"EFECTO DE LA ULTIMA ETAPA DE LA MADUREZ FISIOLOGICA Y PERIODO DE ABLANDAMIENTO DE PALTAS, Persea americana Miller; CULTIVARES BACON, EDRANOL Y FUERTE, SOBRE SU CONTENIDO DE ACEITE, SU CORRELACION CON EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y LA COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE"

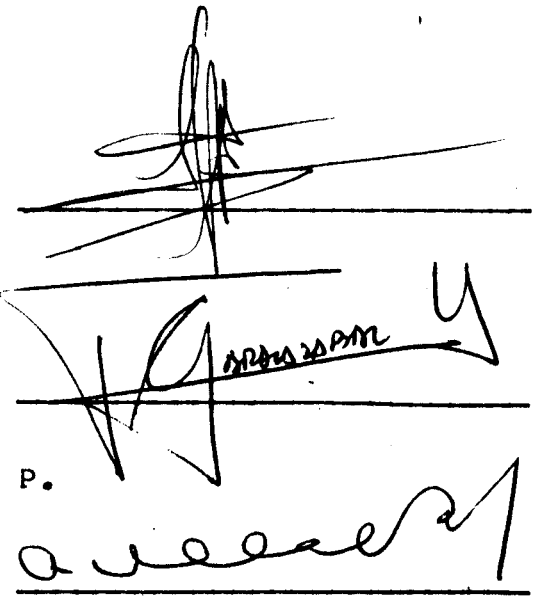
Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.

A P R O B A C I O N

Ing. Agr. JUAN MANRESA M.
Profesor Escuela de Agronomía,
Universidad Católica de Valparaíso

Ing. Agr. FRANCISCO GARDIAZABAL I.
Profesor Escuela de Agronomía,
Universidad Católica de Valparaíso

Ing. Agr. Ph.D. AURELIO VILLALOBOS P.
Profesor Escuela de Agronomía,
Universidad Católica de Valparaíso



INDICE

		Pág.
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	4
	A. Composición química de la palta	4
	B. Variación de la fracción lipídica	9
	C. Relación del contenido de aceite con el contenido de humedad	11
	D. Síntesis de ácidos grasos	12
	E. Alteración de los ácidos grasos	17
	F. Oxidación de los ácidos grasos	18
	G. Problemas en la determinación de ácidos grasos	21
	H. Características del aceite de palta	21
	I. Utilización del aceite de palta	22
III.	MATERIAL Y METODO	24
IV.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	29
	A. Efecto de la madurez fisiológica y del ablandamiento de los frutos, sobre el contenido de aceite	29
	B. Estudio de correlación entre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y el porcentaje de humedad	42
	C. Composición de ácidos grasos del aceite	46
	D. Evolución de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos	47
	E. Evolución de los ácidos grasos, durante la última etapa de la madurez fisiológica	59
V.	CONCLUSIONES	67
VI.	RESUMEN	70
VII.	SUMMARY	73
VIII.	LITERATURA CITADA	75
	ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

1 Efecto de la última etapa de madurez fisiológica y del período de ablandamiento de paltas del cultivar Bacon sobre el contenido de humedad. 36

2 Efecto de la última etapa de madurez fisiológica y del período de ablandamiento de paltas del cultivar Edranol sobre el contenido de humedad. 37

3 Efecto de la última etapa de madurez fisiológica y del período de ablandamiento de paltas del cultivar Fuerte sobre el contenido de humedad. 38

4 Regresión entre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y el contenido de humedad de paltas del cultivar Fuerte, durante la última etapa de la madurez fisiológica. 45

5 Cromatograma de metil ésteres de ácidos grasos, presentes en el aceite de paltas cv. Fuerte. 48

6 Efecto del cultivar, sobre la evolución de los ácidos grasos, durante el período de ablandamiento de los frutos. A. cv. Bacon. B. cv. Edranol. C. cv. Fuerte 56

7 Cromatogramas de metil ésteres de ácidos grasos, presentes en el aceite de paltas, durante el ablandamiento de los frutos, cosechados en Octubre, cv. Edranol 57

8 Cromatogramas de metil ésteres de ácidos grasos, presentes en el aceite de paltas cv. Fuerte, durante el ablandamiento de los frutos, cosechados en Octubre. 58

9 Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica, sobre el contenido de ácidos grasos, medidos en porcentaje de ácidos grasos totales. A. cv Bacon. B. cv Edranol C. cv Fuerte 64

10 Comportamiento de los ácidos grasos, durante la última etapa de la madurez fisiológica de paltas del cultivar Edranol. 65

11 Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica, sobre el contenido de ácidos grasos, medidos en gramos de ácidos grasos en 100 gr de materia seca. A. cv Bacon. B. cv Edranol. C. cv Fuerte 66

INDICE DE TABLAS

1 Correlación entre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y el porcentaje de humedad, en tres cultivares de paltas. 44

2 Comportamiento de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos, del cultivar Bacon, medidos en % de ácidos grasos totales. 49

3 Comportamiento de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos, del cultivar Edranol, medidos en % de ácidos grasos totales. 50

4 Comportamiento de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos, del cultivar Fuerte, medidos en % de ácidos totales. 51

INDICE DE CUADROS

1 Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, en los tres cultivares de paltas 30

2 Efecto del tiempo de ablandamiento, en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, en tres cultivares de paltas 31

3 Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia seca, en los tres cultivares de paltas 39

4 Efecto del tiempo de ablandamiento, en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia seca, en tres cultivares de paltas 41

I. INTRODUCCION

El fruto del palto, Persea americana Miller, se caracteriza desde el punto de vista de su composición química, por su alto contenido de aceite, constituyendo en la pulpa del fruto, un 50 a 75 por ciento de la materia seca y de un 4 a 20 por ciento de la materia fresca (Schwob, 1951).

Este contenido se incrementa a medida que avanza el desarrollo del fruto (Churh y Chace, 1922; Kikuta, 1966) y su máximo depende por una parte, de la raza a que pertenezca el cultivar (Bialo y Young, 1971), del cultivar (Stehl, 1933) y también de las condiciones ecológicas en que crezca el árbol (Stehl, 1933; Wolfe, Toy y Stehl, 1938; Bialo y Young, 1971; Fercini, 1975).

Los principales componentes del aceite son triglicéridos, en que el ácido graso que se encuentra en mayor proporción -entre 67 y 73 por ciento (Mazliak, 1965a)- es el oleico.

Como el aceite de palta puede servir de materia prima para uso industrial en alimentación humana, farmacología o cosmetología (Love, 1944; Fercini, 1975; Oste y Foguet, 1977; Lewis, Morris y O'Brian, 1978), es de interés determinar la variación estacional de su contenido a medida que el fruto llega a su máximo desarrollo y

establecer la variabilidad de los ácidos grasos presentes en el aceite, con el propósito de determinar la época más adecuada de cosecha, para fines agroindustriales. Por otra parte, interesa saber el efecto que ejercen los procesos metabólicos involucrados en la maduración de post cosecha y senescencia del fruto, sobre el contenido de aceite y los ácidos grasos que lo forman, lo que permitiría establecer el límite de vida útil del fruto, para estos fines.

Existe correlación entre el contenido de aceite y el contenido de humedad de paltas (Churh y Chace, 1922; Stehl, 1933; Davemport y Ellis, 1959), además es sabido que durante el período posterior a la cosecha, hay una pérdida de humedad de los tejidos (Biale y Young, 1971). Interesa determinar, entonces, qué sucede con la relación humedad y contenido de aceite, en esta etapa de post cosecha, para proveer el manejo que debería darse a la fruta en el almacenaje, para fines agroindustriales.

Con el objeto de dilucidar estas incognitas, se planteó esta investigación, cuyos objetivos fueron:

- Determinar el contenido de aceite de tres cultivares de palta: Bacon, Edranol y Fuerte; y la variación que experimenta éste, en la última etapa de la madurez fisiológica.

- Determinar el contenido de aceite de los tres cultivares anteriormente mencionados y su variación durante el ablandamiento de los frutos, después de la cosecha.

- Correlacionar el contenido de aceite con el contenido de humedad de los frutos, desde antes de la cosecha y durante el período de ablandamiento.

- Caracterizar la composición de ácidos grasos y su evolución estacional, incluyendo el período de ablandamiento de los frutos.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Composición química de la palta

En 1939, Warlaw (citado por Biale y Young, 1971), determinó que la palta tiene un valor energético tres veces mayor que bananas, con abundante contenido de vitamina A.

Jaffa y Gross (1923) y Wolfe et al. (1955); citados por Biale y Young en 1971, reportaron la composición química de los principales cultivares de palta existentes en California, obteniendo para el cultivar Fuerte, la siguiente composición:

Porción comestible	71,30 %
Humedad	65,70 %
Proteína	1,51 %
Aceite	26,60 %
Azúcares	4,62 %
Cenizas	1,60 %

Nair et al. (1952), citados por Biale y Young en 1971, determinaron que la pulpa de paltas, de la raza Antillana contenía 1,9% de azúcares reductores, 86 a 90 % de humedad y 5,5 a 7 % de aceite,

del cual un 87,5 % son ácidos grasos.

En 1969, los laboratorios Shankman y la Universidad de California, determinan la composición química de la palta, obteniendo los siguientes valores:

Vitaminas	Rango en 100 grs. de pulpa
Tocoferoles	0,8 - 4,2 UI
Acido Ascorbico	4,0 - 13,2 mg
Acido Folico	0,02 - 0,11 mg
Caroteno	370,0 - 870,0 UI
Niacina	1,05 - 2,42 mg
Piridoxina	0,19 - 0,26 mg
Tiamina	0,08 - 0,13 mg
Riboflavina	0,08 - 0,16 mg
Biotina	2,3 - 4,2 mg
Colina	12,0 - 22,2 mg
Acido pantoténico	0,78 - 1,20 mg
Minerales	
Magnesio	18,0 - 87,0 mg
Hierro	0,5 - 2,7 mg
Fósforo	25,0 - 55,0 mg

Calcio	7,0	-	15,0 mg
Potasio	410,0	-	1010,0 mg
Sodio	6,0	-	18,0 mg
Cobre	0,16	-	0,40 mg
Manganeso	0,08	-	0,9 mg

Contiene también trazas de: silice, boro, aluminio, litio, titanio, cromo, niquel y plata.

En 1979, Hermann Schmidt-Hebbel, en la Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos, analizando la composición química de la palta, determina que esta posee 180 calorías en 100 gramos de pulpa, además obtuvo un contenido de 20 microgramos de retinol.

1. Constitución lipídica del fruto

Schwob (1951), indica que los lípidos constituyen en la pulpa de la palta un 50 a 75 por ciento de la materia seca y de un 4 a 20 por ciento de la materia fresca, variando según los cultivares.

Mediente un completo estudio de los lípidos de paltas, cultivares Fuerte y Hass, en huertos de California, Kikuta en 1968,

(citado por Biale y Young, 1971), separó mediante cromatografía en ácido silícico, obteniendo los siguientes componentes, para paltas del cultivar Fuerte:

Categoría de lípidos	Porcentaje Peso Fresco
Acidos grasos libres	0,10
Triglicéridos	19,96
Diglicéridos	1,29
Monoglicéridos	0,78
Fosfolípidos	0,39
Otros	0,28

Kikuta en 1968, (citado por Biale y Young, 1971), encontró en el aceite extraído del mesocarpo de paltas; hidrocarburos, triglicéridos, ácidos grasos libres, diglicéridos (dos clases de isómeros: 1,3 diglicérido y 1,2 diglicérido), monoglicéridos, también encontró glicolípidos y fosfolípidos como el ácido fosfatídico, el fosfatil-glicido, la fosfatiletanolamina, el fosfatidil-inositol y la fosfatidilcolina. Existiendo en cada una de estas categorías de lípidos, diferentes proporciones de ácidos grasos (en su mayoría ácido oleico). En los fosfolípidos el ácido graso predominante es el palmítico.

2. Ácidos grasos de la fracción lipídica

Lime (1969), determinó que sobre un 98 por ciento de los ácidos grasos están en los lípidos neutros, mientras que el 1,5 por ciento está en la fracción de fosfolípidos y sólo un 0,14 por ciento son ácidos grasos libres. La proporción de ácidos grasos insaturados: saturados es de 0,74 (según análisis de los laboratorios Shankman, 1968).

En 1965, Mazliak determinó los ácidos grasos de la fracción comestible, obteniendo los siguientes valores:

Ácido graso	Porcentaje de los ácidos grasos totales
Ácido palmítico	13,0 a 16,7
Ácido palmitoleico	3,0 a 5,1
Ácido oleico	67,0 a 72,8
Ácido linoleico	10,4 a 11,3
Ácido linolenico	tr a 1,5

Mazliak (1965a) examinó la composición de la cera cuticular de paltas del cultivar Fuerte, mediante cromatografía Gas-líquido, encontró en cantidades trazas de algunos ácidos, alcoholes y parafinas, mientras que los principales componentes son los siguientes

ácidos grasos:

Acido graso	Porcentaje de los ácidos grasos totales
Acido palmítico	11,0
Acido oleico	33,06
Acido cerótico	20,80
Acido behénico	3,00
Ácido lignocérico	15,50

En 1971, Mazliak analizó los ácidos grasos derivados de la hidrólisis de los lípidos, extraídos de las tres regiones del pericarpio (exocarpo, mesocarpo y endocarpo) y de la semilla, obtuvo los siguientes valores, en porcentaje de los ácidos grasos totales:

Acido graso	Exocarpo	Mesocarpo	Endocarpo	Semilla
C: 14-0	tr	tr	tr	0,5
C: 16-0	12 a 22	13 a 16,5	13 a 20	22
C: 16-1	2,5 a 5,5	3 a 5,1	5 a 7,3	3,2
C: 18-0	tr	tr	tr	0,6
C: 18-1	59 a 69,5	67 a 73	62 a 70	25
C: 18-2	11,6 a 14,5	10,4 a 11,3	10,1 a 12	41,5
C: 18-3	1,2 a 2,3	tr a 1,5	tr a 1,2	5,1
C: 20-0	tr a 0,3	tr	tr	tr
C: 22-0	tr	-	-	-
C: 24-0	tr	-	-	-

B. Variación de la fracción lipídica

Church y Chace (1922) estudiaron los cambios en el contenido de aceite de 8 cultivares de palta, durante las temporadas 1919-20 y 1920-21, desde Septiembre a Mayo en California; los niveles de aceite en el mesocarpo, aumentaron de 7 a 30 por ciento en base al peso fresco, mientras que el peso de la fruta, aumentó de 250 a 450 gramos.

Kikuta en 1968, (citado por Biale y Young, 1971), midió los cambios en las categorías de lípidos durante el desarrollo de paltas del cultivar Fuerte. En el mes de Septiembre, cuando la fruta pesaba alrededor de 100 gramos, los fosfolípidos, ácidos grasos libres y los niveles de hidrocarburos permanecían inalterables; medidos en base al peso fresco, la fracción de monoglicéridos aumenta en gran medida, todos los cambios en la composición de ácidos grasos se producen en la fracción de triglicéridos. Además midió los cambios en la distribución de los ácidos grasos en los lípidos durante el desarrollo del fruto. El ácido linolénico no cambia una vez cumplido con el período de desarrollo, los ácidos palmítico, palmitoleico y linoleico aumentan lentamente, mientras que el mayor cambio se produce en el ácido oleico, que experimenta un gran aumento.

El contenido de aceite en las paltas, se ve afectado por varios factores, entre ellos: el cultivar (Stehl, 1933), las condiciones ecológicas en que crezca el árbol (Fersini, 1975), el estado de desarrollo (Church y Chace, 1922). En 1971, Biale y Young determinaron que las tres razas de paltas difieren marcadamente en el contenido de aceite. Las variedades Antillanas tienen un nivel más bajo con 4 a 7 por ciento, las variedades Guatemantecas presentan un contenido de aceite entre un 10 a 13 por ciento y las variedades Mexicanas tienen contenidos de aceite entre 10 a 19 por ciento en México y 15 a 25 por ciento en California.

C. Relación del contenido de aceite con el contenido de humedad

Church y Chace (1922), Stehl (1933), Davenport y Ellis (1959), al igual que muchos otros investigadores, determinaron que el incremento en el contenido de aceite del pericarpio, en el curso del desarrollo del fruto, se acompaña de una caída del contenido de agua.

Hughes en 1971, sugirió la relación: porcentaje de aceite más porcentaje de humedad es igual a una constante; aproximadamente 91 para paltas del cultivar Fuerte; Pearson bosquejó una relación similar para paltas en Israel y Sudáfrica en 1975, (citados por Swarts, 1979).

Posteriormente, Swart en 1978, calcula el contenido de aceite, determinando el porcentaje de humedad, restándolo de una constante, propia para cada cultivar. Estas son las siguientes:

Cultivar	Constante
Fuerte	89,8
Hass	87,8
Edranol	90,9
Zutano	90,7

D. Síntesis de ácidos grasos

La formación de aceite, depende del rompimiento del material hidrocarbonado a acetato, seguida de una síntesis de ácidos grasos desde el acetato, existiendo una disminución de la cantidad de azúcares almacenada en la pulpa de palta, mientras que el contenido de aceite aumenta, durante el crecimiento y desarrollo del fruto (Bean, 1958).

Stumpf y Barker (1957) y Stumpf (1961); citados por Lehninger, 1976, observaron en mitocondrias extraídas de paltas, que al incorporar acetato-C_{14} en presencia de ATP, Mn^{+2} y CoA, se sintetizaba ácido palmítico y oleico. Conjuntamente, Squires et al. (1958), encontraron

que un extracto soluble de mitocondrias podía formar ácidos grasos de cadena larga, a partir de acetato, si se agrega CO_2, ATP, Mn^{+2} y CoA. En cambio, Barron et al., reportaron en 1961, que si se abastece con malonil-CoA no es necesaria la presencia de CO_2, ATP y CoA para la síntesis de palmitato.

Stumpf (1963), citado por Biale y Young, 1971; incorporó acetil-CoA y malonil-CoA a los lípidos de partículas citoplasmáticas del mesocarpo de la palta. Se observó una incorporación importante de malonato-C_{14} en los ácidos esteárico y palmítico y de acetato-C_{14} en los ácidos palmítico, esteárico, oleico y un ácido de cadena larga polar, de naturaleza desconocida.

El largo de la cadena de los ácidos grasos sintetizados por varias Acido Graso Sintetasas, está en función de la concentración y actividad de una extensa variedad de sustratos, cofactores y enzimas. Así, es improbable que la función de control del largo de la cadena de ácidos grasos pueda ser atribuída a la actividad de una simple enzima. En muchos organismos, las acil-hidrolasas han sido propuestas como elementos de control en determinar el largo de la cadena de los ácidos grasos sintetizados; Huang y Stumpf (1971), citados por Conn y Stumpf en 1974, Flick y Bloch (1974); Agradi, Libertini y Smith (1976), citados por Lehninger (1976).

Debido a que los principales ácidos grasos en la mayoría de los vegetales son los ácidos insaturados de 18 átomos de carbono, se puede garantizar la biosíntesis de estos ácidos por un determinado mecanismo. Se sugiere que el predominio de estos ácidos grasos (oleico, linoleico y linolenico) es el resultado de una acción coordenada de una serie de sistemas enzimáticos, todos empleando A.C.P. como un tioester; Ohlrogge, Shine y Stumpf (1978).

Así, la síntesis de palmitoil-ACP de acetil-ACP y malonil-ACP, la conversión específica de palmitoil-ACP a esteril-ACP por la palmitoil-ACP elongasa a oleil-ACP por esteril-ACP desaturasa y la hidrólisis específica de oleil-ACP a ácido oleico libre por la acil-ACP hidrolasa, garantiza la formación de ácido oleico, el cual puede luego convertirse a oleil-CoA por modificaciones adicionales. Por lo tanto, la terminación de la cadena en la biosíntesis de ácidos grasos en los vegetales puede resultar de la especificidad de cada una de las enzimas, las cuales actúan de acuerdo para asegurar la predominancia de ácidos grasos de 18 átomos de carbono en la mayoría de los vegetales; Ohlrogge, Shine y Stumpf (1978).

