacionalidad de la Oferta

La estacionalidad de la producción nacional de aguacate en todas sus variedades, permite comercializar este producto prácticamente durante todo el año.

Las variedades criollas se encuentran principalmente en los meses de febrero a septiembre y las variedades mejoradas de septiembre a febrero.

Los últimos datos de producción de aguacate correspondientes al año de 1987, indican que fué de 650,000.00 toneladas, de las cuales, Michoacán aportó el 60%; a su vez, el volúmen total producido en México, representa el 25 % de la producción mundial (12).

## 2.- Aspectos Botánicos y de Cultivo.

Según investigaciones realizadas, el aguacate proviene de muy lejanos antepasados, que datan de diez a diecisiete millones de años a la fecha (24)

Se clasifica dentro de la familia de las Lauráceas, del género Persea, que da origen a dos especies: americana Miller ( que comprende dos razas, Guatemalteca y Antillana) y drymifolia Slecht y Cham que cuenta con una raza - Mexicana -. Estas tres razas o grupos ecológicos presentan marcadas diferencias relacionadas sobre todo con las condiciones climáticas en las que crecen y que a su vez originan diferencias importantes en cuanto a tamaño del fruto, textura de la piel, contenido de aceite, tolerancia a enfermedades y características de almacenamiento del fruto cosechado, entre otras (21).

- Raza Mexicana.- es originaria de las montañas de México y norte de Centroamérica. Una de sus características importantes, no encontrada en otras razas, es el olor a anís que emana de las hojas del árbol al ser frotadas. Los cultivos resisten climas fríos hasta de 7°C. Los frutos son pequeños (85-300 g.), de cáscara lisa y delgada, la pulpa presenta un alto contenido de aceite (18 - 30 %) no igualado por los frutos de otras razas. Son aproximadamente 9 las variedades mejor caracterizadas y de importancia comercial, entre las que destaca la variedad Atlixco, importante por su elevado contenido de grasa (22%) y excelente sabor.

- Raza Antillana.- Sus variedades son poco resistentes al frío; más bien de clima tropical, nativas de las partes bajas de América Cen

tral y norte de Sudamérica. Los frutos se caracterizan por su piel lisa y correosa, su pulpa amarillenta, clara y de sabor ligero, con un contenido de grasa entre 4 y 9 %. Se han caracterizado de manera más definida 11 variedades comerciales importantes.

- Raza Guatemalteca.- sus variedades resisten los climas relativamente fríos, más cálidos que los que resisten las variedades Mexicanas, entre 8 y 18 °C, dependiendo de la variedad. Sus frutos llegan a pesar de 500 a 600 g., su pulpa es de buen sabor y su contenido de aceite de 10 a 15 % en general; la cáscara arrugada y quebradiza, existen 20 variedades de importancia comercial entre las que destaca la variedad Hass, objeto de este trabajo ( 2, 21, 24).

Esta variedad es importante ya que se ha afirmado comercialmente por las características que se han logrado. En cuanto al fruto: poseé un mesocarpo con propiedades sensoriales muy aceptadas por el consumidor; el exocarpo es duro y resiste bien el manejo normal. En lo que al cultivo se refiere: cada vez se ha adquirido un dominio y conocimiento mayores, llegando a obtener altos rendimientos por hectárea con frutos de alta calidad. En promedio, a nivel nacional: 9 toneladas por hectárea ( 8, 21, 25 ).

Las necesidades y cuidados requeridos por el cultivo no pueden definirse de manera universal, ya que estos serán distintos dependiendo de las condiciones ecológicas en las que se encuentre la plantación, que son factores determinantes en la calidad final del fruto ( 40, 43 ). No obstante, de manera general, el aguacate requiere un terreno aireado que facilite la penetración de agua y

un buen drenado para evitar el estancamiento , ya que la raíz es susceptible a la podredumbre. Al abonar, es importante tomar en cuenta que no existen necesidades mayores de nitrógeno, de fosfatos o de potasio; se requiere un deshierbe constante en la zona de proyección de la copa (21).

El tratamiento fitosanitario es de considerable importancia, ya que las pérdidas durante el cultivo son comunes, extendiéndose hasta el período de postcosecha, debido a las plagas que atacan al árbol dañando hojas, tallos, aparato radical y frutos. Las enfermedades más comunes sufridas por el aguacate son : la viruela, que se manifiesta en el fruto como manchas negras circulares y es causada por el hongo Glomerula sp.; de la misma manera se presentan pérdidas por acción de Sphaeloma perseae que produce la sarna, y por Colletotrichum gloeosporoides que infecta al aguacate desde su desarrollo en el árbol, pero se manifiesta hasta el período de postcosecha ( 21, 45).

### 3.- Aguacate, un Fruto de Calidad.

Aprovechar al máximo este recurso y obtener un fruto de calidad, es el objetivo de fruticultores y comerciantes, ya que los compradores o consumidores, demandan calidad. Pero, ¿qué implica este término?, ¿a qué se refiere?, ¿qué elementos son necesarios para lograr aguacates de calidad?.

Dentro de un concepto más amplio, según Kramer, la calidad es: "la conjunción de aquellas características que distinguen a las unidades individuales de producto y tienen significancia en la determinación del grado de aceptación de dicha unidad de parte del comprador" (30).

Duckwort, hablando de la calidad de las frutas, dice: "la calidad es

la suma total de aquellos atributos que se combinan para hacer aceptable, deseable y nutricionalmente valiosa como alimento humano, a una fruta; incluyendo factores tales como: sabor, color, textura, aroma, integridad, tamaño y madurez" (52).

Sin embargo, las características de calidad de un fruto son muy variadas y dependen del uso que se les vaya a dar, de las características de la variedad, las costumbres de los consumidores. Por ejemplo: en las zonas tropicales, la gente está acostumbrada a las variedades de aguacate con menores porcentos de grasa como lo son las variedades pertenecientes a la raza Antillana, a diferencia de las variedades procedentes de las razas Guatemalteca o Mexicana, cuyos contenidos de grasa son más elevados. En México, la mayor parte de la producción de aguacate es destinada para su consumo en fresco, una mínima parte se utiliza para ser industrializada (extracción de aceite principalmente), incluso el producto de exportación es consumido en fresco. En tal situación, según la Norma Oficial Mexicana para aguacate en estado fresco, variedad Hass, éste debe ser: "Fresco, bien desarrollado, entero, sano, limpio, de consistencia y textura característicos de la variedad. Con un sabor y olor característicos. Sin humedad exterior. Libre de descomposición o pudrición. Prácticamente libres de defectos de origen mecánico, entomológico, meteorológico o genético-fisiológico. El color característico dependerá del estado de madurez en el que se encuentre y va desde el verde mate hasta el negro, según el patrón oficial de color". Aunque habrá un rango de defectos tolerables según la clasificación en la que se encuentre el fruto y en la medida que estos no afecten o demeriten la calidad del fruto(39)

Así pues, para lograr esta suma de atributos, existe una serie de

elementos que es necesario conjugar, para lograr esta calidad. Estos se presentan durante la vida del fruto y van desde las características de la variedad - árbol y semilla de los que provienen - hasta las acciones y materiales que hacen posible llevar la fruta al último consumidor, incluyendo los embalajes y/o envases utilizados para su comercialización y distribución entre los compradores.

A) Factores Precosecha

- 1.- Variedad
- 2.- Condiciones ambientales
- 3.- Condiciones de cultivo

B) Factores de Cosecha

- 1.- Corte
- 2.- Acondicionamiento
  - limpieza
  - selección
  - otros

C) Factores Postcosecha

- 1.- Distribución
  - a) Manejo
  - b) Transporte
  - c) Almacenamiento
  - d) Embalaje

Conocer estos factores se hace indispensable en la obtención de frutos de calidad, así como también para la preservación de ésta.

## 3.A.1.- VARIEDAD

Aporta el mensaje genético que determina en gran parte las características:

- a) Físicas y químicas
- b) Bioquímicas y fisiológicas
  - b.I) Patrón de crecimiento
  - b.II) Comportamiento respiratorio y transpiración ( cuyo conocimiento y control son determinantes para establecer las condiciones de almacenamiento principalmente )

## 3.A.1.a) Características Físicas y Químicas

- Físicas:

\* punto de congelación (promedio)  $-2.7^{\circ}\text{C}$

- arriba del punto de congelación  $3810 \text{ J/Kg.}^{\circ}\text{K}$

\* calor específico

- abajo del punto de congelación  $2050 \text{ J/Kg.}^{\circ}\text{K}$

\* calor latente  $316300 \text{ J/Kg.}$

\* calor de respiración a  $15.6^{\circ}\text{C}$   $15400 \text{ J/dfa.Kg.}$

(Ref. A compilation of Thermal Properties of Foods)

- Químicas

Su composición variará según la raza pero en promedio presenta la si-

guiente composición:

HUMEDAD	68.4 %
GRASAS	20.0 %
CARBOHIDRATOS	7.8 %
PROTEINAS	1.8 %
CENIZAS	1.2 %

REF. Biochemistry of Fruits. 1971.

Como puede observarse, la composición química del aguacate es poco común, comparada con la de otras frutas, es interesante desde el punto de vista nutricional. Posee un alto valor calórico, es rico en grasas, las cuales incrementan conforme se lleva a cabo el proceso de maduración.

A continuación se presenta una ampliación sobre la descripción de las características de los principales componentes y los cambios que éstos exhiben durante su maduración.

- Lípidos.- en la grasa del aguacate pueden distinguirse 4 fracciones: lípidos neutros, que representan la parte más abundante (95% del total) y que en la capa de crecimiento está formada en su mayor parte por triglicéridos; fosfolípidos, glicolípidos y ácidos grasos libres. Los ácidos grasos que se encuentran presentes en estas cuatro fracciones de manera más abundante y que caracterizan a los lípidos del aguacate son: el ácido oléico, seguido por el palmítico y linoléico (24). Cuando el fruto llega a su madurez fisiológica se presenta el mayor incremento de lípidos, especialmente los monoglicéridos (20% aproximadamente), seguido en cantidad por los ácidos grasos libres que llegan a representar el 1.5% en peso, mientras que los diglicéridos permanecen

casí constantes y los triglicéridos disminuyen desde 1.5% en peso , que -  
representan para el fruto, en las etapas iniciales, hasta un 0.5% en la  
etapa de madurez de consumo.

Proteínas.- Son caracterizadas por su contenido de aspargina, ácido -  
aspártico, glutamina y ácido glutámico. En ellas se encuentran presen-  
tes todos los aminoácidos esenciales, aunque su proporción no es la ópti-  
ma. Existe la evidencia de que la proporción de proteína en peso aumenta\_  
también al alcanzar la madurez fisiológica.

Carbohidratos.- El fruto contiene carbohidratos poco comunes, como la  
D-manoheptulosa, que en las primeras etapas de crecimiento es el monosa--  
cárido que se encuentra en mayor proporción; también se han identificado\_  
octulosas y nonulosas, además de los monosacáridos convencionales como -  
la glucosa, fructosa y sacarosa, cuyas proporciones permanecen constan-  
tes incluso durante el almacenamiento después del corte, mientras que, \_  
durante esta última etapa de vida del fruto, la D-manoheptulosa desapa--  
rece casi por completo.

Sustancias Péclicas.- en las etapas tempranas de la vida del fruto\_  
predominan las pectinas, las cuales van dando origen a las pectinas solu-  
bles conforme avanza la madurez, lo cual se manifiesta como un ablanda--  
miento de la fruta.

Vitaminas, minerales, y otros componentes.- El aguacate contiene una\_  
elevada proporción de vitamina B<sub>6</sub>, hecho que lo coloca en segundo lugar  
entre las frutas después del plátano, con respecto a esta sustancia.

Por otra parte, durante el estado climático se han encontrado sus-  
tancias con actividad antibacteriana ( 2, 24).

### 3.A.1.b.- Crecimiento de la Fruta.

El patrón de crecimiento del aguacate, tiene características muy especiales y diferentes a la mayoría de las frutas. El tamaño es determinado principalmente por la división celular y no depende mucho del tamaño o crecimiento de la célula, ya que, el crecimiento de ésta termina cuando la fruta ha alcanzado aproximadamente el cincuenta por ciento del tamaño total, mientras que, la multiplicación celular continúa durante todo el período de crecimiento. Los aguacates siguen aumentando de tamaño mientras permanecen unidos al árbol; las diferencias de tamaño entre las variedades existentes están determinadas por la actividad de la división celular que es marcada por la herencia y características de cada variedad.

### 3.A.1.c.- Comportamiento Respiratorio.

El aguacate está dotado de vida, se encuentra en constante dinamismo, en evolución. Dentro de él se presenta una secuencia de reacciones metabólicas (entre ellas la RESPIRACION), que interaccionan entre sí y son responsables de los cambios fisicoquímicos, que tienen como resultado el proceso de síntesis, maduración, cambio de color, aroma y sabor, así como también el comportamiento durante el almacenamiento y las condiciones bajo las cuales éste se efectúa y frente a otros tratamientos de postcosecha (53).

Debido a lo anterior, la intensidad respiratoria es característica del estado fisiológico en el que se encuentra el fruto, por lo que ésta puede ser un indicador de la intensidad con la que se está efectuando el metabolismo ( 40, 53).

La respiración es una serie de reacciones enzimáticas cuya principal finalidad es: producir la energía requerida para sintetizar los compuestos vitales necesarios para mantener la vida del fruto, se inicia con la degradación de carbohidratos, lípidos y proteínas para producir finalmente:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , energía en forma de adenosintrifosfato (ATP que almacena enlaces de alta energía) y calor.

El aguacate exhibe un comportamiento respiratorio característico, llamado "Respiración Climatérica", caracterizado por un notable incremento en la producción de  $\text{CO}_2$  durante la maduración.

En la prolongación de la vida útil del aguacate durante el almacenamiento es de gran importancia conocer el comportamiento respiratorio y los factores que lo afectan, ya que, en la medida en que la respiración se modifique habrá cambios en los procesos vitales, lo cual será expresado concretamente en la prolongación o disminución del tiempo de vida útil del fruto. Existen Factores Internos y Factores Externos que afectan la respiración,

#### - Factores Internos

1.- Estado de desarrollo.- Los tejidos jóvenes presentan una elevada actividad respiratoria ya que se encuentran en pleno metabolismo de síntesis y conforme aumenta el tamaño de la fruta se observa un incremento en la emisión de  $\text{CO}_2$ .

2.- Composición química del tejido.- Se sabe que cuando se metabolizan carbohidratos el coeficiente respiratorio suele ser 1, si se metabolizan ácidos orgánicos será mayor que 1.

La solubilidad y difusión del  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  van siendo limitados a medida que la fruta madura y envejece, ya que los tejidos, principalmente del -

exocarco que va engrosando , se cubre de ceras y aceites y aumenta así la resistencia, impidiendo el intercambio gaseoso (24, 40).

- Factores Externos

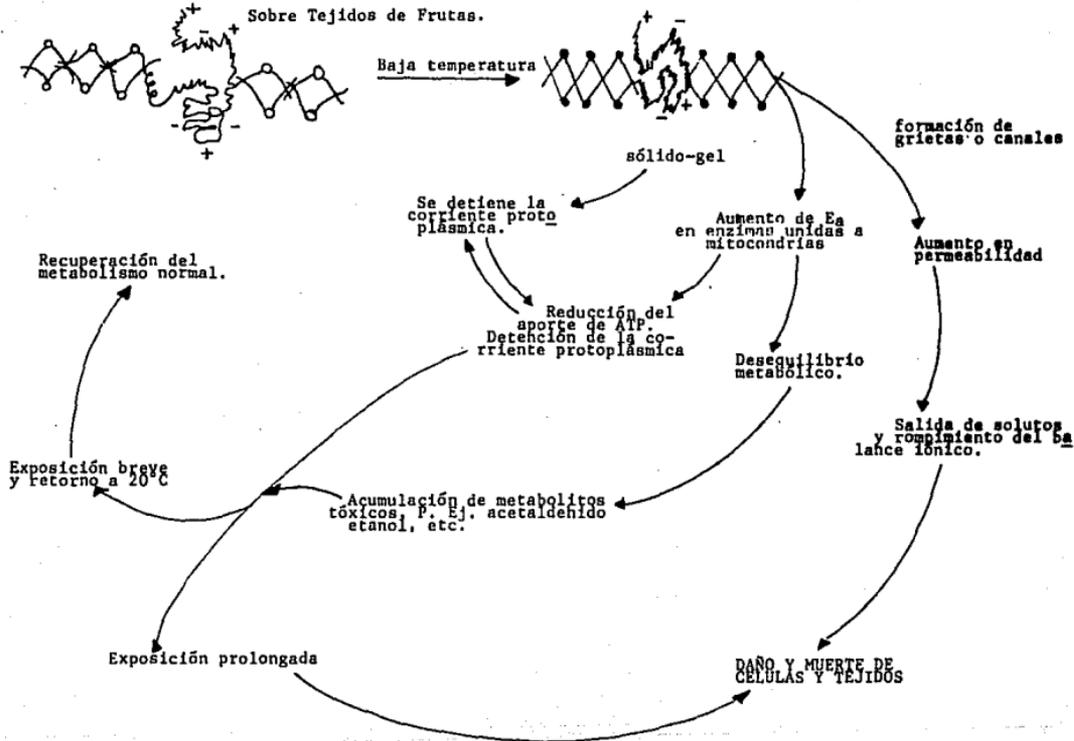
1.- Temperatura.- Ya que la respiración son en realidad reacciones químicas, existe un rango óptimo de temperatura dentro del cual se efectúan de manera adecuada . En general, las temperaturas relativamente elevadas aceleran las reacciones metabólicas y las bajas temperaturas las retardan, sin embargo existe un límite superior después del cual se presentan desórdenes metabólicos y anomalías en la maduración, con un consecuente demérito de la calidad de la fruta y lo mismo sucede cuando las temperaturas a las que es expuesto el aguacate, van más allá de la temperatura inferior.

