

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
CARRERA INTERDISCIPLINARIA
EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ESTUDIO DE LA COMPOSICION FISICOQUIMICA DEL AGUACATE
DE ALTURA (Persea americana Mill) DURANTE SU MADURACION
POST-COSECHA

Proyecto de Graduación presentado a la Carrera
Interdisciplinaria de Tecnología de Alimentos
para optar el grado de Licenciada en
Tecnología de Alimentos

Ana Mercedes Pérez Carvajal

CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO

1987

**QUÍMICA DEL AGUACATE
DURANTE SU MADURACION**

Ana Mercedes Pérez Carvajal

Proyecto de Graduación presentado a la Carrera Interdisciplinaria de Tecnología de Alimentos para optar el grado de Licenciada en Tecnología de Alimentos

Aprobado por:



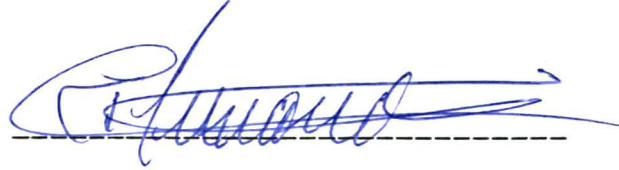
Lic. Jacqueline Aiello Ramirez
p/ Lic. Floribeth Viquez Rodriguez

Directora a.i.
Directora del Proyecto



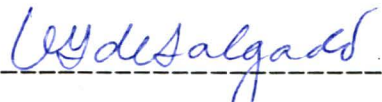
Ing. Gerardo Chacón Valle

Profesor Asesor



Ing. Ramón Hernández López

Profesor Asesor



Dra. Vera García Cortés

Presidenta del Tribunal



Ing. Manuel Molina Córdoba

Profesor Designado

A MIS PADRES
A TIA CECILIA

RECONOCIMIENTO

Externo mi agradecimiento a todas las personas cuyos aportes hicieron posible la conclusión de esta etapa de mi vida, en especial:

A la Lic. Floribeth Víquez, Directora del Proyecto, por la ayuda brindada durante la realización de este trabajo y la formación recibida en el campo profesional.

Al Ing. Gerardo Chacón, cuya ayuda en el análisis de la información, derivada de este proyecto, trascendió el simple asesoramiento.

Al Ing. Ramón Hernández por la colaboración en el suministro de la materia prima y por sus aportes al presente trabajo.

Al Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA) por la facilitación de los recursos económicos, técnicos y humanos, que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

Al personal del Area de Química del CITA por el apoyo y la generosidad manifestados, al Area de Evaluación Sensorial, al Area de Administración, a los señores Marvin Tenorio y Abel Fonseca de la Sección de Cómputo, al señor José Barquero de la Sección de Audiovisuales y al señor Juan Carlos Cordero del Taller de Mantenimiento.

A la Estación Experimental Fabio Baudrit y a su personal por la participación en el suministro de las muestras.

Al señor Adalberto Ramírez del Centro de Ayudas Audiovisuales (CEDAA) por su trabajo en la parte artística.

A Arlette Jiménez y a Modesto Jara, cuya colaboración permitió la transcripción de este proyecto.

INDICE GENERAL

	Página
Hoja de aprobación	ii
Dedicatoria	iii
Reconocimiento	iv
Indice general	v
Indice de cuadros	vii
Indice de figuras	ix
Resumen	x
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	5
1. Aspectos botánicos	5
2. Maduración	8
3. Composición físico-química	12
3.1. Humedad	12
3.2. Grasa	14
3.3. Proteína	16
3.4. Azúcares	17
3.5. Cenizas	19
3.6. Compuestos fenólicos	19
4. Indices de madurez	21
4.1. Contenido de aceite	21
4.2. Peso de materia seca	21
4.3. Cambio de color de la piel	22
4.4. Envoltura de la semilla	22
4.5. Gravedad específica	22
4.6. Otros indices	22
III. MATERIALES Y METODOS	24
1. Métodos	27
1.1. Humedad	27
1.2. Grasa	27
1.3. Proteína	27
1.4. Cenizas	27
1.5. Azúcares totales	27
1.6. Compuestos fenólicos totales	28
1.7. Ablandamiento del fruto	29
1.8. Análisis sensorial	29

2. Equipo	31
3. Reactivos	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	33
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
VI. BIBLIOGRAFIA	66
APENDICE	69

INDICE DE CUADROS

	Página
1. Composición físico-química para las variedades Fuerte y Hass	13
2. Características generales de las variedades de aguacate estudiadas (valores promedio)	35
3. Composición química promedio durante la maduración post-cosecha de las variedades estudiadas (base húmeda)	41
4. Composición química promedio de las variedades estudiadas durante la maduración post-cosecha (base seca)	42
5. Sumatoria del porcentaje de grasa y del porcentaje de agua para las variedades de aguacate estudiadas	46
6. Evaluación sensorial de aguacate. Puntajes promedios obtenidos para cada característica	59
7. Resultados estadísticos del análisis sensorial	60
8. Variedad Fuerte. Cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	70
9. Variedad Wurtz. Cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	71
10. Variedad Guatemala. Cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	72
11. Variedad Hass. Cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	73
12. Variedad Fujikawa. Cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	74
13. Parámetro: ablandamiento Modelo matemático propuesto	75

14. Parámetro: humedad Modelo matemático propuesto	76
15. Parámetro: grasa Modelo matemático propuesto	77
16. Parámetro: proteína Modelo matemático propuesto	78
17. Parámetro: azúcares totales Modelo matemático propuesto	79
18. Parámetro: compuestos fenólicos totales Modelo matemático propuesto	80
19. Variedad Fuerte. Resultados experimentales para los cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	81
20. Variedad Wurtz. Resultados experimentales para los cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	82
21. Variedad Guatemala. Resultados experimentales para los cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	83
22. Variedad Hass. Resultados experimentales para los cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	84
23. Variedad Fujikawa. Resultados experimentales para los cambios en la composición físico-química durante la maduración post-cosecha	85

INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Ablandamiento del fruto entero durante la maduración post-cosecha	37
2. Variación del contenido de humedad de la pulpa durante la maduración post-cosecha	40
3. Variación del contenido de grasa de la pulpa durante la maduración post-cosecha	45
4. Variación del contenido de proteína de la pulpa durante la maduración post-cosecha	49
5. Variación del contenido de azúcares totales durante la maduración post-cosecha	51
6. Variación del contenido de compuestos fenólicos totales de la pulpa durante la maduración post-cosecha	54
7. Extracción de fenoles totales de la pulpa (mg catequina/g muestra húmeda vs tiempo)	87
8. Evaluación de Aguacate	88

RESUMEN

Se estudiaron los cambios en la composición físico-química, durante la maduración post-cosecha de cinco variedades de aguacate de altura, cultivables en Costa Rica. Las variedades analizadas fueron Fuerte, Wurtz, Guatemala, Hass y Fujikawa. Las variables físico-químicas comprendieron el ablandamiento del fruto entero, el peso, diámetro, la longitud del fruto, los porcentajes de pulpa, cáscara y semilla, el contenido de humedad, grasa, proteína, azúcares totales, fenoles totales y cenizas de la pulpa. Además se evaluaron sensorialmente las características externas del fruto y de la pulpa, en las variedades Guatemala, Hass y Fujikawa.

Se comprobó el gran valor nutricional del aguacate, dados sus altos contenidos de grasa y proteína, con relación a la mayoría de las frutas. Para todas las variedades el porcentaje promedio de grasa supera el 11% y el contenido de proteína el 1.63%, que equivalen a 48% y 6.29% en base seca, respectivamente.

El ablandamiento del fruto es la transformación física que más se asocia con la madurez de consumo, para las variedades Fuerte, Wurtz, Hass y Guatemala, mientras que el aumento en el porcentaje de grasa fue el cambio químico más notable, para todas las variedades estudiadas.

El alto consumo de aguacate en Costa Rica y el elevado volumen de importaciones de esta fruta, evidencian la necesidad de intensificar el cultivo de aguacate en nuestro país, para lo cual el de altura es una buena alternativa. Este es prácticamente desconocido en Costa Rica, y el cultivo de aguacate, sin restricciones de altitud, permitiría el suministro de esta fruta durante todo el año. Se recomienda el cultivo de las variedades Fuerte y Hass con fines de exportación, y de las variedades Fuerte, Guatemala y Wurtz para el consumo interno.

I. INTRODUCCION

Costa Rica atraviesa una grave crisis que se refleja en el campo agroindustrial y es urgente una reactivación económica que pueda traducirse en inversiones de productos no tradicionales, como sería el caso del aguacate. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) ha efectuado estudios donde prueba la factibilidad económica del cultivo de aguacate en Costa Rica y este ministerio ya ha propiciado proyectos con el objeto de aumentar su producción (MAG, 1985).

De acuerdo con información suministrada por el MAG en Costa Rica existe un amplio mercado para el aguacate, ya que aproximadamente el 98% de la población consume esta fruta. Sin embargo al aguacate se le asocia con un mercado interno insatisfecho, cuya oferta se cubre en parte con importaciones que originan fuertes erogaciones de divisas. Esta situación obedece a que la producción es limitada y extensiva, sin ninguna tecnología, con árboles dispersos y de producción estacional (Sanarrusia, 1985).

La oferta aparente de aguacate, incluyendo la producción nacional y las importaciones, está comprendida entre 4 y 7 millones de unidades anuales. El volumen de las importaciones de aguacate es elevado, abarcando del 60 al

80% de la oferta nacional, lo que representó en 1985 un egreso de divisas para el país de aproximadamente \$600 000 (MAG, 1985).

Estimaciones realizadas por el MAG indican que para satisfacer las necesidades actuales del país, sin considerar un aumento futuro en la demanda, debería contarse con unas 420 Ha cultivadas de aguacate. No obstante, se calcula que Costa Rica posee sólo 70 Ha de plantación compacta, procedente de árboles dispersos y pequeñas plantaciones. Consecuentemente se requiere incrementar unas 5 veces, como mínimo, el área de cultivo actual de aguacate para cubrir el consumo existente (Sanarrusia, 1985).

El suministro interno de aguacate presenta un máximo en el periodo comprendido entre mayo y julio, y es principalmente fruta originaria de zonas bajas. El 14% del aguacate consumido en las Ferias del Agricultor es de zonas altas (más de 1000 m de altura) y el 33% de zonas intermedias, entre 500 y 1000 m de altura (Sanarrusia, 1985).

La mayoría de las variedades de aguacate de altura se cosechan en una época de baja oferta, como es el caso de las variedades Hass (diciembre-febrero), Fuerte (junio-noviembre), Wurtz (octubre-diciembre), Guatemala (noviembre-enero) o Fujikawa (febrero-abril), según datos suministrados

por la Estación Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica.

El país posee un potencial agrícola que puede superar la estacionalidad de la producción de aguacate, satisfacer el mercado interno y eventualmente abastecer mercados externos o industrializar esta materia prima.

Por lo tanto, el alto consumo de aguacate en Costa Rica y la prevista intensificación de su cultivo en los próximos años, dado el interés manifiesto de entidades gubernamentales como el MAG y la Universidad de Costa Rica, han motivado al Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA) en la creación de un proyecto específico sobre esta fruta.

En este estudio se ha seleccionado el aguacate de altura, ya que su producción abarcaría prácticamente todo el año y su época de mínima recolección (abril-mayo) coincide con el periodo de máximo suministro interno de aguacate en Costa Rica.

Con este proyecto del CITA se pretende valorar las múltiples variedades de aguacate de altura existentes en el país, determinar su calidad físico-química, sus características organolépticas, su potencial de cultivo y las perspectivas económicas que cada variedad ofrece.

El proyecto contempla diversas etapas; la primera de ellas, motivo de estudio en el presente proyecto de graduación, se denomina "Estudio de la composición físico-química del aguacate de altura (Persea americana Mill) durante su maduración post-cosecha", y pretende determinar la composición físico-química de diversas variedades de aguacate de altura, luego de su recolección.

Este proyecto de graduación presenta dentro de sus objetivos específicos los siguientes:

1. Caracterizar cinco variedades de aguacate de altura: Fuerte, Wurtz, Guatemala, Hass y Fujikawa, durante su maduración post-cosecha, para conocer las variaciones en el contenido de humedad, grasa, proteína, azúcares totales, fenoles totales y cenizas.
2. Desarrollar criterios físico-químicos para recomendar las variedades que ofrezcan potencial comercial.
3. Generar información que permita recomendar un punto de corte para las variedades analizadas.

II. MARCO TEORICO

1. ASPECTOS BOTANICOS

El aguacate pertenece a la familia Lauraceae y es uno de los pocos miembros del género Persea que presenta algún interés comercial (Biale 1971). Fue clasificado por Gaertner como Persea gratissima y como Persea americana por Miller.

Es un fruto originario de América Central y de zonas adyacentes de América del Norte y del Sur (Ruehle 1974; Morera 1983). El vocablo aguacate deriva de la lengua náhuatl que denomina "aocatl" o "ahuacatl" a este fruto (Rodríguez 1982; Morera 1983). Su área de cultivo es extensa y abarca América Central y Sudamérica, ciertas áreas de Norteamérica (California y Florida), las Antillas, Sudáfrica, China, Filipinas, Hawaii y regiones del Mediterráneo como Israel, Argelia y España (Ahmed y Barmore, 1980; Morera, 1983).

Los estudios sistemáticos han clasificado más de 500 variedades de aguacate, de las cuales la mayoría ha sido descartada comercialmente. Según su origen ecológico se han agrupado las variedades en tres distintas razas: Mexicana, Guatemalteca y Antillana (Ahmed y Barmore, 1980; Rodríguez, 1982).

Entre las características distintivas de estas razas se encuentran la época de recolección y floración, el periodo entre la floración y la recolección, el peso o el tamaño y el tipo de corteza de la fruta, el contenido de aceite de la pulpa, la resistencia al frío, la altitud a la que se cultiva y la tolerancia a las enfermedades (Biale y Young, 1971; Ruehle, 1974; Ahmed y Barmore, 1980).

Raza Mexicana

La raza Mexicana es originaria de las montañas de México, donde la altitud varía entre 1500 y 2000 m sobre el nivel del mar. Los árboles pertenecientes a esta raza poseen hojas con un sabor característico a anís. La época que va desde la floración a la recolección varía entre 6 y 8 meses. Los frutos son pequeños, con un peso generalmente inferior a 250 g, y su piel es delgada, lisa y brillante. El contenido de aceite de la pulpa en la madurez varía entre 12 y 27%, y estos valores superan a los esperados en las otras razas, especialmente en la Antillana. El fruto tiene una vida de aproximadamente 10 días después de separado del árbol. Los climas muy cálidos dificultan la maduración del fruto e inducen al aumento de las enfermedades criptogámicas, como la antracnosis (Rodríguez, 1982). Las variedades de la raza Mexicana son las más resistentes al frío de las tres razas (Ahmed y Barmore, 1980).