También ocurre que en los vegetales con diferencias marcadas en el largo de la cadena del principal ácido sintetizado, se ha visto

acil-ACP hidrolasa específica para oleato, lo que demuestra lo intrigante del mecanismo; Chirogge, Shine y Stumpf (1978), además investigando otros mecanismos de la cadena, encontraron diferencias en la composición de ácidos grasos.

1. Factores que influyen en la síntesis de ácidos grasos

Mudd y Stumpf en 1961, citados por Biale y Young (1971), estudiaron los factores de importancia en la determinación de la clase de ácidos grasos sintetizados por el sistema mitocondrial. Ellos mostraron que existían cuatro factores que pueden influir en la proporción de ácidos saturados e insaturados formados: 1) pH, cuando las mitocondrias fueron suspendidas a pH 7,4 se formó una gran cantidad de ácido oleico, a pH 9 se sintetizan ácidos saturados. 2) Temperatura, a 25 ºC el 72 por ciento del total de ácidos grasos sintetizados, de acetato-C_{14} fué ácido palmítico y el 27 por ciento fué ácido esteárico, a 46 ºC la distribución fué de 38 por ciento de ácido palmítico, 24 por ciento de ácido estearico y 38 por ciento de ácido oleico. 3) Oxígeno, el oxígeno afectó marcadamente la síntesis de ácidos grasos; Stumpf y sus colaboradores en 1963 (citados por Biale y Young, 1971), mostraron que el sistema enzimático extraído del mesocarpo de la palta no sintetizaba los ácidos insaturados en ausencia de oxígeno,

por lo tanto exige absolutamente a este elemento para realizar la síntesis de ácido oleico, también fué mencionado por Mazliak en 1971.

4) Dilución, una suspensión diluída de mitocondrias favoreció la formación principalmente de oleato, mientras que suspensiones densas, producían ácidos saturados. Ambos factores, alta temperatura y suspensiones diluídas, permiten probablemente un mejor abastecimiento de oxígeno en la suspensión. Estos resultados sugieren que oleato podría ser derivado de ácidos grasos saturados por una conversión aeróbica.

Mazliad (1965b), estudió los cambios en los ácidos grasos de los lípidos hidrolizados, en respuesta a la atmósfera de almacenaje. Una atmósfera con alto contenido de dioxido de carbono y bajo contenido de oxígeno tiende a causar un incremento en la cantidad de ácido palmítico y palmitoleico y una disminución en el porcentaje de ácido oleico. Encontrándose un mayor efecto, al disminuir el contenido de oxígeno en la atmósfera de almacenaje a 1,5 por ciento, que al incrementar el dioxido de carbono de 5 a 7 por ciento, Simon et al., (1967), citado por Mazliak, (1970), sugirieron que es probable una desaturación aerobica del estearil-ACP, de un alza del contenido de ácido oleico. La ACP es una proteína termoestable que ha recibido el nombre de proteína ACILTRANSPORTADORA, debido a que su función es servir como transportadora de acilos.

2. Lugar de síntesis

La síntesis de ácidos grasos de acetato ocurre en los cloroplastos u otras partículas con igual velocidad de sedimentación, y la ruptura de estas partículas, produce un alza en la síntesis de ácidos grasos en la fracción de citoplasma y mitocondrias, Weaire y Kekwick (1970).

E. Alteración de los ácidos grasos

Holman (1949), determinó que cuando caroteno era disuelto en etil linoleato y expuesto a oxígeno, el 90 por ciento del linoleato permanecía cuando el caroteno se oxidaba.

Blain et al. (1962, 1963) y Snearer et al. (1966), estudiaron la oxidación de caroteno y linoleato en geles de agar. La mayoría de las partes de los antioxidantes prolongó la inducción de beta-caroteno. La actividad de la mayor parte de los anti-oxidantes fué incrementada por la adición de metil linoleato a ácido linoleico en un sistema de gel de beta-caroteno. El efecto antioxidante de los carotenos en los ácidos grasos insaturados es mencionado por Verne (1936), Harisset (1949) y Blain et al. (1963); citados por Lime en 1969.

F. Oxidación de los ácidos grasos

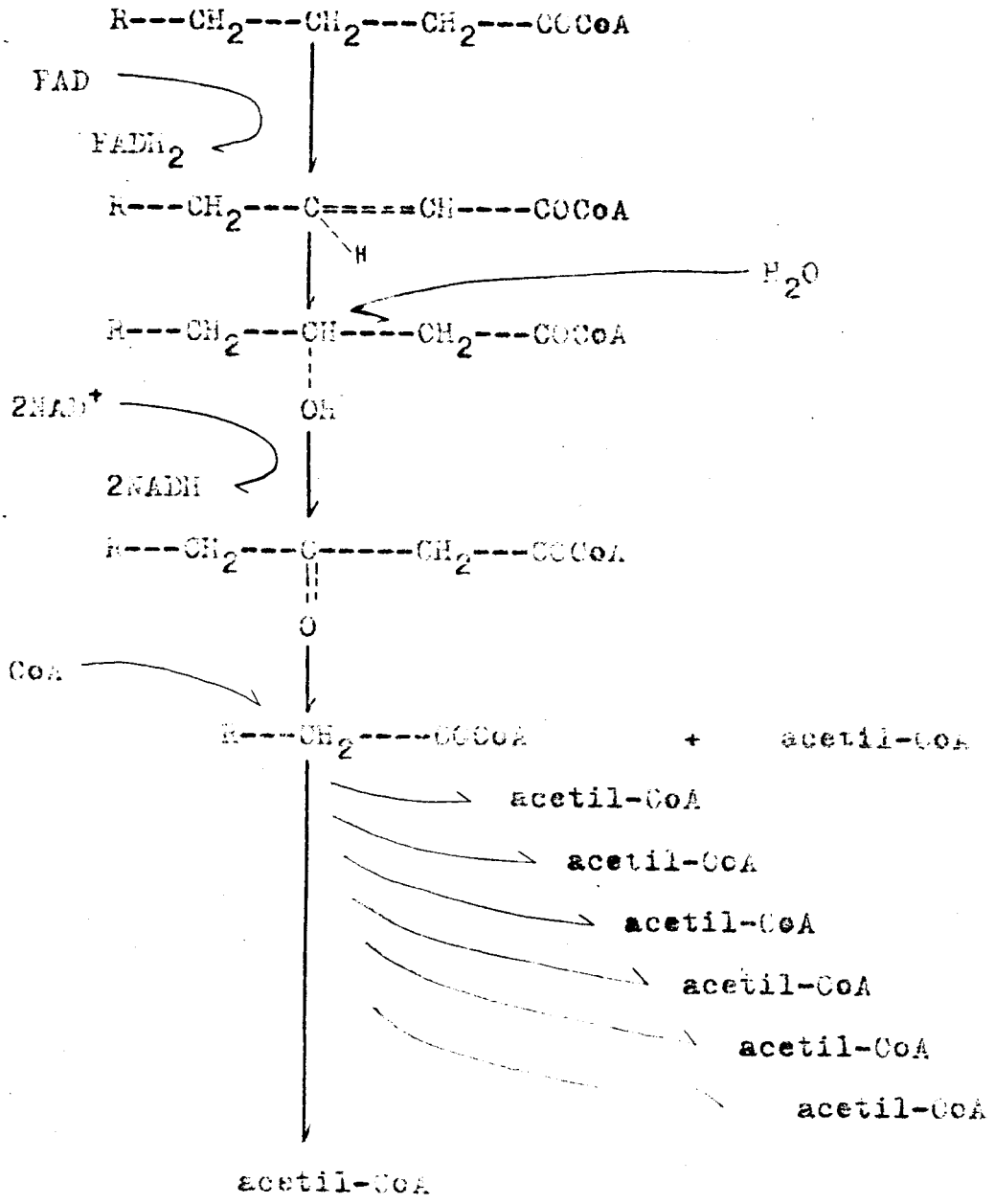
Antes de experimentar su oxidación, los ácidos grasos de cadena larga, presentes en el citosol deben sufrir una activación enzimática muy compleja, seguida del transporte a través de las membranas mitocondriales hasta el compartimiento principal. Allí, el grupo acil-graso es transferido al coenzima-A intramitocondrial, rindiendo un tioéster del acil-graso-CoA. La subsiguiente oxidación de este último, se verifica por completo en la matriz mitocondrial. El acil-graso-CoA se deshidrogena por eliminación de un par de átomos de hidrógeno procedentes de los átomos de carbono alfa y beta (átomos 2 y 3) para dar el alfa-beta-$\#^2$-acilo-insaturado-CoA. Este se hidroliza después enzimáticamente para formar un beta-hidroxiacil-CoA, que a su vez se deshidrogena en la etapa siguiente para dar el beta-cetoacil-CoA. Este experimenta después una escisión enzimática por reacción con una segunda molécula de CoA. Uno de los productos es el acetil-CoA derivado de los átomos 1 y 2 de la cadena del ácido graso original y el otro es un acil-CoA del ácido graso saturado de cadena larga, con dos átomos de carbono menos que el ácido graso original, que se convierte entonces en el sustrato de otra ronda de reacciones que comienza en la primera etapa de deshidrogenación y finaliza con la eliminación

de un segundo fragmento de dos átomos de carbono en forma de acetil-CoA.

En cada vuelta de esta espiral, la cadena del ácido graso pierde un fragmento de dos átomos de carbono en forma de acetil-CoA. Los átomos de hidrógeno eliminados durante la deshidrogenación del ácido graso se incorporan a la cadena respiratoria; a medida que los electrones pasan al oxígeno molecular a través del sistema citocrómico, se va produciendo la fosforilación oxidativa del ADP y ATP. El acetil-CoA formado como producto del sistema de oxidación del ácido graso se incorpora al ciclo de los ácidos tricarboxilicos (Lehninger, 1978).

Secuencia oxidativa del ácido palmítico.

(Lehninger, 1978).



G. Problemas en la determinación de ácidos grasos

Un factor importante que trae consigo variaciones significativas en los niveles de ácidos grasos obtenidos es el método análítico empleado. Cuando Hilditon h Williams en 1964, estudiaron los ácidos grasos de los lípidos de la palta, obtuvierondiferencias en la composición y atribuyen estas más al método analítico empleado en la determinación que al medio ambiente.

H. Características del aceite de palta

Eckey en 1954, estudiando las propiedades químicas y físicas del aceite, extraído de una gran cantidad de cultivares de paltas, obtuvo las siguientes características:

Indice	Valor mínimo	Valor máximo
Acidos titulable	1	7
Indice de Saponificación	177	198
Indice de Iode	71	95
Valor Tiocianogeno (valor iodo)	87,2	71,8
Indice Hidroxilo	8	10
Valor Reichert Meissl	1,7	15,9
Valor Polenske	0,2	8,0

Porcentaje Insaponificable	0,8	1,6
Indice Refracción nD 40ºC	1,461	1,465
Gravedad Específica 20-25 ºC	0,910	0,916
Punto de Solidificación ºC	7	9

La C.T.F.A. (The Cosmetic Toiletry and Fragrance Association, Inc.), en 1972, define el aceite de palta o Alligator Pear Oil, como un líquido claro, untuoso, amarillo o verde, obtenido por presión de trozos deshidratados de pulta de paltas; consiste principalmente en glicéridos de ácido oleico, linoleico, esteárico, palmítico, palmitoleico, linolenico y cantidades trazas de ácidos miristico y araquidónico. Es poco soluble en agua y alcohol y es miscible en eter, cloroformo y benceno.

I. Utilización del aceite de palta

Oste y Foguet (1977), establecen posibles usos del aceite de palta en farmacología, en preparaciones de cosméticos y en su consumo directo en la alimentación humana.

Lewis, Morris y O'Brian en 1978, determinan que el aceite de palta es usado comercialmente como cosmético y tiene un valor

nutritivo alto, con propiedades como fuente de energía, vitaminas y lípidos insaturados, que pueden ser tomados *in situ* para disminuir los niveles de colesterol en la sangre. El nivel de aceite en la pulpa de paltas, también puede ser usado como base para un índice de madurez (Lewis, 1978), aunque Young y sus colaboradores (1980), le asignan poca validez, por la gran variación que presenta y debido a que está poco relacionado con factores que demuestran que la fruta está madura, como son: sabor, apariencia y textura. Sin embargo, por no existir otros indicadores de madurez, se sigue utilizando el contenido de aceite de los frutos.

El aceite de palta es usado en la industria de cosmeticos, debido a que presenta un alto contenido de ácidos grasos insaturados, presenta una gran cantidad de vitaminas liposolubles, tiene facilidad para formar emulciones, facilidad de penetración por la piel, tiene una gran untuosidad, no forma sedimentos resinosos, espectro de absorción máximo a 400 mu además que presenta antioxidantes naturales (Love, 1949; Eckey, 1954; Montano, Luh y Smith, 1962).

III. MATERIAL Y METODO

A. Descripción del ensayo

El material de trabajo para realizar esta investigación se obtuvo de la Estación Experimental "La Palma", de la Escuela de Agronomía, de la Universidad Católica de Valparaíso; ubicada en La Palma, provincia de Quillota en la Quinta Región.

Los análisis químicos fueron hechos en los laboratorios del Departamento de Química de la Universidad de Chile en Valparaíso.

El ensayo consistió en determinar el contenido de aceite y nivel de ácidos grasos presentes en tres cultivares de paltas, durante el término de la madurez fisiológica y durante el ablandamiento de los frutos. Los cultivares empleados fueron Bacon, Edranol y Fuerte.

La recolección de las muestras se realizó mes a mes, cosechando durante la primera semana de cada mes. La época de cosecha para paltas del cultivar Bacon fué Julio y Septiembre. Para el cultivar Edranol, se cosecharon muestras en Octubre, Noviembre y Diciembre; finalmente para el cultivar Fuerte la cosecha se realizó en los

meses de Julio, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre de 1979.

El muestreo consistió en tomar una muestra de 20 kilogramos de paltas, en cada cosecha, recolectándose frutos en todo el árbol, elegido previamente al azar. Una vez obtenidas las muestras, se procedió a separarlas en cuatro grupos de 5 kilogramos cada uno, con paltas tomadas al azar; para efectuar las mediciones correspondientes al ablandamiento de los frutos; analizando primeramente el mismo día en que se cosecharon (día cero), posteriormente se realizaron análisis a los 7, 14 y 21 días de realizada la cosecha. Cada uno de estos grupos en que se dividieron las muestras, fueron almacenados en una bodega simulando las condiciones normales de almacenaje para esta fruta en la zona, es decir, sin aplicar una tecnología específica.

3. Diseño y análisis estadístico

El diseño estadístico empleado fué completamente aleatorizado, utilizando en las determinaciones químicas un total de tres repeticiones.

Se empleó un análisis factorial, para determinar el efecto que producen sobre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de

la materia fresca y el contenido de humedad, durante la última etapa de la madurez fisiológica y el ablandamiento de los frutos. Se determinó la ecuación de regresión y se realiza el análisis de varianza, según la Tabla de F, con una probabilidad de 0,05.

C. Determinaciones Fisicoquímicas efectuadas en las muestras

En cada grupo, se tomaron al azar tres paltas, se limpiaron y cada una se pesó, posteriormente se pelaron, pesándose separadamente la piel, la semilla y la pulpa de cada palta. A la pulpa obtenida de cada palta, se le determinó el contenido de humedad. Con el resto de la pulpa se procedió a determinar el contenido lipídico.

El contenido lipídico de cada palta, se determinó, utilizando el método descrito por Bligh y Dyer (1959). Este método consistió en un tratamiento de una parte de pulpa estandarizada a un 80 por ciento de humedad con tres partes de una mezcla de cloroformo-metanol 1 : 2, adición posterior de una parte de cloroformo, homogenización, dilución con una parte de agua destilada, centrifugación a 8000 rpm, separación del sobrenadante, adición a éste de cloroformo, centrifugación, filtración y evaporación total del solvente. El aceite extraído de cada palta, se deposita en un tubo de ensayo, el cual es

sellado e identificado y luego se almacena bajo completa oscuridad.

De las tres paltas a las cuales se le determina el contenido de lípidos totales, solamente los lípidos de una palta son analizados mediante Cromatografía Gas-líquido, eligiendo en forma aleatoria la muestra de aceite que será analizada. El método para preparar los metil ésteres de ácidos grasos consistió en una rápida saponificación, seguida de una esterificación con metanol, utilizando como catalizador, trifloruro de boro.

La separación de los metil ésteres de ácidos grasos, se realizó, inyectando un microlitro de metil ésteres de ácidos grasos disueltos en eter de petroleo, en una columna de dietilénglicol succinato (D.E.G.S.), de 5' x 1/8" s.s., al 20 por ciento en Chromosorb W 60/80, utilizando para el análisis un Cromatógrafo (Varian Aerograph) modelo 2740, equipado con detector de ionización de llama de hidrógeno y un registrador Shimadzu modelo R-12 M. Las condiciones fueron las siguientes: Presión 10 psi., Temperatura 150 ºC/ise, Velocidad de la carta 0,20 cm/min., Atenuación entre 32 a 128 x 10^{-11}, Gas eluyente: Nitrógeno.

El análisis de los cromatogramas se realizó en dos etapas:

primeramente se hizo la identificación de los ácidos grasos, mediante la inyección de patrones en función de la información bibliográfica. En segundo lugar se realizó la cuentificación de los ácidos grasos, mediante la integración del área del peak, con esto se determina el contenido relativo en porcentaje de ácidos grasos totales. Los patrones de ácidos grasos utilizados fueron los siguientes: ácido palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico, araquidénico y ácido behénico.

IV. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

A. Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica y del ablandamiento de los frutos, sobre el contenido de aceite de paltas cultivares: Bacon, Edranol y Fuerte.

1. Análisis del contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca.

En el Cuadro 1, se observan los resultados obtenidos del contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, de los tres cultivares de paltas analizados, durante la última etapa de la madurez fisiológica. Paltas del cultivar Bacon, no registran un incremento estadisticamente significativo en el contenido de aceite, desde Julio a Septiembre, alcanzando al final del periodo muestreado un contenido de 14,26 por ciento.

Paltas del cultivar Edranol, presentan en cambio una condición diferente, al registrar un alza significativa en el contenido de aceite, desde Octubre a Noviembre, manteniéndose sin aumentar significativamente hasta Diciembre, donde alcanzan un 16,81 por ciento.

En relación a paltas del cultivar Fuerte, el contenido de

aceite, desde Julio hasta Septiembre no registra un alza significativa, alcanzando en Septiembre un 20,36 por ciento, desde Septiembre a Octubre en cambio aumenta significativamente llegando a un 24,36 por ciento, luego hasta Diciembre el contenido de aceite se mantiene sin aumentar significativamente.

CUADRO 1 - Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, en los tres cultivares de paltas.

Cultivar(1)	Madurez fisiológica (meses)					
	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Bacon	13,54a(2)	-	14,26a	-	-	-
Edranol	-	-	-	10,57a	14,22b	16,81b
Fuerte	18,50a	-	20,36a	24,36b	27,82b	27,98b

(1) Los valores son el promedio de 12 repeticiones.
(2) Las medias acompañadas por la misma letra, para cada cultivar no son significativamente diferente, según Test de Tukey P = 0,05.

Se observa en el Cuadro 1, que paltas de los cultivares Edranol y Fuerte, presentan un alza significativa del contenido de aceite, mientras que paltas del cultivar Bacon no registran un incremento significativo, posiblemente esto es debido al pequeño periodo muestrea-

do c también puede ser una característica del cultivar, donde una vez que alcanza un determinado contenido de aceite, no experimenta nuevas alzas significativas. El aumento significativo en el contenido de aceite que se registra en los cultivares Edranol y Fuerte, está de acuerdo a lo establecido por varios investigadores, que durante el transcurso de la madurez fisiológica se produce una acumulación de aceite en las células del pericarpio de paltas (Church y Chace, 1922; Kikuta, 1968). Alcanzando las paltas diferentes valores, según el cultivar que sean (Stehl, 1933) y también según las condiciones ecológicas en que creció el árbol (Biale y Young, 1971), (Fersini, 1975).

En relación al ablandamiento de los frutos, en el Cuadro 2, se presentan los resultados del contenido de aceite.