El ascenso del climaterico se acelera, así como también la maduración, conforme aumenta la temperatura, para el aguacate se tienen datos que expresan que la temperatura límite superior es de 30°C, arriba de la cual se presenta una desnaturalización de enzimas, se dificulta la difusión de CO<sub>2</sub> en la atmósfera interna y hay una acumulación de CO<sub>2</sub> hasta inhibir el metabolismo. En cuanto a las bajas temperaturas, estas provocan lo que se conoce como "daños por frío", fenómeno caracterizado por un empardecimiento de la pulpa así como un ablandamiento heterogéneo que son el resultado de cambios químicos y enzimáticos cuya intensidad es variable y de cualquier modo provoca una disminución de la calidad de la fruta (19,24, 43).

El límite inferior no ha sido establecido definitivamente, es muy variable, aunque se habla de 5°C, sin embargo, en México se han realizado pruebas de almacenamiento refrigerado de aguacate (4°C) con resultados -

Possible Mechanism of Action of Low Temperatures

On Fruit Tissues.



positivos (8), se obtuvieron frutos de calidad después de un período considerablemente largo de almacenamiento, sin embargo, al repetir estas condiciones en años posteriores con frutos del mismo huerto y manejados en las mismas condiciones, de manera que la única variación fue el año de cosecha, la resistencia al frío obtenida anteriormente, no se repitió (12). Los estudios continúan con el fin de profundizar sobre los efectos del almacenamiento refrigerado y las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo, así como también otros medios de prolongar la vida del aguacate en postcosecha evitando todo daño que pueda demeritar la calidad final del fruto. En base a los resultados de éste y otros experimentos realizados con el mismo fin, se confirma el efecto decisivo que tiene todo el conjunto de condiciones, cuidados etc., durante el período de cultivo así como también durante la cosecha. Es definitivo que, además de estos factores, el estado de madurez de corte y la época de cosecha son determinantes en el comportamiento del fruto en el período de postcosecha. Hasta el momento ha sido de gran utilidad conocer el estado de madurez en que se encuentra el fruto en el momento de iniciarse el almacenamiento refrigerado. La experiencia en el manejo de aguacate Hass dice, que, el mejor momento para almacenarlo bajo refrigeración, es cuando éste se encuentra en el período postclimático, ya que ha sido en este período en el que el fruto ha presentado mayor resistencia al frío. (8).

2.- Atmósfera circundante. El aguacate tiene la capacidad de sustituir la respiración por un metabolismo fermentativo cuando es expuesto a condiciones anaerobias o con bajo contenido de  $O_2$  (menos de 5%) restableciendo el proceso respiratorio al volver a condiciones aerobias aunque con disminución de su calidad, ya que la pulpa se decolora y el fruto se

vuelve susceptible al ataque por hongos. En lo que se refiere al  $\text{CO}_2$ , si se eleva la concentración en relación a la cantidad presente en el aire, sin ir más allá de 10% y el  $\text{O}_2$  se mantiene en la proporción normal, se presentará un retraso del climatérico y una prolongación de la vida de almacenamiento, con una maduración adecuada (24).

3.- Acción del etileno. De acuerdo a las investigaciones realizadas - se sabe que su función en el aguacate es la de iniciar el proceso de maduración, lo cual se detecta por la elevación marcada que sufre la respiración, iniciándose así el ascenso del climatérico.

El etileno se produce en un punto, de donde se difunde hacia el resto de la fruta, produciendo la maduración paulatinamente y autocatalizando la producción de él mismo en las células a las que va llegando. Se habla de niveles iniciales de 700 p.p.m. Se piensa que el etileno estimula las enzimas oxidantes e hidrolíticas, inactivando al mismo tiempo los - inhibidores de éstas. También se ha observado que, por la acción del etileno, algunos componentes celulares, antes insolubles, se solubilizan, - aumentando así la permeabilidad de la membrana, lo que permite una mayor interacción entre enzimas y sustratos (24).

4.- Lesiones en los frutos. Es muy probable que las magulladuras estimulen la maduración activando indirectamente la producción de etileno(40).

#### 3.A.1.b.2.- Transpiración.

Es otro de los fenómenos presentes en la fruta durante el desarrollo, que se extiende hasta el período de postcosecha, cuyo conocimiento y control es necesario para una adecuada prolongación de la vida de almacenamiento.

De manera simple, la transpiración es la pérdida de agua de parte -

del fruto, causada principalmente por los siguientes factores:

- calor endocelular producido por la respiración.
- déficit entre la elevada presión interna que se genera por la atmósfera saturada de vapor, característica de un fruto que respira y la presión externa (43).

Otros factores que coadyuvan a la transpiración son:

- Por parte de la fruta:
  - a) Composición. Cuando las frutas son ricas en agua, independientemente de otros factores, existe una tendencia que obedece a leyes fisicoquímicas a llegar al equilibrio entre la fruta y el medio en el que se encuentra, de manera que si las frutas son ricas en agua y la atmósfera en la que se encuentran es baja en humedad, la difusión del agua al exterior de la fruta será mayor, aunque ésta será limitada por las barreras que representan los tejidos y membranas.
  - b) Tamaño y forma de la fruta. La transpiración es directamente proporcional a la extensión de superficie.
  - c) Estructura del exocarpo. La presencia de estomas y lenticelas representa también un medio a través del cual la fruta pierde humedad. Los estomas sirven como válvulas que controlan el intercambio gaseoso y el tamaño de apertura depende del turgor de las células. Las lenticelas cumplen casi con la misma función y la presencia de ellas en la epidermis de la fruta aumenta a medida que el fruto envejece (40).

Otra característica del exocarpo es el recubrimiento ceroso que posee y el aguacate es de las frutas que presenta mayores cantidades de cera, la presencia de ésta aumenta la barrera para la salida de agua del fruto.

- - Del ambiente circundante.

a) Humedad relativa. Las humedades próximas a la saturación reducen la transpiración, ya que contribuyen a disminuir o eliminar el déficit de presión y en ocasiones la fruta puede llegar a ganar peso. Para el aguacate han resultado muy adecuados niveles de 85 a 90% en almacenamiento refrigerado (33, 40).

b) Temperatura. Su efecto sobre la transpiración es indirecto ya que más bien retarda el proceso respiratorio como se mencionó anteriormente.

c) Circulación de aire. Un flujo elevado de aire seco acelera la salida de agua.

### 3.B) Factores de cosecha.

Para que el factor cosecha sea menos negativo para la fruta es importante considerar tres elementos de ella que son fundamentales por la influencia que tienen sobre la calidad final del aguacate, estos son:

- 1.- estado de madurez de corte
- 2.- método e instrumentos de cosecha
- 3.- manejo del producto acumulado en la huerta (46).

Respecto al estado de madurez, es necesario que el fruto haya llegado por lo menos a un punto de desarrollo en los que la síntesis y acumulación de sustratos, la diferenciación de tejidos y el desarrollo de la semilla sean suficientes como para que la fruta, fuera del árbol, pueda continuar sus cambios de tal manera que se logren las características sensoriales requeridas para su consumo (madurez de consumo), a esta fase de la vida del fruto se le denomina : sazonamiento o madurez fisiológica ( 1,39, 43). Sin embargo, el estado exacto de madurez de corte será determinado según el tiempo que la fruta vaya a permanecer en el mercado,

el tiempo requerido para llevarla a su destino final o el tiempo que va a permanecer almacenado antes de llegar al último consumidor . Estas consideraciones corresponden a los compradores y vendedores.

Los estados de madurez son reconocidos por los fruticultores mediante cambios visibles que se observan en los frutos y son llamados índices de cosecha, los cuales deben ser fácilmente reconocibles, de evaluación rápida y objetiva y repetibles durante todos los periodos de cosecha. En México para el caso del aguacate Hass, el principal índice de cosecha es el cambio de color, cuyas variaciones son reconocidas por la experiencia de los fruticultores, así como también, el tiempo de floración es un elemento que ayuda en esta determinación. CONAFRUT ha publicado - tablas de color para el aguacate, donde se reconocen los principales estados de madurez para esta variedad. En otros lugares P. E. en California, el índice de cosecha es el contenido de aceite (40, 43,)

Para la operación de corte, la literatura recomienda sea realizada - ya sea con garrocha o con máquina de preferencia, debido esto, a la na turaleza quebradiza de las ramas, sin embargo, generalmente en México - se utilizan garrochas construídas de madera muy ligera, en ocasiones - provistas de bolsas con capacidad para 8 o 10 aguacates, aunque lo más común es que sólo se acondicionen trozos de madera con una cuchilla en la punta. También es muy frecuente el corte con tijeras, alcanzando el fruto el fruto por medio de una escalera y usando, para reunir los frutos, bolsas con tirantes, sin fondo, que se doblan por la parte infe---rior y se sostienen con una cuerda y una garrocha, o bien, con hebillas, las bolsas generalmente son de lona o manta con capacidad para 15 o 20Kg. Para proceder al corte se recomienda hacer la selección de los árboles\_

y tomar en cuenta lo siguiente:

- deberá cosecharse primero la fruta que empieza a madurar en el árbol o la que está dañada por agentes climáticos, plagas o enfermedades.
- descansar la escalera sólo sobre ramas grandes y fuertes.
- al realizar el corte con tijeras, éste debe hacerse dejando un pedúnculo de 0.5 a 1.0 cm. como máximo, evitando jalar la fruta. No hay que cortarlas con un jalón y debe evitarse razgarlas con la uñas, las tijeras o con las lisas ramas o tallos.
- colocar la fruta suavemente en las bolsas de recolección.
- llevar la bolsa a la caja de campo y colocar con delicadeza el fondo de la bolsa en el fondo de la caja antes de aflojar la hebilla. Jalar la bolsa lentamente hacia arriba, dejando la fruta en la caja.
- tener cuidado para no mezclar la fruta golpeada con la de buena calidad.
- evitar el sobrellenado o colmo en las cajas de campo para que al sobreponerlas, las frutas no sufran magulladuras o abrasiones.
- la fruta cosechada no debe exponerse al sol, las cajas de campo deben instalarse en lugares sombreados.
- una vez realizada la cosecha, transportar los aguacates al centro de acopio lo más pronto posible, cubriendo el transporte con una lona y habiendo revisado previamente el sistema de suspensión del vehículo, además de tener cuidado y conducir a una velocidad moderada sobre todo en carreteras en mal estado. Es preferible que el transporte se realice por las mañanas.

En el centro de acopio la fruta recibe los siguientes tratamientos:

a) Lavado. Se realiza por inmersión o aspersión, añadiendo al agua - algún detergente suavizado, con el fin de evitar enfermedades fungosas\_ y eliminar materia extraña. En trabajos realizados por CONAFRUT (45), - se ha utilizado el tiabendazol (TBZ) en combinación con encerado; los - resultados fueron en cierto modo satisfactorios, aunque se presentaron\_ limitaciones debido a que el porcentaje de residuos del fungicida en el fruto se encontró fuera de norma.

b) Secado. Después de lavado se pasa a un transportador de rodillos\_ cubiertos de esponja, donde se elimina el exceso de agua, que se comple\_ menta haciendo pasar una corriente de aire, comunmente por medio de un ventilador.

c) Selección. El producto es seleccionado por tamaños así como tam-- bien en función de los daños mecánicos, microbiológicos y climáticos. - La selección por tamaños puede realizarse manual o mecánicamente ya sea con la ayuda de básculas (método casi ausente en México) o haciendo pa- sar la fruta por aberturas de distintos tamaños. En alguna cooperativas la selección por tamaños, se efectúa en base a la norma de calidad que se presenta a continuación:

El aguacate se clasifica en base a su peso unitario según la tabla:

A	Mayor de 300.00 g
B	250.00-300.00 g
C	201.00-250.00 g
D	150.00-200.00 g

En la clasificación de calidad denominada: México Extra se permiten\_ todos los tamaños ; lo mismo sucede con las clasificaciones México No.1 y México No.2.

Especificaciones de madurez. La madurez se determina por el rendimiento de la pulpa. En punto de sazón, el rendimiento es de por lo menos 60% en peso.

Especificaciones de defectos:

México Extra. Prácticamente libre de cualquier defecto y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad según tabla de defectos que se presenta posteriormente.

México No. 1. Puede presentar como máximo un defecto menor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad.

México No. 2. Puede presentar como máximo un defecto mayor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad.

En cuanto a la presentación:

México Extra. Los frutos de esta calidad deben ser envasados siguiendo una rigurosa selección, dejando cada envase perfectamente presentado y su aspecto global debe ser uniforme, en cuanto a color y tamaño y dentro de las tolerancias establecidas para color y tamaño para esta calidad.

México No. 1 y México No. 2. El producto envasado puede presentar variaciones en cuanto homogeneidad en lo que se refiere a color y tamaño y dentro de las tolerancias establecidas para color y tamaño dentro de estas calidades.

Tolerancias de color y tamaño:

	México Extra	México No. 1	México No. 2
Color	5%	10%	15%
Tamaño	5%	10%	15%

## Tolerancias de defectos:

Para todos los grados de calidad se permiten las siguientes:

Tipos de defectos	Tolerancias en	
	Punto de embarque	Punto de arribo
Defectos críticos	4%	5%
Defectos mayores	6%	7%
Defectos menores	10%	12%
Acumulativo	10%	12%
Pudrición	0.5%	1%

d) Empacado. La alimentación de las cajas se efectúa colocándolas al final de una banda de selección construída de materiales diversos, lo cual depende de las posibilidades del centro y/o la disponibilidad de materiales o equipo.

e) Inspección. El muestreo se realiza la mayoría de las veces, de común acuerdo entre vendedor y comprador, de no ser así se realiza según las indicaciones de la NOM-2-12 y el plan de muestreo e inspección de calidad de fruta fresca PM/NORCOFRUT-1/1976, la cual establece los siguientes tamaños de muestra:

Peso del lote (Kg)	Muestras primarias (Kg. extraídos del lote)
1-200	10 máximo
201-500	20 máximo
501-1000	30 máximo
1001-5000	60 máximo
más de 5000	100 mínimo

### 3.C) POSTCOSECHA

Desde el momento del corte, empieza una nueva etapa para el aguacate; aparecen necesidades diferentes a las que se presentaron cuando se encontraba unido al árbol. Ahora, el principal objetivo tanto para el fruticultor como para el vendedor es: mantener la calidad obtenida hasta que el producto llegue al consumidor final; ya que, de nada valdrán los esfuerzos realizados para obtener un fruto de buena calidad -con todos los cuidados que esto implica durante el cultivo y recolección - si no se buscan y se tienen los medios adecuados para mantener tal calidad hasta que el fruto llegue al consumidor. En esta etapa será necesario manejar y transportar el producto en varias fases: la huerta y el centro de acopio, las grandes centrales de abastos y los pequeños mercados, así como las bodegas refrigeradas en los barcos y en los trailers - en el caso de exportación - y, finalmente, los pequeños mercados y las tiendas de autoservicio. Todo lo anterior significará para el fruto daños de tipo mecánico principalmente, tales como: golpes, abrasiones, punciones y vibraciones, que dañarán la integridad del producto demeritando su calidad; la severidad de estos daños dependerá de la magnitud de la fuerza que - los ocasiona (51). En estas condiciones, es de vital importancia proteger el producto durante su manejo, transporte y almacenamiento, esta función la desempeñan de manera directa los envases y embalajes.