Raza Guatemalteca

La raza Guatemalteca es nativa de regiones de Guatemala donde la altitud varía entre 500 y 1000 m sobre el nivel del mar. El lapso entre floración y recolección puede variar de 10 a 15 meses (Rodríguez, 1982). Los frutos presentan un peso superior a los 300 g; su piel es relativamente delgada (1.6 mm) y áspera (Ahmed y Barmore, 1980). El contenido de grasa varía entre 10 y 13% (Biale y Young, 1971).

Raza Antillana

La raza Antillana es originaria de las tierras bajas de América Central y el norte de Sur América. Sus variedades se cultivan en regiones con menos de 500 m de altitud, temperatura y humedad relativa altas (Ahmed y Barmore, 1980; Rodríguez, 1982). El período entre floración y recolección varía de 5 a 8 meses. El fruto separado del árbol madura rápidamente en 4 o 5 días. El contenido de aceite de la pulpa es bajo, inferior al 10%. Es la raza más sensible al frío (Rodríguez 1982).

Las principales variedades que abastecen el mercado europeo son Fuerte, Nabal, Hass, Ettinger y Reed (Sanarrusia, 1985). En la parte occidental de Estados Unidos las variedades que se cultivan principalmente son Hass y Fuerte, mientras que al sur predominan las variedades Lula y Booth 8 (OEA, 1980).

Variedad Fuerte

La variedad Fuerte es un híbrido natural entre la raza Guatemalteca y Mexicana. Su contenido de grasa oscila entre 15 y 26% (Rodríguez, 1982). Tiene pulpa firme y sin hebras, y semilla pequeña. Cuenta con una piel ligeramente áspera, gruesa y de color verde oscuro. Es un fruto resistente al transporte, pero sensible al frío y a las altas temperaturas. Esta variedad tiende a la formación de frutos no polinizados y sin semillas (Ahmed y Barmore, 1980; Rodríguez, 1982).

Variedad Hass

La variedad Hass es originaria de California, pertenece a la raza Guatemalteca. Es un fruto de sabor excelente, sin fibras y con un contenido de aceite de 24%. Posee piel gruesa y áspera, que cambia de verde a púrpura al alcanzar la madurez comercial (punto de cosecha). Su semilla es pequeña (CORFO, 1979).

2. MADURACION

Durante la maduración de las frutas ocurre una serie de fenómenos como la fotosíntesis, respiración, transpiración, fermentación o emisión de sustancias (Durán 1983). Las frutas al ser cosechadas quedan separadas de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos todavía respiran y desarrollan actividades metabólicas, cuya energía se obtiene

de la oxidación de azúcares y otros sustratos como los ácidos orgánicos; con formación de CO_2 y agua (Primo, 1979).

El proceso de maduración puede estudiarse midiendo la intensidad respiratoria de la fruta, es decir, la cantidad de CO_2 producido o de O_2 absorbido por una masa determinada de fruta, en un tiempo dado. A partir de este criterio los frutos pueden clasificarse en climatéricos y no climatéricos (Durán, 1983).

El término climatérico fue establecido por Kidd y West en 1925. Es el periodo donde se inician una serie de cambios bioquímicos, por la producción autocatalítica de etileno, que se acompañan por un aumento en la respiración de la fruta (Primo, 1979).

Para la frutas climatéricas la respiración puede dividirse en tres periodos:

1. Pre-climatérico: periodo de baja respiración.
2. Climatérico: periodo de respiración máxima.
3. Post-climatérico: periodo donde declina la respiración.

El aguacate, junto con la manzana, la papaya, el mango, el tomate, el plátano y el melocotón, son frutos climatéricos (Rodríguez, 1982).

En el aguacate se pueden establecer distintos estados fenológicos de la madurez: una madurez de consumo, una comercial y una fisiológica (Lewis, 1978; Rodríguez, 1982). La madurez de consumo coincide con el máximo climatérico, donde se presentan las mejores características organolépticas. La madurez comercial corresponde al período pre-climatérico, donde se cosecha la fruta, y continúa su maduración fuera del árbol, lo que se ha denominado maduración post-cosecha. La madurez fisiológica se asocia con el punto en que la semilla es viable para su germinación.

Biale define el proceso de maduración post-cosecha como "aquellos cambios en las cualidades sensoriales de color, textura y sabor que hacen la fruta aceptable para el consumidor". Estos cambios son el producto último de los procesos metabólicos que ocurren en el interior de las células. La maduración post-cosecha es el período en que se incrementa la utilización de energía hasta producirse la senescencia y deterioro del fruto; una vez que este proceso se ha iniciado es irreversible (Ahmed y Barmore, 1980).

A diferencia de otras frutas, la madurez comercial del aguacate no se acompaña de cambios externos obvios en el color, excepto en ciertas variedades como Collinson Red cuya piel se colorea de rojo (Marchal, 1983), o Hass y Orotava que cambian de verde a morado (Lewis, 1978; Alvarez, 1981).

El fruto de aguacate permanece duro mientras está en el árbol y se suaviza sólo después de su recolección, y es precisamente el ablandamiento de la pulpa la transformación que está más asociada con la madurez de consumo. Este proceso está relacionado con la conversión de la protopectina en pectina soluble, ocasionada por la actividad de la enzima poligalacturonasa (Lewis, 1978; ITAL, 1980).

Hatton et al. (1965) mencionan que la temperatura de almacenamiento causa un efecto pronunciado sobre la intensidad respiratoria del aguacate y su calidad organoléptica. La temperatura óptima de maduración post-cosecha se encuentra entre 15 y 21°C. La maduración de aguacates a temperaturas superiores a los 30°C puede provocar un ablandamiento poco uniforme, desarrollo de sabores desagradables, decoloración de la piel, un incremento en el deterioro y un arrugamiento en el fruto (Ahmed y Barmore, 1980). Alvarez (1981) y Rodríguez (1982) también señalan que una maduración incorrecta se evidencia por la presencia en la superficie de arrugas debidas a la deshidratación.

Las magulladuras y picaduras sobre los frutos provocan la crisis climática (Durán, 1983). En el caso del aguacate, además, si se separa por completo el pedúnculo aumenta la respiración y se acelera la maduración, favoreciendo también

la entrada de patógenos. Por ello, al cosechar el aguacate debe cortarse el pedúnculo de manera que se deje una porción de aproximadamente 1 cm (Rodríguez, 1982).

La variación en el tiempo de maduración post-cosecha, entre frutas de un mismo lote, se explica por diferencias en el grado de madurez al cosechar, dado el comportamiento de la floración en el árbol (Ahmed y Barmore, 1980).

3. COMPOSICION FISICO-QUIMICA

3.1 Humedad

Al alcanzar la madurez el contenido de humedad generalmente representa del 60 al 80% del peso de la pulpa fresca. Este valor depende de la variedad, de las condiciones climáticas de cultivo o de la posición en el árbol (Marchal, 1983), aunque CORFO (1979) menciona que la diferencia, más que de una variedad a otra, se produce en una misma variedad a lo largo de la cosecha. Numerosos autores han reportado que se produce una disminución en el porcentaje de humedad durante la maduración en el árbol (Tango, 1970; Slater, 1975) e incluso durante la maduración post-cosecha (Báez, 1981).

CUADRO 1

COMPOSICION FISICOQUIMICA PARA LAS VARIETADES FUERTE Y HASS

VARIEDAD	PESO (g)	PULPA %	PIEL %	SEMILLA %	HUMEDAD %	GRASA %	PROTEINA %	AZUCARES TOTALES %	CENIZAS %
FUERTE (1)	159	63.5	13.1	23.4	64.9	25.5	-	-	-
FUERTE (2)	256	71.3	-	-	65.7	26.6	1.51	-	1.60
FUERTE (2)	266	73.5	-	-	68.3	24.2	1.36	-	1.27
FUERTE (3)	-	-	-	-	74.4	15.1	2.3	-	1.22
FUERTE (4)	288	-	-	-	77.1	15.1	1.5	-	1.3
FUERTE (5)	191	-	-	-	-	7.6	-	-	-
FUERTE (6)	-	69.8	11.2	18.0	73.4	19.2	2.22	1.53	1.04
FUERTE (7)	-	-	-	-	69.0	22.8	-	-	-
HASS (8)	200	75.0	-	-	68.4	20.0	1.80	-	1.20
HASS (3)	-	-	-	-	70.0	19.5	2.4	-	1.64
HASS (7)	-	69.8	18.1	12.1	67.2	23.6	1.47	1.81	1.16
HASS (9)	207	-	-	-	68.0	21.1	-	-	-

1) Tango *et al.* (1970)

2) Jaffe y Gross (1923) citados por Biale y Young (1971)

3) Slater *et al.* (1875)

4) Arata y Yunisic (1977)

5) Golan *et al.* (1977)

6) Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Chile, (1979)

7) Báez (1981)

8) Hall *et al.* (1955) citados por Biale y Young (1971)

9) Fernández (1993)

3.2 Grasa

La porción comestible (pulpa) del aguacate se caracteriza por presentar un alto porcentaje de aceite. Según la variedad el contenido oleoso de la pulpa fresca puede variar desde 4% hasta 30% y de 50-70% del peso en materia seca, lo cual es excepcional para una fruta (Oste y Foguet, 1977). Lewis (1978) menciona que sólo la aceituna y la fruta de palma oleosa pueden rivalizar con el aguacate en el contenido de grasa. Sin embargo el aguacate presenta de 1 a 4% de materia grasa insaponificable, lo que limita su uso como sustituto del aceite de oliva (ITAL, 1980).

Distintos investigadores han reportado que el porcentaje de aceite de la pulpa aumenta durante la maduración en el árbol mientras que el contenido de humedad disminuye (Lewis, 1978; Lee, 1981). Báez (1981) y Marchal (1983) mencionan, además, que el porcentaje de grasa de la pulpa fresca aumenta durante la maduración post-cosecha; pero el primer autor encontró que el contenido de aceite expresado en base seca no cambia significativamente durante el ablandamiento para la variedad Fuerte. Por otra parte, Harkness (1954) observó que al suavizar la fruta por lo general se incrementó el porcentaje de grasa hasta en un 1%, pero los cambios fueron totalmente inconsistentes.

El mesocarpio y el pericarpio del aguacate presentan una estructura de células parenquimáticas. Durante el crecimiento de los frutos, y en el interior de las vacuolas de estas células, se acumulan gotas de aceite que desalojan el agua de las células (Biale y Young, 1971). Este fenómeno explicaría por qué el contenido de agua y aceite son inversamente proporcionales.

Los lípidos presentes en el aguacate pueden dividirse en cuatro fracciones: lípidos neutros, fosfolípidos, glicolípidos y ácidos grasos libres. Los lípidos neutros están compuestos por triglicéridos, principalmente, diglicéridos y monoglicéridos, y constituyen cerca del 96.5% del total de lípidos, independientemente del tiempo de cosecha (Ahmed y Barmore, 1980). El ácido oleico, un ácido graso insaturado, es el que se encuentra en mayor proporción (Mazliak, 1970); aproximadamente en un 75% del total de ácidos grasos.

Muchos autores indican que la suma del porcentaje de aceite y del porcentaje de agua permanece constante durante la maduración (Slater, 1975; Lee, 1981). Esto implica que la razón de incremento del porcentaje de aceite es la misma que la razón de disminución del agua.

En la variedad Fuerte, Hughes (1971) cita valores para la suma del porcentaje de aceite y del agua de 91% , y Swarts

(1978) un valor de 89.8% (Báez, 1983), Slater (1975) 89.5% y CORFO (1979) 92%. Para la variedad Hass, Swarts (1978) reporta un valor de dicha sumatoria igual a 87.8% (Báez, 1983).

Para el contenido de grasa en materia seca de la variedad Hass, se encuentran valores de 65% (Slater, 1975), 65.9% (Fernández, 1983), 72% (CORFO 1979); Hall et al. (1955) citan un porcentaje de 63.3% (Biale y Young, 1971). Del contenido oleoso en base seca para la variedad Fuerte se reportan valores de 59% (Slater, 1975), 72.2% (CORFO, 1979), 73.5% (Báez, 1983), 65.9% (Arata, 1983) y 72.6% (Tango, 1972), (ver cuadro 1).

A pesar del alto contenido de grasa del aguacate debe recalcar que no hay evidencia de la utilización de lípidos como sustratos de la respiración durante el climatérico (Biale y Young, 1971).

3.3 Proteínas

El contenido proteico en el aguacate es alto para ser una fruta. En la mayoría de las frutas el porcentaje de proteínas es inferior al 1%, sin embargo Jaffe y Gross (1923), reportan valores extremos para 68 variedades estudiadas, desde 0.86% hasta 4.39%, con un valor promedio de 2.1% (Biale y Young, 1971). Aunque el aguacate presenta

todos los aminoácidos esenciales la proporción no es óptima (Ahmed y Barmore, 1980).

En un estudio realizado por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), en Chile (1979), no se observó cambio en el contenido de proteínas de 8 variedades estudiadas a lo largo de la cosecha. El promedio obtenido entre todas las muestras analizadas fue de $1.55 \pm 0.44\%$.

Sin embargo, Oste y Foguet (1977) reportan que en algunas variedades como Fuerte aumenta el porcentaje de proteínas al incrementarse el contenido de grasa.

Hansen (1970) reporta que el nitrógeno no proteico se convierte en nitrógeno proteico durante la maduración y que esta capacidad para la síntesis de proteínas en las frutas se mantiene hasta la senescencia. Rowan et al. (1960) observaron aumentos netos en el nitrógeno proteico durante la maduración post-cosecha de aguacates (Hansen, 1970). Richmond y Biale (1966) encontraron cambios significativos en la capacidad del fruto de aguacate para incorporar aminoácidos durante la crisis climatérica de la respiración (Hansen, 1970).

3.4 Azúcares

El nivel de azúcares en aguacate es relativamente bajo, comparado con otras frutas. Biale y Young (1971) reportan un

0.4% de azúcares totales en la fruta fresca, en promedio para todas las variedades. Bean (1958), señala un valor de azúcares totales de 1.75% al inicio de la cosecha y 0.68% a la mitad para la variedad Fuerte (Biale y Young, 1971).