CUADRO 2 - Efecto del tiempo de ablandamiento, en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, en tres cultivares de palta.

Cultivar[1]	% Ablandamiento (días)			
	0	7	14	21
Bacon	13,90a[2]	14,63a	14,94ab	15,56b
Edranol	11,84a	13,23ab	14,64ab	15,77b
Fuerte	20,85a	22,54a	24,54ab	26,67b

(1) Los valores son promedios de 6 repeticiones para Bacon, 8 para Edranol y 15 para Fuerte.
(2) Las medias acompañadas por la misma letra, para cada cultivar no son significativamente diferente, según Test de Tukey P = 0,05.

El ablandamiento de los frutos demostró tener influencia sobre el contenido de aceite de paltas de los tres cultivares, produciéndose un alza significativa en el contenido, solamente al final del período de ablandamiento de los frutos, esto es a los 21 días de realizada la cosecha.

El nivel de aceite en la pulpa de paltas, generalmente aumenta en un 10 por ciento de su nivel (Lewis, 1978), durante el proceso de maduración de post cosecha, pero el aumento varía entre las frutas y ocasionalmente pequeñas disminuciones han sido observadas, Stehl, 1933; Hatton, 1964; Leittman, 1972, (citados por Lewis, en 1978).

El incremento del contenido de aceite que se produce en el período de ablandamiento de los frutos puede ser debido a una pérdida del contenido de humedad de los frutos (Lewis, 1978) y no a un proceso de síntesis de ácidos grasos (Mazliak, 1970). Biale y Young (1971), establecieron que se produce una pérdida de agua desde los tejidos de los frutos, cuando son cosechados, debido a que se produce un cambio en la concentración de agua en la pulpa durante la maduración de post-

cosecha, generalmente este cambio en la concentración de agua es más pequeño que el cambio en el contenido de aceite (Stehl, 1933; Hatton, 1934 y Littman, 1972; citados por Lewis en 1978).

En 1959, Davenport y Ellis estudiaron el incremento de aceite, durante el desarrollo del fruto, mediante la examinación de microfotografías observaron que el aceite se acumula en gotas, en las vacuolas celulares, estas gotas son de 0,5 a 20 micrones de diámetro (Schroeder, 1966). Posteriormente, a medida que se incrementa el contenido de aceite en las células, sugirieron que las gotas de aceite empujan a las moléculas de agua, fuera de las vacuolas, produciendo con esto una distorción de los valores obtenidos para el contenido de aceite, medido en base a la materia fresca, debido a una pérdida de agua que se registra durante el desarrollo de los frutos, de igual forma durante el ablandamiento de los frutos.

A modo de tener una idea más clara sobre la evolución del contenido de humedad en los cultivares estudiados, tanto a través de la última etapa de la madurez fisiológica como durante el ablandamiento de los frutos, se presenta a continuación las tendencias gráficas para cada caso.

En la Figura 1, se observa la variación que se produce en el porcentaje de humedad, durante la última etapa de la madurez fisiológica y en el ablandamiento de paltas del cultivar Bacon. Ambos factores, madurez fisiológica y ablandamiento de los frutos, influyen disminuyendo el contenido de humedad.

Paltas cosechadas en el mes de Julio presentan un 77,92 por ciento de humedad, disminuyendo a un 76,64 por ciento en Septiembre. Igualmente, durante el ablandamiento de los frutos, se produce una fuerte deshidratación, disminuyendo en Julio, desde un 77,92 por ciento, en los frutos analizados en el momento de la cosecha, hasta un 73,48 por ciento a los 21 días de cosechados los frutos. En septiembre, el porcentaje de humedad baja desde un 76,64 por ciento, en el momento de la cosecha, hasta un 73,37 por ciento, después de transcurridos 21 días del ablandamiento de los frutos.

El comportamiento que presenta el contenido de humedad en el cultivar Edranol, durante la última etapa de la madurez fisiológica y en el ablandamiento de los frutos, es presentado en la Figura 2.

En la última etapa de la madurez fisiológica, se produce una caída del porcentaje de humedad, desde un 84,50 por ciento, en paltas

cosechadas en Octubre, hasta alcanzar en el mes de Diciembre un 77,89 por ciento. Durante el ablandamiento de los frutos, se produce una deshidratación de éstos, produciéndose en Noviembre la mayor pérdida de humedad, llegando a un 72,31 por ciento de humedad, a los 21 días de cosechados los frutos. Esta mayor deshidratación que se produce durante el ablandamiento de los frutos cosechados en Noviembre, podría ser causada por una alteración de las condiciones del almacenaje.

En la Figura 3, se observa la variación que se presenta en el contenido de humedad, en paltas del cultivar Fuerte, durante la última etapa de la madurez fisiológica y en el ablandamiento de los frutos.

Paltas del cultivar Fuerte, sufren una disminución del porcentaje de humedad, durante la última etapa de la madurez fisiológica (comprendida entre los meses de Julio a Diciembre), desde un 76,00 por ciento en los frutos cosechados en Julio, hasta un 61,94 por ciento, en frutos cosechados en Diciembre. Durante el ablandamiento de los frutos, se produce una disminución del contenido de humedad, se observa que en paltas cosechadas en Septiembre, desde un 69,0 por ciento, al momento de la cosecha, se llega a un 63,0 por ciento a los 21 días de cosechados los frutos.

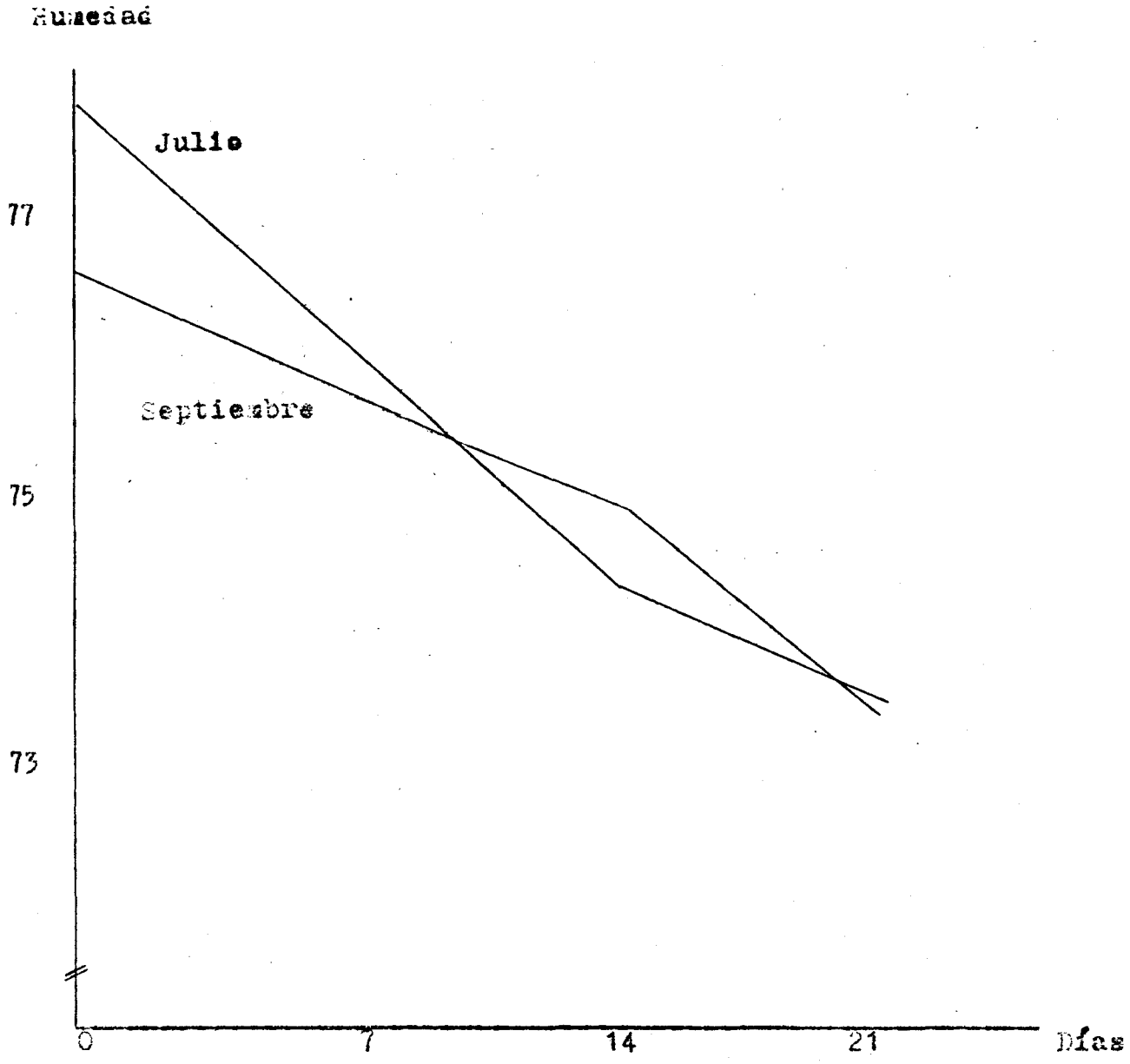


Figura 1. Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica y del periodo de ablandamiento de paltas del cultivar Hacon, sobre el contenido de humedad.

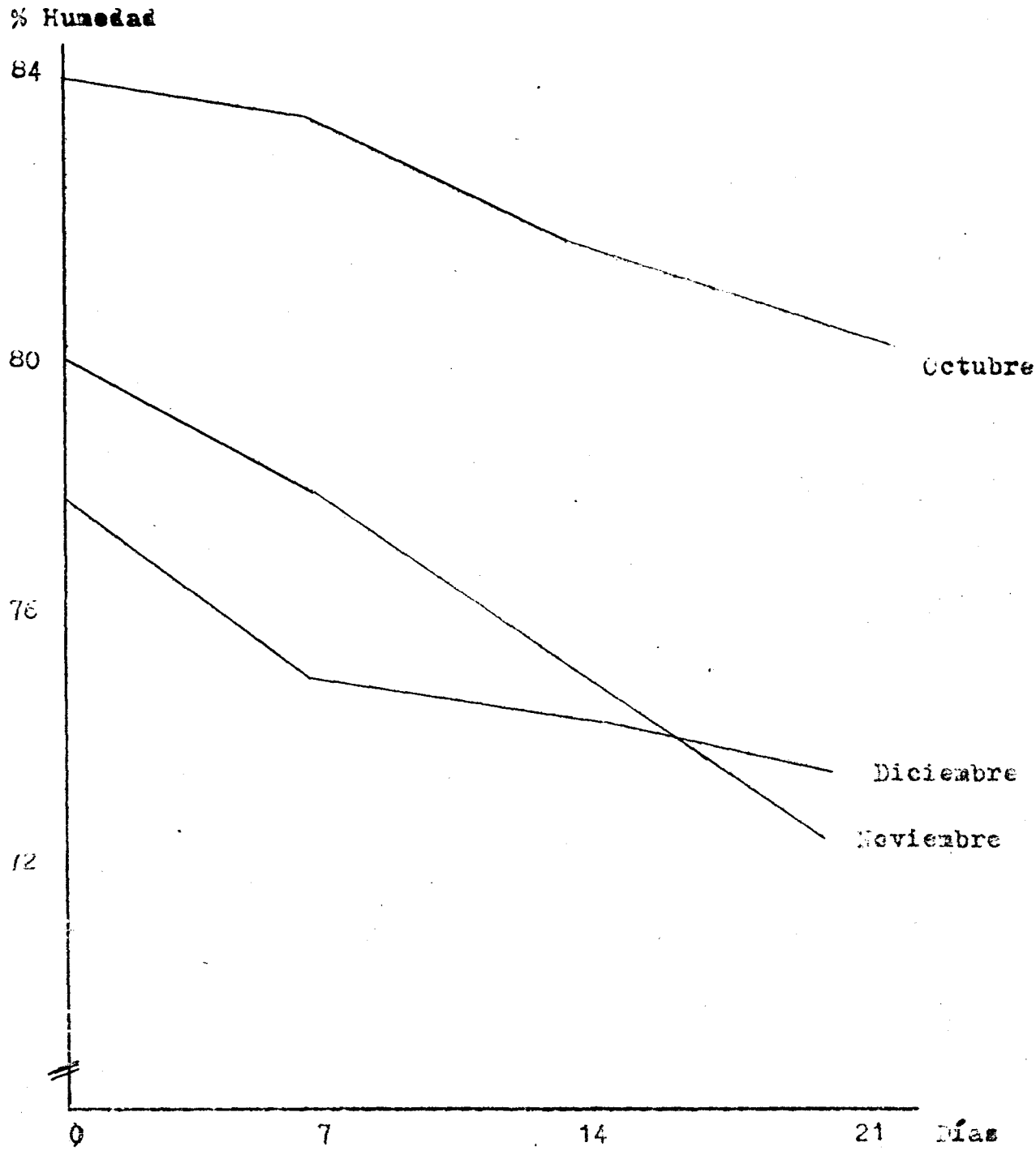


Figura 2. Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica y del periodo de ablandamiento de paltas del cultivar Hdrancl, sobre el contenido de humedad.

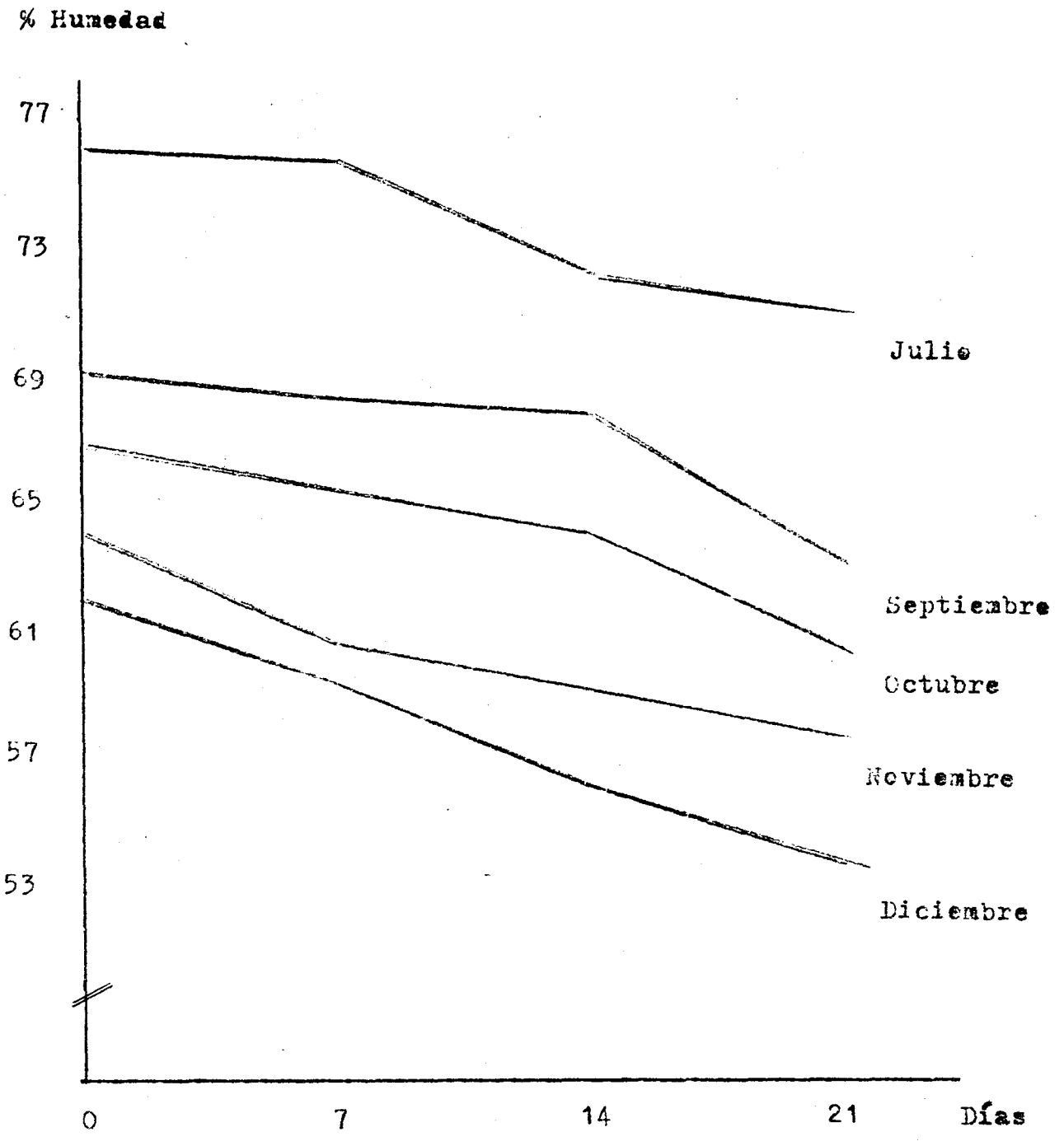


Figura 3. Efecto de la última étapa de la madurez fisiológica y del periodo de ablandamiento de paltas del cultivar Fuerte, sobre el contenido de humedad.

2. Análisis del contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia seca.

El efecto de la última etapa de la madurez fisiológica, sobre el contenido de aceite de paltas de tres cultivares, es presentado en el Cuadro 3.

CUADRO 3 - Efecto de la última etapa de la madurez fisiológica en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia seca, de tres cultivares de palta.

Cultivar(1)	Madurez fisiológica (meses)					
	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Bacon	58,65a(2)	-	60,83a	-	-	-
Edranol	-	-	-	57,46a	61,01a	72,39b
Fuerte	54,02a	-	62,32b	65,05c	68,91d	72,52e

(1) Los valores son promedios de 12 repeticiones para cada cultivar.
(2) Las medias acompañadas por la misma letra, para cada cultivar no son significativamente diferente, según Test de Tukey P = 0,05.

Durante la última etapa de la madurez fisiológica, paltas del cultivar Bacon, no registran un incremento significativo en el contenido de aceite, alcanzando un 60,83 por ciento en paltas cosechadas en

Septiembre.

Paltas del cultivar Edrano, aumentan significativamente el contenido de aceite, desde Noviembre a Diciembre alcanzando un 72,30 por ciento, mientras que desde Octubre a Noviembre no aumenta significativamente.

En relación a paltas del cultivar Fuerte, durante todos los meses muestrados (de Julio a Diciembre), se producen aumentos estadísticamente significativos en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia seca.

Al medir el contenido de aceite, en base a la materia seca, se elimina el factor distorcionador causado por la deshidratación de los frutos, resultando una adecuada medida del proceso de acumulación de aceite en las células del pericarpio, durante el proceso de crecimiento y desarrollo de los frutos Appleman y Noda (1941), Mazliak (1965a), Kikuta (1968); citados por Biale y Young en 1971.

Respecto al ablandamiento de los frutos, en el Cuadro 4, se presenta su efecto, sobre el contenido de aceite.

CUADRO 4 - Efecto del tiempo de ablandamiento, en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia seca en tres cultivares de palta.

Cultivar[1]	Ablandamiento (días)			
	0	7	14	21
Bacon	61,25a[2]	60,25a	58,84a	58,65a
Edranol	62,24a	63,75	64,32a	63,96a
Fuerte	64,02a	64,75a	64,85a	64,32a

(1) Los valores son promedios de 6 repeticiones para Bacon, 9 para Edranol y 15 para Fuerte.
(2) Las medias acompañadas por la misma letra, para cada cultivar no son significativamente diferente según Test de Tukey P = 0,05.

Se observa que durante el ablandamiento de los frutos, el contenido de aceite medido en porcentaje de la materia seca estadísticamente no cambia. Por lo tanto, el aceite almacenado en las células del pericarpio no tiene un rol metabólico en la maduración de post cosecha de paltas de los cultivares estudiados, además no se produce síntesis una vez que los frutos son separados del árbol, aunque Davemport y Ellis en 1959, reportaron cambios en la fruta durante un periodo de post cosecha significativo. Pero Dolendo, Luh y Pratt en 1966 determinaron que en la maduración de post cosecha de paltas, el contenido de aceite no parece tener un rol metabólico

importante, aunque se están presentando cambios bioquímicos importantes en esta etapa.