#### 3.C.1.a) MANEJO

La etapa de manejo postcosecha, como se mencionó anteriormente, abarca los siguientes aspectos:

- Transporte
- Almacenamiento

- Embalaje

En la búsqueda de los elementos adecuados para el manejo de productos a granel, Gieseke (23) señala algunos factores a considerar en la selección de éste; el equipo debe ofrecer:

- economía de espacio
- protección al producto

y, para asegurar que proporcionará estos beneficios hay que tomar en cuenta:

- espacio disponible
- características del producto, bajo todas las posibles condiciones - en las que pueda encontrarse durante el manejo, por eso, es necesario tener idea P. E. de su densidad, por ciento de humedad, firmeza, tamaño, abrasividad etc.
- funciones del equipo
- tipo de empaques (materiales y diseño)

### 3.C.1.b) TRANSPORTE

Catwell (12) menciona que los productos hortofrutícolas pasan entre 50 y 75% de su vida postcosecha en los vehículos de transporte, por lo que, la selección del sistema de transporte y condiciones más adecuadas es imprescindible si verdaderamente se desea preservar la calidad del fruto.

Estos medios y las condiciones arriba mencionadas se determinan por la etapa de manejo postcosecha en la que se encuentre el fruto.

a) De la huerta a la empacadora.

Después de cosechado, el fruto se transporta de la huerta a la empacadora y, dependiendo de la distancia entre estos dos puntos así como de -

las posibilidades del fruticultor; se recomienda la utilización de camiones de carga, tractor, montacargas, góndola sobre riel o cualquier otro medio a través del cual puedan ser transportadas las cajas de campo con el fruto, de manera rápida evitando al máximo daños mecánicos como caídas y choques principalmente. Esta operación debe realizarse muy temprano para evitar que el fruto se dañe con el calor del sol, evitando detener el fruto por largo tiempo en la huerta y menos bajo los rayos del sol (40). Sin embargo en la práctica a excepción de algunos de los grandes productores cuyo número es reducido los frutos se comercializan a través de cooperativas que reúnen el aguacate proveniente de pequeñas huertas, en centros de acopio no siempre cercanos a los lugares de cosecha. En tal situación el fruto se transporta en condiciones y vehículos poco adecuados, tales como: animales de carga (burros), autos particulares o de servicio público (taxis) etc., y contenido en las mismas bolsas de campo (generalmente costales de polipropileno). Estas condiciones de transporte producen daños mecánicos en el fruto, ya que llegan a manejarse manualmente pesadas cargas que provocan el aumento de frecuencia de caídas, punciones y abrasiones. (50).

b) Del centro de acopio a las centrales de abasto.

En esta etapa, los recorridos pueden ser relativamente largos, utilizando:

b.1) Transporte terrestre:

- por carretera, usando camiones tipo "torton" ó trailer
- por ferrocarril

En el caso del transporte terrestre, por carretera, los vehículos pueden ser:

- isoterms. Sin fuente para producción de frío
- refrigerados. Cuyo medio de enfriamiento son sustancias acumuladas, tales como el hielo o hielo seco.
- frigoríficos. Con una fuente productora de frío integrada a la unidad.

b.2) Marítimo. En barcos con bodegas refrigeradas.

b.3) Aéreo. Hasta el momento este transporte se realiza dentro de contenedores no refrigerados.

(27).

Según Fantastico (40), los transportes para frutas pueden clasificarse como sigue:

- Ventilados. Provistos de algún instrumento para ventilación forzada.

- Aislados. Cuyo material de aislamiento debe presentar un coeficiente de transferencia de calor menor a  $0.6 \text{ Kcal./m}^2\cdot\text{hr.}$ ; sumamente aislados, con una barrera que presente un coeficiente de transferencia menor a  $0.35 \text{ Kcal./m}^2\cdot\text{hr.}$

- Refrigerados. Unidades aisladas con una fuente de frío propia, - capaces de abatir la temperatura desde  $25^\circ\text{C}$  hasta  $-17^\circ\text{C}$  y conservar la durante 12 hr.

En la práctica, en México, el medio de transporte más común de esta etapa para el aguacate es el transporte terrestre isoterma, en pocas ocasiones se utilizan transportes refrigerados, éstos son utilizados para el producto que se exporta, principalmente a Canadá y Estados Unidos de Norte América (13, 26, 48). En cuanto a exportaciones a Europa o Japón el transporte marítimo es el más usual por ser más económico

cos que el aéreo, aunque tiene la desventaja de ser más tardado.

En cualquiera de los medios de transporte ya mencionados, para que su eficiencia sea máxima, es requisito indispensable observar lo siguiente:

- Evitar las cajas llenas hasta el colmo, de manera que al estibarlas se eviten las compresiones que producen magulladuras al fruto .

- Estiba adecuada de las cajas dentro del transporte, la cual se realizará en base a un patrón de estiba que estará en función de:

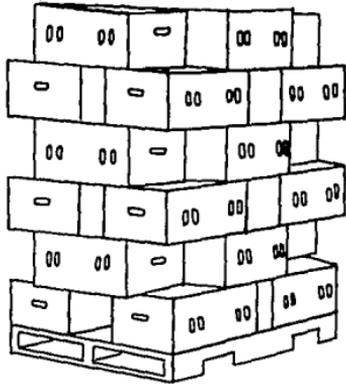
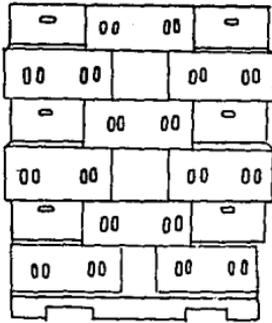
1.- Espacio disponible ( forma y tamaño del vehículo)

2.- Tamaño y diseño de las cajas , son recomendables, tanto en cartón corrugado como en madera, tamaños de 40 x 30 x 30 cm. para consumo nacional (32); y, al considerar el tamaño de las cajas se debe incluir el espacio entre las estibas, que, para aguacate puede ser entre 5 y 8 cm. (12) aunque esto puede modificarse dependiendo del número de orificios de la caja, los cuales deben representar de un 10 a un 20% de la superficie total (32). Estos espacios y orificios son necesarios para permitir la ventilación cuya función principal es la remoción de calor y exceso de humedad en la fruta, por lo que, en la ventilación también hay que tomar en cuenta la cantidad promedio de calor liberado por el aguacate (10,400.00 BTU/Ton..día, para las variedades antillanas y 4,400.00-a 7,700.00 -- BTU/Ton..día para las variedades guatemaltecas) (40)

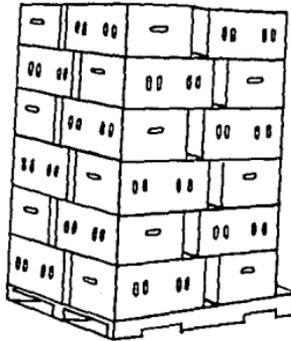
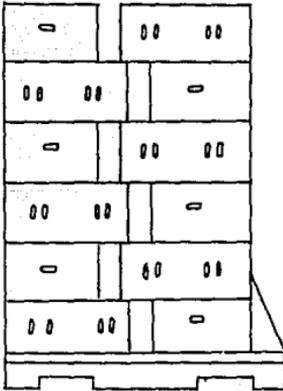
3.- Resistencia mecánica de las cajas, que determinará la altura de la estiba. La carga máxima que soportan las cajas de cartón corrugado con una resistencia de 14 Kg./cm<sup>2</sup>, que se utilizan para aguacate es de 116.00 Kg. (32).

- Estricto control mecánico del vehículo, principalmente asegurar que

## Patron de Estiba de 4 Bloques Alternos



## Patrón de Estiba de 4 Bloques con Chimenea Abierta



la suspensión y frenos se encuentren en condiciones adecuadas, con el fin de evitar vibraciones que provoquen golpeteo y fricción entre las frutas, así como deslizamiento de las estibas (32).

- Temperatura. Procurar que durante el transporte, la temperatura se encuentre en un rango de 5 a 12°C; se recomienda realizarlo durante la noche, sobretodo en nuestras condiciones, ya que, como antes se mencionó, la distribución nacional se realiza en transportes abiertos sin control de temperatura. También es recomendable cubrir el camión con una lona(32)

- Evitar, en lo posible, circular por caminos de terracería

En lo que se refiere a la exportación, es importante, además, un estricto control de la limpieza del vehículo con el fin de cumplir con las normas de higiene establecidas por el país de destino (48).

c) Del vehículo de transporte a la bodega de almacenamiento.

- Evitar al máximo las caídas y choques al desestibar y retirar las cajas del vehículo, de preferencia realizar el transporte a la bodega con la ayuda de un "diablito" y de ser posible utilizar un montacargas.

### 3.C.1.c.) ALMACENAMIENTO

Entre los principales objetivos del almacenamiento se encuentran:

- Ser factores de control entre los volúmenes de producción y demanda  
 - Mantener o prolongar la vida útil del aguacate a través del control adecuado de temperatura, humedad relativa y composición química de la atmósfera circundante, que tienen efecto directo sobre los procesos metabólicos responsables de la maduración del fruto. Aunque de estos tres factores, el más utilizado y efectivo hasta el momento, es la temperatura, y sólo en países económicamente desarrollados se combina con el control de humedad relativa y con menor frecuencia con el control de composición atmosférica, por lo menos a nivel comercial (40). Aunque en el presente año

algunas compañías especializadas en envase y embalaje están promoviendo las películas impermeables al  $O_2$  para cubrir las cajas de aguacate, que se envasa bajo atmósfera inerte, lo cual permite preservar la vida del fruto durante períodos más largos de almacenamiento, que los logrados mediante refrigeración (44).

En México son pocos los frutos que se almacenan bajo refrigeración - la manzana por ejemplo (49), sin embargo en la comercialización nacional de aguacate no se ha utilizado. En la Central de Abastos de la Ciudad de México, las bodegas mantienen una temperatura promedio de 15 a 18°C y el período de almacenamiento es variable, dependiendo del grado de madurez de recepción así como de qué tan maduro se quiera vender (49).

En la bibliografía existe información de rangos de temperaturas y humedades relativas recomendables para el almacenamiento parcialmente prolongado del aguacate, éstas se modificarán de variedad en variedad, según el estado de madurez en que se encuentre el fruto, el lugar y época de cosecha (Pelayo, 12). En su mayoría, estos datos corresponden a estudios realizados en los Estados Unidos de Norte América.

Variedad'	Temperatura (°F)	Tiempo (días)
Booth 1 (híbrido)	40	14-25
Lula (híbrido)	40	32-38
Taylor (guatemalteca)	40	14-18
	50	4-11
Fuch (antillana)	40	3-9
	50	4-11
Pollock (antillana)	40	7-11
	50	10-14
Ref.: (33)		

Raza	Temperatura (°C)	% HR	Semanas Almac.	Calor liberado en BTU/Ton·día
Antillana	55	85-90	2	10,000.00
Guatemalteca	42-45	85-90	4	4,400.00 7,700.00

Ref. ( 33 )

Variedad	Temperatura(°C)	% HR	Tiempo de Almac. en días
Booth 7(guatemal teca-mexicana)	4.4	85-90	14-18
Booth 8(guatemal teca-antillana)	4.4	85-90	15-24
Hass			
Mc Arthur			
Anaheim			
Nabal	5.6-7.2	85-90	14
Rincón			
(raza guatemalte- ca)			
Fuerte	4.1-4.4	85-90	10

Ref.: ( 32 )

Variedad	Temperatura	% HR	Tiempo de Almac. en días
Hass	2°C	90%	21

Ref.: ( 8 )

3.C.1.d.) EMBALAJE

Definiciones:

Envase. Todo recipiente utilizado para envasar, completa o parcialmen-

te, cualquier alimento destinado a la venta, comprendiendo los materiales empleados para envolver. (Codex Alimentarius).

Envase.- Recipiente cuya función principal es contener y conservar un producto adoptando la forma del producto o viceversa (Definición del subcomité de terminología C.C.N.N.E.E.)

Embalaje.- Conjunto de elementos cuyas funciones principales son proteger y dar facilidad, en el almacenamiento, manejo y transporte de un producto. (Subcomité de terminología de C.C.N.N.E.E.)

En función de estas definiciones, se designa a las cajas, objeto del presente trabajo como : Embalajes.

Clasificación general de los envases y embalajes ( 27 )

- a) Individuales.- Botellas, latas, tarros.
- b) Colectivos, Cajas de cartón o madera que contienen varias unidades de producto.
  - c) Envases especiales
    - envases o embalajes fisiológicos, generalmente películas plásticas usadas en la obtención de atmósferas modificadas.
    - bolsas de recolección, usadas durante el corte de frutos en la huerta.
    - cajas de campo, retornables, para transportar la fruta de la huerta al campo.
    - cajas "palet", contienen productos a granel y se autoestiban.
    - contenedores, de grandes dimensiones, pueden contener varias cajas "palet", que a su vez contienen productos a granel, cerrados herméticamente hasta llegar a su destino.

Según Pantastico ( 40 ), para las frutas, los embalajes se clasifican en:

Recipientes de Campo

- bolsas, fabricadas de lona o yute.
- cajas, construídas de madera o plástico.

Recipientes para Embarque  
(su resistencia mecánica debe ser suficiente para proteger el producto en todas las condiciones de manejo)

- cajas de madera, clavadas o alambradas.
- cajas de cartón corrugado, a veces recubiertas con materiales plásticos o enceradas para evitar la absorción de humedad.
- bolsas de yute o polipropileno, generalmente utilizadas en el manejo de papas, zanahorias, etc.
- tarimas, que son plataformas de madera plástica o fibra de vidrio donde se pueden reunir varias cajas y manejarse como carga unitaria.

Envases para el Consumidor

- bolsas de papel, de alguna malla o película de plástico.
- charolas de pulpa de madera, cartón, plástico o espuma plástica.
- cajas de cartón plegadizas, a veces con divisiones.
- cestos o canastas de madera o plástico.

Las funciones de un embalaje para fruta podrían resumirse en los siguientes puntos:

- Proteger contra daños mecánicos y pérdidas de humedad

- Permitir una temperatura y composición atmosférica interna adecuadas para mantener el estado de madurez deseado.

- Reunir y contener varias unidades de producto.

- Ser una unidad de manejo, transporte y almacenamiento.

En México, los embalajes para embarque más utilizados en la comercialización nacional de aguacate son las cajas de madera clavadas o alambradas y las cajas de cartón corrugado, cuyos diseños son tan variados - como fabricantes existen y cuyas características y especificaciones son establecidas en su mayoría sin pensar en la función que han de desempeñar, además de que se encuentran fuera del control de las autoridades - es decir, no existe una norma que establezca rangos o especificaciones ni para la materia prima ni para el producto terminado. En cuanto a manuales disponibles al público, que informen y recomienden embalajes - adecuados para aguacate, son escasos, sólo en los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial se encontró una publicación de este tipo. Esta ausencia de información contribuye al bajo aprovechamiento de los embalajes ( 32, 40 ).

#### A) Cajas de madera:

Según la referencia ( 32 ) las características de las cajas de madera para aguacate que se encuentran en el mercado son las siguientes:

Caja para Aguacate Serrano de 3 Tablas

Material: madera

Elementos de fijación: clavos

Medidas exteriores: 51.3 x 33.1 x 31.5 cm.

Medidas interiores: 48,2 x 31.4 x 29.7 cm.

Caja para aguacate Hass de 2 tablas

Material: madera

Elementos de fijación: clavos

Medidas exteriores: 50.5 x 32.5 x 24.0 cm.

Medidas interiores: 47.5 x 31.0 x 23.0 cm.

1. Características de la materia prima: Madera

La madera está constituida por fibras de celulosa acomodadas de forma lineal y paralela, aglomeradas por sustancias incrustantes principalmente lignina, con agua entre las moléculas. El largo de las fibras varía conforme la especie, esto da como resultado la dureza de la madera. Las especies usadas para la fabricación de embalajes tiene una resistencia de 650.0 a 75.0 Kg/cm<sup>2</sup>, la variación puede depender del grado de secado, cuyo punto de equilibrio con la humedad ambiente es entre 10y25%de humedad. De manera general, puede considerarse a la madera como un material con buena resistencia mecánica a la compresión, flexión y tensión, dependiendo esta última de la localización y área porcentual de nudos y orientación de las fibras. El grado de secado influye además sobre la resistencia a los impactos y la penetración a los elementos de unión (28).

2. Ventajas y desventajas.

Como se ha dicho en el párrafo anterior, la ventaja de la madera es su elevada resistencia mecánica comparada con la del cartón corrugado, por ello, estos envases son reutilizables.

En cuanto a las desventajas, por contener materia orgánica, estas cajas son susceptibles a la proliferación de hongos y bacterias que contaminan el producto contenido; una segunda deventaja es su rigidez, carac-

terística que le impide amortiguar adecuadamente los impactos y las vibraciones que se producen durante el manejo, permitiendo que se produzcan magulladuras y punciones sobre el aguacate.

B) Cajas de cartón corrugado.

Las características de las cajas construidas con este material para aguacate de exportación son:

- Caja para aguacate tipo telescópica

Material: cartón corrugado

Elementos de fijación: automática

Medidas exteriores de la tapa: 44.8 x 26.3 x 5.0 cm.