En algunas variedades el monosacárido más abundante es la manoheptulosa, un azúcar de 7 carbonos (Marchal, 1983). Otros azúcares poco comunes como perseitol, heptulosa y octulosa pueden presentarse junto con los más usuales como glucosa, fructosa y sacarosa (Lewis, 1978).

Biale y Young (1971) mencionan que el contenido de azúcares disminuye rápidamente durante el almacenamiento y la maduración, y que su porcentaje depende de las condiciones de crecimiento, el tiempo de cosecha y la duración del almacenamiento antes de realizar los análisis. Otros autores también señalan que el nivel de azúcares disminuye durante el almacenamiento y la maduración (Arriola, 1972; ITAL, 1980).

Marchal (1983) indica que el contenido de manoheptulosa decrece a partir del cuarto día después de la cosecha, mientras que aumenta el de glucosa, fructosa y sacarosa, aunque siempre permanece bajo su porcentaje. Sin embargo, Hatton et al. (1964) hallaron inconsistencia en las cantidades de azúcares presentes en la madurez (Lee, 1981).

3.5 Cenizas

El contenido de cenizas, cercano al 1%, es relativamente alto si se compara con otras frutas (Lewis, 1978). Entre los elementos minerales presentes se encuentran el Fe, Ca, Na, K, Mg, P y Cl. El aguacate junto con el banano tiene los más altos niveles de potasio encontrados en frutas frescas. En la variedad Fuerte se ha observado un aumento en el porcentaje de cenizas cuando se incrementa el contenido de aceite (Oste y Foguet, 1977). No obstante, el cambio en los componentes minerales durante el desarrollo del fruto es muy pequeño (Lee, 1981).

3.6 Compuestos fenólicos

El pardeamiento en muchas frutas es principalmente el resultado de la oxidación de fenoles y de la eventual polimerización de taninos, con las quinonas o melaninas formadas (Dilley, 1970).

Golan et al. (1977) encontraron una correlación positiva entre la tendencia del aguacate a pardearse, el contenido de fenoles totales y la actividad de la polifenoloxidasas. La velocidad de pardeamiento es por lo general mayor en las frutas verdes que en las más maduras y decrece conforme la fruta madura. Además, la concentración de los compuestos fenólicos disminuye al madurar la fruta (Van Buren, 1970). Debe destacarse, sin embargo, que la extracción de fenoles

del mesocarpio del aguacate se dificulta debido a su alto contenido de lípidos (Golan et al. 1977).

Dilley (1970) cita que el contenido de fenoles de la mayoría de las frutas disminuye desde altos niveles durante las primeras etapas de crecimiento, hasta niveles bajos cuando la fruta está fisiológicamente madura. No obstante, Lewis (1970) afirma que los compuestos fenólicos muestran cambios no consistentes con el tiempo.

Las variedades Fuerte y Hass son resistentes al ataque microbiano durante el estado pre-climatérico, por la presencia de taninos y algunos otros componentes fenólicos. Inmediatamente después del climatérico pierden esa propiedad y por el contrario se convierten en excelentes sustratos para los microorganismos (Biale y Young, 1971).

La semilla de aguacate constituye una fuente de compuestos fenólicos que comprenden desde el catecol hasta sustancias altamente polímeras (ITAL, 1980). Jensen (1951), reportó que el extracto cetónico de la semilla de aguacate inhibe el crecimiento de Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Aspergillus glaucus, Penicillium notatum y Achromobacter perolens (Neeman et al., 1970). Valeri y Gimeno encontraron que el extracto de semillas de aguacate con éter de petróleo inhibió el crecimiento de Micrococcus pyogenes y Sarcina lutea (Neeman et al., 1970).

El efecto inhibitorio sobre el Staphylococcus aureus tiene especial importancia ya que este microorganismo presenta una gran resistencia a los antibióticos (CORFO, 1979).

4. INDICES DE MADUREZ COMERCIAL

Es difícil determinar el punto de cosecha del aguacate, ya que la apariencia externa del fruto no indica su estado de madurez. El análisis sensorial es la mejor prueba para reconocer la madurez comercial, pero es caro y requiere un periodo de varios días para que la fruta se ablande y pueda realizarse. Por ello se han estudiado otras pruebas que puedan correlacionarse con los resultados de un análisis sensorial (Lee, 1981).

4.1 Contenido de aceite

Para la cosecha de aguacates en California, se ha establecido un contenido mínimo de grasa de 8% en peso de pulpa fresca y en Israel un 12% (Alvarez, 1981). Sin embargo es difícil generalizar, ya que el porcentaje de aceite depende de la variedad y difiere de una fruta a otra, e incluso de una plantación a otra.

4.2 Peso de materia seca

Lee (1981) señala que existe relación entre el contenido de grasa y el peso de materia seca. La ventaja de esta prueba

es su sencillez. En Australia se ha definido un peso de materia seca mínimo de 21% para la madurez en aguacate.

4.3 Cambio de color de la piel

Las variedades Orotava y Hass cambian de verde a morado en la madurez, mientras que Collinson Red se colorea de rojo. Además, el lustre que es intenso en frutos inmaduros pasa a opaco en los maduros y el pedúnculo se oscurece (Rodríguez, 1982; Lee, 1981).

4.4 Envoltura de la semilla

La envoltura de la semilla pasa de un color blanco o amarillo a un color oscuro, tendiendo al tostado, en la madurez y en algunas variedades la semilla se afloja un poco (Rodríguez, 1982; Marchal, 1983).

4.5 Gravedad específica

Al alcanzar el porcentaje máximo de aceite se da una disminución en la gravedad específica, cuyo valor óptimo es 0.95 (Rodríguez, 1982). Sin embargo se observa una gran variabilidad en los valores de la gravedad específica entre futas individuales, lo que dificulta su uso como indicador de madurez (Lee, 1981).

4.6 Otros índices

- Contenido de azúcares y proteínas (Marchal 1983)

- Características ópticas (reflectancia y transmitancia) o eléctricas como capacitancia e impedancia (Marchal, 1983; Lee, 1981)
- Reacción del fruto a las aplicaciones de etileno (Marchal, 1983)
- Número de días para que el fruto se ablande (Lee, 1981)
- Tiempo entre la floración y recolección (Rodríguez, 1982)

III. MATERIALES Y METODOS

Se caracterizaron cinco variedades de aguacate de altura durante su maduración post-cosecha; a saber, las variedades Fuerte, Hass, Wurtz, Guatemala y Fujikawa. Las frutas fueron cosechadas en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, que se encuentra en Fraijanes de Alajuela. Dicha estación está localizada a 1500 m sobre el nivel del mar, 10°05' de latitud y 84°11' de longitud; presenta una precipitación anual de 3200 mm en promedio, una temperatura media de 16°C, una humedad relativa promedio de 85% y un promedio anual de 5 a 6 horas de sol diarias (Instituto Meteorológico Nacional).

Para cada variedad estudiada, el lote cosechado comprendió aproximadamente 60 unidades, recolectadas de diferentes árboles y ubicadas en distintas posiciones de un mismo árbol. El punto de corte se determinó por la conjunción de características del fruto como la opacidad de la cáscara, el tamaño promedio de las frutas, el número de días para el ablandamiento o el cambio de color de la cáscara para la variedad Hass.

Las frutas fueron llevadas al Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA) donde se almacenaron a condiciones ambientales.

El estudio de maduración se realizó desde el período pre-climatérico de la fruta (madurez comercial) hasta el período post-climatérico. Cada dos días se tomaron tres muestras del lote almacenado, hasta que la fruta alcanzó la senescencia. Una muestra consistió en una unidad de aguacate seleccionada del lote al azar.

Cada muestra fue pesada, se le determinó su diámetro máximo y mínimo, se midió la firmeza del fruto entero, se separó en sus partes componentes: pulpa, semilla y cáscara, y se determinó el porcentaje de cada porción con respecto al peso del fruto integral. La muestra se molió, se hizo análisis del contenido de compuestos fenólicos totales y se congeló para realizar las determinaciones químicas posteriores. Se emplearon duplicados de las muestras para los análisis.

Para las variedades Fuerte, Guatemala y Fujikawa el proceso de recolección de muestras y análisis se realizó dos veces, mientras que para las variedades Wurtz y Hass dicho proceso se efectuó sólo una vez.

Fue hecha una evaluación sensorial para las frutas enteras en las variedades Guatemala, Hass y Fujikawa.

Se correlacionaron los datos experimentales por el método de mínimos cuadrados, para obtener modelos proyectivos de los cambios durante la maduración post-cosecha, evidenciados por

el ablandamiento y los contenidos de humedad, grasa, proteína, azúcares totales y fenoles totales, en base seca.

Se calculó el valor promedio, para detectar diferencias entre las cinco variedades estudiadas, por la prueba de "t de Student" (Spiegel, 1981) y para las distintas variables analizadas.

Algunos datos experimentales no se tomaron en cuenta para obtener las respectivas tendencias (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6), ya que afectaban grandemente los valores para la desviación de la estima y el coeficiente de correlación. Las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 se construyeron con base en la información de los cuadros 8, 9, 10, 11 y 12 del Apéndice.

1. METODOS

1.1 Humedad

La humedad fue determinada según el método #7.003 AOAC (1980), hasta peso constante de la muestra.

1.2 Grasa

El contenido de grasa de la pulpa se determinó según el método #7.056 AOAC (1980), empleando éter de petróleo para la extracción durante 8 horas.

1.3 Proteína

El porcentaje de proteína se determinó según el método #2.057 AOAC (1980) modificado. Para la digestión se añaden 15 g de una mezcla de K_2SO_4 anhidro y $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ como agentes catalíticos; dicha mezcla se prepara con 90 g de K_2SO_4 anhidro y 3 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Para la destilación se emplean perlas de ebullición, se usa rojo de metilo como indicador y a la muestra ya digerida se le añaden aproximadamente 80 mL de una solución de NaOH al 50%, hasta que aparezca una coloración parduzca o azulada.

1.4 Cenizas

Las cenizas se determinaron según el método #31.012 AOAC (1980), hasta obtener un residuo de color blanco.

1.5 Azúcares totales

El contenido de azúcares totales se analizó según el método espectrofotométrico de Nelson-Somogy, citado por Southgate (1976). Para la extracción de los azúcares se tomaron aproximadamente 10 g de la muestra molida, se añadieron 100 mL de agua destilada y se calentó a 70°C con agitación por 30 min. Se llevó a un volumen de 500 mL.

1.6 Compuestos fenólicos

El porcentaje de compuestos fenólicos totales se determinó según el método espectrofotométrico de Price y Butler (1977), usando una solución de catequina para la curva patrón. Para construir la curva patrón se pesaron 0.05 g de catequina, se llevaron a un volumen de 500 mL y se tomaron por duplicado alícuotas de 1, 2, 3 y 4 mL, hasta un volumen de 100 mL. La lectura en el espectrofotómetro se realizó 15 min. después de la adición de los reactivos de FeCl_3 y $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$. La extracción de los compuestos fenólicos se hizo con etanol al 50%. Para preparar el extracto fueron pesados 18 g de la muestra molida, se añadieron 150 mL de etanol al 50% y se agitó en una placa magnética por 45 min. En la Figura 7 (Apéndice) puede observarse cómo un lapso de 30-60 min de agitación determina el máximo valor de fenoles que pueden extraerse de la pulpa de aguacate. La muestra se llevó a un volumen de 500 mL, se filtró, se tomó una alícuota de 5 mL se adicionaron 3 mL de FeCl_3 0.1M en HCL

0.1N, seguidos de 3 mL de $K_3Fe(CN)_6$ 0.008M. Se llevó a un volumen de 100 mL con agua destilada y se leyó a 720 nm.

1.7 Ablandamiento del fruto

El ablandamiento del fruto entero se midió como la distancia que penetra el cono del penetrómetro, colocado sobre la superficie de la cáscara. Se usaron pesas de 150 g y un tiempo de penetración de 5 s. Los datos reportados son el promedio de 10 mediciones realizadas en distintas partes del fruto.

El ablandamiento del fruto entero fue estudiado, ya que para el consumidor, presionar sobre el fruto constituye el mejor indicador de la madurez de consumo en el aguacate.

1.8 Análisis sensorial

Se evaluaron sensorialmente tres variedades de aguacate: Guatemala, Hass y Fujikawa. En el análisis participaron 22 panelistas experimentados. Los datos se sometieron al análisis estadístico, utilizando el análisis de varianza de dos vías y la prueba "t de Student" para la comparación entre promedios.

Fue usado el método de la escala hedónica para determinar el agrado de la apariencia del fruto, su forma y color externo, así como el color y agrado general de la pulpa. Se empleó una escala tipo descriptiva, no estructurada de 100 puntos,

para evaluar la presencia de manchas en la cáscara, textura del fruto integral, presencia de hebras en la pulpa, sabor característico, astringencia, grado de madurez y textura de la pulpa (ver Apéndice).

2. EQUIPO

EQUIPO	MARCA	MODELO
Balanza analítica	Mettler Instrument	PC-440-82
Balanza granataria	Mettler Instrument	HK-160
Calentador-agitador	Corning	PC-351
Capilla de gases	Labconco	Serie 31825
Espectrofotómetro	Pye Unicam	SP6-500 UV
Estufa	National Appliance	5831
Extractor de grasa	Goldfish-Labconco	Serie 66934
MacroKjeldahl	Labconco	Serie 10 Ad11
Mufla	Sybron-Thermolyne	105000 Furnace
Penetrómetro	Koehler Instrument	K 195
Placa Magnética	Lab-line Instrument	1270
Procesador de alimentos	Osterizer	Capacidad 250 mL
Reloj	General Electric	-
Termómetro	VWR Scientific	No. 61010-020
Cristalería		

3. REACTIVOS

- Eter de petróleo
- Sulfato de potasio anhidro
- Sulfato de cobre heptahidratado
- Acido sulfúrico concentrado
- Rojo de metilo como indicador
- Acido sulfúrico 0.1 N
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Hidróxido de sodio al 50%
- α -D-Glucosa
- Fosfato dibásico de sodio
- Tartrato de sodio y potasio tetrahidratado
- Sulfato de cobre al 10%
- Sulfato de sodio
- Molibdato de amonio
- Arseniato dibásico de sodio heptahidratado
- Acido clorhídrico 6 N
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio 6 N
- Catequina
- Cloruro de hierro (III)
- Hexacianoferrato de potasio 0.008 M
- Etanol

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Peso, diámetro y longitud

En el Cuadro 2 se observan los resultados del peso, diámetro y longitud promedio, de las cinco variedades analizadas. En este Cuadro puede observarse, además, la gran variabilidad que existe entre frutas individuales de una misma variedad, manifestadas por la desviación tipo del peso, diámetro y la longitud.