B. Estudio de correlación entre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y el porcentaje de humedad.

En la Tabla 1, se observan los resultados del estudio de correlación entre el contenido de aceite y el porcentaje de humedad de paltas de los tres cultivares.

Paltas del cultivar Bacon, durante la última etapa de la madurez fisiológica, no presentan correlación, esto sería causado posiblemente por el bajo número de frutos muestreados. En cambio, durante el período de ablandamiento de los frutos los tejidos de los frutos presentan pérdidas de humedad, produciendo un alza en el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, presentándose correlación negativa entre ambos constituyentes del fruto.

Un comportamiento diferente se observa en paltas del cultivar Edranol, donde durante la última etapa de la madurez fisiológica (desde Octubre a Noviembre), existe correlación entre el contenido de humedad y el contenido de aceite, aumentando este mientras se produce una deshidratación de los frutos; la ecuación de regresión en este

caso no corresponde a una línea recta, sino que a una línea de tipo logarítmica. Durante el ablandamiento de los frutos, paltas cosechadas en Noviembre no presentan correlación a diferencia de las cosechadas en Octubre y Diciembre. Este podría deberse a que las paltas muestreadas en Noviembre presentaban un gran porcentaje de daño en la piel, causado en su gran mayoría por viento, lo que producía corchosidad en la piel permitiendo con esto una mayor pérdida de humedad en los tejidos.

Paltas del cultivar Fuerte, presentan correlación entre el contenido de humedad y el porcentaje de aceite, tanto durante la última etapa de la madurez fisiológica, como en el período de ablandamiento de los frutos, aumentando el contenido de aceite, mientras los frutos se están deshidratando. La dispersión de puntos en todos los casos se ajusta a una línea recta. En la Figura 4, se observa la ecuación de regresión entre el contenido de humedad y el porcentaje de aceite, en base a la materia fresca, para paltas del cultivar Fuerte.

La relación que se observa entre el contenido de humedad y el de aceite, durante el crecimiento y desarrollo de paltas, está de acuerdo a lo establecido por Church y Chace (1922), Stehl (1933) y Davenport y Ellis (1959); que establecieron que existe correlación entre ambos constituyentes.

TABLA 1 - Correlación entre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y el porcentaje de humedad, en tres cultivares de paltas.

Cultivar	r	r^2	Ecuación de regresión
a. Ultima etapa de la madurez fisiológica			
Bacon	-0,547	0,299	% aceite = 54,183 - 0,521 x % humedad
Edranol	-0,708	0,501	% aceite = 167,168 - 35,370 x ln % hum.
Fuerte	-0,907	0,823	% aceite = 66,300 - 0,673 x % humedad
b. Ablandamiento de los frutos			
Bacon:			
Jul.	-0,751	0,564	% aceite = 39,034 - 0,352 x % humedad
Sep.	-0,597	0,356	% aceite = 44,587 - 0,392 x % humedad
Edranol:			
Oct.	-0,849	0,721	% aceite = 65,534 - 0,665 x % humedad
Nov.	-0,256	0,065	% aceite = 23,856 - 0,1[illegible] % humedad
Dic.	-0, 783	0,613	% aceite = [illegible]39 - 1,214 x % humedad
Fuerte:			
Jul.	-0,803	0,64[illegible]	% aceite = 66,818 - 0,565 x % humedad
Sep.	-0.[illegible]	0,993	% aceite =177,74 - 1,455 x % humedad
Oct.	-0,803	0,645	% aceite = 76,719 - 0,817 x % humedad
Nov.	-0,841	0,708	% aceite = 75,807 - 0,737 x % humedad
Dic.	-0,944	0,892	% aceite = 62,893 - 0,622 x % humedad

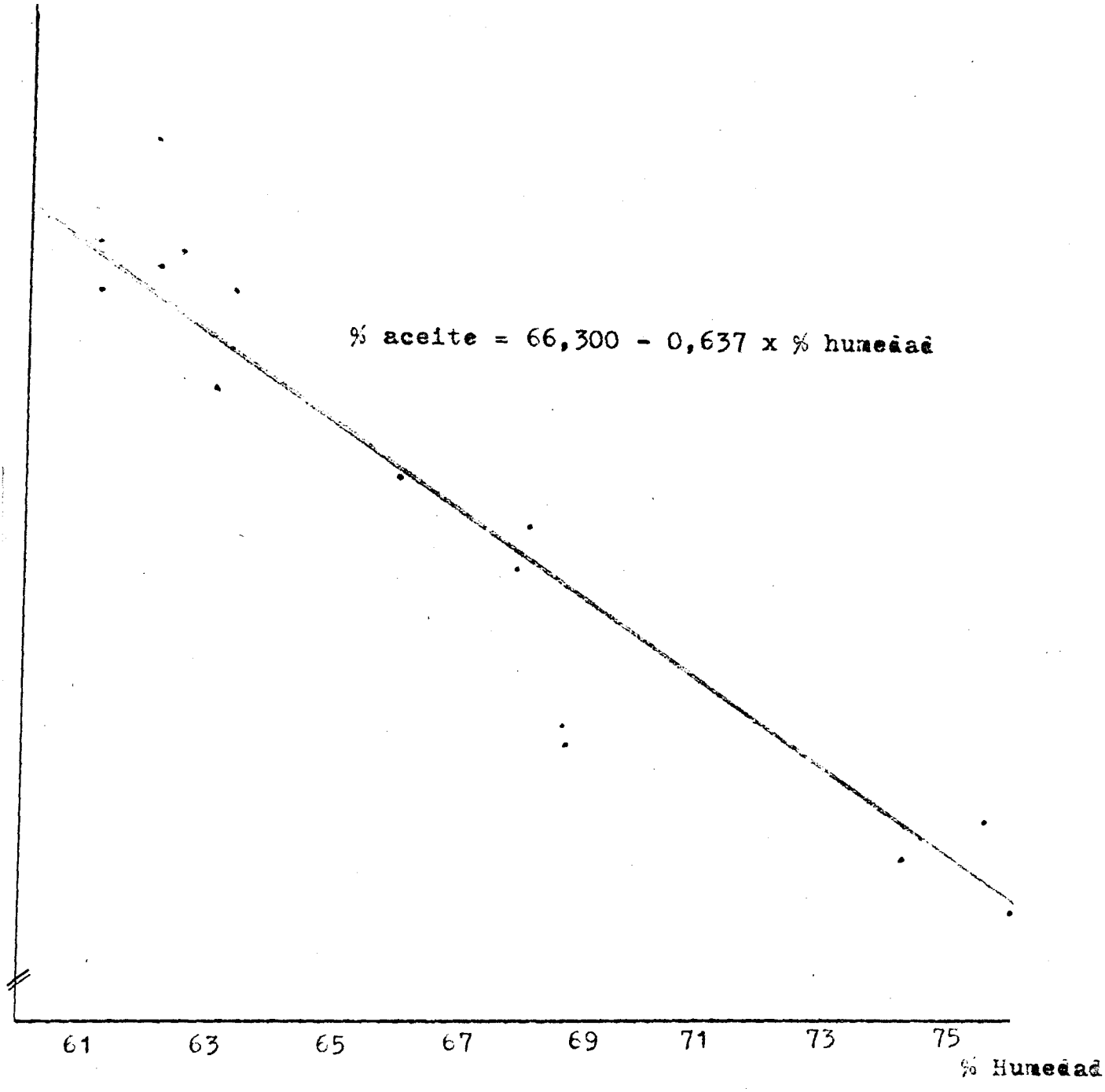


Figura 4. Regresión entre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y el contenido de humedad de paltas del cultivar Fuerte, durante la última etapa de la madurez fisiológica.

C. Composición de ácidos grasos en el aceite, extraído de la pulta de paltas.

En la Figura 5, se observa un cromatograma de metil ésteres de ácidos grasos, presentes en el aceite extraído de la pulta de paltas del cultivar Fuerte, observándose la presencia de 7 peaks, que corresponden a los siguientes ácidos grasos: ácido palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, linoleico, linolénico y araquidónico. Se aprecia el elevado contenido que presenta en el aceite de palta, el ácido oleico, compuesto de 18 átomos de carbono y un doble enlace, el cual alcanza contenidos entre 67 y 73 por ciento, del total de ácidos grasos presentes en el aceite de paltas maduras (Mazliak, 1965a). Los ácidos palmítico, palmitoleico, oleico y linoleico componen más del 95 por ciento del total de ácidos grasos presentes en el aceite, extraído de la pulpa de paltas, de acuerdo a investigaciones realizadas por Eckey (1954) y Mazliak (1965a).

Debido al bajo contenido que presentan en el aceite de paltas, los ácidos esteárico, linolénico y araquidico; además que la sensibilidad del registrador, no permitiía en todas las oportunidades registrar en forma adecuada su presencia, estos ácidos fueron excluídos del análisis sobre la evolución de los ácidos grasos a través de la

última etapa de la madurez fisiológica y durante el ablandamiento de los frutos, realizándose este análisis solamente con los ácidos grasos más importante (palmítico, palmitoleico, oleico y linoleico).

2. Evolución de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos

El análisis de la evolución de los ácidos grasos durante el ablandamiento de los frutos se efectúó en base al porcentaje de ácidos grasos totales presentes en el aceite, debido a que no ocurre biosíntesis de aceite y tampoco degradación de ésta, luego de cosechados los frutos (Vogel, 1958, Dolendo et al., 1966; citados por Manlick, 1979).

1. Efecto del momento de la cosecha.

Al analizar la evolución de los ácidos grasos durante el ablandamiento de los frutos, del cultivar Bacon, en los dos momentos de la madurez fisiológica (Tabla 2), se observa que el ácido palmítico en Julio aumenta y en Septiembre disminuye en 4,4 unidades, mientras que los ácidos palmitoleico y linoleico en Julio disminuyen y en Septiembre aumentan. El único que presenta igual comportamiento es el ácido oleico, aunque aumenta en bastante mayor proporción durante

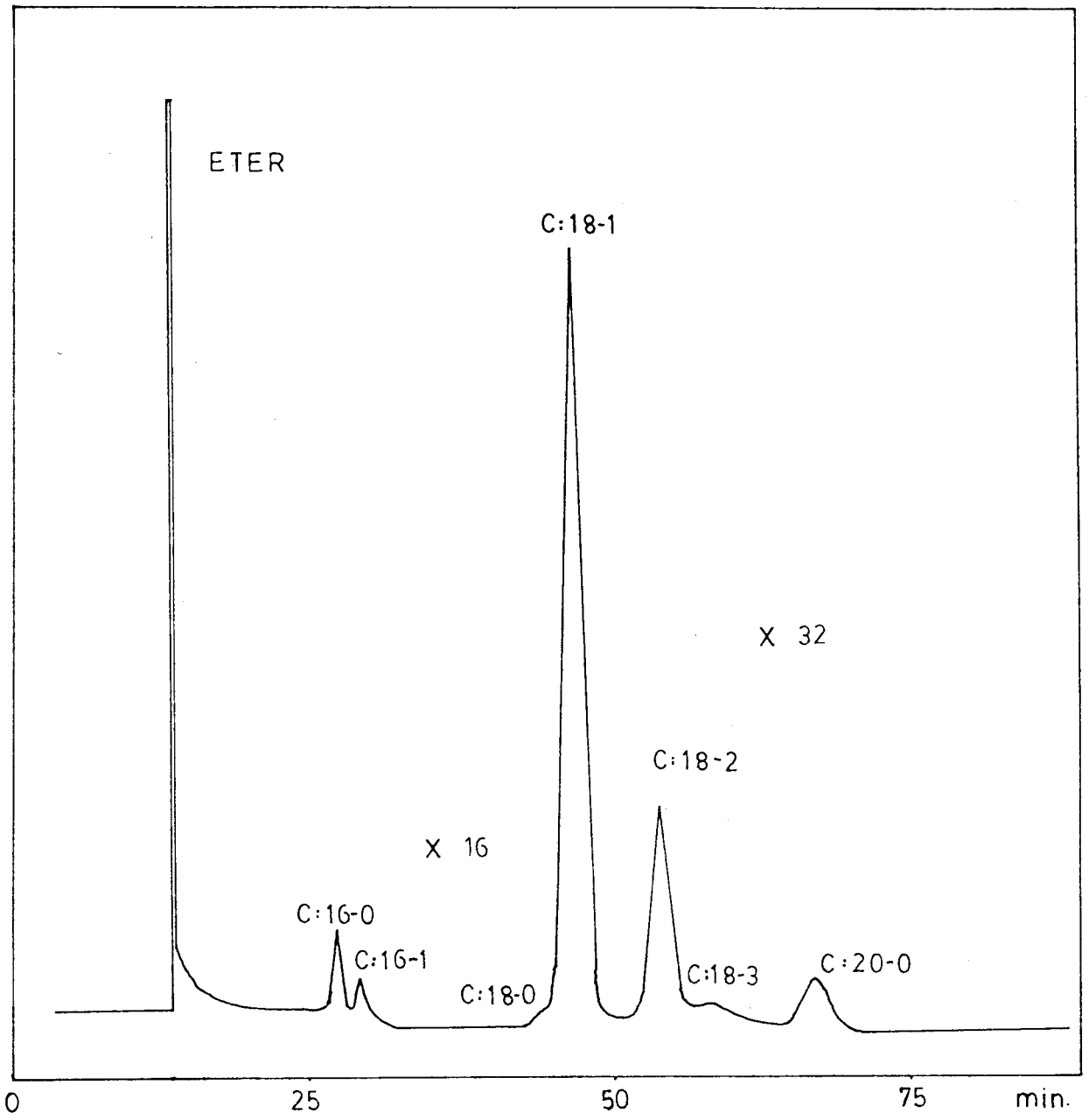


FIGURA 5 . CROMATOGRAMA DE METIL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS, PRESENTES EN EL ACEITE DE PALTAS c.v. FUERTE .

el mes de Septiembre, aumentando 3,5 unidades más.

Aunque no existe un comportamiento similar en cuanto a su evolución, durante el ablandamiento de los frutos, en los dos momentos de la madurez fisiológica muestreados, cabe hacer notar, que sus valores se mantienen dentro de un rango bastante estrecho, siendo el ácido palmítico el que presenta la mayor variación, disminuyendo en Septiembre en 4,4 unidades.

TABLA 2 - Comportamiento de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos, del cultivar Bacon, medidos en % de ácidos grasos totales.

Cosecha	Ablandam.	Acidos grasos			
		C:16-0	C:16-1	C:18-1	C:18-2
Julio	0 (días)	10,73	3,19	79,29	6,79
	7	8,96	2,41	81,04	7,58
	14	10,74	2,50	78,40	8,36
	21	12,80	2,54	79,83	4,83
	$\bar{x}$	10,80	2,66	79,64	6,89
	Variación	+2,07	-0,65	+0,54	-1,96
Septiemb.	0 (días)	12,53	3,41	75,37	8,68
	7	8,21	3,76	79,63	8,41
	14	9,22	2,39	80,66	7,73
	21	8,13	3,46	79,53	8,88
	$\bar{x}$	9,52	3,25	78,95	8,28
	Variación	-4,40	+0,05	+3,58	+0,78

La evolución de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos del cultivar Edranol, en los tres momentos de la madurez fisiológica es presentada en la Tabla 3.

TABLA 3 - Comportamiento de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos, del cultivar Edranol, medidos en % de ácidos totales.

Cosecha	Ablandam.	Acidos graso			
		C:16-0	C:16-1	C:18-1	C:18-2
Octubre	0 (días)	14,60	2,83	72,91	9,46
	7	14,80	1,28	66,36	17,56
	14	16,46	2,47	63,49	17,58
	21	17,02	0,77	62,73	19,48
	$\bar{x}$	15,77	1,84	66,37	16,02
	Variación	+2,22	-2,06	-10,18	+10,02
Noviembre	0 (días)	11,19	3,08	77,62	8,11
	7	14,35	2,83	73,36	9,46
	14	13,35	2,81	74,02	9,82
	21	14,53	3,53	70,04	11,90
	$\bar{x}$	13,36	3,06	73,76	9,83
	Variación	+3,34	-0,45	-7,58	+3,79
Diciembre	0 (días)	7,96	3,06	78,19	9,79
	7	12,26	3,67	75,15	8,92
	14	12,22	2,82	75,53	9,43
	21	8,27	1,86	80,53	9,34
	$\bar{x}$	10,18	2,85	77,60	9,37
	Variación	+0,31	-1,20	+1,34	-0,45

Se observa que el ácido palmítico aumenta en los tres momentos muestreados, presentando un mayor aumento en Noviembre, alcanzando 3,34 unidades más, mientras que en Diciembre aumenta levemente (0,51 unidades). El ácido palmitoleico, disminuye en Octubre y Diciembre, siendo mayor la disminución en Octubre, donde alcanza 2,06 unidades más, mientras que en Noviembre aumenta levemente. En relación al ácido oleico, disminuye en Octubre y Noviembre, siendo mayor esta disminución en Octubre donde disminuye 10,18 unidades; mientras que en Diciembre presenta un leve aumento de 1,34 unidades. El ácido linoleico aumenta en Octubre y Noviembre, siendo mayor este aumento en Octubre, donde alcanza a 10,02 unidades más, mientras que en Diciembre disminuye levemente.

La evolución de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos en los cinco momentos de la madurez fisiológica, se presenta en la Tabla 4.

TABLA 4 - Comportamiento de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos, del cultivar Fuerte, medidos en % de ácidos totales.

Cosecha	Ablandam.	Acidos grasos			
		C:16-0	C:16-1	C:18-0	C:18-1
Julio	0 (días)	10,06	3,75	78,89	7,30
	7	8,75	3,34	80,95	7,96
	14	9,35	2,95	79,03	8,67
	21	15,40	3,03	76,42	5,15
	$\bar{x}$	10,89	3,02	78,82	7,27
	Variación	+5,34	-0,72	-2,47	-2,15
Septiembre	0 (días)	11,94	3,91	75,52	8,63
	7	9,13	2,51	80,41	7,95
	14	7,84	2,85	81,13	8,15
	21	8,16	2,35	81,55	7,94
	$\bar{x}$	-3,78	-1,56	+6,03	-0,69
Octubre	0 (días)	7,60	1,35	83,90	7,15
	7	8,41	2,27	72,91	16,41
	14	7,38	1,41	83,15	8,05
	21	9,27	1,98	84,62	4,13
	$\bar{x}$	8,16	1,75	81,15	8,94
	Variación	+1,67	+0,63	+0,72	-3,02
Noviembre	0 (días)	10,55	3,94	78,88	6,62
	7	8,56	1,97	80,08	9,39
	14	7,30	1,83	81,11	9,76
	21	6,95	2,93	80,50	9,62
	$\bar{x}$	8,34	2,67	80,14	8,85
	Variación	-3,60	-1,02	+1,62	+3,00

Continuación Tabla 4.

Diciembre	0 (días)	5,71	1,04	81,98	11,27
	7	6,71	2,26	84,40	6,63
	14	14,43	3,53	74,87	7,17
	21	7,60	1,80	79,58	11,02
	$\bar{x}$	8,61	2,16	80,21	9,02
	Variación	+1,89	+0,76	-2,40	-0,25

Se observa que el ácido palmítico aumenta en Julio, Octubre y Diciembre mientras que disminuye en Septiembre y Noviembre; la mayor variación ocurre en Julio donde aumenta 5,34 unidades, mientras que la menor variación se produce en Octubre, en que aumenta en 1,67 unidades. En relación al ácido palmitoleico, las variaciones que se presentan son muy pequeñas, aumenta en Octubre y Diciembre en menos de una unidad; mientras que disminuye en Julio, Septiembre y Noviembre. En Julio se produce la menor variación, alcanzando 0,72 unidades. El ácido oleico disminuye en Julio y Diciembre; y el mayor aumento se produce en Septiembre, donde alcanza 6,93 unidades más. El ácido linoleico aumenta solamente en Noviembre en 3 unidades, mientras que los restantes meses disminuye; esta disminución se encuentra entre 0,25 y 3,02 unidades.

El valor máximo de variación es de 6,93 unidades para el ácido oleico en las paltas cosechadas en Septiembre, siendo este valor menor al que se registra para paltas del cultivar Edranol.