Medidas interiores de la tapa: 42.8 x 25.9 x 4.7 cm

Medidas exteriores de la caja: 43.3 x 25.5 x 9.2 cm

Medidas interiores: 41.5 x 25.1 x 9.0 cm

Capacidad 5.0 Kg

(32)

Para consumo nacional existen cajas de mayor tamaño con diseños variados, normalmente los elementos de fijación son grapas, la medida promedio es 51.5 x 33.0 x 30.0 cm , con capacidad para 20.0 Kg.

1.- Características de la materia prima: Cartón corrugado.

Está constituido por una hoja mas o menos espesa y rígida formada de pulpa de baja calidad elaborada ésta con papel viejo, trapo, madera y/o paja. Las cualidades del cartón obtenido dependen del tipo de pulpa utilizada . El corrugado se logra ensamblando varias de estas hojas, dependiendo de la resistencia y la capacidad de amortiguamien

to de vibraciones que se requiera (27,32).

## 2.- Ventajas y desventajas

Su gran ventaja es la capacidad de amortiguar golpes y vibraciones, así como también su ligereza; sus desventajas son la capacidad que tienen para absorber humedad y su menor resistencia mecánica frente a las cajas de madera, además que no son reutilizables.

### C) Cajas de espuma de poliestireno

Este material hasta el momento, es poco utilizado para el manejo de frutas, su introducción en la comercialización de estas es muy reciente y no existe información concreta en cuanto a las medidas de las cajas disponibles en el mercado, ya que se fabrican sobre pedido (54). Se han empleado principalmente para comercializar uva y con menor frecuencia durazno. Así pues, la elección de este material para la comercialización de frutas en México, se ha hecho de manera empírica, ya sea por sugerencia de los fabricantes o por imitar su utilización, que es más frecuente en los Estados Unidos de Norte América (50) o en Alemania (4).

### 1.- Características de la materia prima.

Este material se obtiene por la polimerización del estireno, que es uno de los materiales plásticos más baratos, además de presentar buena inercia química; puede polimerizarse con el butadieno o acrílo-nitrilo para obtener poliestirenos de mejor resistencia mecánica. El poliestireno expandido o espuma de poliestireno posee las características de ser ligero y tener una gran capacidad de ais

lamiento térmico y ser apto para la absorción de choques (31).

## 2.- Ventajas y desventajas

Debido a su reciente introducción y a la inexperiencia con este material en la comercialización de frutas, solo puede suponerse que una gran ventaja podría ser su capacidad de amortiguar daños mecánicos así como su aislamiento térmico, sin embargo esto es una HIPOTESIS .

Lo anterior es uno de los objetivos de este trabajo, por lo que, a continuación se presentará el desarrollo del experimento, que podrá ser uno de los primeros pasos en la investigación más sistemática del poliestireno expandido y su función como embalaje para aguacate.

## II.- DISEÑO EXPERIMENTAL

### 1. Hipótesis

a) Con base en la información proporcionada a través de las generalidades, es evidente que el embalaje desempeña un papel determinante en el mantenimiento de la calidad postcosecha del aguacate, sin embargo no se le da la importancia requerida.

b) Los embalajes más utilizados para la distribución nacional de aguacate var. Hass, son las cajas de madera que, por su rigidez y superficie áspera, provocan graves daños mecánicos que significan pérdidas económicas.

c) El cartón corrugado, por sus características, amortigua con mayor eficiencia las vibraciones producidas por choques e impactos que ocurren durante el manejo y transporte de la fruta, lo cual disminuye los daños mecánicos al aguacate.

d) Las cajas de espuma de poliestireno, por las propiedades de éste, podrían considerarse como una alternativa ya que su capacidad para absorber las vibraciones durante el manejo son mayores que las del cartón corrugado.

e) En un ciclo normal de manejo, las cajas de cartón corrugado y de espuma de poliestireno tendrían una resistencia mecánica adecuada equivalente a la de caja de madera, con la ventaja de proteger con mayor eficiencia al fruto contra los daños mecánicos.

## 2.- Material y Métodos.

A) Transporte de la fruta desde la huerta a la Ciudad de México.

a) 265.00 Kg de fruta limpia, totalmente exenta de defectos mecánicos, microbiológicos y climáticos.

b) cajas de embarque:

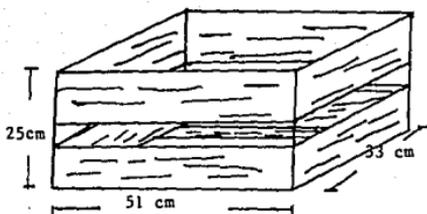
- cinco cajas o rejas de madera para aguacate var. Hass de 51.0 x 33.0 x 25.0 cm con capacidad para  $18 \pm 2.0$  Kg de aguacate.

- cinco cajas de cartón corrugado doble, de dos piezas, cuerpo y tapa, construidas con una sola pieza de cartón, fijadas con grapas cuyas medidas externas fueron: 60.0 x 32.0 x 27.0 cm con capacidad para  $22.0 \pm 3.0$  Kg de fruta. La tapa cubre todo el cuerpo, con tres orificios en la parte media de la cara que representa el largo y dos orificios en la parte media en la cara que representa el ancho, los orificios presentaron un diámetro de 2.5 cm. La resistencia del cartón:  $12 \text{Kg/cm}^2$ .

- cinco cajas de espuma de poliestireno, construidas de una sola pieza con las siguientes medidas: 40.0 x 42.0 x 16.0 cm con aberturas rectangulares de 3.7 x 1.2 cm, tres a lo largo en la parte inferior entre la base y la cara y dos a lo ancho en la misma posición que las anteriores, las paredes presentaron un grosor de 1 cm y la capacidad de la caja fue de  $10.0 \pm 2.0$  Kg de fruta.

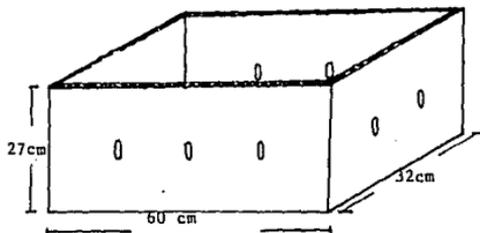
- seis placas de espuma de poliestireno de 0.5 cm de grosor, con una superficie de 60.0 x 100.0 cm, utilizadas entre camas de cajas para amortiguar golpes y vibraciones durante el transporte.

- camión torton para el transporte, desde el centro de acopio en Ta

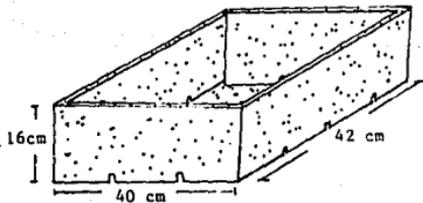


CAJA DE MADERA

CAJA DE CARTON CORRUGADO



CAJA DE ESPUMA DE POLIESTIRENO



cámaro Mich. hasta los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial - en la Ciudad de México, donde se desarrolló este trabajo.

B) Cámaras de almacenamiento

- cámara climática con control de temperatura y humedad relativa -  
( 4°C - 90% HR ).

- cámara a temperatura ambiente sin control de humedad relativa.

C) Pruebas de simulación de transporte

- plataforma para caída libre

- plano inclinado con carril y plataforma transportadora

- mesa vibratoria

- plataforma de compresión

D) Pérdida fisiológica de peso

- balanza granataria

E) Medición del índice respiratorio

- bomba de vacío

- 1 matraz erlen meyer de 1000.00 ml.

- 1 matraz erlenmeyer de 500 ml.

- 2 frascos de vidrio

- tapones y mangueras de hule para conexiones

- 1 tubo de Pattenkoffer de 100 ml. vol. total

- tubo de vidrio para conecciones

reactivos

- solución acuosa de KOH al 40% peso/volumen.

- NaOH en lentejas

- Agua destilada

- HCl 0.1 N

- solución de  $Ba(OH)_2$
- F) Medición de la firmeza
  - Probador Universal "Instron" 11.25
  - punzón de 5 mm. de diámetro
- G) Evaluación sensorial
  - 15 panelistas semientrenados
  - cubículos para evaluación sensorial

#### Métodos Utilizados

#### C) Pruebas de simulación de transporte

##### 1.- Plano Inclinado ( método tomado de la NOM EE-62-1979)

Con esta prueba se determina la aptitud de un envase o embalaje para resistir esfuerzos de impacto y con esto determinar su aptitud para proteger el contenido cuando se sujete a esfuerzos de impacto.

- Calibración . Se realiza seleccionando la altura del punto de partida o longitud para la velocidad deseada al momento del impacto.

Esta calibración se realiza con el transporte vacío.

- Condiciones de prueba

La viga debe ser recta, libre de bordes y obstrucciones con una inclinación de  $10^\circ$  con respecto a la horizontal. La longitud de la viga varía dependiendo de las limitaciones de espacio y necesidades de uso - debe estar graduada en incrementos de 100 mm o menos.

La superficie de impacto debe ser plana, libre de pernos o clavos - que puedan afectar la prueba. Debe ser metálica de preferencia, bien sujeta, cuyo tamaño permita el contacto completo con la muestra.

El aparato debe estar firmemente sujeto al piso para evitar movimien

to de alguna de sus partes. Los baleros del transportador deben moverse libremente sobre la viga, mantenerse lisos y bien lubricados.

- Procedimiento

Colocar la muestra sobre el transportador con la cara o ángulo que va a recibir el impacto coincidiendo con la parte delantera del transportador.

Llevar el transportador a la posición predeterminada sobre el plano y soltar.

Repetir los impactos hasta que ocurra una falla en el envase o embalaje. La falla se considera cuando:

- el contenido se ha derramado
- algún tipo predeterminado de daño, se produce en el envase o embalaje.
- el envase o embalaje se abre para la inspección del producto contenido.

Ref. Norma Oficial Mexicana EE-62-1979

- Prueba de Caída Libre

Los envases se someten a impactos producidos por caída, aplicados en las posiciones más probables y frecuentes de suceder y a la altura normal de manejo.

- Prueba de Vibración

Esta prueba simula las condiciones de vibración a que están sujetos los productos envasados durante el transporte. La simulación de un trayecto por carretera se realiza en base al conocimiento de las condiciones que presentan los diferentes medios de la distribución como son: - frecuencia e intensidad de las vibraciones, estado del trayecto y características de la carga, contenedor, etc.

Las condiciones aplicadas en esta prueba corresponden a un medio de transporte por carretera y los valores empleados representan las características promedio encontradas en este sistema de distribución.

En el laboratorio se aplicaron 5 barridos, donde un barrido de 4 a 50 Hz y 50 a 4 Hz equivale a 100 Km. de recorrido, por lo tanto se simularon 500 Km. de trayecto. (Barrido=No. de veces que se aplicó la frecuencia mencionada)

TRANSPORTE	RANGO DE FRECUENCIA	AMPLITUD CTE.	AMPLITUD MAX.
Ferrocarril	2-7 Hz	0.2 a 0.5 G	2 G.
	50-70 Hz		
Camión	2-7 Hz		
	15-20 Hz	0.2 a 0.6 G	2 G
	50-70 Hz		
Avión	2-7 Hz	0.1 a 0.8 G	5 G
	100-200 Hz		
Barco	11-15 Hz	0.2 a 0.4 G	1.5 G
	100-120 Hz	G= cte. aceleración normal de gravedad 9.8 m/s <sup>2</sup>	

### Medición de la Respiración de Frutas

Esta técnica fué tomada de un documento interno de CONAFRUT (15)

Se cuantifica el  $\text{CO}_2$ , producto de la respiración de la fruta, por medio de su reacción con el  $\text{Ba(OH)}_2$ :  $\text{Ba(OH)}_2 + \text{CO}_2 \text{-----} \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

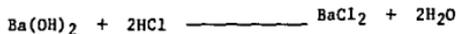
La cantidad de  $\text{CO}_2$  desprendida por una fruta, en un tiempo determinado, puede dar idea del estado de madurez en el que se encuentra la fruta

1.- El  $\text{CO}_2$  desprendido por la fruta, se arrastra por medio de una corriente de aire que pasa a través del recipiente en el que aquella se encuentra.

El aire debe estar libre de  $\text{CO}_2$ , con una humedad estandarizada, - lo cual se logra haciendo pasar una corriente de aire a través de una solución de KOH al 40%, antes de pasar por donde se encuentra la fruta, para eliminar el  $\text{CO}_2$  y a través de una torre desecadora empacada con NaOH en escamas, para estandarizar la humedad.

2.- A continuación, la corriente de aire atraviesa un tubo de Pettenkoffer que contiene  $\text{Ba(OH)}_2$  en cantidad y normalidad conocidas.

3.- Transcurrida una hora, el  $\text{Ba(OH)}_2$  se transfiere a un matraz donde se cuantifica el  $\text{Ba(OH)}_2$  que no reaccionó con el  $\text{CO}_2$ , por medio de una titulación con HCl de normalidad conocida.



La cantidad de  $\text{CO}_2$  se determina por diferencia, ya que se conoce la cantidad inicial de  $\text{Ba(OH)}_2$

4.- Se corre una prueba en blanco, sin fruta, ya que la eliminación del  $\text{CO}_2$  del aire con KOH no es perfecta.

## 5.- Cálculos

1 molécula peso de  $\text{CO}_2$  (44gr.) reacciona con 1 molécula peso de -  
 $\text{Ba(OH)}_2$ .

1 molécula peso de  $\text{Ba(OH)}_2$  reacciona con 2 moléculas peso de  $\text{HCl}$ .

2 moléculas peso de  $\text{HCl}$  equivalen a 44 gr. de  $\text{CO}_2$ .

2 x 1000 ml. de  $\text{HCl}$  1 N. = 44.0 gr.  $\text{CO}_2$

1 ml. de  $\text{HCl}$  1 N. = 2.2 gr.  $\text{CO}_2$

Fórmula para calcular el  $\text{CO}_2$  desprendido

$$\frac{(T_b - T_m) \times 2,2 \times 1000}{P \times t} = \frac{\text{mg. CO}_2}{\text{Kg.} \cdot \text{hr.}}$$

Donde:

$T_b$  = ml. de  $\text{HCl}$  0.1 N usados en la titulación del blanco

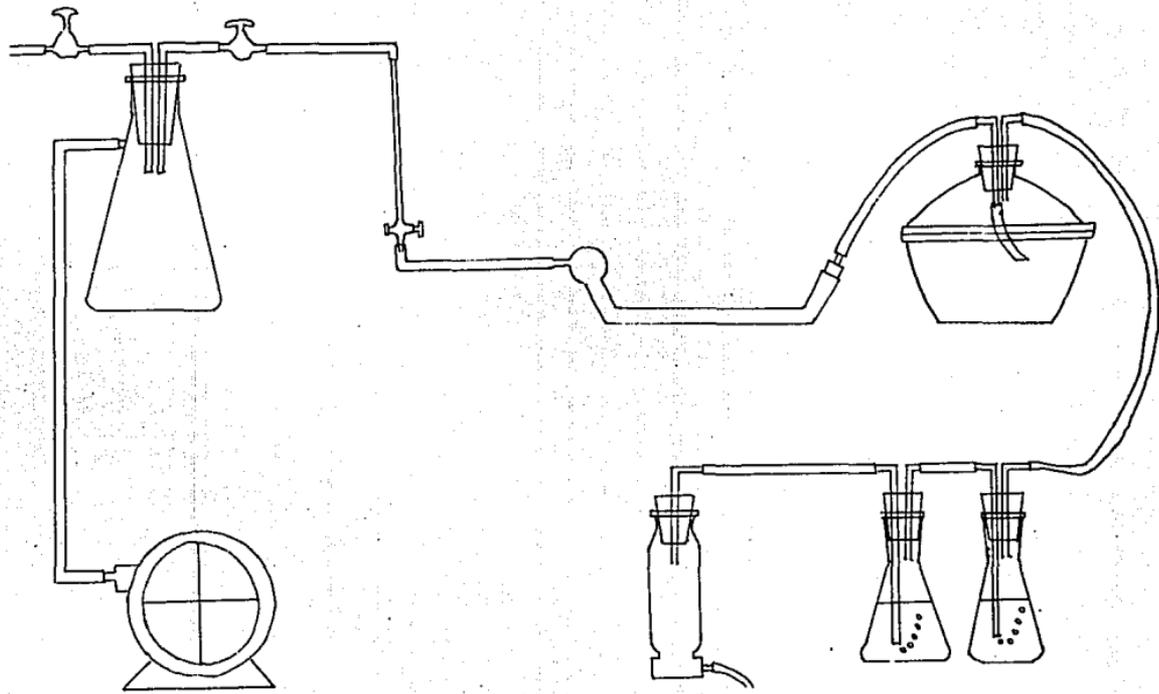
$T_m$  = ml. de  $\text{HCl}$  0.1 N usados en la titulación de la muestra

P = peso de la fruta en gramos

t = tiempo en horas

2.2 = mg.  $\text{CO}_2$ /ml.  $\text{HCl}$  0.1 N

Ver a continuación el diagrama del tren de respiración.