La variedad Fujikawa es, significativamente, de mayor tamaño que las restantes variedades. Se encontró que tanto para el peso como para el diámetro no hay diferencia significativa al 1% entre las variedades Fuerte, Wurtz, Guatemala y Hass, pero sí entre éstas y la variedad Fujikawa ($267 \text{ g} \pm 48$).

Las variedades estudiadas pueden agruparse en tres categorías, según la longitud. Primero la variedad Wurtz que presenta la mayor longitud: 10.2 ± 0.8 cm, luego las variedades Fuerte y Fujikawa (no hay diferencia significativa al 1%) y por último las variedades Guatemala y Hass (no hay diferencia significativa al 1%), que poseen la menor longitud.

Los frutos de tamaño mediano, cuyo peso oscile entre 250 y 500 g, tienen mayor preferencia en el mercado (Ruehle,

1974). Por lo tanto, desde el punto de vista del peso y del tamaño, la variedad Fujikawa tendría mayor preferencia.

2. Lapso entre la madurez comercial y la de consumo

La variedad Guatemala es la que madura más rápido, pues requiere sólo 6 días para su ablandamiento, y esta es una gran limitación para comercializar, ya que se dispone de un período muy corto entre la cosecha y el consumo. Las variedades Fujikawa, Wurtz y Fuerte presentan mejores características para la distribución, dado que necesitan entre 10 y 15 días para suavizarse. La variedad Hass posee características intermedias al madurar alrededor del octavo día después de la cosecha (ver Cuadro 2).

3. Porcentajes de pulpa, semilla y cáscara

Las variedades Fuerte, Wurtz, Hass y Fujikawa presentan la mayor cantidad de pulpa (entre éstas no hay diferencia significativa al 1%), mientras que la variedad Guatemala posee el menor porcentaje de pulpa: $52 \pm 5\%$; entre ésta y las restantes variedades hay diferencia significativa al 1%).

CUADRO 2

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS VARIEDADES DE AGUACATE ESTUDIADAS
VALORES PROMEDIO

VARIEDAD	PESO (g)	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	MADUREZ DE CONSUMO (días)	PULPA %	SEMILLA %	CASCARA %
FUERTE a	202±34	5.9±0.5	8.3±0.8	10	61±4	28±4	11±4
WURTZ b	212±33	6.8±0.4	10.2±0.8	14	61±6	22±2	15±2
GUATEMALA c	191±45	7.2±0.6	7.2±0.9	6	52±5	37±4	11±1
HASS d	177±26	6.8±0.3	7.8±0.6	8	61±7	25±6	15±4
FUJIKAWA e	267±48	8.2±0.4	8.2±0.6	15	59±5	20±5	20±4

a. Promedio de 19 mediciones; cosecha nov. 86

b. Promedio de 7 mediciones ; cosecha nov.- dic. 86

c. Promedio de 14 mediciones; cosecha ene. 87

d. Promedio de 12 mediciones; cosecha ene.- feb. 87

e. Promedio de 27 mediciones; cosecha mar. 87

La variedad Guatemala presenta el mayor porcentaje de semilla: $37 \pm 4\%$ y es diferente significativamente al 1% de las restantes variedades. Las variedades Fuerte, Wurtz, Hass y Fujikawa no son diferentes con una significancia del 1% y presentan una proporción similar de semilla.

Según Ruehle (1974) los frutos de semilla pequeña tienen mayor aceptación y por lo tanto, el porcentaje de semilla en la variedad Guatemala sería una limitación para su preferencia por parte del consumidor.

4. Ablandamiento del fruto entero

Como puede observarse en la Figura 1, se encontró para las variedades Fuerte, Wurtz, Hass y Guatemala que el ablandamiento es la transformación del fruto más asociada con la madurez de consumo, y ello coincide con lo reportado por investigadores como Biale (1971) y Lewis (1978).

El cambio en la firmeza del fruto entero se relaciona con el tiempo de maduración post-cosecha por una función exponencial, para las variedades Fuerte, Wurtz, Hass y Guatemala (ver Cuadro 13 en el Apéndice).

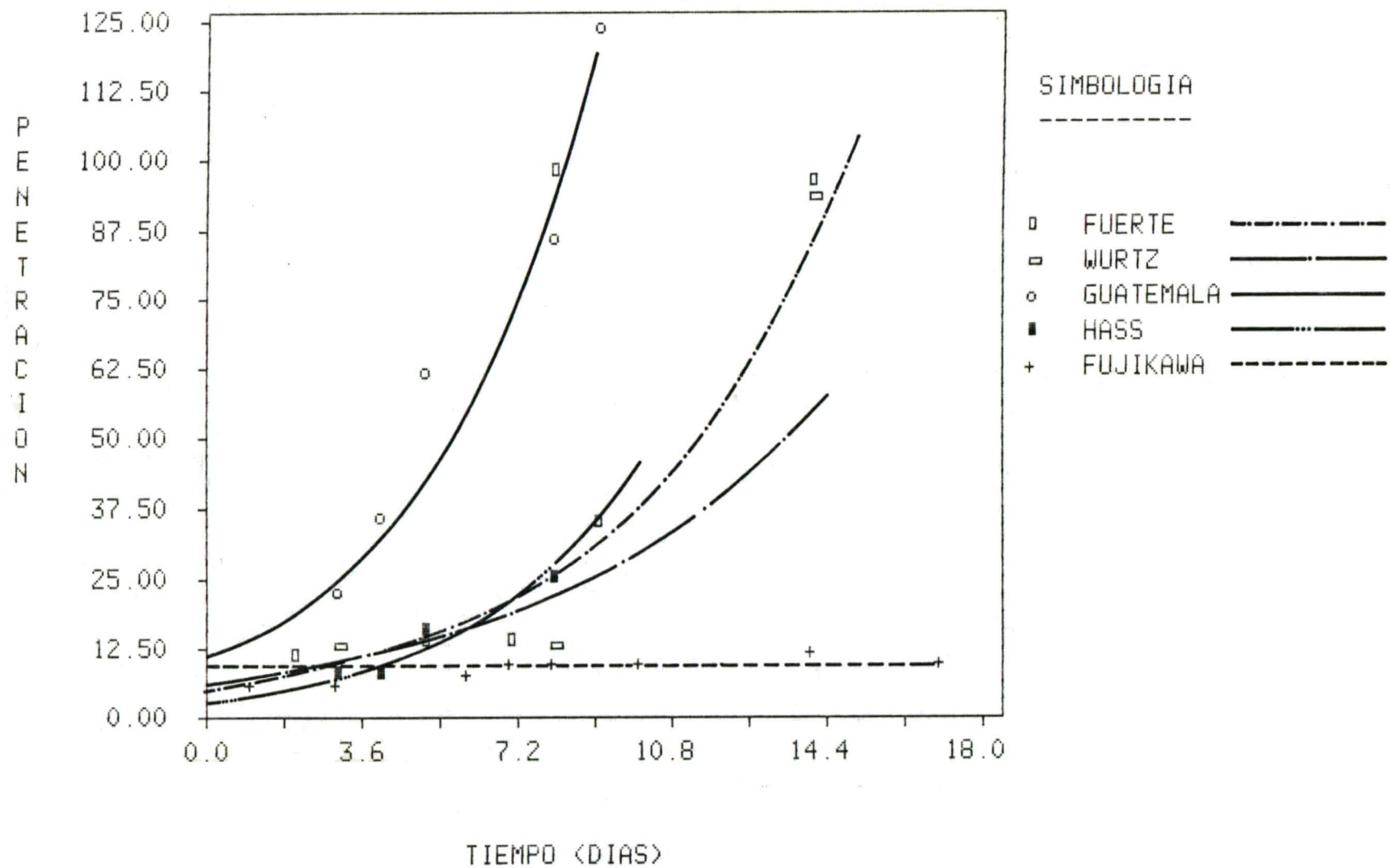


FIGURA 1. ABLANDAMIENTO DEL FRUTO ENTERO DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

En la variedad Fujikawa la firmeza del fruto fue constante a lo largo de la maduración post-cosecha. Se observó además que los frutos de esta variedad se arrugan y cambian el color de su piel de verde a morado, y en algunos casos su cáscara se vuelve quebradiza. Aunque no se cuantificó este fenómeno, se vió también un gran deterioro en los frutos; la cantidad de frutos consumibles disminuyó mucho con respecto a los frutos cosechados. Estas características manifestadas por la variedad Fujikawa durante la maduración post-cosecha podrían explicarse, ya sea por una alta temperatura de almacenamiento (no controlada) o bien por una madurez inadecuada al cosechar, de acuerdo con lo señalado por Hatton *et al.* (1955), Alvarez (1981) y Rodríguez (1982).

Hatton *et al.* (1955) señalan que temperaturas superiores a los 30°C pueden provocar, entre otros, un incremento en el deterioro, un arrugamiento en el fruto y decoloración en la piel (Ahmed y Barmore, 1980). Alvarez (1981) y Rodríguez (1982) afirman que la presencia de arrugas en la superficie indicaría un momento inadecuado para la recolección, dado que no se habría alcanzado la madurez comercial.

Sin embargo, para este trabajo se consideraron ciertos índices de madurez comercial, señalados en la literatura, para determinar el punto de cosecha.

Al igual que todas las variedades analizadas, la variedad Fujikawa se cosechó cuando la piel era opaca, y el pedúnculo (Lee, 1981; Rodríguez, 1982) y la envoltura de la semilla oscuros (Marchal, 1983). El peso de la materia seca fue en promedio 23.8%, superior al 21% señalado por Lee (1981) como mínimo para indicar madurez comercial, (ver Cuadro 3). Los resultados mencionados evidenciarían, por lo tanto, un punto de corte adecuado.

Debe estudiarse el efecto del almacenamiento a una temperatura controlada de 21°C, por ejemplo, y las consecuencias de cosechar en una fecha posterior, como abril, para asegurarse las mejores condiciones de recolección y siguiente tratamiento.

En el caso de la variedad Hass, junto con el ablandamiento se da un cambio en el color de la piel de verde a morado. De acuerdo con Ruehle (1974) tienen mayor preferencia los frutos verdes que los púrpura o morados y el cambio de color sería una limitación para la aceptación en el mercado de la variedad Hass.

5. Humedad

Los mayores contenidos de humedad se asocian con las variedades Wurtz, Guatemala y Fujikawa (entre ellas no hay

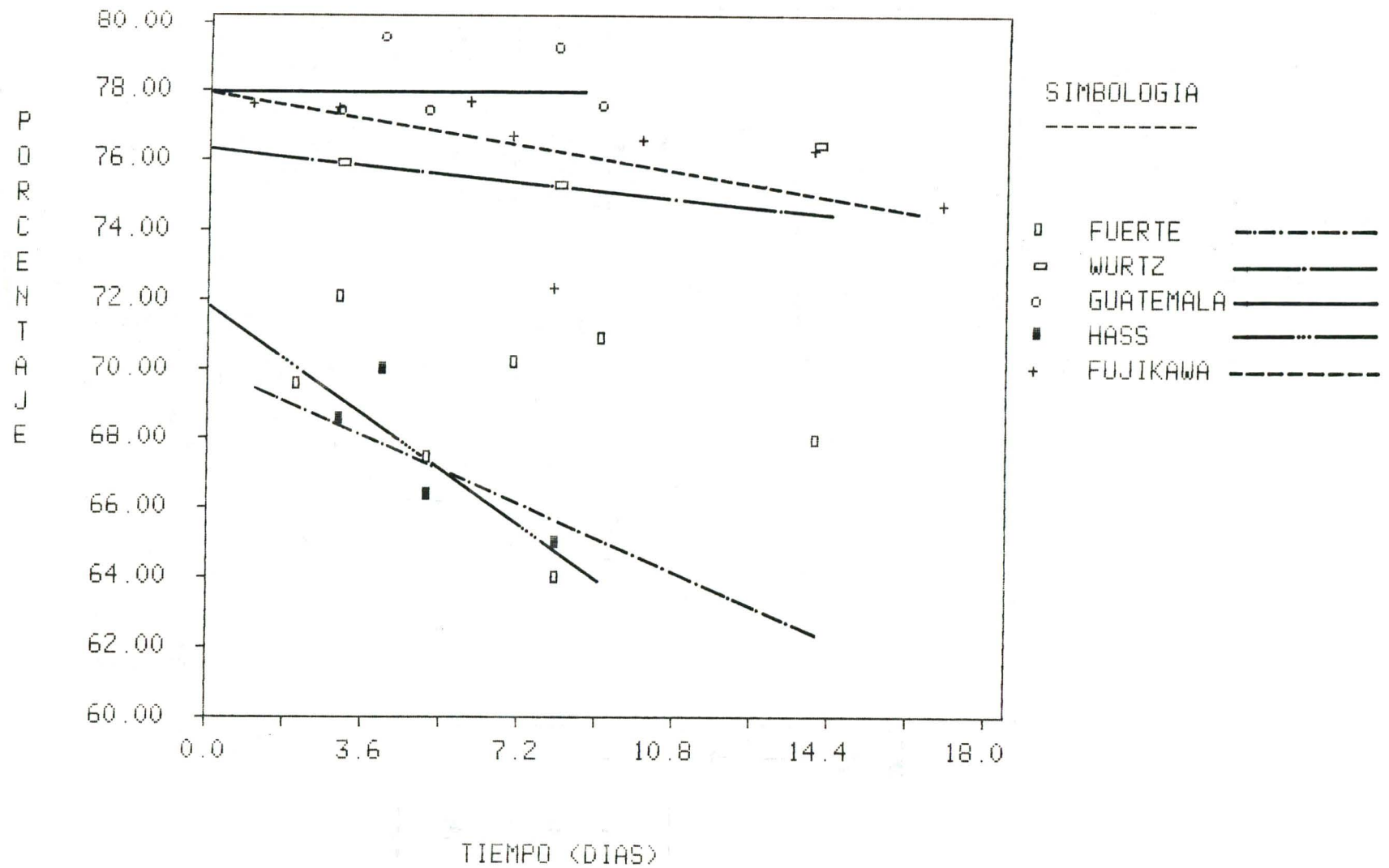


FIGURA 2. VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

CUADRO 3

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA DE LAS VARIETADES ESTUDIADAS (BASE HUMEDA)

VARIEDAD	HUMEDAD %	GRASA %	PROTEINA %	AZUCARES TOTALES %	FENOLES %	CENIZAS %
FUERTE	68±4	22±3	2.0±0.2	0.38±0.04	0.13±0.02	1.09±0.05
WURZT	75.9±1.5	13.9±1.9	1.6±0.3	0.5±0.1	0.088±0.004	0.9±0.1
GUATEMALA	78.0±1.6	12.0±1.6	2.1±0.3	0.9±0.4	0.09±0.02	0.8±0.1
HASS	67±4	23±3	2.5±0.2	0.4±0.1	0.09±0.03	1.20±0.09
FUJIKAWA	76.2±1.9	11±2	2.9±0.5	0.5±0.2	0.09±0.02	1.100±0.008

CUADRO 4

COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE LAS VARIETADES ESTUDIADAS DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA (BASE SECA)

VARIEDAD	GRASA %	PROTEINA %	AZUCARES TOTALES %	FENOLES %	CENIZAS %
FUERTE	68.49±0.91	6.29±0.88	1.21±0.23	0.42±0.02	3.37±0.35
WURTZ	57.72±2.01	6.79±1.50	2.28±0.58	0.368±0.016	3.63±0.70
GUATEMALA	54±8	9.63±1.22	4.07±1.31	0.422±0.082	3.09±0.33
HASS	70.53±2.33	7.56±1.08	1.26±0.39	0.268±0.072	3.71±0.61
FUJIKAWA	48±3	12.09±1.01	2.28±0.56	0.385±0.07	4.64±0.30

diferencia significativa al 1%); mientras que las variedades Hass y Fuerte presentan los menores porcentajes de humedad promedio: $67 \pm 4\%$ y $68 \pm 4\%$, respectivamente (estas dos variedades no son diferentes con una significancia del 1%).