2. Efecto del cultivar, sobre la evolución de los ácidos grasos, durante el ablandamiento de los frutos.

En la Figura 6, se aprecia que el cultivar Edranol presenta un mayor contenido de ácido palmítico y linoleico que los cultivares Bacon y Fuerte, que tienen contenidos muy similares entre sí.

Los cultivares Bacon y Fuerte presentan un contenido similar en ácido oleico y superior al que presenta el cultivar Edranol. Solo el ácido palmitoleico presenta un tenor similar en los tres cultivares analizados.

El ácido oleico aumenta en los cultivares Bacon y Fuerte, siendo en este último cultivar menor el aumento, en cambio disminuye apreciablemente en el cultivar Edranol.

El ácido palmítico sufre un incremento en el cultivar Edranol y también aunque en menor grado en el cultivar Fuerte, en cambio en el cultivar Bacon se produce una disminución; esta disminución es de solo 1,17 unidades. Al observar el comportamiento del ácido linoleico, se ve que solo se produce un aumento de este en el cultivar Edranol, aumentando en 4,45 unidades; en cambio disminuye su contenido

durante el ablandamiento de los frutos de los cultivares Bacon y Fuerte, en valores muy bajos, entre 0,58 y 0,62 unidades. Finalmente, el ácido palmitoleico es el único que presenta un comportamiento similar, disminuyendo en todos los casos.

Por lo tanto, durante el ablandamiento de los frutos, se producen variaciones en los contenidos de ácidos grasos del aceite extraído de los tres cultivares analizados, pero estas variaciones ocurren dentro de un rango estrecho, alcanzando un valor máximo de variación de 10 unidades, para el ácido oleico, pero en todo caso no es posible apreciar una tendencia clara que indique algún efecto del ablandamiento de los frutos sobre los ácidos grasos, presentes en el aceite. En las Figuras 7 y 8, se observan cromatogramas de metil ésteres de ácidos extraídos del aceite de paltas de los cultivares Edranol y Fuerte, durante el ablandamiento de los frutos.

El hecho que no se produzca alguna tendencia de los ácidos grasos durante el ablandamiento de los frutos, está de acuerdo a lo determinado por Bolende, Luh y Pratt en 1966; que durante el ablandamiento de los frutos, no se producirían cambios en el nivel de ácidos grasos. Igualmente, Vogel en 1958, citado por Mashiah en 1970, determinó que la composición cualitativa del aceite no cambia durante el almacenaje de los frutos, después de la cosecha, sugiriendo esto que

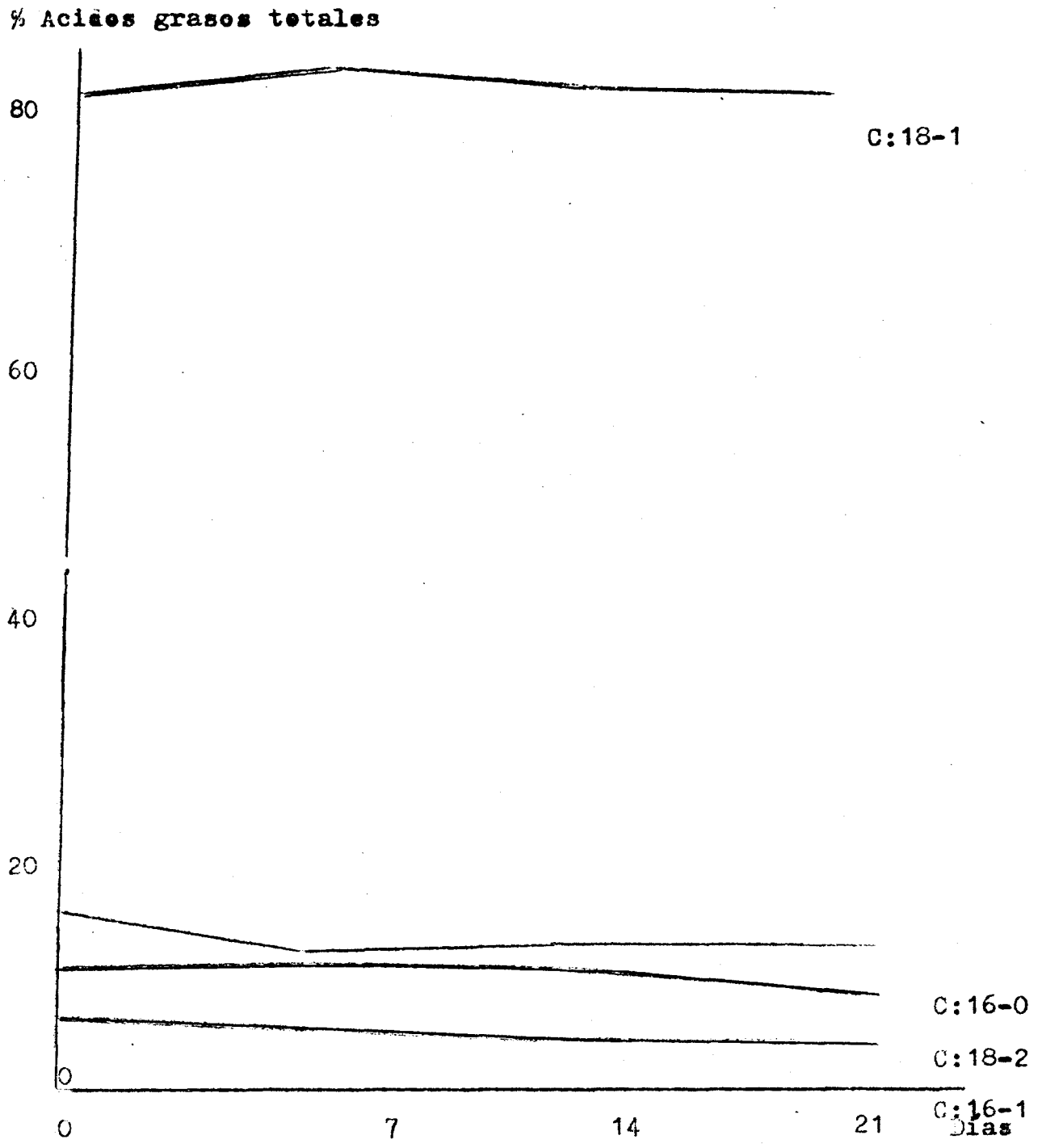


Figura 6. Efecto del cultivar, sobre la evolución de los ácidos grasos, durante el periodo de ablandamiento de los frutos. A). cultivar Bacon.

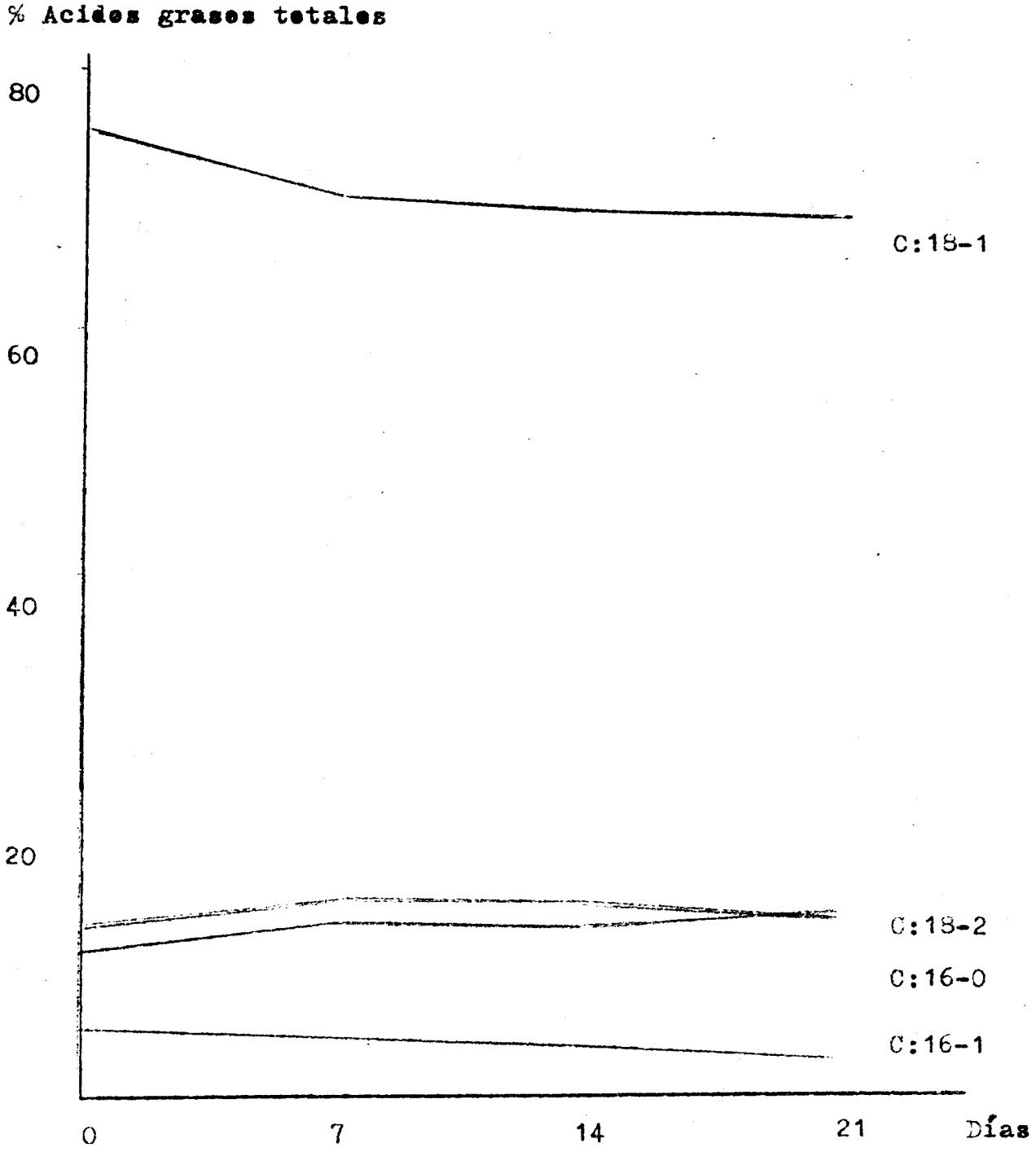


Figura 6 (Continuación)

b). cultivar Edranol.

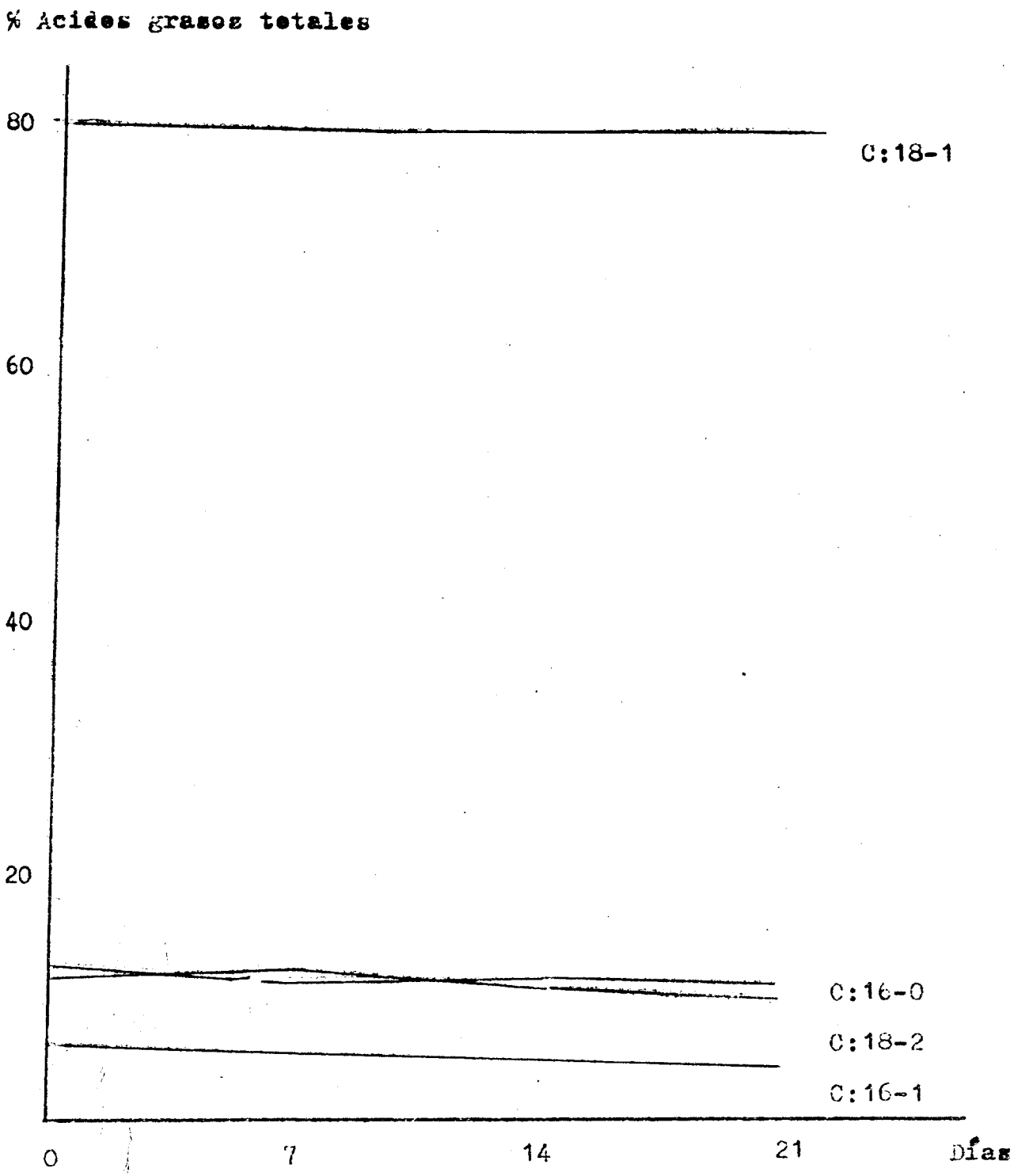


Figura 6 (Continuación)
C). cultivar Fuerte.

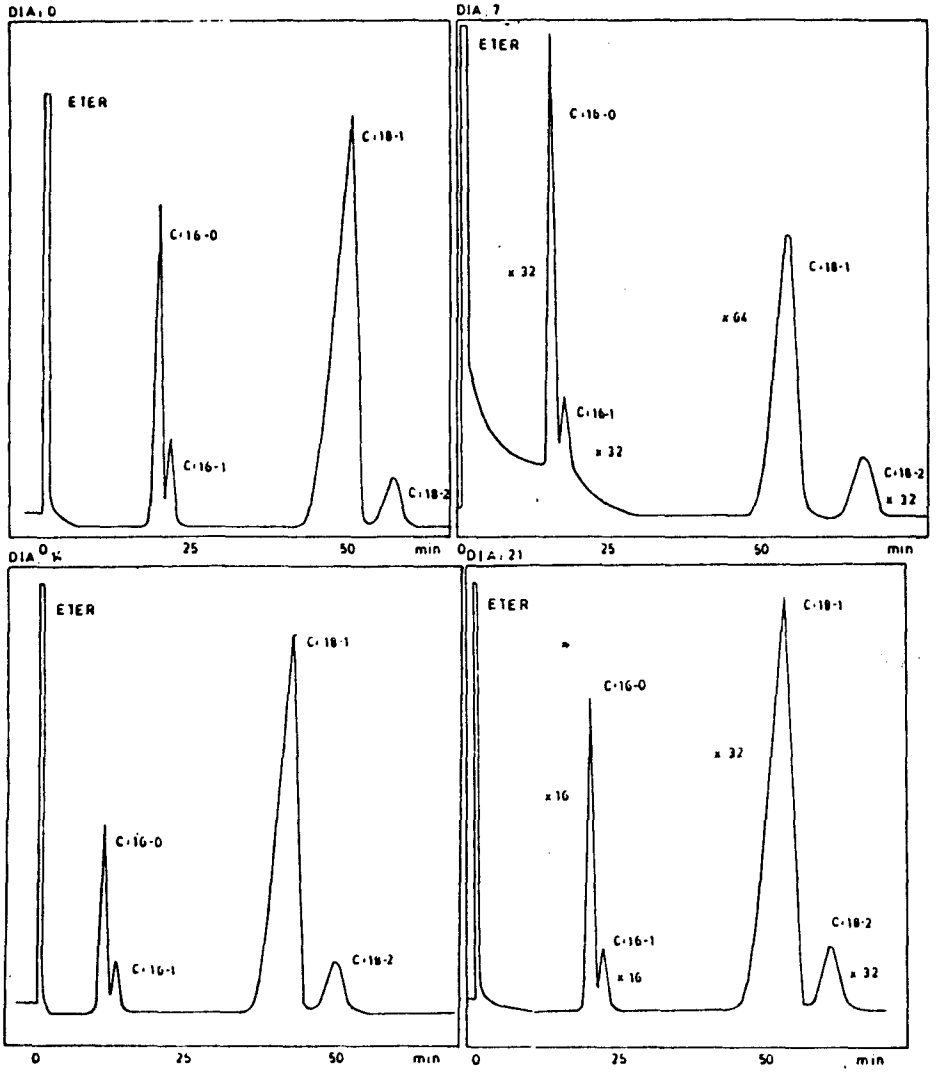


FIGURA 7 . CROMATOGRAMAS DE METIL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN EL ACEITE DE PALTAS, cv. EDRANOL, DURANTE EL ABLANDAMIENTO DE LOS FRUTOS, COSECHADOS EN OCTUBRE.

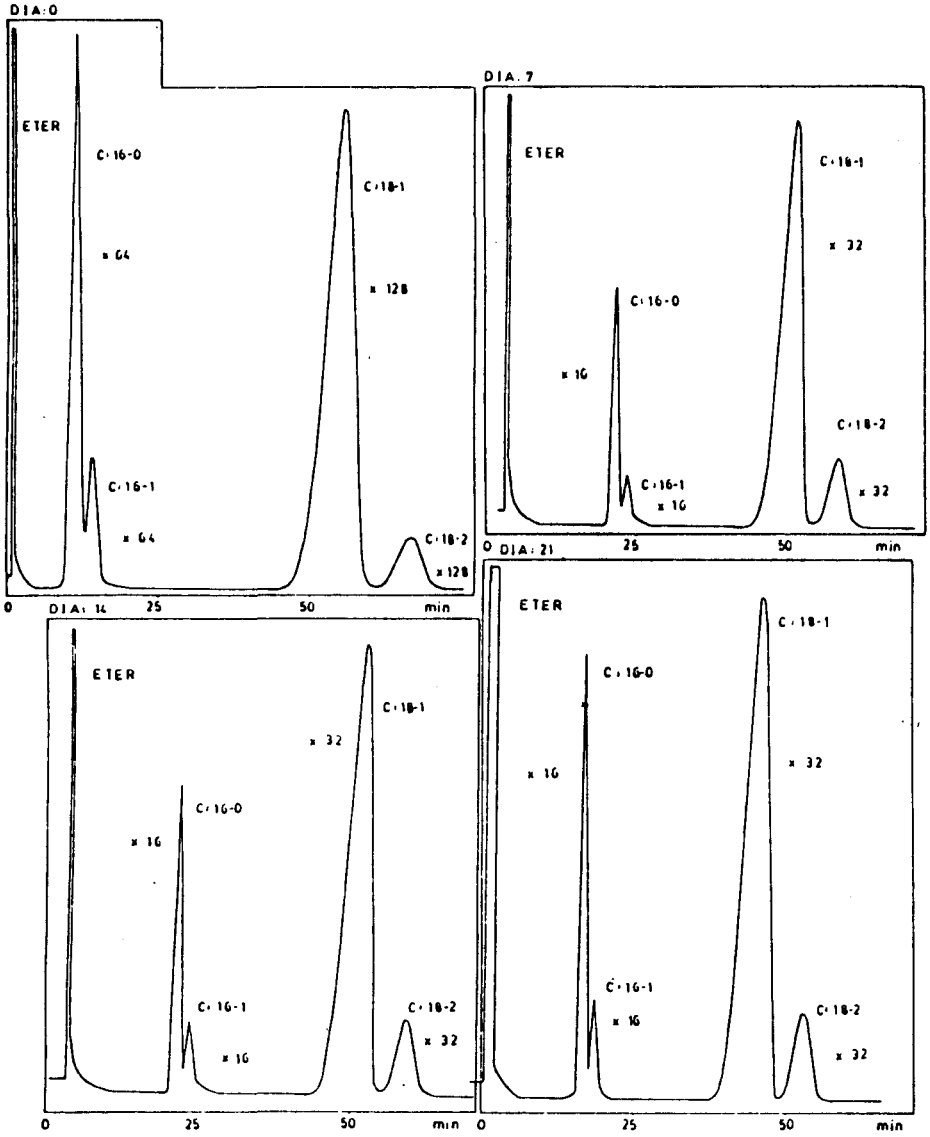


FIGURA 8. CROMATOGRAMAS DE METIL ESTERES DE ACIDOS GRASOS, PRESENTES EN EL ACEITE DE PALTAS cv. FUERTE, DURANTE EL ABLANDAMIENTO DE LOS FRUTOS, COSECHADOS EN OCTUBRE.

los lípidos no juegan un rol importante en los cambios metabólicos que se presentan en la maduración de post cosecha.