1.- Torre desecadora empacada con NaOH en escamas.

2 y 3.- Matrices con solución de KOH

4.- Desecador de vacío conteniendo el aguacate

5.- Tubo de pettenkoffer

6.- Bureta graduada con llave para controlar el flujo de aire

7.- Cámara reguladora de presión

8.- Bomba de vacío (Faisa FE 1500 0.187 Kw potencia)

### Prueba de Punción o Resistencia a la Penetración

La técnica utilizada se estableció en el departamento de Envase y Embalaje de los LANFI con la asesoría del Sr. Miguel Quijano, responsable de pruebas con INSTRON y con fundamento en las referencias 10, 18 y 41.

La prueba se fundamenta en la medición de las variables fuerza y tiempo. Consiste en medir la fuerza requerida para introducir un punzón metálico en la fruta (10, 18) con lo cual es posible evaluar la firmeza del aguacate y sus cambios durante el almacenamiento(41).

La secuencia de la prueba se estableció por ensayos a prueba y error.

1.- Se determina previamente la carga y velocidad de la prueba, requeridas según las características de la muestra.

a) Para el aguacate en estado de madurez fisiológica fueron:

velocidad de prueba: 10 cm/min; escala: 20 Kg; velocidad de gráfica - 20 cm/min; punzón de 5 mm de diámetro.

b) Para el estado de madurez de consumo:

velocidad de prueba: 10 cm/min; velocidad de gráfica: 50 cm/min.; escala 10 Kg; punzón de 5 mm de diámetro.

2.- A continuación, colocar la celda con la carga requerida

3.- Conectar el aparato a la fuente de poder y dejar calentar durante 15 min.

4.- Balancear y calibrar a cero al sistema de carga.

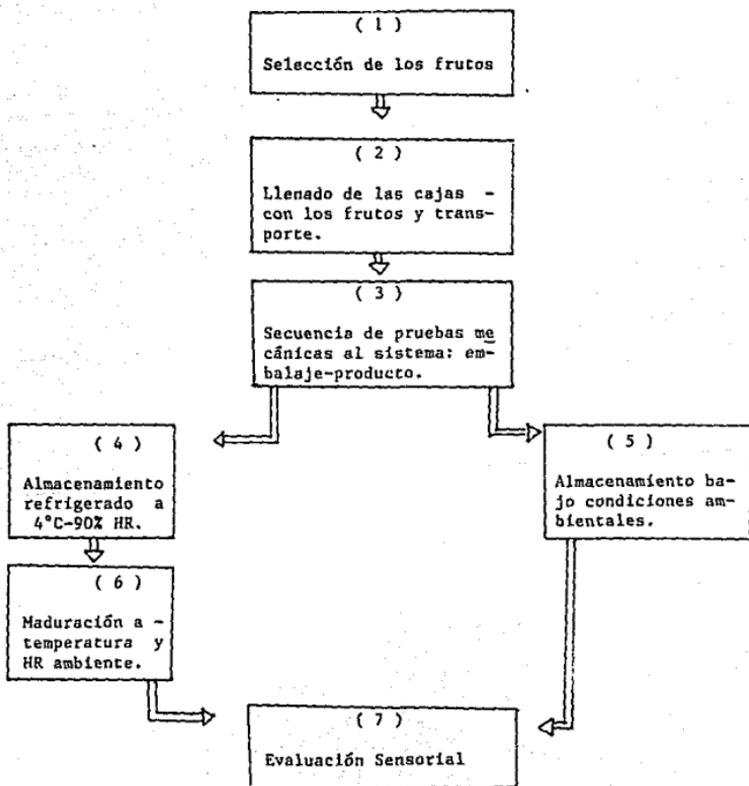
5.- Colocar la escala de carga en la posición requerida sobre la gráfica.

6.- Instalar la base adecuada para sostener la muestra y registrar para tener la pluma en cero.

7.- Para realizar la prueba con el producto a evaluar, en este caso, el fruto se colocó sobre la base, con el diámetro polar en posición horizontal, se accionó el switch que pone en marcha la celda con el punzón y se empezó a registrar la fuerza. Para este caso, se tomaron en cuenta las fuerzas máximas por día.

## 3.- Desarrollo del Experimento

Con el fin de alcanzar el objetivo de este trabajo: Evaluar la eficiencia de tres materiales de embalaje, tanto su resistencia mecánica - como la protección brindada al aguacate, el experimento representó un ciclo completo de transporte y almacenamiento cuyo diagrama se presenta a continuación.



## 1.- Selección.

La selección de los frutos se realizó con el fin de obtener unidades libres de daños mecánicos o enfermedades visibles que pudieran provocar disminución en la calidad del fruto al madurar, enmascarando así el efecto del embalaje.

La selección se llevó a cabo en el centro de acopio de la Sociedad - Cooperativa CUPANDA, en Tacámbaro Michoacán.

## 2.- Llenado de las cajas y transporte a la Cd. de México.

A partir de este momento se trató de manejar a los frutos con el mayor cuidado posible para evitar daños mecánicos que afectaran los resultados de las pruebas.

Los frutos se colocaron dentro de sus respectivas cajas

- 5 rejas de madera
- 5 cajas de cartón corrugado
- 5 cajas de espuma de poliestireno

Antes de colocar los frutos, cada una de las cajas fué forrada en su interior con hojas de cartón corrugado y los frutos se colocaron entre virutas de papel perfódico como material amortiguador durante el transporte .

Las cajas se estibarón en un camión "torton" sobre placas de espuma de poliestireno y se sujetaron con mecates; esta unidad formada, a su vez se colocó sobre una tarima de madera que se estibó en la esquina delantera derecha del camión sobre tres camas de rejas de madera conteniendo aguacate. Esta operación fué realizada durante el día y el transporte de Tacámbaro a la Cd. de México se realizó durante la noche. Al día siguiente se recibió el cargamento en los Laboratorios Nacionales -

de Fomento Industrial a las 7:00 A.M.

3.- Pruebas Mecánicas.

La secuencia de pruebas que se aplicó fue diseñada para representar cada uno de los elementos del sistema de distribución, simulando las - condiciones y grado de severidad que existe en cada una de estas eta-- pas como son el manejo, almacenamiento y transporte.

La secuencia de pruebas se realizó en el siguiente orden:

Elemento del Sistema de Distribución	Orden de la secuencia	Riesgo y Prueba Simulada
MANEJO	1	impactos verticales-caída libre
	2	impactos horizontales-plano inclinado
TRANSPORTE	3	vibración - prueba de vibración
MANEJO	4	impactos verticales-caída libre
	5	impactos horizontales-plano inclinado.
ALMACENAMIENTO	6	compresión

4 y 5.- Almacenamiento

Inmediatamente después de terminar la secuencia de pruebas mecánicas, los embalajes con aguacate se almacenaron de la siguiente manera y bajo las siguientes condiciones:

El total se dividió en dos lotes

- Lote ( a ): almacenado bajo refrigeración 4°C y 90% HR, formado - por: 3 cajas de madera con 19 Kg. de aguacate

3 cajas de cartón corrugado con 20 Kg. de aguacate, cada una.

3 cajas de espuma de poliestireno con 11 Kg. de aguacate cada una.

- Lote ( b ): almacenado a 21°C y HR ambiente, constituido por:

2 cajas de madera con 19 Kg. de aguacate, cada una.

2 cajas de cartón corrugado con 20 Kg. de aguacate cada una.

2 cajas de espuma de poliestireno con 11 Kg. de aguacate, cada una.

Durante este periodo de almacenamiento se realizaron las siguientes evaluaciones al producto.

A) Pérdida fisiológica de peso. Se practicó diariamente a los frutos de ambos lotes desde el momento en que inició el almacenamiento hasta el punto de evaluación sensorial. Se tomaron y marcaron diez frutas de cada uno de los embalajes de ambos lotes y se reportaron los promedios de las diez mediciones, la medición se realizó conforme a la técnica descrita en el inciso de técnicas.

B) Patrón respiratorio. La determinación se realizó diariamente solo al lote ( a ), a partir del 14avo. día de almacenamiento. Estas determinaciones no pudieron realizarse desde el principio debido a la falta de equipo.

C) Mediciones de textura.- se llevaron a cabo diariamente sólo las frutas del lote ( a ) a partir del 19avo. día de almacenamiento ya que, antes de este día, la fruta se presentó demasiado dura para el punzón y celda de la Instron con los que se había establecido la prueba.

6.- Maduración del fruto.

Esta se llevó a cabo solo para el lote ( a ) y se logró transfiriendo las cajas con fruta a condiciones de temperatura (21°C) y HR ambientales.

### 7.- Evaluación Sensorial

Se aplicó a ambos lotes en el momento en que el color de la cáscara y la firmeza de la pulpa presentaron sus características de madurez comercial, para el lote (a) fué al 5° día de haber sido transferidos a temperatura ambiente y para el lote (b) 10 días después de haberse realizado las pruebas mecánicas a los embalajes.

Se utilizó la escala hedónica para calificar tanto color como sabor de la pulpa.

### 8.- Análisis Estadístico

Finalmente, se practicó un análisis estadístico al conjunto de datos obtenido en las diferentes determinaciones realizadas a los frutos después de ser sometidos a los tres tratamientos (embalaje). Para ello se utilizó el método de análisis de varianza con prueba de F, ya que este permite medir el efecto de uno o más factores sobre las variables de respuesta y conocer si la variabilidad de los resultados se debe sólo a la casualidad o al efecto del factor en estudio (embalaje).

## 4.- Resultados

## A) Pruebas de simulación de transporte

a) Prueba de Caída Libre

- altura de caída: 0.25 m.

- número de impactos aplicados: 3

\* base  
\* arista larga  
\* arista corta

Embalaje	No.	Base	Arista larga	Arista Corta
MADERA	1	sin daño	se desclavó	se desclavó
	2	sin daño	se desclavó	se desclavó
CARTON CORRUGADO	1	sin daño	sin daño	sin daño
	2	sin daño	sin daño	sin daño
POLIESTIRENO	1	sin daño	sin daño	sin daño
	2	sin daño	sin daño	sin daño

b) Plano Inclinado (impactos horizontales)

- distancia de impacto

- número de impactos: 3 \* cara ancha  
\* cara larga  
\* una arista vertical

Embalaje	No.	Cara Ancha	Cara Larga	Arista Vertical
MADERA	1	sin daño	sin daño	se desclavó
	2	sin daño	sin daño	se desclavó
CARTON CORRUGADO	1	sin daño	sin daño	se acható
	2	sin daño	sin daño	se acható
POLIESTIRENO	1	sin daño	sin daño	sin daño
	2	sin daño	sin daño	sin daño

c) Prueba de Vibración

- transporte simulado: terrestre
- rango de frecuencia aplicada: 4 - 50 Hz.
- aceleración de la mesa: 0.5 g. ( 1 g.=9.81 m/s<sup>2</sup>)
- tiempo de prueba: 1 hr.

Embalaje	Especímenes/Estiba	Observaciones
MADERA	2	sin daños
CARTON CORRUGADO	2	sin daños
POLIESTIRENO	2	sin daños

d) Prueba de Caída Libre (impactos verticales)

- altura de caída 0.10 m.
- número de impactos 3
  - \* base
  - \* arista larga de la base
  - \* arista corta de la base

Embalaje	No.	Base	Arista Larga	Arista Corta
MADERA	1	sin daño	se desclavó	se desclavó
	2	sin daño	se desclavó	se desclavó
CARTON CORRUGADO	1	sin daño	se acható	se acható y rompió
	2	sin daño	se acható	se acható
POLIESTIRENO	1	sin daño	sin daño	sin daño
	2	sin daño	sin daño	sin daño

e) Plano Inclinado (impactos horizontales)

- distancia de impacto: 0.5 m.

- número de impactos: 3

- \* cara ancha
- \* cara larga
- \* arista vertical

Embalaje	No.	Cara Ancha	Cara Larga	Arista Vertical
MADERA	1	se desclavó	se desclavó	se desclavó
	2	se desclavó	se desclavó	se desclavó
CARTON CORRUGADO	1	sufrió hundi- miento	sufrió hundi- miento	se acható
	2	sin daño	sufrió hundi- miento	sin daño
POLIESTIRENO	1	sin daño	sin daño	sin daño
	2	sin daño	sin daño	sin daño

## f) Compresión

- velocidad de compresión: 10 mm./min.

Embalaje	Carga Máxima (Kg.)	Deformación (mm.)
MADERA	600.00	17.0
CARTON CORRUGADO	573	18.0
POLIESTIRENO	281.00	8.0

TABLA II A.- Pérdida Fisiológica de Peso  
(% en peso) Lote A.

Replicaciones	Tratamientos (Material de Embalaje)		
	MADERA	CARTON CORRUGADO	ESPUMA DE POLIESTIRENO
1	12.4695	14.443	11.1622
2	12.8219	11.2645	14.6003
3	13.8167	14.1100	10.2694
4	13.7467	12.5357	13.5175
5	10.5956	12.3222	9.728

TABLA II B.- Pérdida Fisiológica de Peso  
(% en peso) Lote B.

Replicaciones	Tratamientos (Material de Embalaje)		
	MADERA	CARTON CORRUGADO	ESPUMA DE POLIESTIRENO
1	7.4755	7.6528	6.9216
2	8.5267	6.3688	6.956
3	9.921	7.7110	11.1907
4	7.5573	7.3833	6.7281
5	10.1749	6.0091	9.6342

TABLA C.- ANOVA Para Pérdida Fisiológica de Peso  
Lote A.

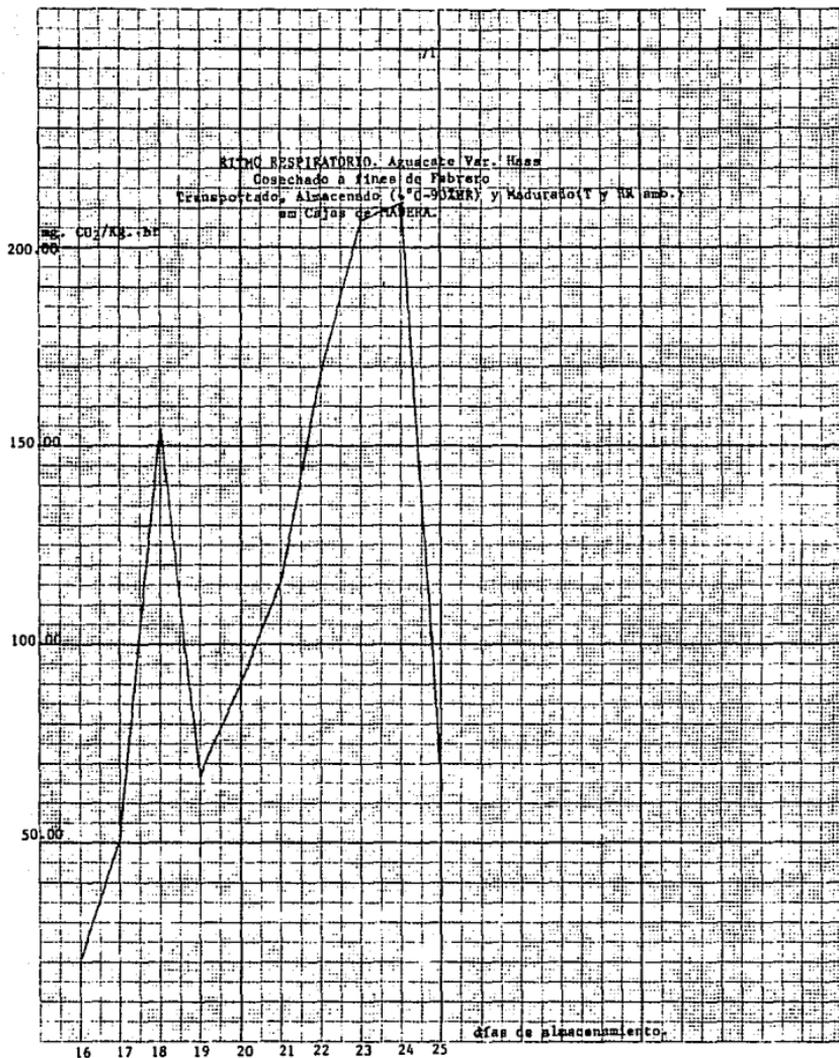
Fuente	Grados de Libertad df	Suma de - Cuadrados S.S.	Varianza o Cu- drado Medio M.S.	Radio de Variación F	F Requerido para Signi- ficancia: 5%	1%
Total	14	34.9210				
Tratamientos	2	3.2909	1.6455	0.6204	4.46	8.65
Replicaciones	4	10.4114	2.603	0.9814	3.84	7.01
Error Residual	8	21.2187	2.6523			