En la Figura 2 se muestra la variación de la humedad con el tiempo de maduración post-cosecha y puede observarse que el contenido de agua disminuye para las variedades Fuerte, Hass, Fujikawa y Wurtz, coincidiendo con lo reportado por Báez (1983) para la variedad Fuerte. El cambio de la humedad durante el almacenamiento está representado matemáticamente por una función lineal, para las variedades Fuerte, Hass, Fujikawa y Wurtz (ver Cuadro 14 en el Apéndice).

Para la variedad Guatemala, el porcentaje de humedad mostró cambios no consistentes con la maduración post-cosecha y por lo tanto se reporta en este trabajo su valor promedio.

En todas las variedades el porcentaje promedio de materia seca supera el 21%, que es el valor mínimo (ver Cuadro 3) señalado por Lee (1981) como indicador de madurez comercial, lo que evidenciaría una fecha adecuada de cosecha.

6. Grasa

El contenido de grasa, al igual que las restantes variables químicas estudiadas, se analizó con base en el peso de la materia seca para evitar el efecto que tendría cualquier variación en la humedad, dado que ésta se encuentra en mayor proporción.

El mayor porcentaje de grasa en base seca se asocia con las variedades Hass: $71 \pm 2\%$ y Fuerte: $68.4 \pm 0.9\%$ (no diferentes entre sí con una significancia del 1%), como se observa en el Cuadro 4. El menor contenido oleoso corresponde a la variedad Fujikawa: $48 \pm 3\%$, y con un porcentaje de grasa intermedio se encuentran las variedades Wurtz y Guatemala (no hay diferencia entre ellas al 1% de significancia).

En la Figura 3 puede observarse que el porcentaje de grasa en base seca aumenta durante la maduración post-cosecha, para todas las variedades estudiadas. Luego de alcanzar la madurez de consumo y al darse inicio la senescencia el porcentaje de grasa disminuye, probablemente debido al ataque microbiano.

El cambio en el contenido de grasa durante el almacenamiento, puede predecirse por un modelo parabólico, que se ajusta mejor para todas las variedades (ver Cuadro 15 en el Apéndice).

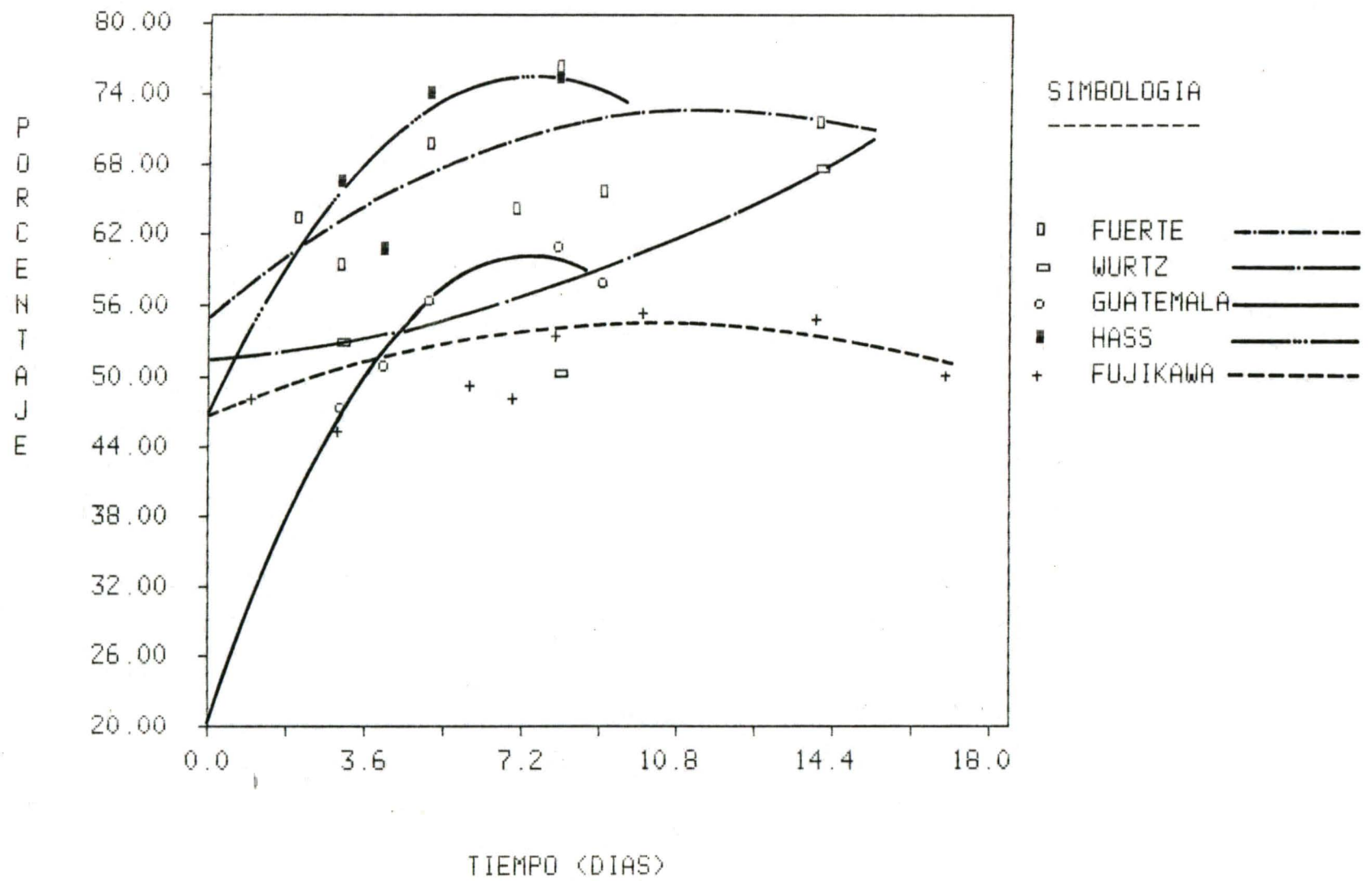


FIGURA 3. VARIACION DEL CONTENIDO DE GRASA EN BASE SECA DURANTE LA MADURACION

CUADRO 5

SUMATORIA DEL PORCENTAJE DE GRASA Y DEL PORCENTAJE DE AGUA PARA LAS VARIEDADES DE AGUACATE ESTUDIADAS

VARIEDAD	PROMEDIO	DESVIACION TIPO
FUERTE	90.1	1.2
WURTZ	89	3
GUATEMALA	90	2
HASS	90.4	1.5
FUJIKAWA	87.8	1.7

El mesocarpio y el pericarpio del aguacate presentan una estructura de células parenquimáticas, y en el interior de las vacuolas de estas células, se acumulan gotas de aceite que desalojan el agua (Biale y Young, 1971). Este proceso explicaría por qué el porcentaje de agua y aceite son inversamente proporcionales.

El porcentaje de grasa aumenta y el contenido de humedad disminuye durante la maduración post-cosecha, de manera que la suma de estos porcentajes permanece constante (Cuadro 5), para todas las variedades. Este último resultado coincide con lo indicado por Lewis (1978), Slater (1975) y Lee (1981). La determinación de esta constante, que oscila entre $87.8 \pm 1.7\%$ para la variedad Fujikawa y $90.4 \pm 1.5\%$ para la variedad Hass, permite una estimación rápida de la cantidad de grasa de la pulpa, a partir del contenido de humedad.

Báez (1981) reporta una disminución en el porcentaje de humedad durante el ablandamiento de frutos de la variedad Fuerte y un incremento en el porcentaje de grasa, expresado con base en la pulpa fresca. No obstante, el contenido oleoso en base seca no muestra cambios significativos. En el presente estudio los resultados obtenidos para la variedad Fuerte coinciden sólo parcialmente con lo observado por Báez, ya que se encontró una variación en el porcentaje de grasa en base seca durante el almacenamiento post-cosecha.

Para el cambio de la grasa en la variedad Fuerte el modelo matemático propuesto presenta un coeficiente de correlación (r) igual a 0.730 y una desviación de la estima (Se) con respecto a los datos experimentales igual a 4.715 (ver Cuadro 12 en el Apéndice).

Dado su alto contenido oleoso, las variedades Fuerte y Hass tendrían mejor aceptación, tanto para el consumo en fresco como para la industrialización.

7. Proteína

En el Cuadro 4 se observa que la variedad Fujikawa posee el mayor contenido de proteína: $12.1 \pm 1.0\%$, (hay diferencia entre esta variedad y las restantes al 1% de significancia). La variedad Guatemala presenta un contenido intermedio de $9.6 \pm 1.2\%$. Por último se encuentran las variedades Fuerte, Hass y Wurtz, que presentan la menor proporción de proteína (dentro de estas variedades no hay diferencia significativa al 1%).

Como puede observarse en la Figura 4, el contenido de proteína en base seca aumenta durante la maduración post-cosecha, para las variedades Wurtz y Guatemala. Las variedades Fuerte, Hass y Fujikawa mostraron cambios

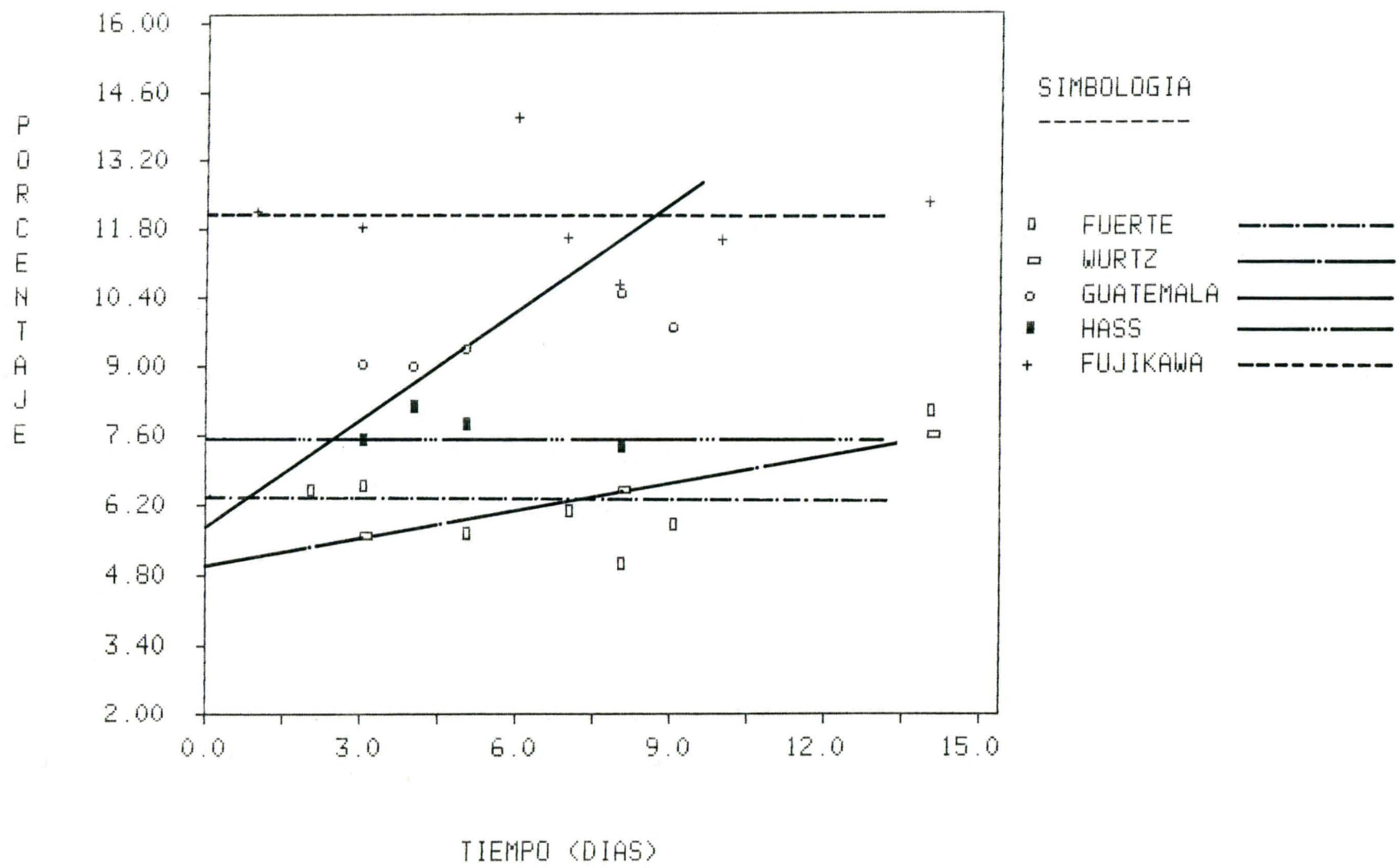


FIGURA 4. VARIACION DEL CONTENIDO DE PROTEINA EN BASE SECA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA.

inconsistentes con respecto al tiempo de almacenamiento, y por ello se reporta su valor promedio.