Pero Mazliak en 1965, encontró que la composición de ácidos grasos de los lípidos de paltas, almacenados después de la cosecha, cambia levemente, de acuerdo a la composición de la atmósfera que roden a los frutos.

B. Evolución de los ácidos grasos, durante la última etapa de la madurez fisiológica.

Se analizó la evolución de los ácidos grasos a través de la última etapa de la madurez fisiológica, considerando que existe un proceso de biosíntesis de ácidos grasos y al mismo tiempo una transformación de algunos ácidos grasos en otros. Por lo tanto, se efectuó en primer lugar un análisis en relación a la evolución relativa, expresada como porcentaje de los ácidos grasos totales, presentes en el aceite. Luego se analizó el contenido absoluto de ácidos grasos, expresado como gramos de ácidos grasos contenidos en 100 gramos de materia seca de los frutos.

1. Evolución de los ácidos grasos, expresado como porcentaje de los ácidos grasos.

En la Figura 9, se observa el comportamiento de los ácidos grasos presentes en el aceite de palta de los tres cultivares analizados durante la última etapa de la madurez fisiológica. En el aceite de paltas del cultivar Bacon, se producen incrementos en el contenido de los ácidos palmítico, que alcanza en Septiembre un contenido de 12,53 por ciento; palmitoleico, alcanzando en Septiembre un 3,4% por ciento; linoleico que llega a tener en Septiembre un 8,09 por ciento mientras que el ácido oleico disminuye desde Julio a Septiembre, obteniendo finalmente un 75,97 por ciento, correspondiendo esta disminución al incremento que se registra en los otros ácidos grasos. En relación al comportamiento que presentan los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de la pulpa de paltas del cultivar Edranol, el ácido palmítico experimenta una gran disminución, alcanzando en Diciembre un contenido de 7,96 por ciento, mientras que los ácidos palmitoleico y linoleico permanecen mas o menos sin variar o lo hacen en bajas cantidades, alcanzando en Diciembre un 3,06 y 9,79 por ciento respectivamente, mientras que el ácido oleico presenta un gran incremento, alcanzando en Diciembre un 79,19 por ciento.

El comportamiento de los ácidos grasos presentes en el aceite de paltas del cultivar Fuerte, es el siguiente: los ácidos palmítico y palmitoleico disminuyen, mientras que los ácidos oleico y linoleico aumentan, siendo este aumento mayor en el caso del ácido linoleico, que alcanza un contenido de 11,27 por ciento en Diciembre, mientras que el ácido oleico llega a un 81,98 por ciento.

En la Figura 10, se encuentran cromatogramas de metil ésteres de ácidos grasos, en los cuales se observa el comportamiento durante la última etapa de la madurez fisiológica de paltas del cultivar Edranol.

El comportamiento de los ácidos grasos durante la última etapa de la madurez fisiológica, expresado como porcentaje de los ácidos grasos totales, en los tres cultivares es diferente; así, el ácido linoleico es el único que aumenta en los cultivares Edranol y Fuerte y en el cultivar Bacon disminuye; el ácido palmitoleico aumenta en los cultivares Bacon y Edranol, mientras que en el cultivar Fuerte disminuye; el ácido palmítico solo aumenta en el cultivar Bacon.

Con la finalidad de conocer realmente el contenido de cada ácido graso durante la última etapa de la madurez fisiológica, es necesario analizar el contenido, en base a la materia seca del fruto.

2. Evolución de los ácidos grasos, expresado como gramos contenidos en 100 gramos de materia seca del fruto.

En la Figura 11 se observa la evolución que presentan los ácidos grasos en el aceite extraído de la pulpa de paltas. En el cultivar Bacon, se produce un incremento en los cuatro ácidos grasos, alcanzando en Septiembre un contenido de 7,00 gramos de ácido palmítico, 1,90 gramos de ácido palmitoleico, 42,60 gramos de ácido oleico y 4,52 gramos de ácido linoleico. En relación al cultivar Edranol, igualmente se produce un incremento de los ácidos grasos, siendo el aumento que se produce en el ácido oleico, el cual alcanza un contenido de 51,9 gramos en Diciembre, el ácido palmítico alcanza un contenido de 9,83 gramos en Diciembre, el ácido palmitoleico alcanza 2,03 gramos, mientras que el ácido linoleico llega a presentar 6,50 gramos. En el cultivar Fuerte, se produce una alza del ácido oleico; desde 39,15 gramos en Julio, llega a contener en Diciembre 54,58 gramos, el ácido palmítico aumenta hasta llegar a un peak en Octubre, después disminuye desde 6,83 gramos a 3,80; esta disminución del contenido de ácido palmítico al final del período de desarrollo de paltas del cultivar Fuerte, fué formulada por Kikuta en 1968 (citado por Biale y Young, 1971); el ácido linoleico aumenta levemente, para después desde Noviembre aumentar rápidamente hasta alcanzar un contenido de 7,51 gramos, siendo

este valor el mayor en los tres cultivares; el ácido palmitoleico aumenta desde Julio con 0,81 gramos hasta alcanzar en Noviembre un contenido máximo de 2,50 gramos y luego hasta Diciembre presenta una disminución, llegando a 0,69 gramos. La causa de esta disminución de los ácidos palmítico y palmitoleico, podría deberse a alguna transformación de estos ácidos de 16 átomos de carbono en ácidos de 18 átomos de carbono, como el ácido oleico que presenta un incremento violento desde Noviembre a Diciembre.

Durante la última etapa de la madurez fisiológica de los cultivares Bacon, Edranol y Fuerte; se produce un incremento de los ácidos grasos presentes en el aceite, almacenado en las células del pericarpio, lo que está de acuerdo a lo planteado por Kikuta en 1968 (citado por Biale y Young, 1971), también en 1953, Davenport y Ellis determinaron que durante el período de crecimiento y desarrollo de paltas, se produce un aumento de los ácidos grasos presentes en la fracción lipídica, al determinar la composición cualitativa del aceite, mediante un análisis espectróscopico. La disminución que se produce en el contenido de los ácidos palmítico y palmitoleico en paltas del cultivar Fuerte, fué recalcada por Kikuta en 1968 (citado por Biale y Young, 1971), solamente para el ácido palmítico.

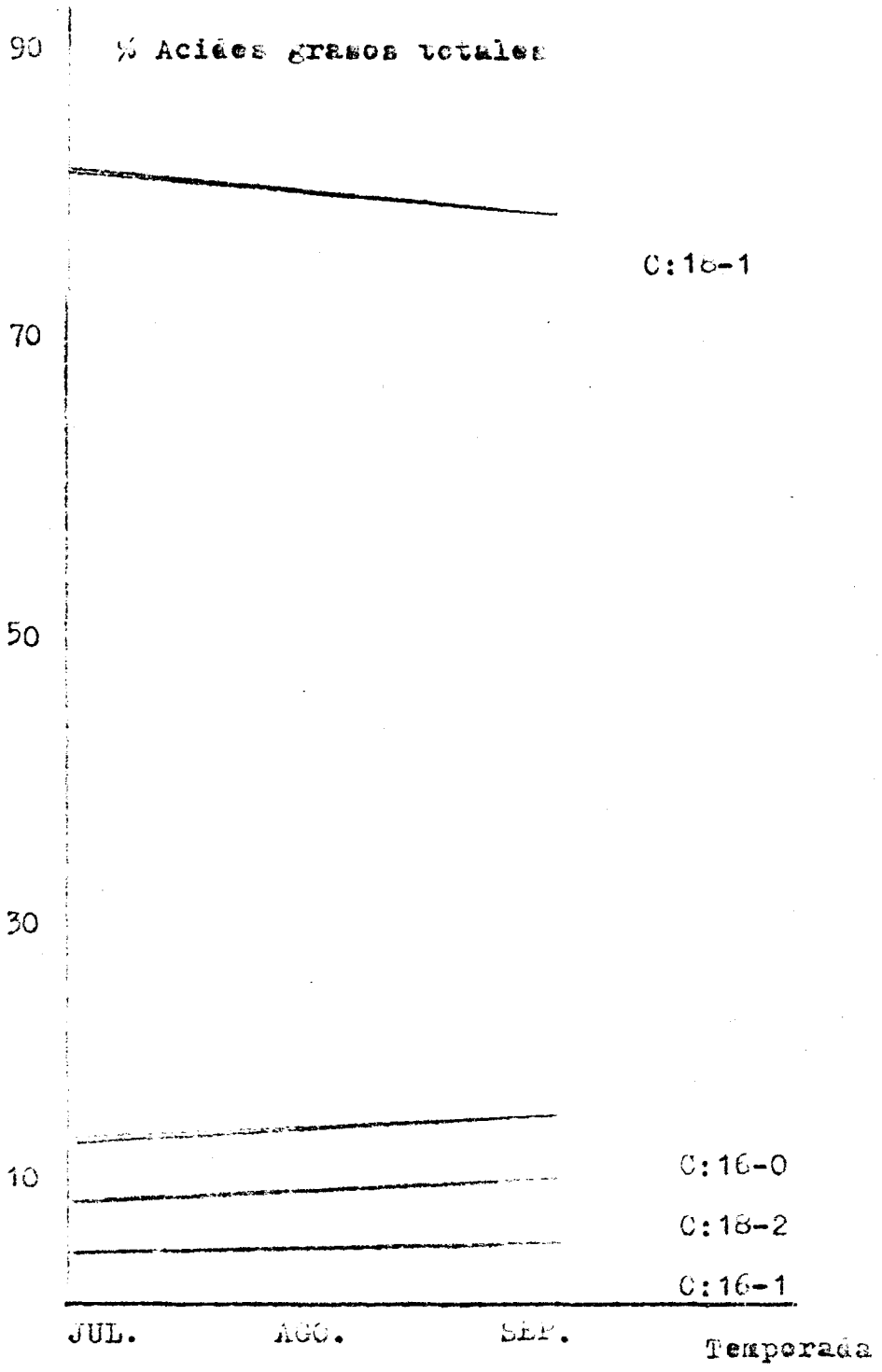


Figura 9. Efecto de la última étapa de la madurez fisiológica, sobre el contenido de ácidos grasos, medidos en porcentaje de ácidos grasos totales. A). cultivar Bacon.

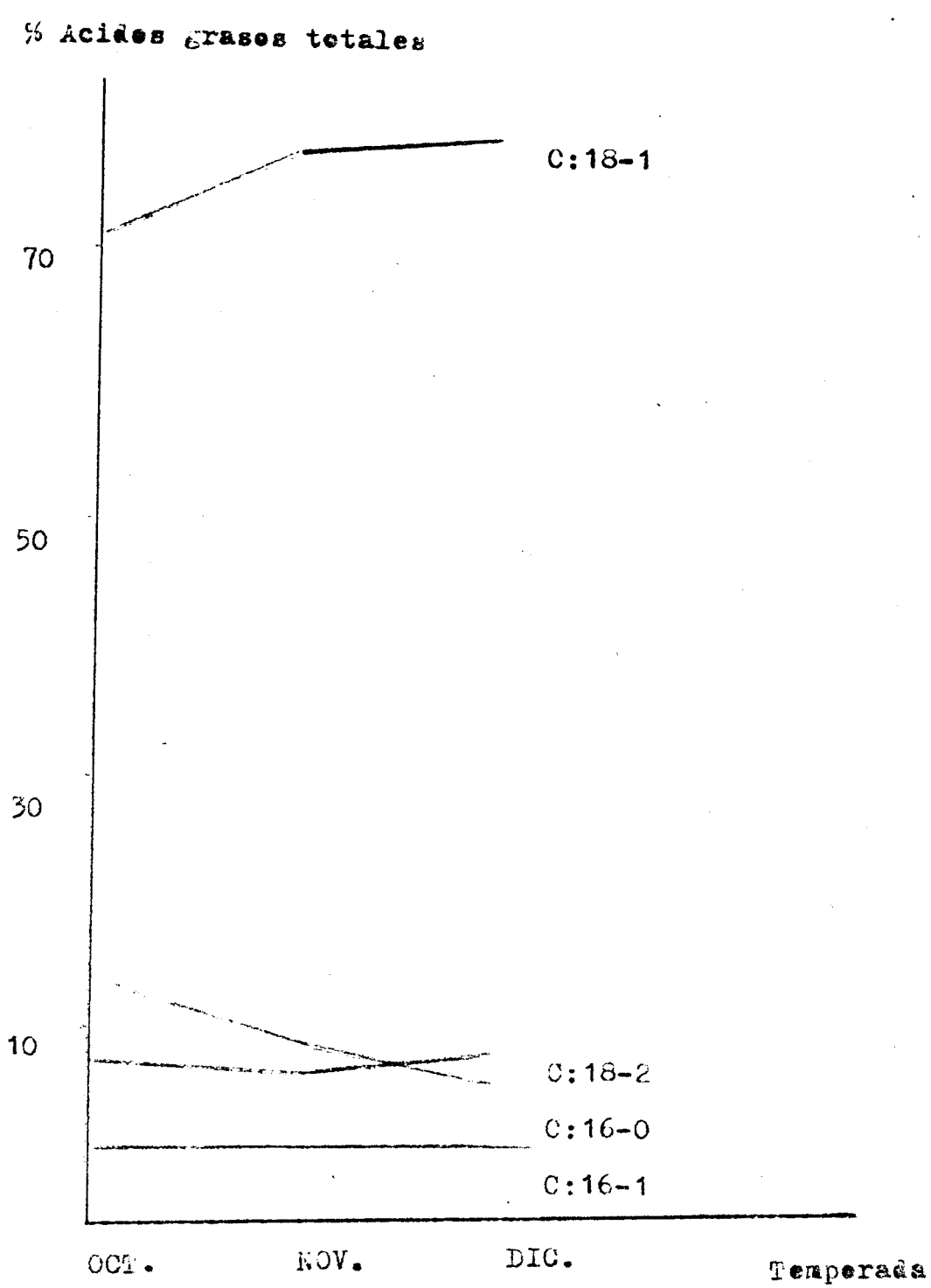


Figura 9 (Continuación)
b). cultivar Edranol.

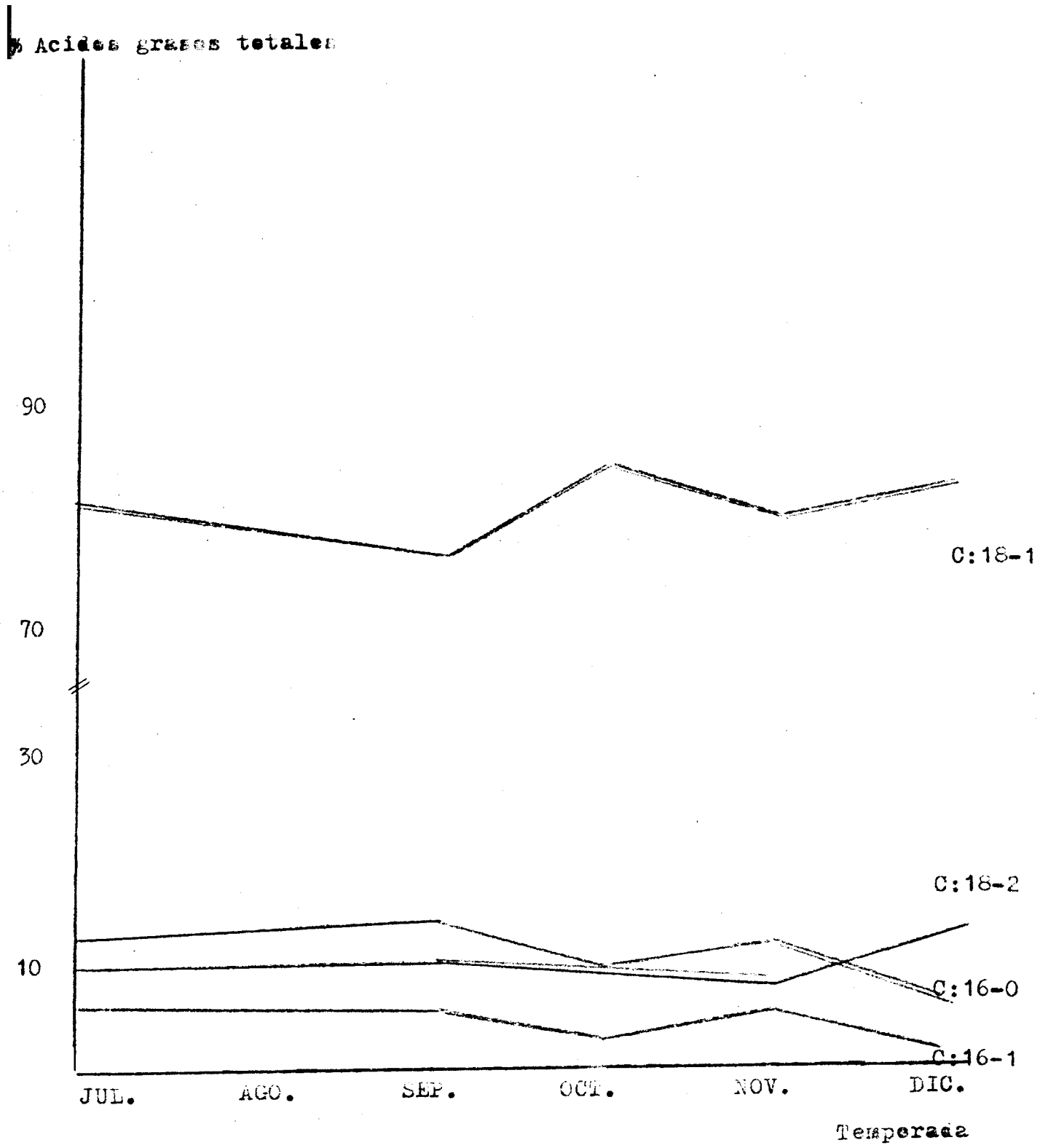


Figura 9 (Continuación)
c). cultivar Fuerte.