TABLA II D.- ANOVA Para Pérdida Fisiológica de Peso  
Lote B

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados.	Varianza o Cuadrado Medio	Radio de Variación	F Requerido para Significancia:	
Fuente	df	S.S.	M.S.	F	5%	1%
Total	14	33.0966				
Tratamientos	2	7.8337	3.9169	2.6571	4.46	8.65
Replicaciones	4	13.4698	3.3675	2.2844	3.84	7.01
Error Residual	8	11.7931	1.4741			

TABLA III.- Ritmo Respiratorio (mg. CO<sub>2</sub>/Kg. . día)

Día	Material de Embalaje		
	MADERA	CARTON CORRUGADO	ESPUMA DE POLIESTIRENO
16	21.23	23.64	28.45
17	51.24	54.32	25.43
18	153.96	95.43	26.39
19	68.39	156.72	53.66
20	90.90	110.26	76.92
21	116.78	160.02	38.95
22	169.39	165.78	80.19
23	207.92	197.46	138.20
24	210.00	151.52	143.12
25	63.92	57.07	88.77



RITMO RESPIRATORIO, Aguacate Var. Hass. Cosechado a fines de febrero  
Transportado, Almacenado (4°C-9HHR) y Madurado (T y ER amb.)  
en Cajas de CARTÓN CORRUGADO

200.00  $\text{cm}^3 \text{CO}_2 / \text{Kg} \cdot \text{hr}$ 

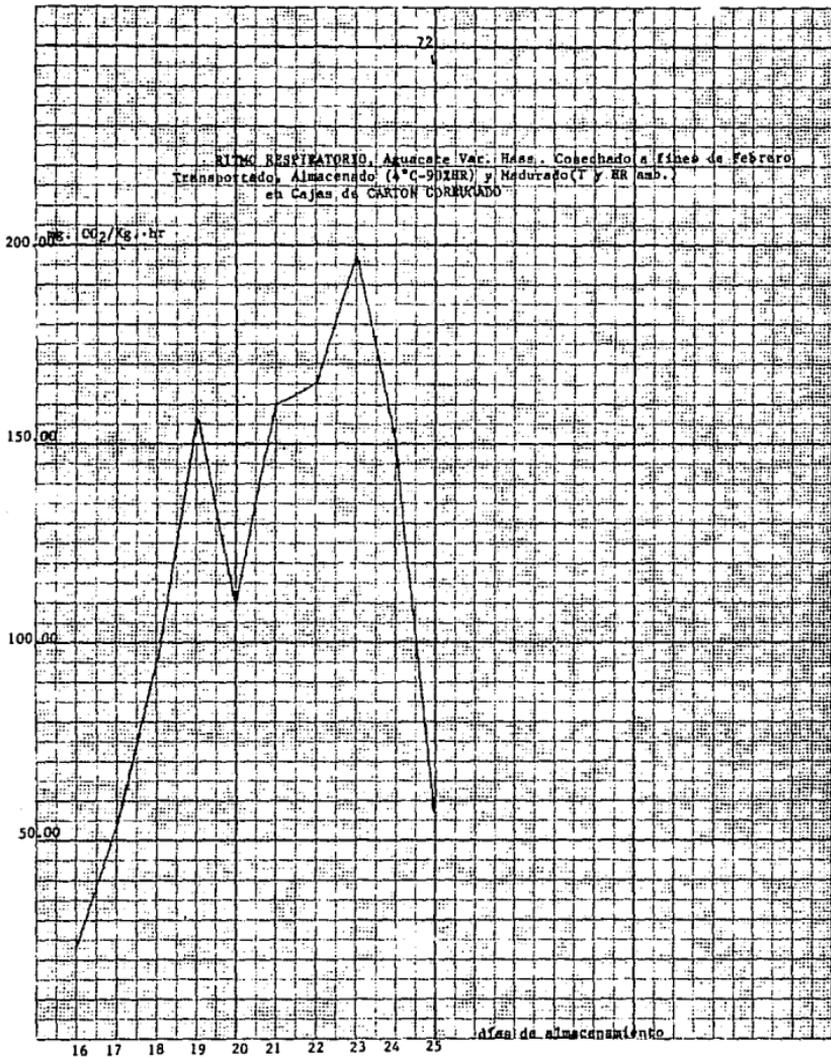
150.00

100.00

50.00

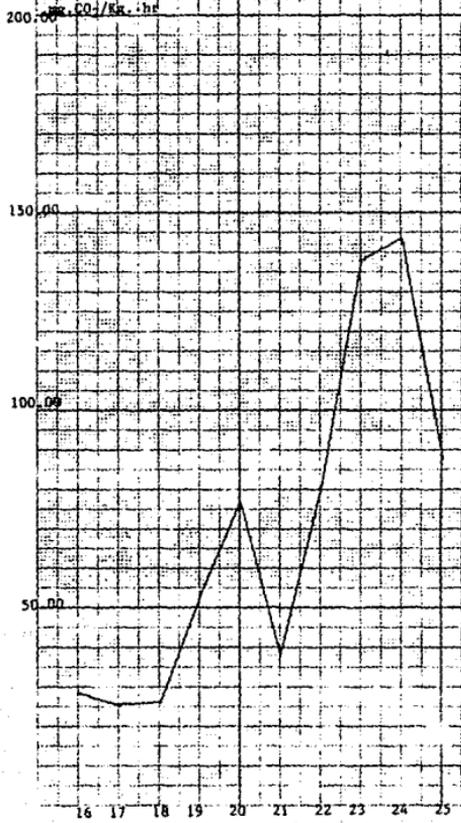
Días de almacenamiento

16 17 18 19 20 21 22 23 24 25



RITMO RESPIRATORIO: Aguacate Ydr. Haas  
Goschado a firma de Febredo  
Transportado, Almacenado (4°C-30INR) y Madurado(1 y HR. ABS.)  
en CAJAS de ESPUMA DE POLIESTIRENO

HR. CO<sub>2</sub>/Kg. .hr



días de almacenamiento.

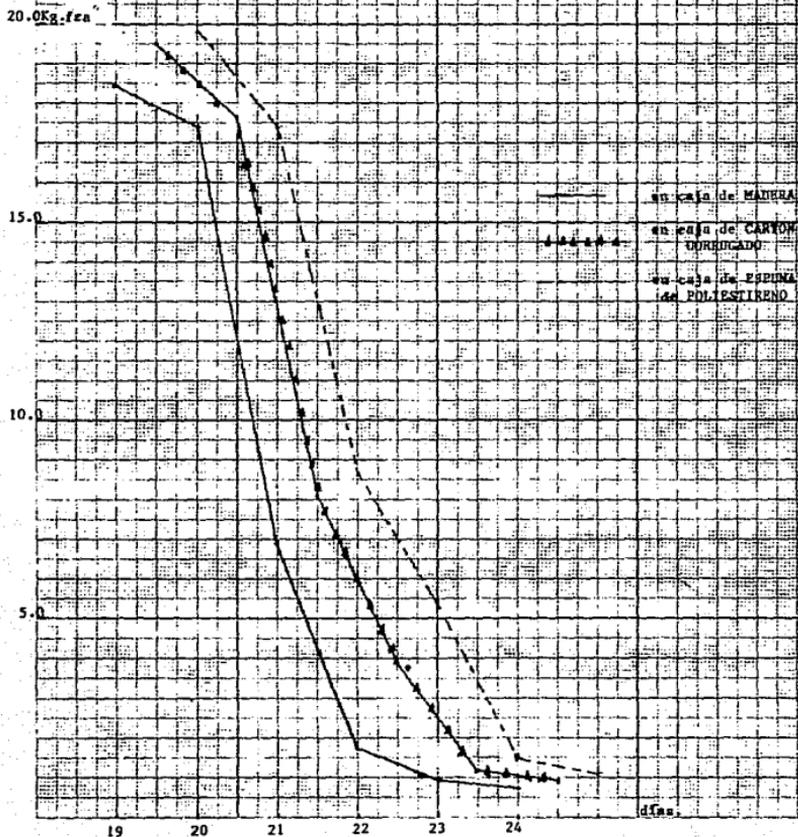
TABLA IV.- Resistencia a la Penetración del Exocarpo del Aguacate (Kg.fzn. - dfa)

Días de almacenamiento	Material de Embalaje								
	MADERA			CARTON CORRUGADO			ESPUMA DE POLIESTIRENO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
19	18.450	-	16.205	19.500	18.200	18.600	19.850	-	17.750
20	17.400	20.000	16.000	17.650	17.000	18.300	19.000	19.200	15.600
21	6.950	6.620	8.050	8.175	11.980	9.530	8.640	8.130	7.130
22	1.750	2.030	1.630	3.930	2.700	2.740	5.950	4.230	4.380
23	0.950	1.700	0.900	1.230	0.900	1.230	1.550	1.175	1.300
24	0.740	0.770	0.850	0.940	0.880	0.850	1.100	0.890	0.990

Agente Var. Hana, Cnechado a fines de Febrero, 1984

Resistencia a la Penetración del Exocorpo (Kg.f/cm<sup>2</sup> - dfa)

Muestra No 1



Agucate, Var. Hass, Comchado a fines de Febrero, 1965

Exocarpo, Resistencia a la Penetración (Kg.fza. - día)  
(Muestra No 2)

Kg.fza.

en caja de MADERA  
en caja de CARTON  
CORRUGADO  
en caja de ESPUMA  
de POLYESTIRENO

10.0

5.0

19

20

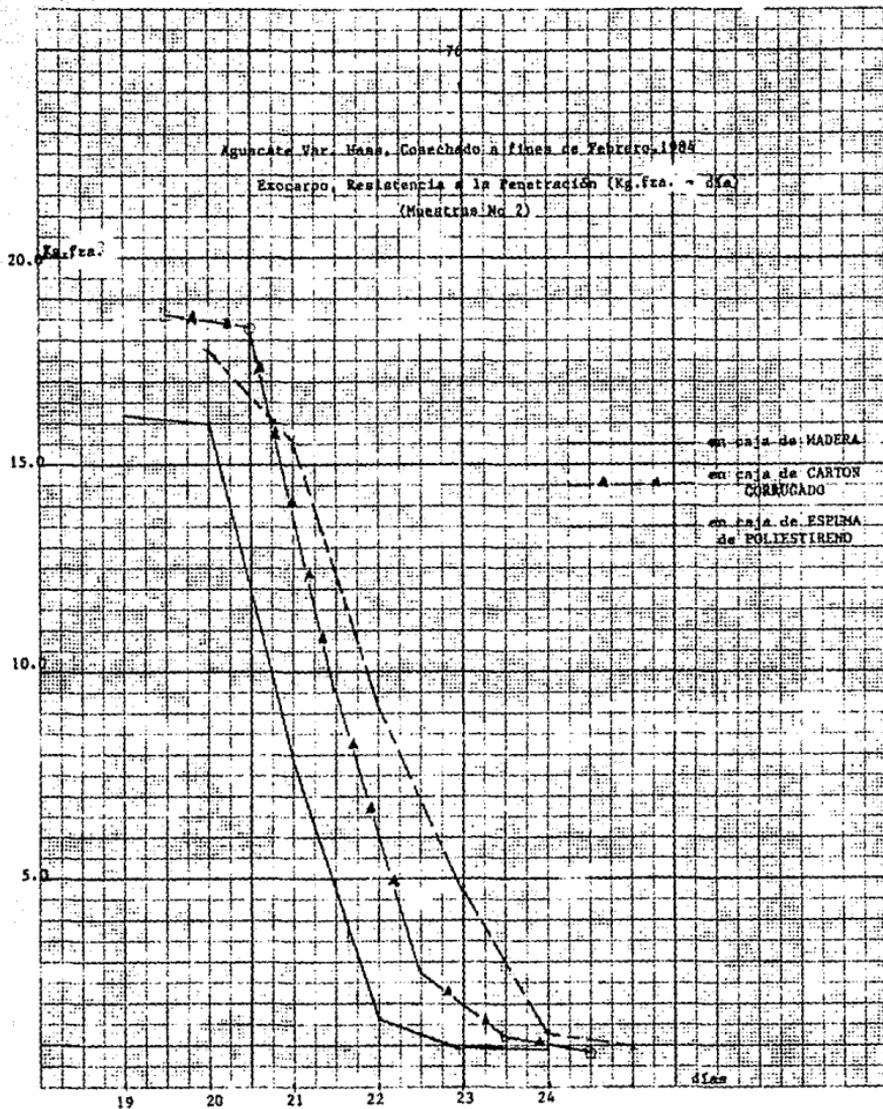
21

22

23

24

días



Aguacate Var. Hass, Compañía # 14 de Febrero 1984

Resistencia a la Penetración del Exocarpo (Kg.Fm.) (14)

(Muestras No 3)

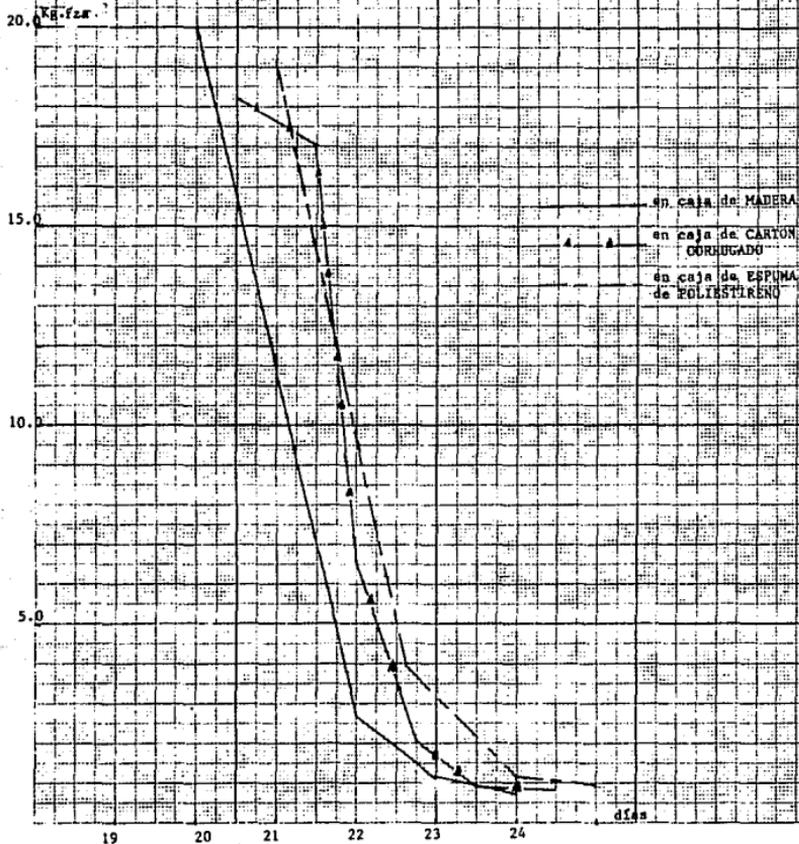
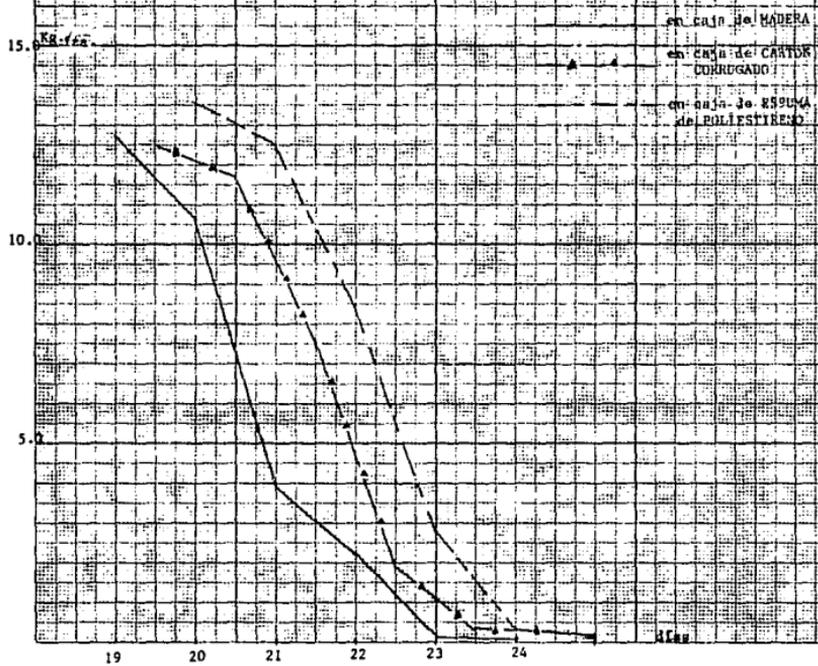


TABLA V.- Resistencia a la Penetración del Mesocarpo del Aguacate (Kg.éza - dfa)