La teoría indica que, en el aguacate, el nitrógeno no proteico se convierte en proteico durante la maduración y que esta capacidad para la síntesis de proteínas se mantiene hasta la senescencia (Hansen 1970). No obstante, los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con la teoría sólo para el comportamiento de las variedades Wurtz y Guatemala.

Dado que la variedad Fujikawa presenta el mayor porcentaje de proteína en base seca, esta variedad sería recomendable para un uso que requiera altos contenidos proteicos.

8. Azúcares Totales

La variedad Guatemala posee el mayor porcentaje promedio de azúcares totales en base seca: $4.1 \pm 1.3\%$ (hay diferencia significativa entre esta variedad y las restantes al 2% de significancia), mientras que las variedades Fuerte, Wurtz, Fujikawa y Hass, presentan un contenido similar de azúcares ya que sus cantidades no son significativamente diferentes al 1% (ver Cuadro 4).

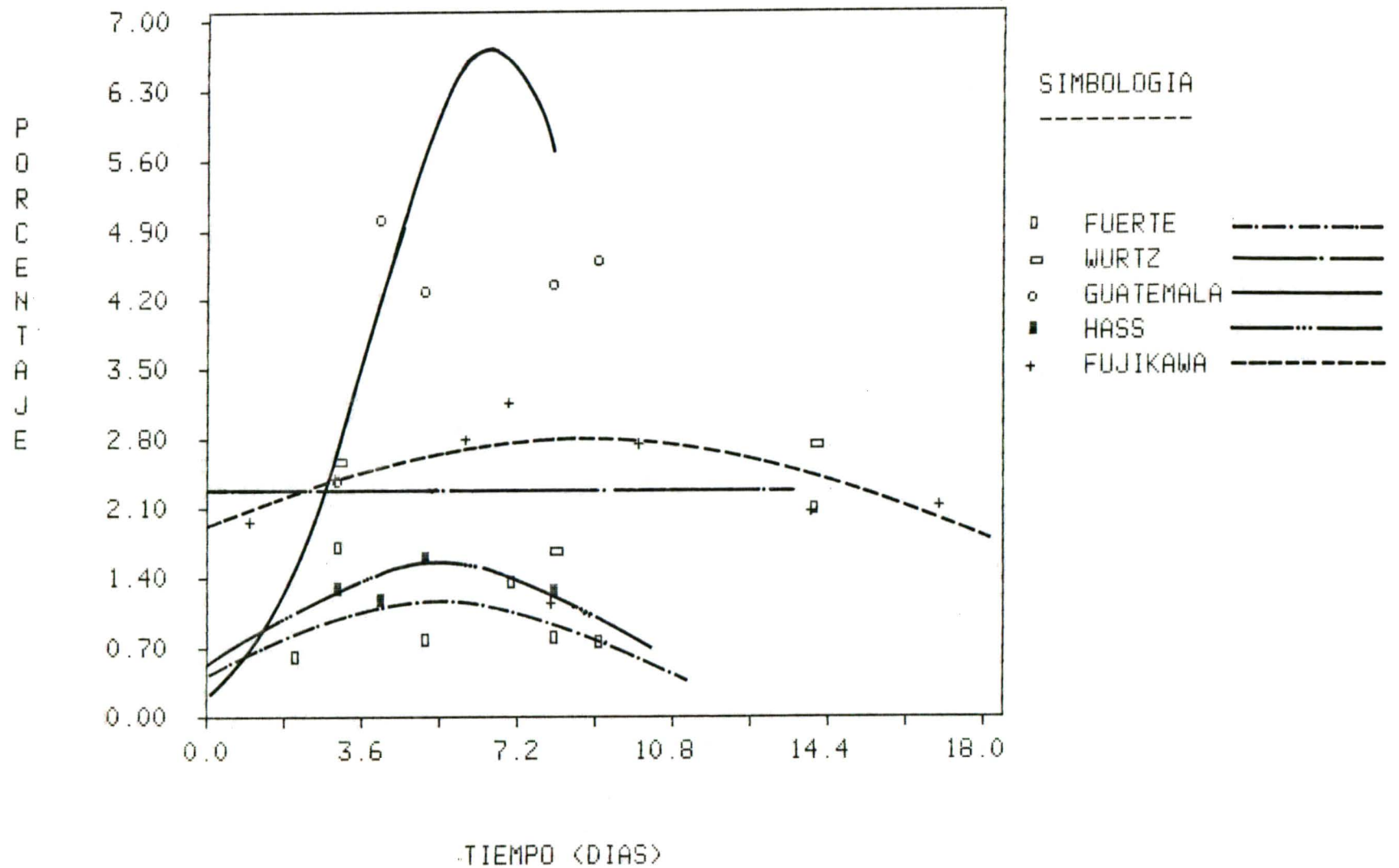


FIGURA 5. VARIACION DEL CONTENIDO DE AZUCARES TOTALES EN BASE SECA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA.

En la Figura 5 puede observarse que el contenido de azúcares cambia durante la maduración post-cosecha, para las variedades Fuerte, Guatemala, Hass y Fujikawa. La variación de los azúcares totales después de la cosecha puede predecirse por una función exponencial (ver cuadro 16 en el Apéndice).

La variedad Wurtz mostró cambios inconsistentes con el tiempo de maduración y por ello se reporta un valor promedio de $2.3\% \pm 0.6$, para los azúcares totales en base seca.

Durante la maduración post-cosecha es probable que el contenido de azúcares aumente por la actividad enzimática, responsable del ablandamiento, y que luego estos azúcares provean la energía para los procesos metabólicos de la fruta.

Biale y Young (1971) reportan que a pesar del alto contenido de grasa del aguacate no hay evidencia de la utilización de lípidos como sustratos de la respiración durante el climatérico. Por consecuencia, la fruta podría obtener energía de fuentes como los azúcares, lo que explica su posterior disminución.

En la literatura se reportan comportamientos distintos para los azúcares durante la maduración post-cosecha. Biale y

Young (1971) señalan que el porcentaje de azúcares disminuye durante el almacenamiento. Mientras que Marchal (1983) menciona que el contenido de manohexulosa decrece después de la cosecha y aumenta el de glucosa, fructosa y sacarosa. Por último, Hatton *et al.* (1964) hallaron inconsistencia en las cantidades de azúcares presentes en la madurez (Lee, 1981).

Los resultados de esta investigación coinciden con lo reportado por Marchal (1983), ya que se evidenció un aumento en el contenido de azúcares totales, expresado como glucosa.

Puede observarse en los Cuadros 3 y 4 y en la Figura 5, que los porcentajes de azúcares en el aguacate son relativamente bajos, ya que en ninguna variedad el promedio supera el valor de 1%, en base húmeda.

9. Compuestos Fenólicos Totales

El menor contenido fenoles totales en base seca corresponde a la variedad Guatemala, $0.27 \pm 0.07\%$ (Cuadro 4) y este valor es significativamente diferente al 1%, con respecto a las restantes variedades. Las variedades Fuerte, Wurtz, Hass y

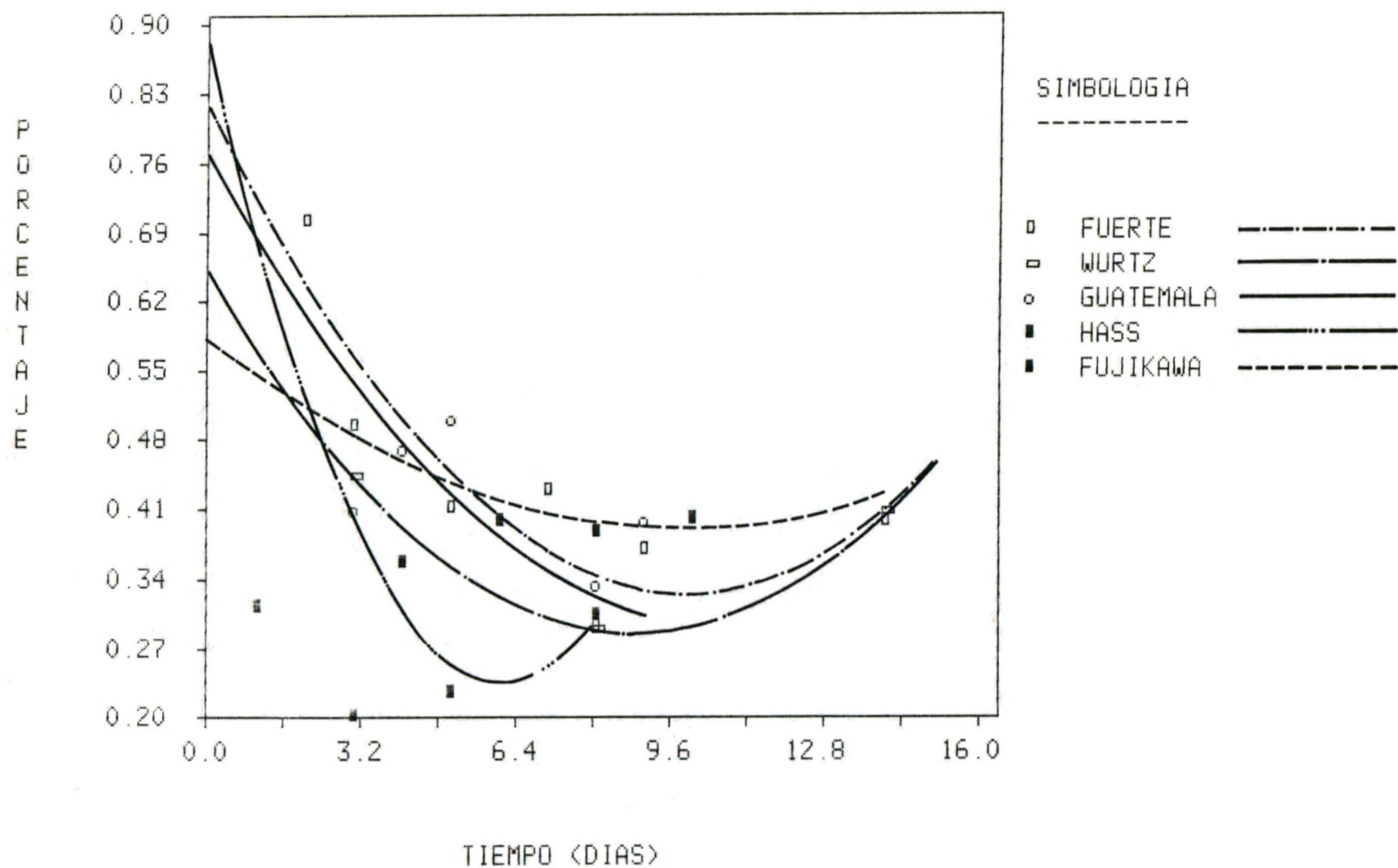


FIGURA 6. VARIACION DEL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES DE LA PULPA EN BASE SECA, DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

Fujikawa no son diferentes entre sí con una significancia del 1%, en lo referente al contenido de fenoles totales.

El porcentaje de fenoles en base seca disminuye después de la recolección y luego tiende a aumentar, en una zona cercana al climatérico (Figura 6). Este resultado coincide con lo reportado por Dilley (1970) y Van Buren (1970), quienes afirman que el contenido de fenoles disminuye al madurar la fruta.

Se observó que el aumento en los fenoles del aguacate ocurre al entrar la fruta en la senescencia. Es probable que el deterioro de la fruta se vea acompañado por la aparición de otros productos, que dan una respuesta similar a los fenoles, ante los reactivos empleados para su determinación.

En la Figura 6 puede notarse que el contenido de fenoles en la fruta madura es relativamente bajo, como lo reportan Golan et al. (1977), ya que no supera el valor de 0.42% en base seca para todas las variedades. Debe destacarse también, que la extracción de fenoles de la pulpa de aguacate se dificulta debido a su alto contenido de lípidos (Golan et al., 1977), lo que afecta en su determinación.

10. Análisis Sensorial

En el Cuadro 6 puede observarse que, de las tres variedades analizadas sensorialmente, la Guatemala tiene mejor apariencia general del fruto entero. En esta característica las tres variedades presentan diferencia significativa al 0.1% (Cuadro 7).

La variedad Hass presenta un puntaje muy bajo para la apariencia general, y esta característica limitaría su aceptación por parte del consumidor. Por lo tanto, es probable que la variedad Hass deba destinarse no al consumo en fresco pero sí al procesamiento.

En lo referente a las características de la pulpa, la variedad Fujikawa presenta una cantidad de hebras significativamente mayor al 5%, que las restantes variedades. Entre Hass y Guatemala no hay diferencia significativa para la presencia de hebras. Esta característica limita la preferencia de la variedad Fujikawa, por parte del consumidor.

Para las características de color, sabor característico, astringencia y madurez, las tres variedades no presentan diferencia significativa. Los puntajes promedios obtenidos revelan que la evaluación sensorial coincidió con la madurez de consumo. La variedad Guatemala puede consumirse a los 6 días después de cosechada, Hass a los 8 días y Fujikawa a los 15 días.

Debe aclararse que el alto puntaje correspondiente a la presencia de manchas en el fruto, no refleja una característica propia de la variedad, ya que es el efecto de una enfermedad que ataca la plantación utilizada para este estudio.

Desde el punto de vista del agrado general de la pulpa, las tres variedades no son significativamente diferentes, por lo que todas se pueden recomendar para la utilización de su pulpa.

11. Cenizas

El contenido de cenizas no varió de manera consistente, durante la maduración post-cosecha de las cinco variedades de aguacate estudiadas. Por lo tanto, se reportan los respectivos valores promedio (cuadros 3 y 4).

12. Punto de corte

En este estudio se tomaron en cuenta distintos parámetros para determinar, de una manera práctica, el momento de la cosecha, a saber:

- a. La piel del fruto se torna más opaca
- b. El pedúnculo y la envoltura de la semilla se oscurecen
- c. Los frutos adquieren un tamaño promedio mínimo (ver cuadro 2)

d. Se establecen épocas de cosecha aproximadas: julio a noviembre para la variedad Fuerte, noviembre a diciembre para Wurtz, noviembre a enero para Guatemala, febrero a marzo para Hass y abril a mayo para Fujikawa.

e. Cuando se cosecha al alcanzar una madurez comercial adecuada, se establece un período para que el fruto se ablande y pueda consumirse (madurez de consumo), como puede observarse en el cuadro 2.