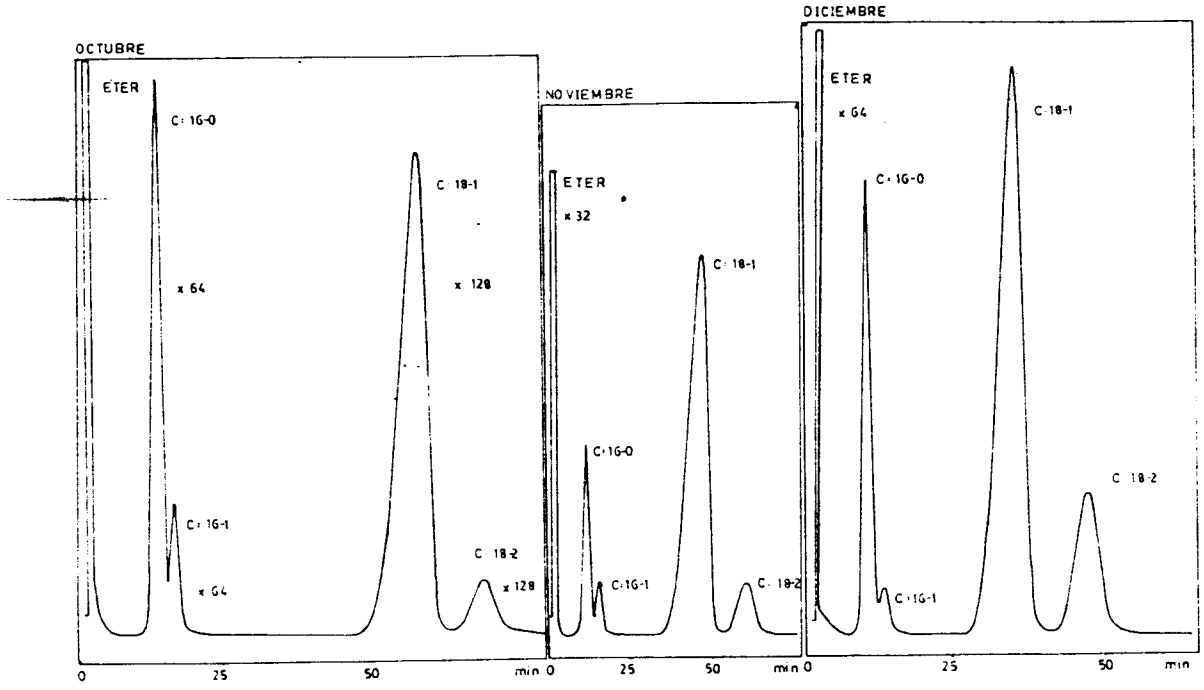


FIGURA 10. COMPORTAMIENTO DE LOS ACIDOS GRASOS DURANTE LA ÚLTIMA ÉTAPA DE LA MADUREZ FISIOLOGICA DE PALTAS DEL CULTIVAR EDRANOL.

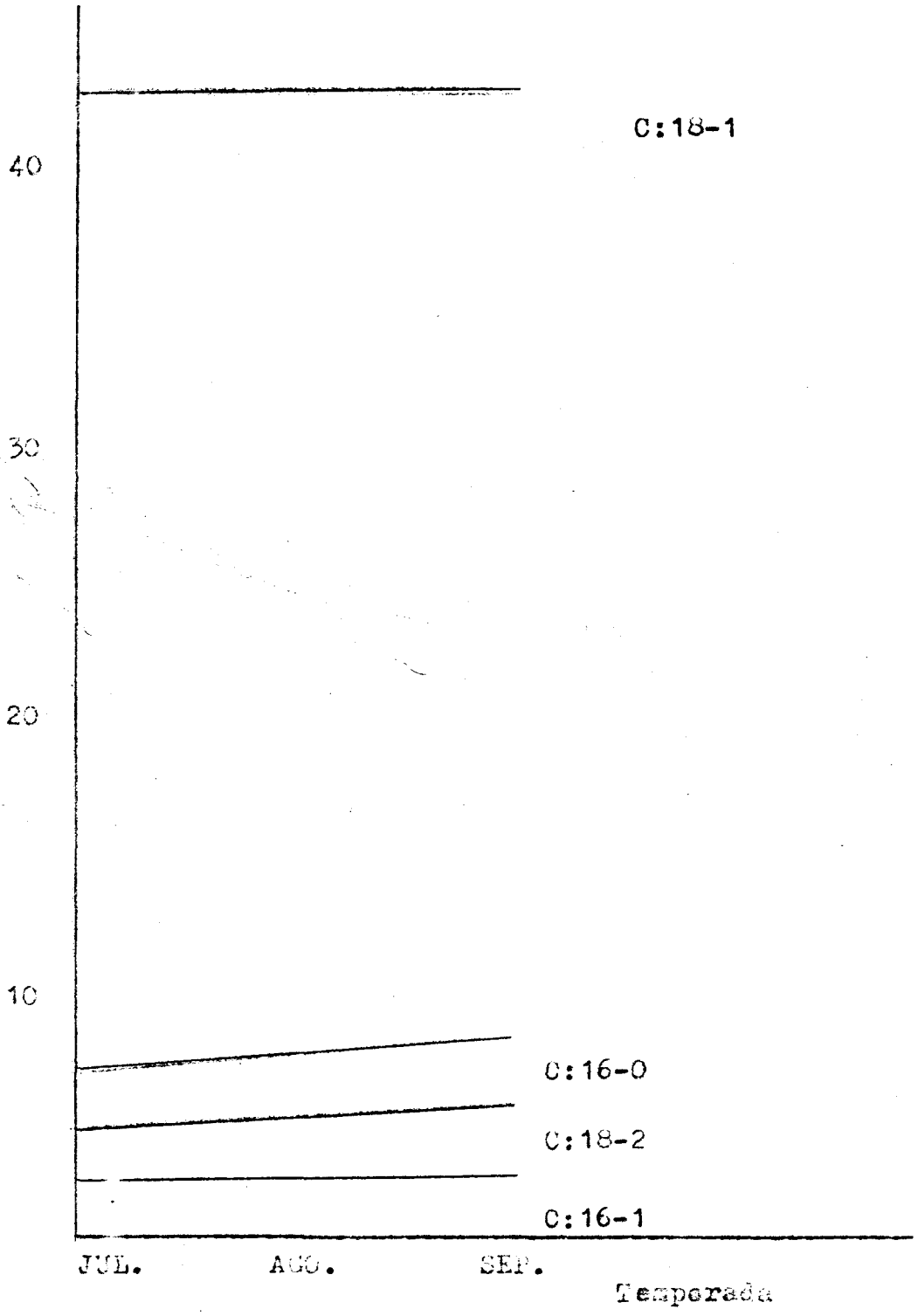


Figura 11. Efecto de la última étapa de la madurez fisiológica, sobre el contenido de ácidos grasos, medidos en grs. de ácidos grasos en 100 gr. de materia seca. A). Cultivar Hass.

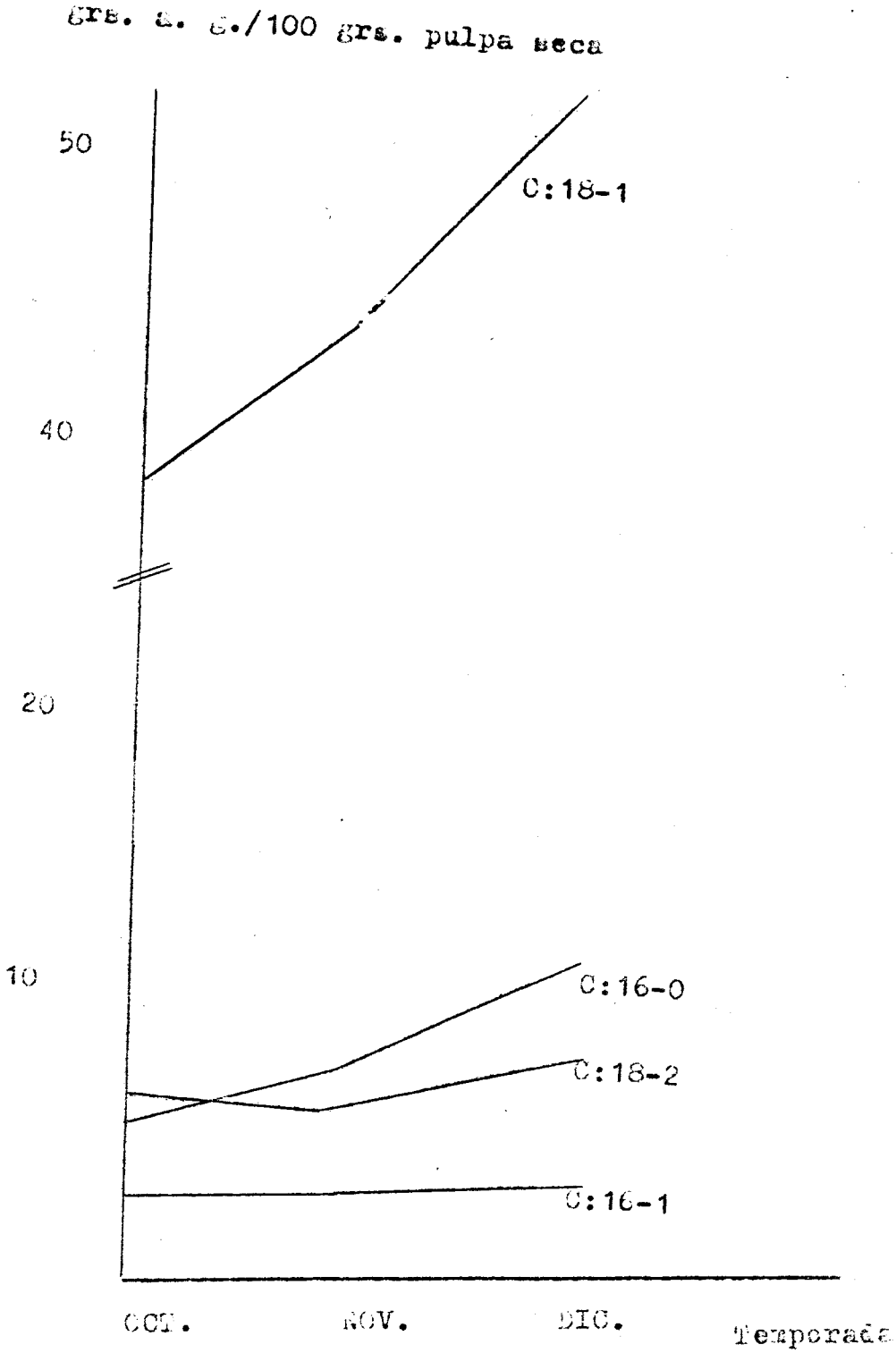


Figura 11 (Continuación)

B). cultivar Edranol.

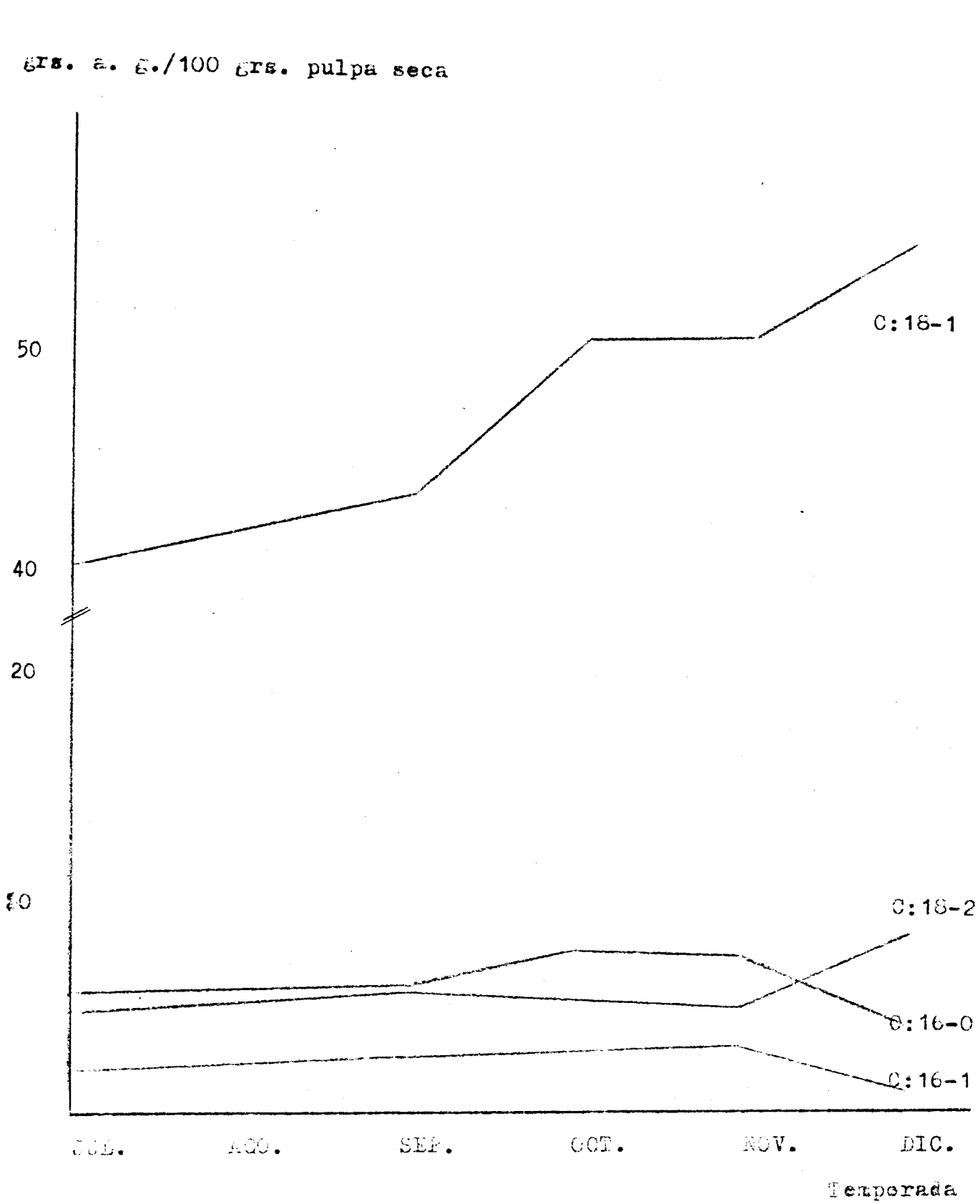


Figura 11 (Continuación)

C). cultivar Fuerte.

V. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en la presente investigación, son las siguientes:

1. El contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y en porcentaje de la materia seca, presentó un aumento estadisticamente significativo en los cultivares Edranol y Fuerte. En cambio el cultivar Bacon mostró un comportamiento diferente, no aumentando su contenido de aceite tanto en base a la materia fresca como a la materia seca, en la última etapa de su madurez fisiológica muestreada.

2. El contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, mostró un aumento significativo durante el ablandamiento de los frutos en los tres cultivares estudiados, en cambio al expresarlo en porcentaje de la materia seca, no aumentó significativamente.

3. El contenido de aceite de los frutos, expresado en porcentaje de la materia fresca, no es un índice adecuado del real contenido de aceite, debido a que se ve fuertemente influenciado por un proceso de deshidratación que sufren los frutos.

4. En la última etapa de la madurez fisiológica, de paltas del cultivar Fuerte, el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, presenta correlación negativa con el contenido de humedad, es decir, mientras se produce una deshidratación del fruto, el contenido de aceite se incrementa. Igualmente paltas del cultivar Edranol presentan correlación negativa; en cambio paltas del cultivar Bacon, no presentan correlación.

5. Durante el período de ablandamiento de los frutos, se presenta correlación negativa entre el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y el porcentaje de humedad, en paltas de los tres cultivares, a excepción de paltas cosechadas en Noviembre, del cultivar Edranol. La ecuación de regresión, se ajusta en todos los casos mejor a una ecuación de línea recta.

6. Los ácidos grasos que se encuentran en el aceite extraído de la pulpa de paltas y su contenido medido en porcentaje de ácidos grasos totales, es el siguiente: ácido palmítico 8 a 13 por ciento, ácido palmitoleico 2 a 4 por ciento, ácido oleico 68 a 80 por ciento y ácido linoleico 6 a 11 por ciento; se encuentran además en menor cantidad los ácidos esteárico, linolénico y araquidónico.

7. Durante el período de ablandamiento de los frutos, en los tres cultivares estudiados, el contenido de ácidos grasos no experimenta algún cambio apreciable que pueda ser atribuído a este factor.

8. En la última etapa de la madurez fisiológica, los ácidos palmítico, oleico y linoleico; aumentan, desde un punto de vista absoluto, mientras que el ácido palmitoleico tiende a permanecer constante o aumenta levemente; el ácido oleico presenta un mayor aumento, alcanzando valores cercanos al 80 por ciento. En relación a un punto de vista relativo, el aumento de algún ácido se acompaña con la disminución de otro ácido, así, en el cultivar Bacon, disminuye el ácido oleico mientras los otros ácidos aumentan, en Edranol disminuye el ácido palmítico y en el cultivar Fuerte se producen variaciones durante el periodo muestreado.

9. En paltas del cultivar Fuerte, al final del período muestreado (Diciembre), se produce una disminución de los ácidos palmítico y palmitoleico, mientras que se incrementan los ácidos oleico y linoleico.

VI. RESUMEN

El fruto del palto Persea americana Miller, posee un gran contenido de aceite que varía entre 4 a 20 por ciento de la materia fresca y entre 50 y 75 por ciento de la materia seca (Schewb, 1951). Este contenido se incrementa a medida que avanza el desarrollo del fruto (Lewis, 1978). Se ha observado que este gran contenido de aceite no interviene en los procesos metabólicos involucrados en la maduración de post cosecha de los frutos (Dolendo et al., 1966), permaneciendo sin cambiar una vez que los frutos son cosechados. En este trabajo se pretende conocer el comportamiento del contenido de aceite y sus ácidos grasos, durante la última etapa de la maduración fisiológica de paltas de los cultivares Bacon, Edranol y Fuerte; y durante el ablandamiento de los frutos.

El muestreo se realiza mensualmente desde Julio a Diciembre, cosechando durante la primera semana de cada mes, determinando el contenido de aceite en cuatro etapas del ablandamiento de los frutos, en el momento del muestreo y a los 7, 14 y 21 días siguientes. Se analiza mediante un diseño factorial el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca y de la materia seca; además se correlaciona el contenido de aceite con el contenido de humedad,

empleando tres repeticiones en cada caso. Los ácidos grasos son analizados mediante cromatografía de gases, en una columna de dietilenglicol succinato (D.E.G.S.).

El material de trabajo para realizar esta investigación se obtuvo de la Estación Experimental "La Palma", de la Escuela de Agronomía, de la Universidad Católica de Valparaíso, ubicada en La Palma, provincia de Quillota, en la Quinta Región.

Los análisis químicos fueron hechos en los Laboratorios del Departamento de Química, de la Universidad de Chile en Valparaíso.

Se encontró que el contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia fresca, aumenta significativamente durante la última etapa de la madurez fisiológica en paltas de los cultivares Edranol y Fuerte.

Existe correlación negativa entre el contenido de aceite y el contenido de humedad, durante la última etapa de la madurez fisiológica en los cultivares Edranol y Fuerte, mientras que durante el ablandamiento de los frutos, se presenta correlación negativa en los tres cultivares estudiados.

Los ácidos grasos que se encuentran en la fracción lipídica y su contenido medido en porcentaje de ácidos grasos totales es el siguiente: ácido palmítico 3 a 15 por ciento, ácido palmitoleico 2 a 4 por ciento, ácido oleico 69 a 80 por ciento, ácido linoleico 6 a 11 por ciento, encontrándose también en menor cantidad; ácido esteárico, linolénico y araquidónico. En la última etapa de la madurez fisiológica, se produce un incremento de los ácidos grasos, mientras que en el período de ablandamiento de los frutos, el nivel de ácidos grasos no presenta variación.

VII. SUMMARY

A study on the composition of fatty acids of lipids and changes of the oil content of the avocado fruits Persea americana Miller, during the end of maturity and the softening of its, was carried out at The Laboratories of Departament of Chemistry, University of Chile, at Valparaiso.

Fruits from Bacon, Edranol and Fuerte varieties were harvested in the first week from July to December in The Experimental Station "La Palma", in Quillota.

To 3 individuals fruits were determined the oil content in basis percentage dried weight and percentage fresh weight, in moment of harvest and 7, 14 and 21 days after. The fatty acid composition as determined by gas chromatography.

A rapid increases of oil content was observed in Edranol and Fuerte avocados during the end of maturity. However, in the softening of fruits, the oil content do not changes. There is correlation between oil content and moisture content during softening and the end of maturity.

The edible portion of the fruit is rich in oleic, palmitic, linoleic and palmitoleic acids; while stearic acid is present only trace amount. Little difference was noted in the fatty acid composition during softening of fruits. During the end of maturity, the fatty acids increase mainly oleic acid.

VIII. LITERATURA CITADA

Appleman, D., and Noda, L. 1942. Biochemical studies of the Fuerte avocado fruits --- a preliminary report. Calif. Avoc. Soc. Yearbook. 60 p.

Biale, J.B., and R.E.Young. 1971. The avocado pear. In the Biochemistry of fruits and their products. Ed. Hulme, A.C. Acad. Press.