Días de almacenamiento	Material de Embalaje								
	MADERA			CARTON CORRUGADO			ESPUMA DE POLIESTIRENO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
19	12.740	-	12.000	12.500	13.100	9.350	13.550	-	12.500
20	10.700	12.600	9.800	11.700	10.900	8.700	12.500	13.400	11.400
21	3.910	4.840	4.430	7.610	5.710	6.140	8.440	8.130	8.630
22	2.230	1.260	1.720	1.930	2.200	3.620	2.775	4.230	4.850
23	0.155	0.275	0.250	0.350	0.300	0.850	0.350	0.840	2.430
24	0.120	0.270	0.230	0.280	0.200	0.290	0.230	0.350	0.880

Aguafrío Var. Haaa. Cosechado a fines de Febrero, 1980

Mesocarpio, Resistencia a la Penetración (kg./cm.<sup>2</sup> - día)  
(Muestras No 15)



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Agudoco Var. Hlave, cosechada a fines de febrero, 1984  
Masodapo, Resistencia a la penetración (Kg./cm. <sup>2</sup> - H/A)  
(Muestras No 2)

Kg./cm.<sup>2</sup>

15.0

10.0

5.0

19

20

21

22

23

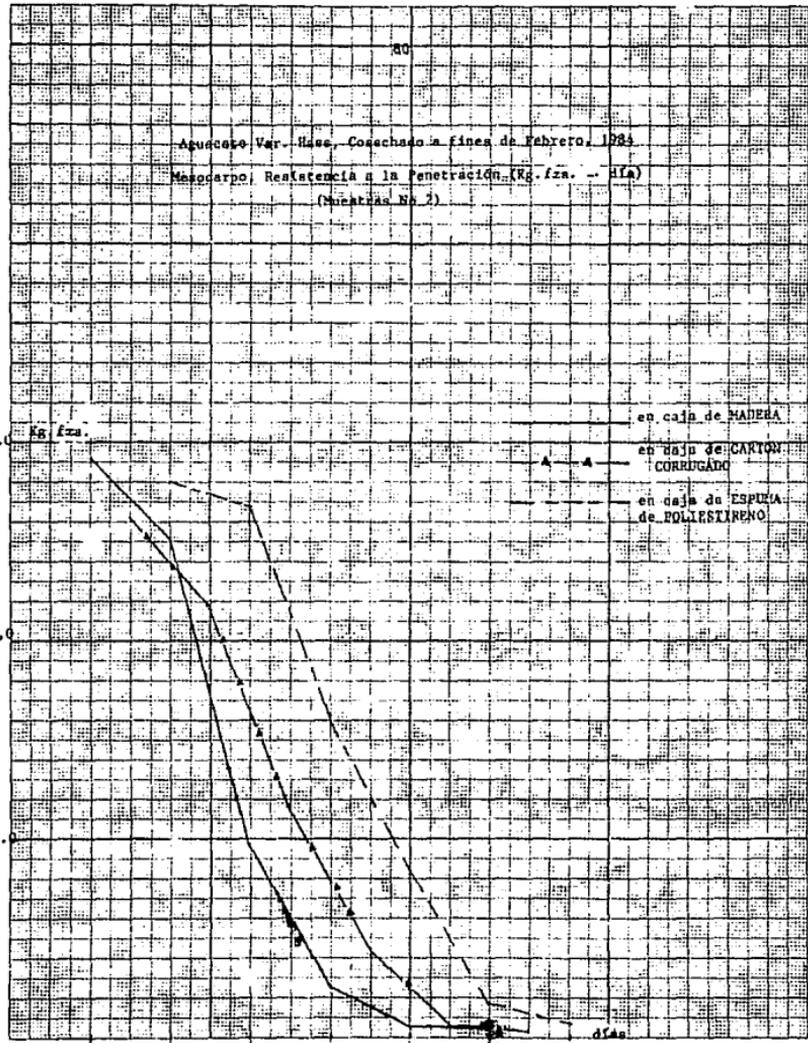
24

H/A

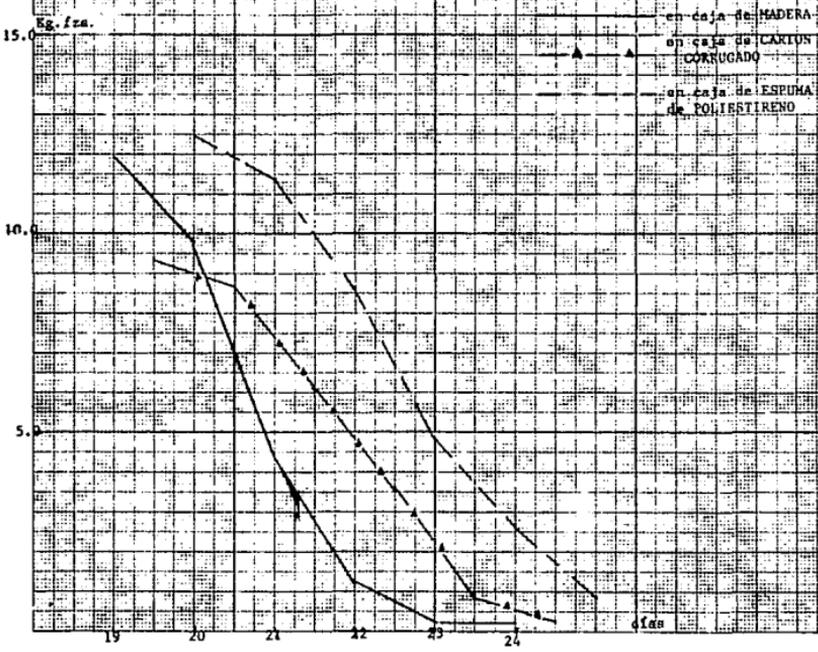
en caja de MADERA

en caja de CARTON CORRUGADO

en caja de ESPUMA de POLIESTIRENO



Aguacone Var. Hass, Cosachán a fines de Febrero, 1985  
Mesoocarpo, Resistencia a la Penetración (Kg. fca. / día)  
(Muestras Nº 3)



- Resultados de Color y Apariencia

En general, el lote A fué de menor calidad que el lote B, en el cual, como se verá a continuación en las tablas que expresan los resultados de la evaluación sensorial, no se obtuvieron diferencias significativas ni en sabor ni en color entre los frutos manejados en los tres materiales \_ evaluados.

No obstante, dentro de esta disminución de calidad en color y aparencia es evidente que el producto manejado en poliestireno resultó bastante aceptable, aunque no con un color y apariencia óptimos si mucho mejor que el producto manejado en cajas de madera.

Todos los frutos del lote A presentaron un halo oscuro en la por-- ción de mesocarpo unida al exocarpo (cáscara), que fue menor en el fruto manejado en poliestireno, mayor en el que se manejó en cartón corrugado y marcado y prolongado en el aguacate manejado en caja de madera.

82% del total de la fruta manejada en cajas de poliestireno, presentó un color y apariencia aceptables, más verde que el manejado en los\_ otros materiales, más fresco, el tono café fue poco perceptible, como\_ se muestra en la fotograffa.

75% del total de producto manejado en cartón corrugado presentó de-- méritos más marcados en el color, éste más amarillo, tendiendo a café\_ pardo, sin embargo aún comestible, como se muestra en la fotograffa.

30% del total de aguacate manejado en cajas de madera con una coloración café más marcada que en cartón corrugado, en este caso, además es evidente el tejido vascular que se presenta café marcadamente, con indicios de magulladuras, lo cual es mínimo en cartón corrugado y casi ausente en el fruto manejado en poliestireno.

La evaluación sensorial se realizó con las porciones de fruta mencionadas anteriormente, es decir, las mejores.

El resto de las frutas en los tres materiales evaluados fueron de menor calidad y presentaron las características que a continuación se describen:

Poliestireno. Sólo el 18% del total de la fruta empacada en este material presentó magulladuras, aunque menos severas que las presentadas en los frutos manejados en madera, también se observa una coloración café parda.

Cartón corrugado . El 15% restante del aguacate se presentó con daños mayores que los descritos para el 75%, solo se presenta más café que en poliestireno, pero con muy pocas magulladuras.

Madera. Del fruto empacado en madera 30% del total se presentó inservible, totalmente café con magulladuras severas, en el 40% restante la coloración café-parda fué menor pero con graves magulladuras.

En el lote B las magulladuras en el fruto manejado en este material casi no fueron evidente y la coloración café estuvo ausente incluso en el aguacate almacenado en madera.

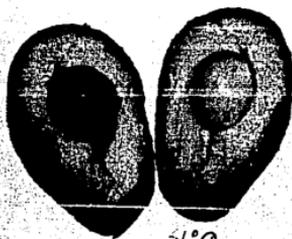


27-III-84

MADERA

3 Semanas

4°C



4°C

Cartón

3 Semanas



4°C

Poliestireno

3 Semanas

TABALA VI.- Evaluación del Color de la Pulpa

No de Panelistas	Tratamiento (Material de Embalaje)		
	MADERA	CARTON CORRUGADO	ESPUMA DE POLIESTIRENO
1	8	8	6
2	8	10	10
3	8	10	10
4	4	10	8
5	8	8	8
6	8	8	10
7	8	10	10
8	10	8	10
9	10	10	10
10	10	10	10
11	10	8	8
12	10	10	10
13	8	8	8
14	10	10	10
15	8	6	8
16	8	10	10

TABLA VI a.- ANOVA Para Color de Púlp  
Lote B

	Grados Liber- tad.	Suma de Cua- drados.	Varianza o - Cuadrado Medio	Radio de Varia- ción.	F requerido para Signifi- cancia:	
Fuentes	df	S.S.	M.S.	F	5%	1%
Total	47	102.67				
Tratamientos	2	2.67	1.335	0.8344	3.32	5.39
Replicaciones	15	52.00	3.47	2.1688	2.09	2.84
Error Residual	30	48.00	1.6			

TABLA VII.- Evaluación del Sabor  
 Producto Madurado a Temperatura Ambiente (lote b)

No de Panelistas	Tratamiento (Material de Embalaje)		
	MADERA	CARTON CORRUGADO	ESPUMA DE POLIESTIRE NO
1	10	10	8
2	8	10	10
3	10	10	10
4	6	10	10
5	8	8	8
6	8	8	10
7	8	10	10
8	10	10	10
9	10	10	8
10	10	8	10
11	10	8	10
12	8	10	8
13	10	10	8
14	10	8	8
15	10	8	8
16	8	10	10

TABLA VII A.- ANOVA Para Sabor  
Lote B

	Grados de Libertad.	Suma de Cuadrados.	Varianza o Cuadrado Medio.	Radio de Variación	F Requerido para significancia:	
Fuente	df	S.S.	M.S.	F	5%	1%
Total	47	54.67				
Tratamientos	2	0.67	0.335	0.2432	3.32	5.39
Replicaciones	15	12.67	0.847	0.6131	2.09	2.84
Error Residual	30	41.33	1.337			

TABLA VIII.- Evaluación de Color de la Púlpas  
 Producto Madurado a Temperatura Ambiente Después de 3 Semá  
 nas a 4°C - 90% HR (lote a)

No de Panelistas	Tratamientos (Material de Embalaje)		
	MADERA	CARTON CORRUGADO	ESPUMA DE POLIESTI- RENO
1	10	10	8
2	4	8	6
3	4	8	8
4	2	6	8
5	4	10	10
6	8	10	8
7	10	4	10
8	10	10	10
9	8	10	10
10	4	8	8
11	4	8	10
12	2	10	10
13	6	10	10

TABLA VIII A.- ANOVA Para Color de Pulpa  
Lote A

	Grados de Liber- tad.	Suma de Cua- drados.	Varianza o Cua- drado Medio	Radio de Variación	F Requerido para Sig- nificancia:	
Fuente	df	S.S.	M.S.	F	5%	1%
Total	38	246.36				
Tratamientos	2	74.67	37.34	9.11	3.4	5.61
Replicaciones	12	70.35	5.86	1.43	2.18	3.03
-----						
Error Residual	24	101.33	4.1			

TABLA IX.- Evaluación del Sabor  
 Producto Madurado a Temperatura Ambiente Después de 3 Semá  
 nas a 4°C - 90% HR (lote a)

No de Panelistas	Tratamientos (Material de Embalaje)		
	MADERA	CARTON CORRUGADO	ESPUMA DE POLIESTI- RENO
1	6	8	4
2	4	10	8
3	8	4	8
4	6	2	8
5	6	10	10
6	8	10	8
7	8	10	6
8	8	8	10
9	8	10	8
10	6	8	8
11	4	8	10
12	2	10	10
13	4	8	10

TABLA IX A.- ANOVA Para Sabor  
Lote A

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados.	Varianza o Cuadrado Medio.	Radio de Variación	F Requerido para Significancia:	
	df	S.S.	M.S.	F	5%	1%
Total	38	215.6				
Tratamientos	2	49.45	24.75	5.02	3.4	5.61
Replicaciones	12	47.60	3.97	0.80	2.18	3.03
Error Residual	24	118.5	4.93			

## 5.- Análisis de Resultados

### A) Pruebas Mecánicas a Embalajes

Es evidente en todas las pruebas, que las cajas de espuma de poliestireno resistieron adecuadamente el ciclo completo de manejo, pues no se registraron daños mecánicos; las cajas de cartón corrugado presentaron una resistencia intermedia ya que los daños -hundimientos en paredes y esquinas- fueron poco severos y las cajas quedaron en condiciones aún adecuadas para seguir conteniendo el producto; fueron las cajas de madera las más dañadas, ya que resultaron inservibles después de estas pruebas, no obstante siendo este material de mayor dureza que el cartón y poliestireno.

Este comportamiento puede atribuirse a la rigidez de la caja y la diferencia de dureza entre los materiales que la constituyen: listones, -postes (madera más dura) y elementos de fijación (clavos de fierro), ya que los puntos dañados en todas las pruebas fueron los sitios de unión, donde están presentes estos tres materiales.

### B) Pérdida Fisiológica de Peso

-Lote A. Se observó que el valor medio de % de pérdida fisiológica de peso fué mas bajo para poliestireno, aunque por medio del ANOVA, se descubre que esta diferencia no es significativa a ningún nivel.

-Lote B. Para estas condiciones el % promedio más bajo de pérdida fisiológica de peso, se obtuvo en el producto manejado en caja de cartón corrugado, aunque, también en este caso, el ANOVA demuestra que esta diferencia no es significativa.

-Puede decirse que los frutos del lote B, manejados en cajas de made

ra y en poliestireno presentaron un mayor % de pérdida fisiológica de peso debido, en el caso de la madera, a una mayor área ventilada y, ya que fueron almacenados bajo una HR 60-65%, ésto pudo haber elevado el déficit de presión provocado por la respiración del fruto que a su vez es uno de los factores que determinan la transpiración ( 43 ), en lo que respecta al poliestireno, como se sabe (7,31), es un material aislante frente al calor, característica que propició la acumulación del calor generado por la respiración, fenómeno que también provoca una elevación de la transpiración, esto fue palpable, ya que, los aguacates de este lote, contenidos en poliestireno siempre presentaron una superficie más húmeda que los contenidos en otros materiales.

-El hecho de que en el lote A los frutos almacenados en poliestireno hayan tenido el menor % en pérdida de peso, puede atribuirse a la protección térmica que brindó el material al fruto, permitiendo una temperatura baja como para disminuir las reacciones metabólicas y por lo tanto la respiración, sin llegar a los límites inferiores en los que se pueden producir daños por frío que alteran el metabolismo del fruto.

-La mayor pérdida de peso para los frutos del lote A con respecto a los del lote B puede deberse a un periodo mayor de almacenamiento y al efecto de la baja temperatura que, aún en las mejores condiciones daña al aguacate que, hay que recordar, es un fruto tropical.

### C) Ritmo Respiratorio

Las curvas que expresan el ritmo respiratorio ponen de manifiesto que:

- Al pasar a condiciones ambientales (21°C, 60-65%HR), los frutos almacenados en madera presentan un ritmo respiratorio más intenso (hasta

210.0 mg CO<sub>2</sub>/Kg.·hr.), siendo intermedio para los frutos en cartón corrugado (197.46 mg. CO<sub>2</sub>/Kg.·hr. en su valor máximo) y el mas bajo para los aguacates manejados en cajas de poliestireno (143.12 mg CO<sub>2</sub>/Kg.·hr.)

- Durante el almacenamiento refrigerado también se manifiesta este comportamiento, la respiración se expresa mas intensa en los frutos embalados tanto en caja de madera (153.0 mg CO<sub>2</sub>/Kg.·hr.) como en cajas de cartón corrugado (156.72 mg CO<sub>2</sub>/Kg.·hr.) y más baja en poliestireno (76.92 mg CO<sub>2</sub>/Kg.·hr.).