CUADRO 6

EVALUACION SENSORIAL DE AGUACATE

PUNTAJES PROMEDIOS OBTENIDOS PARA CADA CARACTERISTICA

CARACTERISTICA EVALUADA	MUESTRA		
	A	B	C
APARIENCIA DEL FRUTO			
COLOR	75	17	35
PRESENCIA DE MANCHAS	86	97	87
FORMA	72	42	60
TEXTURA	33	44	73
APARIENCIA GENERAL	66	19	40
CARACTERISTICAS DE LA PULPA			
COLOR	79	88	81
PRESENCIA DE HEBRAS	38	28	57
SABOR CARATERISTICO	62	70	63
ASTRINGENCIA	28	24	36
MADUREZ	43	52	45
TEXTURA	15	12	30
AGRADO GENERAL	75	84	72

- A Variedad Guatemala
- B Variedad Hass
- C Variedad Fujikawa

CUADRO 7

RESULTADOS ESTADISTICOS DEL ANALISIS SENSORIAL

CARACTERISTICA EVALUADA	ANALISIS DE VARIANZA VALORES DE Fc	COMPARACION ENTRE PROMEDIOS VALORACION DE "T" (ORDEN DECRECIENTE)
APARIENCIA DEL FRUTO		
COLOR	41.72***	A C B
PRESENCIA DE MANCHAS	3.72*	B <u>C</u> A
FORMA	11.87*	A <u>C</u> B
TEXTURA	18.53**	C <u>B</u> A
APARIENCIA GENERAL	33.40***	A C B
CARACTERISTICAS DE LA PULPA		
COLOR	1.87-	<u>B</u> C A
PRESENCIA DE HEBRAS	6.99*	C <u>A</u> B
SABOR CARACTERISTICO	1.21-	<u>B</u> C A
ASTRINGENCIA	1.63-	<u>C</u> A B
MADUREZ	3.10-	B <u>C</u> A
TEXTURA	6.28*	<u>C</u> A B
AGRADO GENERAL	2.59-	B A C

- No hay diferencia significativa
- * Diferencia significativa al 5%
- ** Diferencia significativa al 1%
- *** Diferencia significativa al 0.1%

A Variedad Guatemala
 B Variedad Hass
 C Variedad Fujikawa

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El aguacate procedente de zonas altas es prácticamente desconocido en nuestro país, y es una buena alternativa de diversificación agrícola.

El aguacate tiene un gran valor nutritivo, dados sus altos contenidos de grasa y proteína, con relación a la mayoría de las frutas. Para las cinco variedades, el valor de grasa promedio superó el 11%, en base húmeda, y el valor de 48% en base seca. El contenido de proteína promedio fue superior a 1.63% en base húmeda y a 6.3% en base seca.

La variedad Fujikawa supera significativamente en el tamaño a las demás variedades; posee un peso promedio de 267 ± 48 g. Presenta, además, el mayor contenido de proteína: $12.1 \pm 1.0\%$, en base seca.

La variedad Guatemala presenta el mayor porcentaje de semilla: $37 \pm 4\%$ y el menor de pulpa: 52 ± 5 ; consecuentemente tendría menor aceptación por parte del consumidor.

El ablandamiento fue la transformación física del fruto que más se asocia con la madurez de consumo, para las variedades Fuerte, Wurtz, Hass, y Guatemala. El cambio de color en la piel de la variedad Hass, de verde a morado, fue otra

característica relacionada con la madurez de consumo, para esta variedad.

El porcentaje de agua disminuye durante el almacenamiento para las variedades Fuerte, Hass, Wurtz y Fujikawa, mientras que la variedad Guatemala mostró cambios inconsistentes de la humedad con el tiempo.

El porcentaje de grasa en base seca aumenta para todas las variedades, durante la maduración post-cosecha, y disminuye con la senescencia. El mayor porcentaje de grasa en base seca se asocia con las variedades Fuerte y Hass: $68.5 \pm 0.9\%$ y $71 \pm 2\%$, respectivamente. Dado su alto contenido oleoso, las variedades Fuerte y Hass tendrían mayor aceptación, tanto para el consumo en fresco como para la industrialización.

Se encontró que la suma del porcentaje de grasa y del porcentaje de agua es constante para todas las variedades. El valor de esta constante oscila entre $87.8 \pm 1.7\%$ para la variedad Fujikawa y $90.4 \pm 1.5\%$ para la variedad Hass, y su determinación permite una estimación rápida del contenido de grasa de la pulpa, a partir del porcentaje de humedad.

La cantidad de proteína en base seca aumenta con el almacenamiento en las variedades Wurtz y Guatemala, mientras que los cambios fueron inconsistentes para las variedades Fuerte, Hass y Fujikawa.

El mayor contenido de azúcares totales en base seca corresponde a la variedad Guatemala: $4.1 \pm 1.3\%$. Los azúcares aumentan con la maduración post-cosecha, y tienden a disminuir luego del periodo climatérico para las variedades Fuerte, Hass, Guatemala y Fujikawa. La variedad Wurtz mostró cambios no consistentes en los azúcares durante el almacenamiento.

El contenido de fenoles en el aguacate es relativamente bajo, inferior a 0.42% con base en el peso de la pulpa seca. Se observó que el porcentaje de fenoles totales en base seca tiende a disminuir durante la maduración post-cosecha.

La variedad Guatemala presenta la mejor apariencia general del fruto entero. Entre las variedades Hass, Guatemala y Fujikawa no hay diferencia significativa para el agrado general de la pulpa. Sin embargo, la variedad Fujikawa presenta gran cantidad de hebras, lo que limitaría la preferencia por parte del consumidor.

La variedad Hass presenta un puntaje muy bajo para la apariencia general del fruto, y esta característica limitaría su aceptación para la compra. Por lo tanto, la variedad Hass debería destinarse, no al consumo en fresco pero sí al procesamiento.

La variedad Fujikawa presentó características no deseables durante la maduración post-cosecha. Se recomienda realizar el almacenamiento a una temperatura controlada, que no supere los 25°C y cosechar en una época posterior (mes de abril), con el propósito de evaluar mejores condiciones de recolección y almacenamiento.

Dado que la variedad Fujikawa presenta la mayor cantidad de proteína en base seca, esta variedad sería recomendable para un uso que requiera altos contenidos proteicos.

Para el cultivo de aguacate se recomiendan las variedades Fuerte, Hass, Wurtz y Guatemala, pero no así la Fujikawa. La variedad Fujikawa no se recomienda por las características que presenta el fruto, durante la maduración post-cosecha y por la presencia de hebras en la pulpa. Dado el corto periodo de almacenamiento en la variedad Guatemala, ésta se recomienda para el consumo interno o la industrialización, pero no para la exportación.

Las variedades Fuerte y Hass se recomiendan para una posible exportación, por su aceptación en los mercados europeo y estadounidense, y por su periodo de almacenamiento, superior a los 8 días.

Desde el punto de vista del agrado general de la pulpa, las variedades Guatemala, Hass y Fujikawa, no son diferentes

significativamente, por lo que se pueden recomendar todas para la utilización de su pulpa.

El árbol de la variedad Wurtz es pequeño, lo que facilita su abono, mantenimiento y recolección, y da una cosecha relativamente abundante, con relación a su tamaño. Estas características, unidas a su composición y comportamiento de maduración, hacen recomendable su cultivo.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AHMED, E. M. y BARMORE, CH. R. 1980. Avocado. In Nagy, S. y Shaw, P. E. Tropical and Subtropical Fruits. Connecticut: AVI. p. 121.
2. ALVAREZ DE LA PEÑA, F. 1981. El Aguacate. España: Ministerio de Agricultura. 225 p.
3. ARATA, N. y YUNISIC, M. 1983. Industrialización de la Palta. El Campesino 114(12):36.
4. ARRIOLA, M. de. 1972. El Aguacate. In Seminario sobre tecnología de las Frutas Tropicales. Guatemala: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. p. 113.
5. BIALE, J. B. y YOUNG, R. E. 1971. The Avocado Pear. In Hulme, A. C., ed. The Biochemistry of Fruits and their Products. New York: Academic Press. v.2, p. 1.
6. BAEZ DELGADO, G. 1981. Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica y período de ablandamiento de Paltas (Persea americana Miller), cultivares Bacon, Edranol y Fuerte, sobre su contenido de aceite, su correlación con el contenido de humedad y la composición de los ácidos grasos del aceite. Tesis Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Agronomía. 82 p.
7. CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1979. Proyecto: Industrialización de la Palta (Persea americana). Santiago. 82 p.
8. DILLEY, D. R. 1970. Enzymes. In Hulme, A.C., ed. The Biochemistry of Fruits and their Products. New York: Academic Press. v.1, p. 179.
9. DURAN TORRALLARDONA, S. 1983. Frigoconservación de la Fruta. Barcelona: Aedos. 369 p.
10. FERNANDEZ MESA, D. y RUIZ MORENO, C. 1983. Maduración Programada de Paltas (Persea americana Miller) cv. Hass. Tesis Lic. en Ciencias Agrícolas. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 128 p.
11. GOLAN, A.; KAHN, V. y SADOSKI, A. Y. 1977. Relationship between Polyphenols and Browning in Avocado Mesocarp; Comparison between the Fuerte

- and Leman Cultivars. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 25(6):1253.
12. HANSEN, E. 1970. Proteins. *In* Hulme, A.C., ed. *The Biochemistry of Fruits and their Products*. New York: Academic Press. v.1, p. 147.
 13. HARKNESS, R. W. 1954. Chemical and Physical tests of Avocado Maturity. *Florida State Horticultural Society* 67:248.
 14. HORWITZ, W. 1980. *Official Methods of Analysis of the Analytical Chemists*. 13 ed. Washington, AOAC. 1018 p.
 15. ICHIMARU, D.L. *et al.* 1981. Estudo dos factores antinutricionales do caroço do abacate (*Persea americana* Mill cv. Wagner). *Coletanea* 12: 67.
 16. INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. 1980. *Frutas tropicais; aspectos tecnologicos*. Sao Paulo. 296 p.
 17. LEE, S.K. 1981. A Review and Background of the Avocado Maturity Standard. *Yearbook California Avocado Society* 65:101.
 18. LEWIS, C. E. 1978. The Maturity of Avocados; a General Review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 29:857.
 19. MARCHAL, J. *et al.* 1983. Evolution de quelques caractères physico-chimiques de l'avocat après sa récolte. *Fruits* 38(12):821.
 20. MAZLIAK, P. 1970. Lipids. *In* Hulme, A.C., ed. *The Biochemistry of Fruits and their Products*. New York: Academic Press. v.1, p. 209.
 21. MORERA, J. 1983. *El Aguacate*. Cartago: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 37 p.
 22. NEEMAN, I.; LIFSHITZ, A. y KASHMAN, Y. 1970. New Antibacterial Agent Isolated from the Avocado Pear. *Applied Microbiology* 19(3):470.
 23. ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS. 1980. *Perfiles de mercado en los Estados Unidos; aguacates frescos, preparados o en conserva*. Bogotá, Cámara de Comercio de Bogotá. 43 p.

24. OSTE, C. y FOGUET, J. 1977. Composición, características y uso de la pulpa y del aceite de palta. Argentina. Estación Experimental Agrícola de Tucumán. Boletín no. 124. 17 p.
25. PRICE, M. L. y BUTLER, L. G. 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry 25(6):1268.
26. PRIMO YUFERA, E. 1979. Química Agrícola; alimentos. Madrid: Alhambra. v.3, 682 p.
27. RODRIGUEZ SUPPO, F. 1982. El Aguacate. México: A.G.T. 167 p.
28. RUEHLE, G. 1974. La industrialización del aguacate. México: Centro Regional de Ayuda Técnica. 96 p.
29. SANARRUSIA, E. 1985. Fomento del cultivo de aguacate de altura como alternativa de diversificación agrícola en Grecia. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. sp.
30. SLATER, G. *et al.* 1975. Seasonal variation in the Composition of California Avocados. Journal of Agricultural and Food Chemistry 23(3):468.
31. SPIEGEL, M.R. 1981. Teoría y problemas de probabilidad y estadística. México: McGraw Hill. 397 p.
32. SOUTHGATE, D. A. T. 1976. Determination of Food Carbohydrates. London: Applied Science. 178 p.
33. TANGO, J. *et al.* 1970. Composição do fruto e do óleo de diferentes variedades de abacate cultivadas no estado do São Paulo. Coletanea do Instituto de Tecnologia de Alimentos 3:283.
34. VAN BUREN, J. 1970. Fruit Phenolics. *In* Hulme, A.C., ed. The Biochemistry of Fruits and their Products. New York: Academic Press. v.1, p. 269.