Bligh, E.C., and W.J.Dyer. 1959. Extracting of lipids. Journal Biochem. Physiol. 37. 911.

Bean, R.C. 1958. Changes in sugars in the development and sterage of avocados. California Avocado Soc. Yearbook, 1958.

Church, C.G., and E.M. Chace. 1922. Some changes in the composition of California avocados during growth. U.S. Dept. Agr. Bull. 107. 22 p.

Conn, E.E., and P.K. Stumpf. 1974. Bioquimica Fundamental. Editorial Limusa, Mexico.

_____. 1974. C.T.F.A. The Cosmetic Toiltetry and Fragrance Association Inc., Cosmetic Ingredient Description Avocado oil. Washington, D.C.U.S.

Davemport, J.B., and S.C. Ellis. 1959. Chemical changes during growth and storage of the avocado fruit. Australia Journal Biol. Sci. 12, 445.

Dolendo, A.L., B.S. Luht, and H.M. Pratt. 1966. Relation of pectic and fatty acid changes to respiration rate during ripening of avocado fruits. Journal of Food Sci. 31: 332-336.

Eckey, E.W. 1954. Vegetable fats and oils. Reinhold Publishing Corp. New York. p. 836.

Fersini, A. 1975. El cultivo del aguacate. Editorial Diana. México.

Hilditch, T.P., and P.N. Williams. 1964. The chemical constitution of natural fats. John Wilet & Sons, New York.

Holman, R.T. 1949. Spectrophotometer studies of the oxidation of lipids. VIII. Couplecooxidation of lipids. Arch. Biochem. 21, 51-57.

Lime, B.J. 1969. Preparation and storage studies of freeze dried avocado salad. Food Technology 23(3): 43-46.

Lehninger, A.L. 1976. Bioquimica. Editorial Omega, S.A. Mexico.

Lewis, C.E. 1978. Maturity of avocado fruits. New South Wales Departament of Agriculture. Agricultural Research Ontre. Journal of Science of Food and Agriculture. vol. 29 (10).

_____., R. Morris, and K. O'Brien. 1978. Contents of oil in mesocarp of avocado. Journal of the science of Food and Agriculture. 29(11).

Love, H.T. 1944. Study of avocado oil. California avocado Soc. Yearbood.

Mazliak, P. 1965a. Constitution lipidique de L'avocat. Fruits. 26(2):615-632.

_____. 1965b Constitution lipidique de L'avocat. Fruits. 20(2): 49-57.

_____. 1970. Lipids. In the biochemistry of fruits and their products. Edited by A.C. Hulme.

_____. 1971. Constitution lipidique de L'avocat. Fruits. 20(3): 117-122.

Metcalfe, L.D., Schmits, A., and A.Palka Jr. 1966. Preparación rápida de ésteres de ácidos grasos de lípidos, para análisis mediante cromatografía de gases. Analytical Chemistry 38(3): 514-515.

Ohlrogge, J.B., Stumpf, P.K., and W. Shine. 1978. Fat metabolism in hihger plants. Characterization of plant acyl ACP and acyl CoA hidrolases. (Dep. Biochem. Biophys. Univ. California, Davis, California). Arch. Biochem. Biophys. 189(2):382-391.

Oste, C.A., and J.L. Foguet. 1977. Composition characteristic and uses of avocado pulp and oil. Boletin Estación Experimental Agrícola de Tucuman, Tucuman, Argentina. (124):17.

Schmidt-Hebbel, H. 1979. Tabla de composición química de alimentos chilenos. 6a. Ed. Departamento de Química y Tecnología de Alimentos, Universidad de Chile.

Schweb, R. 1951. Chemical composition of avocado. Fruits. (Paris). 6, 177.

Stehl, A.L. 1933. Changes in the composition of Florida avocados in relation to maturity. University of Fla. Agr. Sta. Bull. 259:1-61.

_____. 1969. Shankman Laboratories and University of California at Berkeley for statistical averaging of fat content. Avocado Grower. 2(3), March 1978.

Swarts, D.H. 1978. Use of microwaves to determining maturity in avocado fruit. Citrograph, 63(2): 325.

Verne, R.T. 1949. Spectrophotometer studies of the oxidation of lipids. VIII. Coupled oxidation of lipids. Arch. Biochem. 21, 51-57.

Weaire, P.J., and G.O.Kekwick. 1970. Site of fatty acid biosynthesis in the avocado pear. (Dep. Biochem. Univ. Birmingham, En.) Biochem. Journal 119(5): 40-49.

Wolfe, H.S., Toy, L.R., and A.L. Stehl. 1934. In avocado production in Florida Agricultural Experimental Station, Gainsville, Florida. Bull. 272. p. 46.

Young, R. 1980. Oil content giving way to growth rates as Test of fruit maturity. Avocado Grower. 4(3), March 1980.

A N E X O I

Tabla I.- Contenido de aceite expresado en porcentaje de la materia fresca, durante la última etapa de la madurez fisiologica y en el ablanda miento de los frutos.

A).- c.v. Bacon.

	Ablandamiento (días)			
Cosechados en	0	7	I4	2I
Julio	I3,50	I5,58	I4,30	I4,95
	I3,63	I3,60	I4,93	I5,I0
	I3,43	I3,76	I5,0I	I5,I8
Cosechados en	I4,4I	I5,50	I5,60	I5,I6
Septiembre	I4,86	I4,33	I4,46	I5,83
	I3,53	I5,0I	I5,30	I7,I6

B).- c.v. Edranol.

Cosechados en	I0,I6	8,33	II,70	I2,I6
Octubre	8,60	I0,I6	I0,63	I2,20
	8,66	I0,33	II,66	I2,26
Cosechados en	9,I6	II,66	I5,00	I5,20
Noviembre	I3,28	I4,50	I4,83	I5,00
	I7,I6	I4,33	I5,20	I5,30
Cosechados en	I4,00	I8,50	I6,00	I9,65
Diciembre	I4,00	I6,8I	I7,83	20,70
	II,50	I4,40	I8,9I	I9,48

C).- c.v. Fuerte.

Cosechados en	I6,I6	I8,80	I9,50	20,50
Julio	I5,46	I7,83	I7,63	20,9I
	I6,86	I6,86	2I,36	20,03
Cosechados en	I7,40	I8,50	I9,50	26,50
Septiembre	I7,5I	I8,60	I9,63	26,80
	I7,08	I8,25	I9,43	26,I0
Cosechados en	20,83	23,I6	26,I6	28,65
Octubre	23,00	23,33	24,75	28,I5
	20,I6	I9,I6	27,58	27,60
Cosechados en	27,I6	28,00	24,83	28,9I
Noviembre	2I,66	29,00	3I,83	27,48
	24,66	29,00	29,75	3I,58
Cosechados en	25,00	30,00	25,86	26,66
Diciembre	25,26	2I,33	30,53	3I,25
	24,58	26,25	28,3[illegible]	29,93

A N E X O I I

Tabla I.- Contenido de aceite, expresado en porcentaje de la materia seca, durante la última etapa de la madurez fisiologica y en el ablandamiento de los frutos.

A).- c.v. Hass con.

Cosechados en	Ablandamiento (días) 0	7	14	21
Julio	61,36	65,47	56,07	55,78
	61,36	57,26	58,90	56,44
	61,33	54,04	57,46	58,43
Septiembre	63,69	64,71	61,50	54,52
	61,09	58,46	58,25	61,40
	59,67	61,54	60,33	65,35

B).- c.v. Edranol.

Cosechados en				
Octubre	45,68	47,20	58,02	56,50
	61,63	58,23	57,71	55,55
	75,67	55,34	59,91	58,99
Noviembre	68,08	52,30	60,56	65,88
	54,43	62,62	65,77	61,20
	55,14	63,39	61,45	61,33
Diciembre	63,87	91,65	55,45	71,75
	76,71	91,64	84,97	71,75
	58,97	52,14	76,10	72,69

C).- c.v. Fuerte.

Cosechados en				
Julio	55,21	54,90	54,24	56,45
	55,41	52,80	53,34	51,03
	53,13	53,12	55,10	53,50
Septiembre	60,10	62,08	63,92	60,62
	62,40	61,47	60,98	65,81
	63,27	61,26	64,23	61,69
Octubre	65,45	64,62	66,13	69,97
	64,33	66,77	67,11	62,55
	62,17	63,30	65,11	63,13
Noviembre	71,58	66,37	66,35	69,15
	66,10	70,21	71,79	66,65
	67,39	72,22	68,97	70,16
Diciembre	70,36	74,38	71,54	72,56
	71,01	72,36	69,10	72,98
	72,52	75,35	74,89	73,18

A N E X O I I I

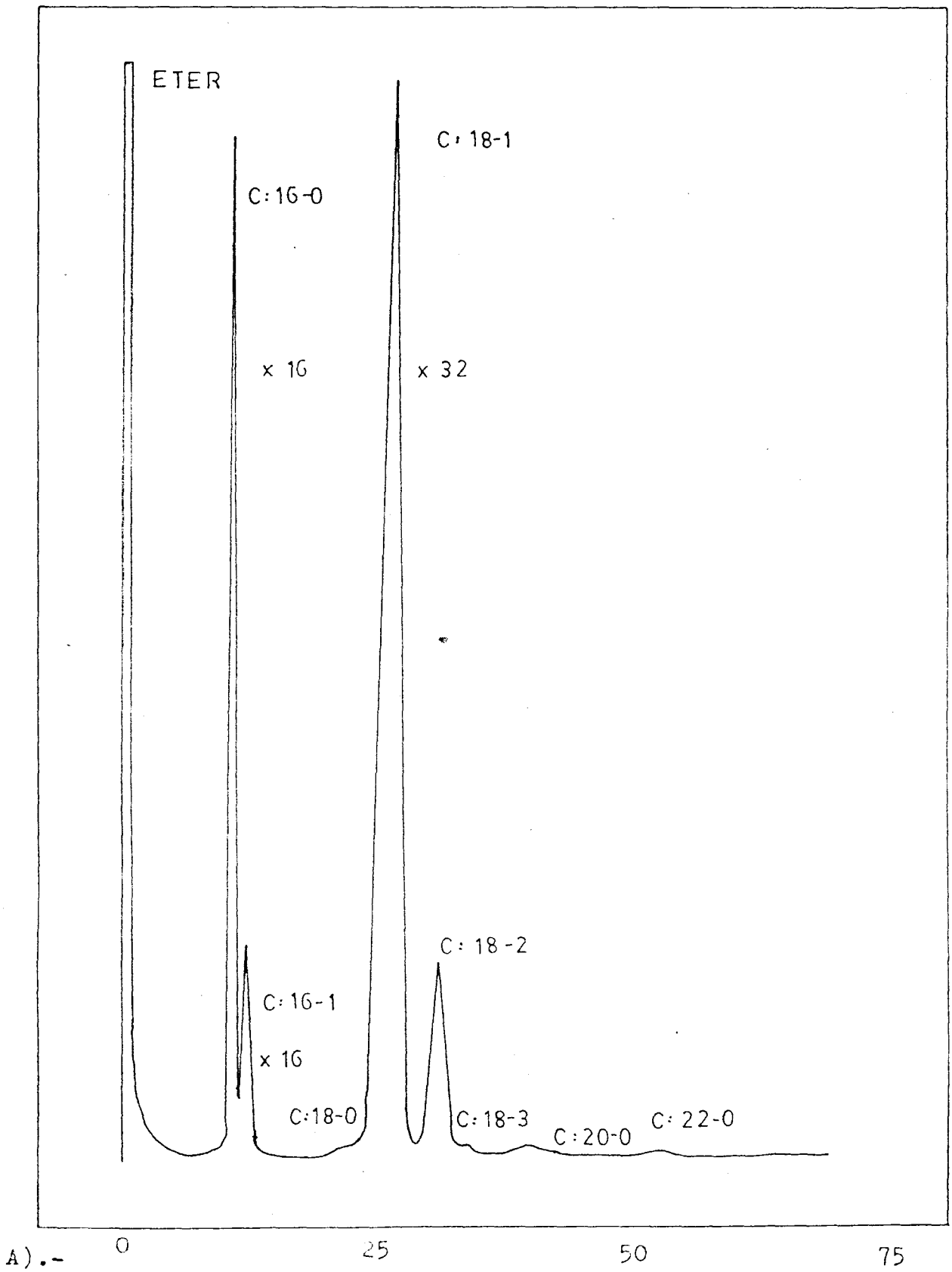
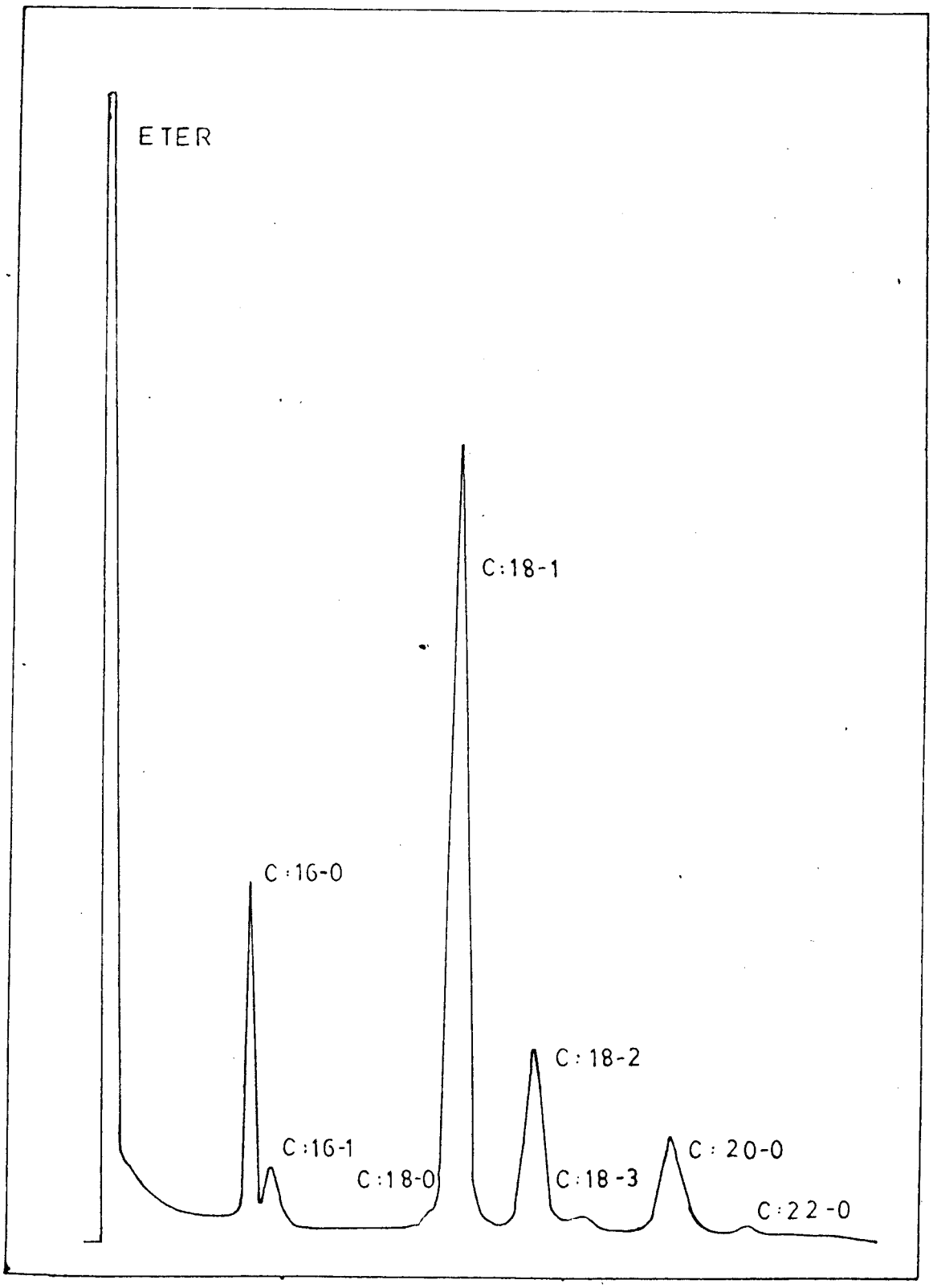
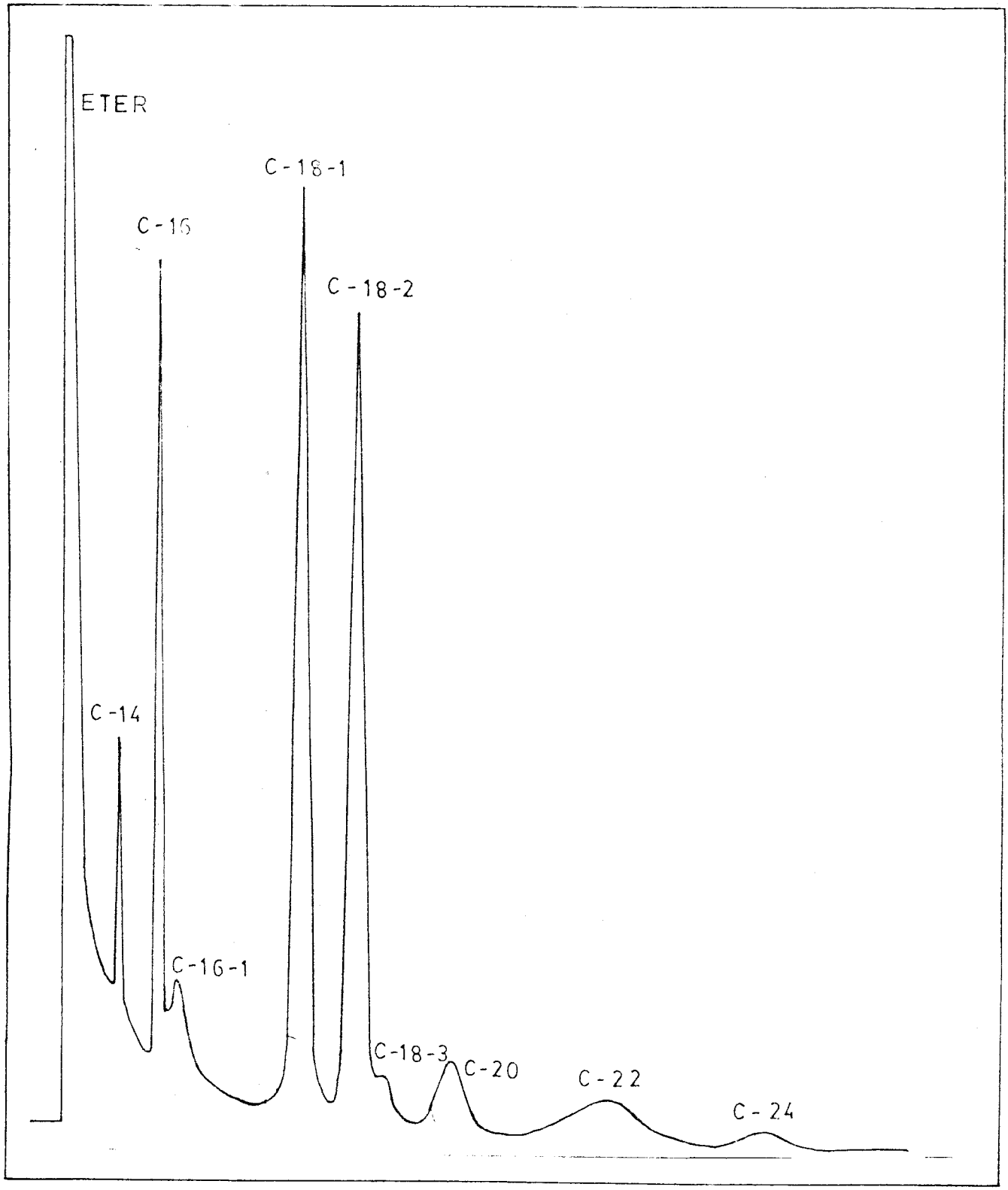


FIGURA 1.- Cromatograma de metil ésteres de ácidos grasos, presentes en el aceite de: A). frutos partenocárpicos, B). piel de paltas y C). de la semilla.



B).- 0 25 50 75 min.



).- 0 25 50 75 min.