-Este comportamiento puede atribuirse a la protección contra daños mecánicos y bajas temperaturas que brindaron las cajas de espuma de poliestireno y en menor medida las de cartón corrugado, ya que al acentuarse estos dos factores sobre el fruto se modifica negativamente el metabolismo del aguacate, que puede manifestarse en un aumento del ritmo respiratorio, como se mencionó anteriormente en el punto de pérdida fisiológica de peso (19,43 ). (47)

#### D) Resistencia a la Penetración

-En esta prueba es importante notar que aún cuando la resistencia inicial de los frutos embalados en los tres materiales fueron similares o mayores en madera y cartón corrugado respecto a los frutos en poliestireno, como es el caso -tanto para exocarpo como mesocarpo-, de la muestra dos en madera respecto a la muestra 2 en poliestireno y de la muestra 3 en cartón corrugado respecto a la muestra 3 en poliestireno, no obstante, la resistencia ofrecida por los frutos en las últimas determinaciones, para ambos, mesocarpo y exocarpo, fué mayor en los frutos almacenados en cajas de espuma de poliestireno.

-En general por medio de esta prueba se observa que en poliestireno los frutos se mantuvieron más firmes siguiéndole en menor grado los almacenados en cartón corrugado; la causa de este resultado puede ser la mayor capacidad de amortiguamiento contra daños mecánicos que tienen el poliestireno y cartón corrugado frente a la rigidez de la madera, por lo tanto puede pensarse que los frutos en madera recibieron daños mecánicos en mayor proporción que los manejados en cartón y más aún los manejados en poliestireno. Por la bibliografía se sabe que los daños mecánicos alteran también el metabolismo del fruto y de manera especial se aceleran las reacciones de ablandamiento(40 ) (41,47).

#### E) Evaluación Sensorial

-Para el lote B no hubo diferencia significativa ni en cuanto a color ni en cuanto a sabor, aunque en color la calificación promedio mayor fue para aguacates en poliestireno (9.125) y la menor para frutos embalados en madera (8.5); en sabor la mayor calificación promedio fue para el fruto que se mantuvo en cartón corrugado (9.25) y la menor para el fruto en madera.

-Respecto al lote A, para el atributo color, hubo diferencia significativa tanto para un nivel de significancia de 5% como para 1%, resultando ser bastante aceptable el fruto manejado en poliestireno con una calificación promedio de 8.3, siguiendo el fruto almacenado en cartón corrugado con 8.1 y con una calificación baja los aguacates en madera cuya calificación promedio fué de 6, además en este punto cabe aclarar que la cantidad de frutos sobre los que se aplicó esta evaluación no fué la misma para los tres casos, en el caso de la madera la e

valuación se realizó solo con el 30% del total de frutos, ya que esta porción fue la que presentó las mejores características de color y apariencia, para el cartón la evaluación se hizo sobre el 75% del total de la fruta y para el poliestireno sobre el 82% de los aguacates del lote A almacenados en este material.

-En base a lo anterior y observando los resultados de las otras pruebas se observa que el poliestireno cumplió su función como empaque, de manera adecuada, especialmente en condiciones de refrigeración, aunque el desempeño del cartón corrugado no es muy despreciable. A temperatura ambiente, aunque, los datos de las evaluaciones realizadas no presentan diferencia significativa, es marcada la deficiencia en lo que a resistencia mecánica se refiere, presentada por las cajas de madera así como también las magulladuras y abrasiones sufridas por el fruto después de la prueba (lote B).

## III) DATOS ECONOMICOS.

Se realizó una investigación parcial entre algunos fabricantes de egtos materiales para tener una panorama general de los precios a los que actualmente se ofertan las cajas del presente estudio, los resultados fueron los siguientes:

MATERIAL	CAPACIDAD	MEDIDAS	PRECIO
Madera	20.00 <sup>±</sup> 2 Kg	51 x 32 x 30 cm.	* \$2080.00
"	"	"	** \$1500.00
"	"	"	*** \$1000.00
Cartón Corrugado (resistencia 7 Kg/cm <sup>2</sup> )	20.00 <sup>±</sup> 2 Kg	50 x 30 x 30 cm.	\$2500.00
Cartón Corrugado (resistencia 12 Kg/cm <sup>2</sup> )	20.00 <sup>±</sup> 2 Kg	50 x 30 x 30 cm.	\$3000.00
Cartón Corrugado (resistencia 14 Kg/cm <sup>2</sup> )	20.00 <sup>±</sup> 2 Kg	50 x 30 x 30 cm.	\$3200.00
Poliestireno	10.00 <sup>±</sup> 2 Kg	40 x 42 x 16 cm.	\$1495.00
	18.00 <sup>±</sup> 2 Kg	50 x 30 x 22 cm	\$2990.00

\* precio proporcionado por: "Cajas de Madera y Huacales, S.A."

\*\* precio proporcionado por pequenos comerciantes en el mercado de "La - Merced"

\*\*\* precio proporcionado por fruticultores de Uruapan.

El precio de las cajas de cartón corrugado fué proporcionado por "Empaques de Cartón TITAN, S.A."; la información sobre las cajas de poliestireno fué proporcionado por: "Industrias Asociadas S.A.", en cuanto a este material, según el fabricante el precio puede disminuir en función del aumento del pedido, el precio proporcionado es en base a un pedido mínimo de cinco mil cajas.

Es necesario aclarar:

- los modelos de cajas de cartón corrugado (tamaño, forma, ventilación, etc.) serán tan variados como fabricantes o proveedores haya

- los modelos de cajas de poliestireno son aún mas variados y actualmente, en México, sólo se fabrican sobre pedido, mas no se han destinado para el manejo de aguacate sino para uva y durazno.

- es frecuente que cada porción de 20 Kg de fruta embalada en madera requiera, por lo menos, doble caja para llegar hasta el consumidor final, ya que, como se observó en los resultados, después de un ciclo completo de manejo, se presenta una gran cantidad de cajas en mal estado, con lo que casi se dobla la inversión, aunque es cierto que algunas cajas de madera permanecen íntegras durante el ciclo de manejo almacenamiento y transporte y pueden volverse a utilizar.

- tomando en cuenta todo lo anterior, la elección final estará en función de la disponibilidad de los materiales de embalaje y de las posibilidades económicas de vendedores y compradores, principalmente.

## IV) CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos puede concluirse lo siguiente:

1.- Los medios utilizados para evaluar el comportamiento fisiológico del aguacate y las características físicas de calidad del aguacate:

- pérdida fisiológica de peso
- índice respiratorio
- medición de la firmeza
- evaluación sensorial

fueron adecuados, ya que hubo correlación entre los resultados de estas pruebas y efectivamente fueron un índice para conocer el grado de protección que los embalajes dieron al fruto.

2.- Bajo las condiciones de refrigeración utilizadas en este trabajo (4°C-90%HR-3 semanas) las cajas de poliestireno se desempeñaron de mejor manera como embalajes para aguacate, ya que en este material se obtuvo el mayor % de fruta (82%) en condiciones adecuadas y con las características deseables de un aguacate por un consumidor.

3.- Bajo condiciones ambientales de almacenamiento (21°C-60 a 65% HR) tanto el cartón corrugado como el poliestireno fueron adecuados ya que el 90% de los frutos contenidos en estos dos materiales presentaron las características de calidad deseables de color y sabor (como se muestra en la tabla de resultados correspondiente a la evaluación sensorial del lote b); con la desventaja para el cartón corrugado de presentar algunos daños mecánicos (tablas de resultados para pruebas mecánicas a los embalajes) y para el poliestireno un valor promedio de pérdida fisiológica de peso mayor que en cartón corrugado aunque esta diferencia no fue significativa como lo muestra la tabla de ANOVA para esta determinación.

4.- Las cajas de madera fueron poco eficientes como embalaje para aguacate, aún para distribución nacional, ya que, como lo indican los resultados, los frutos manejados en este material presentaron el porcentaje más bajo de frutos con las características de calidad requeridas para su consumo, para el lote "a" los frutos en estado adecuado representaron el 85% del total y para el lote "b" sólo el 30% de los frutos inicialmente embalados en esta caja.

5.- Es necesario buscar para cada material, diseños adecuados, tratando de encontrar:

- cajas de madera menos rígidas cuya superficie interior proteja con más eficiencia al fruto de las abrasiones y punciones, principalmente.

- cajas de cartón corrugado de mayor resistencia mecánica y ventilación adecuada.

- cajas de espuma de poliestireno con ventilación más eficiente sin perder su resistencia mecánica. Pudiendo así, ser una buena alternativa para el manejo de aguacate bajo refrigeración. (P. E. exportación marítima)

6.- Sería conveniente continuar esta investigación, ya que los resultados obtenidos hasta el momento pueden considerarse parciales, pues es necesario:

- realizar pruebas con mayor cantidad de producto

- optimizar las técnicas de medición del índice respiratorio y de resistencia a la penetración, principalmente.

- considerar otros diseños de embalajes y evaluar frutos de otras épocas de cosecha, ya que, en este punto, es importante tomar en cuenta

que el comportamiento del aguacate variará en función de la región de cultivo, época de cosecha y estado de madurez durante el manejo y almacenamiento (Pelayo, 12), (Bosques, 8), entre otros.

7.- Con todo lo anterior el optimizar los diseños de embalaje y tomar en cuenta las observaciones que se hacen en el presente trabajo y en otras publicaciones (Bosques,8) mejoraría de manera considerable el rendimiento del aguacate en el periodo de postcosecha así como también el de los embalajes empleados.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Andrew y Amieva  
Pérdidas y Calidad de las Frutas en el Mercado de "La Merced" de la Ciudad de México.  
Memorias del Simposium CONAFRUT (Doc. Preliminar)
- 2.- Ahmed, Esam M.; Barmore Charles R.  
Tropical and Subtropical Fruits  
Academic Press, 1976
- 3.- Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Nacional  
Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial  
SARH, 1988.
- 4.- Arnsen.  
Características de Empaques Plásticos de Espuma Rígida para Frutas Frescas.  
Verpakungs Rundchaw, 25 (9) 867-868, 870, 872, 874, 877-878.  
1975.
- 5.- Asociación de Tecnólogos en Alimentos de México  
NOTI-ATAM ISS 0186, Julio, 1988
- 6.- Banana Handling Manual  
Castelle Cooke Foods  
Dole
- 7.- Bleinroth, E.W.; Zuchini, A.G.; Pepone, R.M.  
Coletanea Do Insituto de Tecnologia de Alimentos  
Determinación de Propiedades Física y Mecánicas de Aguacates Almac<sub>2</sub>  
nados a Bajas Temperaturas.
- 8.- Bosques M.E.; Pelayo Z.C.; Aragón N.  
Estado de Madurez y Susceptibilidad al Daño por Frío de Aguacate var.

Hass.

Memorias del Simposium: La Investigación, el Desarrollo Experimental y la Docencia en CONAFRUT durante 1980. México.

- 9.- Bourne M.C. ; Meyer J.C. and Hand D.B.

Measurement of Food Texture by Universal Testing Machine  
Food Technology. 20, 522-526, 1966.

- 10.- Bourne, Malcolm C.

Fruit Texture, An Overview of Trends and Problems.  
Journal of Texture Studies. 10, 83-94, 1979.

- 11.- Bourne Malcolm C.

Effect of Temperature en Firmness of Raw Fruits and Vegetables.  
J. Food Sci. 47, 440-444. 1982.

- 12.- C I A D

Simposio Nacional de Fisiología y Tecnología Postcosecha.  
Diciembre, 1988.

- 13.- CONAFRUT

El Mercado Exterior Frutícola, México, 1980.

- 14.- CONAFRUT-SARH

Manual de Capacitación para los Inspectores de Calidad Frutícola.  
México, 1977.

- 15.- CONAFRUT

Medición de la Respiración en Frutas.  
Documento Interno.

- 16.- CONAFRUT

Empaque del Aguacate en México. 1981.

- 17.- CONAFRUT

Boletín Informativo No. 18.

- 18.- De Man J.M.  
Rheology and Texture in Food Quality  
The Avi Publishing Co. Inc. 1976.
- 19.- Eaks, I.L.  
Maduración, Respiración y Producción de Etileno en el Aguacate var.  
Hass a 2 y 4°C.  
J. Am. Soc. Hort. Sci. 103 (5) 576-578. 1978
- 20.- Estadística Agrícola FAO  
Datos Básicos Sobre Sector Agrícola. 1987
- 21.- Fersini Antonio  
El Cultivo del Aguacate.  
Diana. México. 1982.
- 22.- FIRA (Banco de México)  
Situación y Perspectivas Económicas de la Producción de Aguacate en  
México. 1977.
- 23.- Gleseke, L.O.  
Thirteen Timely Tips for Selecting Bulk Conveyors  
Food Enging. Vol.53 No.6 88-89. 1981.
- 24.- Hulme  
Biochemistry of Fruits.  
Academic Press, London. 1971.
- 25.- I M C E  
Perfil del Mercado del Aguacate. México. 1978.
- 26.- I M C E  
Perfil del Mercado Internacional del Aguacate. México. 1981
- 27.- I M E E  
Primer Curso Directivo de Envase y Embalaje para Exportación

Secretaría de Industria y Comercio. 1974.

28.- I M E E

Apuntes, Curso de Envase y Embalaje de Madera.

Escuela Técnica. México. 1975.

29.- Kosiyachinda, S.

Factores que Influyen en la Iniciación de la Maduración y la Vida  
de Almacenamiento de las Frutas de Tipo Climatérico.

Disertation Abstract International B 37(10) 4788 No.77-8837. 1977.

30.- Kramer Amihud.

Quality Control for the Food Industry. 1980.

31.- Kuhne, G.

Envases y Embalajes de Plástico.

Gili, S.A., Barcelona. 1976.

32.- Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial (LANFI)

Manual Técnico para la Normalización de Embalajes para Aguacate.

Documento Interno. 1980.

33.- Lloyd, A. and Ryall, M.S.

Handling, Transporting and Storage of Fruits and Vegetables.

The Avi Publishing, Co. Inc. 1975.

34.- Manual Instron 1125

INSTRON Limited

Coronation Road, High Wycombe, Bucks. HP12 3SY

35.- Norma ASTM D 999-75

Vibración, Método A Choque Repetitivo.

36.- Norma ASTM d 642-76

Compresión.

- 37.- NOM-EE-62-1979.  
Método de Prueba de Plano Inclinado para Empaques.
- 38.- NOM-FF-6-1982.  
Terminología.
- 39.- NOM-FF-16-1982  
Productos alimenticios no Industrializados para Consumo Humano Fruta Fresca: Aguacate (persea americana) en Estado Fresco.
- 40.- Pantastico, E.R.  
Postharvest, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables.  
The AVI Publishing, Co. Inc. 1975.
- 41.- Peleg, M.  
Evaluation by Instrumental Methods of the Textural Properties of Some Tropical Fruits.  
Journal of Food Texture Studies. 10:45-65. 1979.
- 42.- Polley, S.L. et al.  
A compilation of Thermal Properties of Foods.  
Food Technology 34(11) 76-94. 1980.
- 43.- Programa Universitario de Alimentos (PUAL)  
Memorias del Curso "Conservación de Alimentos por Atmosferas Controladas. 1987.
- 44.- Rice, Judy.  
Modified Atmosphere Packaging.  
Food Proc. 50(3) 70 . 1989.
- 45.- Ruiz, Fonseca, Valadez, Villareal y Madrid.  
Cuantificación de Residuos de Tiabendazol en Aguacate var. Hass.  
Memorias del Simposium Conafrut. Tomo IV, 1981.

- 46.- Shewfelt, Robert L.  
Quality of Minimally Processed Fruits and Vegetables  
J. Food Qual. 10 (3) 143-156. 1987.
- 47.- Scott, K.J.; Chaplin, G.R.  
Reducción de Daños por Frío en Aguacates Almacenados en Bolsas de Polietileno Selladas.  
Trop. Agric. 55 (1) 87-90. 1980.
- 48.- Takashi, t.  
El Mercado para Frutas Mexicanas en Japón.  
Serie Especial. Folleto 28 CONAFRUT/SAG. México. 1975.
- 49.- Visita personal a "Central de Abastos" Ciudad de México. 1987.
- 50.- Visita personal a: Huertas y Centro de Acopio "CUPANDA".
- 51.- Wallner, Stephe, J.  
Postharvest Structural Integrity  
Journal of Food Biochemistry. 2, 229-233. 1978.
- 52.- Lewis Charles E.  
The Maturity of Avocados. A General Review.  
J. Sci. Food Agric. 29, 857-866. 1978.
- 53.- Monzini, Andrea; Gorini, Faustol.  
Principi ed Impieghi degli Imbalaggi in Materia Plastica Nella Commercializzazione della Frutta.  
Stazione Sperimentale del Freddo di Milano.
- 54.- Información Telefónica de : Industrias Asociadas S.A.