APENDICE

CUADRO 8

VARIEDAD Fuerte

CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

VALORES PROMEDIO PARA CADA DIA DE MADURACION

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
2	11	69.51	63.30	6.48	0.610	0.702	3.155
3	8	-	59.23	6.59	1.696	0.494	3.021
5	14	67.40	69.57	5.61	0.779	0.411	3.276
7	14	-	64.05	6.03	1.350	0.429	3.732
8	-	63.96	76.10	5.00	0.789	0.292	3.216
9	35	-	-	5.80	0.751	0.370	3.806
14	96	63.00	71.32	8.06	-	0.399	3.723

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 9

VARIEDAD Wurtz

CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

VALORES PROMEDIO PARA CADA DIA DE MADURACION

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
3	13	75.88	52.82	5.60	2.56	0.444	3.582
8	15	75.30	57.72	6.54	1.68	0.290	3.450
14	67	74.36	67.61	7.64	2.75	0.408	3.991

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 10

VARIEDAD Guatemala

CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

VALORES PROMEDIO PARA CADA DIA DE MADURACION

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
3	23	77.45	47.39	7.84	2.40	0.550	3.50
4	36	79.62	51.08	9.03	5.02	0.471	4.08
5	62	77.47	56.53	9.37	5.33	0.436	3.68
8	86	79.27	61.04	11.54	5.23	0.334	4.61
9	124	77.58	57.88	12.46	4.60	0.303	3.76

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 11

VARIEDAD Hass

CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

VALORES PROMEDIO PARA CADA DIA DE MADURACION

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
3	8	68.52	66.43	7.51	1.29	0.384	3.87
4	8	69.94	67.67	8.16	1.42	0.357	4.40
5	14	66.33	73.91	7.78	1.58	0.226	3.57
8	27	64.94	75.22	7.38	1.25	0.304	3.48

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 12

VARIEDAD Fujikawa

CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

VALORES PROMEDIO PARA CADA DIA DE MADURACION

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
1	6	78.48	48.13	12.18	1.99	-	4.50
3	-	77.55	51.88	11.86	2.42	-	4.47
6	8	76.32	51.10	14.11	2.80	0.425	4.86
7	10	75.30	-	11.66	2.89	-	4.55
8	10	-	53.48	10.68	-	0.387	4.15
10	10	75.31	55.30	11.62	2.77	-	4.72
14	12	75.14	54.74	12.35	2.08	0.400	4.82
17	10	74.71	50.07	12.81	2.16	0.422	4.93

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 13

PARAMETRO: ABLANDAMIENTO

MODELO MATEMATICO PROPUESTO: EXPONENCIAL [$\ln y = c + c' * x$]

VARIEDAD	c	c'	r	Se
FUERTE	1.648085	0.199666	0.806	6.982
GUATEMALA	2.430099	0.2613853	0.983	6.062
HASS	1.220164	0.2606562	0.985	1.635
WURTZ	1.889426	0.1523766	0.620	13.614

CUADRO 14

PARAMETRO: HUMEDAD

MODELO MATEMATICO PROPUESTO: LINEAL [$y = c + c' * x$]

VARIEDAD	c	c'	r	Se
FUERTE	69.95915	-0.5505716	0.933	1.335
FUJIKAWA	77.92018	-0.2177797	0.890	0.703
HASS	71.77535	-0.8685706	0.842	1.472
WURTZ	76.3366	-0.1387909	0.997	9.04E-2

CUADRO 15

PARAMETRO: GRASA

MODELO MATEMATICO PROPUESTO: POLINOMIO DE SEGUNDO GRADO [$y = c + c' * x + c'' * x^2$]

VARIEDAD	c	c'	c''	r	Se
FUERTE	55.11854	3.06197	-0.1341731	0.730	0.730
FUJIKAWA	46.76874	1.499074	-7.3563E-2	0.871	1.389
GUATEMALA	21.33905	10.60423	-0.7194766	0.987	1.018
HASS	47.52643	7.575971	-0.5122379	0.945	1.762
WURTZ	51.33818	0.3116674	6.07575E-2	-	-

r: Coeficiente de Correlación

Se: Desviación entre la estima y los datos experimentales

CUADRO 16

PARAMETRO: PROTEINA

MODELO MATEMATICO PROPUESTO: LINEAL [$y = c + c' * x$]

VARIEDAD	c	c'	r	Se
WURTZ	5.048462	0.1853846	1.00	1.038E-2
GUATEMALA	5.815299	0.7297761	0.995	0.218

CUADRO 17

PARAMETRO: AZUCARES TOTALES

MODELO MATEMATICO PROPUESTO: EXPONENCIAL DE SEGUNDO GRADO [$\ln y = c + c' * x + c'' * x^2$]

VARIEDAD	c	c'	c''	r	Se
FUERTE	-0.8032061	0.3664471	-3.4823E-2	0.737	0.448
FUJIKAWA	0.6549111	8.5307E-2	-4.9236E-3	0.661	0.1963
GUATEMALA	-1.265491	0.9696873	-7.4106E-2	0.996	0.645
HASS	-0.5589134	0.369641	-3.3959E-2	0.952	3.36E-2

r: Coeficiente de Correlación

Se: Desviación entre la estima y los datos experimentales

CUADRO 18

PARAMETRO: COMPUESTOS FENOLICOS TOTALES

MODELO MATEMATICO PROPUESTO: POLINOMIO DE SEGUNDO GRADO [$y = c + c' * x + c'' * x^2$]

VARIEDAD	c	c'	c''	r	Se
FUERTE	0.8164797	-9.9048E-2	4.9906E-3	0.905	6.06E-2
FUJIKAWA	0.5795273	-3.7957E-2	1.9148E-3	0.879	1.06E-2
GUATEMALA	0.7690173	-8.7411E-2	4.0197E-3	0.996	9.94E-3
HASS	0.8845774	-0.2135249	1.7572E-2	0.879	4.07E-2
WURTZ	0.6465091	-8.1266E-2	4.5879E-3	-	-

r: Coeficiente de Correlación

Se: Desviación entre la estima y los datos experimentales

CUADRO 19

VARIEDAD Fuerte

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
2	11	69.51	63.30	6.48	0.610	0.702	3.155
3	8	72.06	59.23	6.59	1.696	0.494	3.021
5	14	67.40	69.57	5.61	0.779	0.411	3.276
7	14	70.15	64.05	6.03	1.350	0.429	3.732
8	117	65.38	75.39	4.85	0.763	0.274	3.322
8	78	62.54	76.80	5.15	0.814	0.310	3.118
9	35	70.84	65.40	5.80	0.751	0.370	3.806
14	94	63.00	71.89	7.19	1.850	0.389	3.219
14	97	72.86	70.74	8.92	2.307	0.409	4.414

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 20

VARIEDAD Wurtz

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
3	13	75.88	52.82	5.60	2.558	0.444	3.582
8	15	74.74	42.83	4.87	2.067	0.285	2.660
8	10	75.85	57.72	8.20	1.292	0.294	4.269
14	119	78.30	69.03	7.93	3.180	0.424	3.991
14	67	74.56	66.19	7.35	2.323	0.393	-

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 21

VARIEDAD Guatemala

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
3	40	80.25	53.77	10.38	1.44	0.663	3.32
3	11	78.73	37.24	10.16	2.05	0.437	3.09
3	17	75.28	37.38	8.93	2.70	0.320	4.12
3	25	75.54	61.16	6.75	3.42	0.217	3.46
4	36	79.62	51.08	9.03	5.02	0.471	4.08
5	52	79.44	63.18	7.88	1.22	0.603	3.58
5	69	73.84	56.96	9.63	5.90	0.524	3.91
5	56	79.90	52.34	10.35	5.95	0.418	3.95
5	72	76.70	53.65	9.61	4.13	0.455	3.27
8	83	79.71	60.23	12.47	2.64	0.394	5.34
8	89	79.03	66.67	9.44	5.31	0.315	3.83
8	-	79.08	56.21	10.61	5.15	0.292	4.67
9	138	75.54	62.22	7.11	6.55	0.303	3.10
9	109	79.62	53.53	12.46	2.64	0.491	4.42

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 22

VARIEDAD Hass

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
3	6	66.18	67.47	7.54	1.56	0.189	3.56
3	11	65.44	64.87	6.48	1.07	0.026	3.16
3	6	73.94	66.96	8.52	1.24	0.384	4.90
4	6	64.74	67.67	6.35	0.91	0.312	3.26
4	9	75.14	53.34	9.98	1.42	0.402	5.54
5	-	65.20	77.36	6.72	0.72	0.236	3.11
5	14	67.45	76.34	7.28	1.49	0.206	3.87
5	19	66.34	71.48	8.29	1.67	0.248	3.27
8	30	63.86	74.32	7.86	0.80	0.232	3.27
8	18	63.61	76.61	6.71	2.04	0.220	3.15
8	26	67.66	77.40	8.29	1.05	0.414	3.74
8	24	64.62	72.56	6.64	1.10	0.350	3.74

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 23

VARIEDAD Fujikawa

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
1	6	78.27	48.09	12.61	1.928	0.312	4.34
1	6	75.93	47.78	10.14	1.96	0.280	4.20
1	6	78.69	48.52	13.80	2.08	0.346	4.95
3	-	79.79	32.61	11.43	2.67	-	4.82
3	-	77.03	52.37	15.06	1.70	-	4.46
3	-	75.83	51.39	9.10	2.16	-	4.13
6	5	79.36	49.61	13.66	1.22	0.418	4.99
6	8	75.94	52.66	12.55	2.89	0.438	4.72
6	8	76.70	51.03	14.21	2.67	0.418	4.68
6	9	78.88	44.41	16.00	4.43	0.316	5.03
7	9	80.84	45.83	9.29	-	-	4.81
7	10	73.74	49.66	15.77	1.13	-	4.28

*: Porcentajes en Base Seca

CUADRO 23 (Continuación)

VARIEDAD Fujikawa

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA LOS CAMBIOS EN LA COMPOSICION FISICO-QUIMICA DURANTE LA MADURACION POST-COSECHA

TIEMPO (días)	PENETRACION (0.1 mm)	HUMEDAD %	GRASA % *	PROTEINA % *	AZUCARES TOTALES % *	FENOLES % *	CENIZAS % *
7	10	75.36	48.99	11.24	2.89	-	4.57
7	9	76.81	39.67	10.35	5.52	-	4.55
8	7	71.94	48.08	11.90	0.855	0.388	4.09
8	15	73.54	58.88	8.81	1.70	0.385	3.86
8	9	71.56	36.92	11.32	0.967	0.387	4.51
10	9	74.34	53.98	12.63	1.36	0.518	4.60
10	8	79.21	46.37	10.29	5.44	0.443	4.99
10	12	76.28	56.62	11.93	1.51	0.240	4.56
14	13	75.16	44.81	10.95	1.95	-	4.73
14	7	77.22	36.08	13.04	2.28	-	4.92
14	14	75.12	57.80	8.76	2.30	-	4.49
14	13	77.59	51.67	13.07	1.80	-	5.16
17	10	74.78	47.66	12.45	2.22	0.456	4.90
17	11	74.94	48.96	12.77	1.85	0.431	5.14
17	10	74.42	53.60	13.21	2.42	0.379	4.75

*: Porcentajes en Base Seca

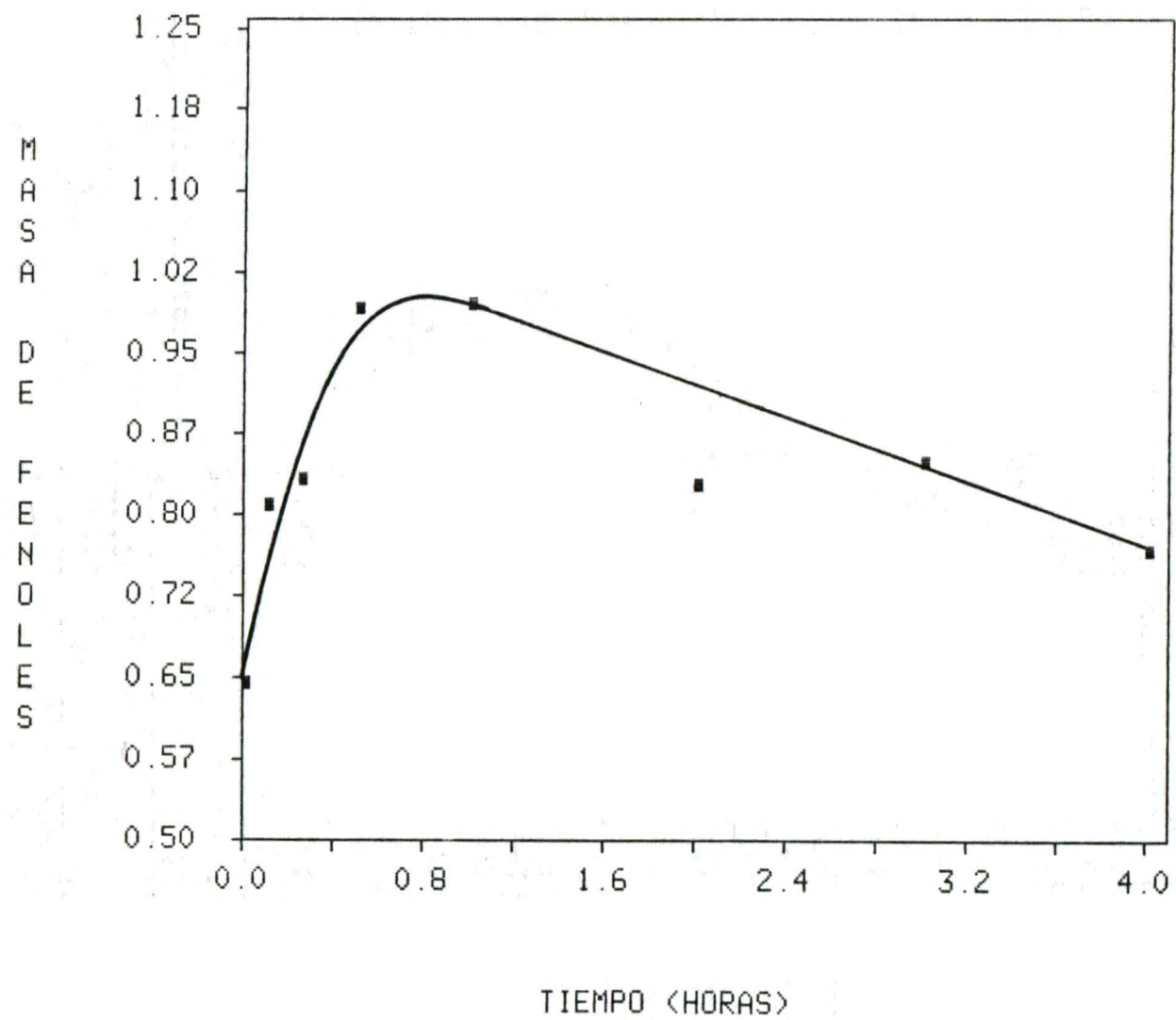


FIGURA 7 EXTRACCION DE LOS FENOLES TOTALES DE LA PULPA
(mg catequina/g muestra húmeda CONTRA tiempo de extracción)

EVALUACION DE AGUACATE

Nombre : _____

Fecha: _____

Muestra: _____

Deguste la muestra y de acuerdo con la escala adjunta, señale su agrado para cada característica, cruzando la línea horizontal con una línea vertical en el punto que mejor describe las características de la muestra. Espere un minuto entre cada muestra, enjuague la boca con agua destilada. Muchas gracias

Apariencia del Fruto

Color

|-----|-----|
Me disgusta mucho Me gusta mucho

Presencia de Manchas

|-----|-----|
Ausentes Pocas Muchas

Forma

|-----|-----|
Me disgusta mucho Me gusta mucho

Textura

|-----|-----|
Suave Duro

Apariencia General

|-----|-----|
Me disgusta mucho Me gusta mucho

Características de la Pulpa

Color

|-----|-----|
Me disgusta mucho Me gusta mucho

Presencia de Hebras

|-----|-----|
Ausentes Pocas Muchas

Sabor Característico

|-----|-----|
Débil Fuerte

Astringencia

|-----|-----|
Débil Fuerte

Madurez

|-----|-----|
Sin Madurez Maduro Sobremaduro

Textura

|-----|-----|
Suave Dura

Agrado General

|-----|-----|
Me disgusta mucho Me gusta mucho