

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

CBS

METABOLISMO DE ETILENO Y SU
RELACION CON LA MADURACION
EN FRUTOS DE MANGO

BIBLIOTECA

TESIS QUE PRESENTA MA. DE LA LUZ
GONZALEZ MEDINA PARA OPTAR AL
GRADO DE MAESTRO EN BIOLOGIA
EXPERIMENTAL.

MEXICO D.F. ABRIL DE 1990.

094554

16-VII-80
El Jurado designado por el Departamento de Ciencias de la Salud de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa aprobó la presente Tesis de Maestría a los dieciocho días del mes de abril de mil novecientos noventa.

DR. EDMUNDO CHAVEZ

QFB CLARA PELAYO ZALDIVAR

DR. GUSTAVO VINIEGRA GONZALEZ

M. EN C. ELSA BOSQUEZ MOLINA

México D.F. 18 de abril de 1990.

El trabajo de investigación que culminó con la presentación de esta Tesis fué realizado en el Laboratorio de Fisiología Poscosecha de frutas y Verduras del Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa con la tutoría del Dr. Edmundo Chávez y la muy valiosa asesoría de la QFB Clara Pelayo Z., M. en C. Elsa Bosquez M. y el Dr. Gustavo Viniegra G.

La Maestría en Biología Experimental de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa tiene el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para el fortalecimiento del Posgrado Nacional.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana por haberme permitido y facilitado la realización del presente trabajo, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por apoyar la Maestría en Biología Experimental.

Deseo agradecer sinceramente al Dr. Edmundo Chávez su apoyo y estímulo durante el desarrollo de este estudio.

Mi más profundo y sincero agradecimiento para la QFB Clara Pelayo Z. y la M.en C. Elsa Bosquez M. por su valiosa asesoría y guía que me permitió concluir con la presente tesis.

Doy las gracias al Dr. Gustavo Viniegra G. por sus atinadas sugerencias durante la revisión del trabajo.

Agradezco al Dr. S. Lakshminarayana como iniciador del proyecto que dió origen a la presente tesis.

Agradezco en todo lo que vale el apoyo y la ayuda que me brindaron el M. en C. Arturo Hernández M., I. en A. Dulce Ma. Sánchez-Díaz L. e I. en A. Angélica Soto A.

Un profundo y cálido agradecimiento a Gerardo, Aída Yazmín, Gerardo hijo y David Adrián por su apoyo y su tiempo que me cedieron para poder llevar a cabo esta investigación.

G R A C I A S

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS

LISTA DE FIGURAS

RESUMEN

ABREVIATURAS

I. INTRODUCCION.

II. ANTECEDENTES.

A. IMPORTANCIA DEL MANGO EN MEXICO.

B. COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE LAS FRUTAS EN POSCOSECHA.

1. CAMBIOS ASOCIADOS CON LA MADURACION.

2. NIVELES ENDOGENOS DE ETILENO.

3. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA FORMACION DE ETILENO.

C. BIOSINTESIS, REGULACION Y ACCION DEL ETILENO.

1. REGENERACION DE METIONINA.

2. SENSIBILIDAD DEL TEJIDO Y SITIO DE UNION DEL ETILENO.

3. METABOLISMO DE ETILENO.

4. CONJUGACION DE ACC.

D. PROPIEDADES Y APLICACIONES DEL ETHREL.

1. CARACTERISTICAS QUIMICAS.

2. MECANISMO DE REACCION.

3. DEGRADACION Y MOVIMIENTO DEL ETHREL EN PLANTAS.

4. EFECTO DEL ETHREL EN LA MADURACION.

III. OBJETIVO E HIPOTESIS DE TRABAJO.

IV. MATERIALES Y METODOS.

A. MATERIAL EXPERIMENTAL.

B. DISEÑO EXPERIMENTAL.

C. PREPARACION DE LA MUESTRA.

D. METODOS.

1. CALIBRACION DEL RESPIROMETRO DE WARBURG.

2. PRODUCCION DE CO₂.

3. CONSUMO DE OXIGENO.

4. CONTENIDO DE METIONINA.

5. PRODUCCION DE ETILENO EN FRUTA ENTERA.

V. RESULTADOS Y DISCUSION.

A. PRODUCCION DE CO₂.

1. RESPUESTA BASAL.

2. RESPUESTA AL ETHREL.

B. CONTENIDO DE METIONINA Y PRODUCCION DE ETILENO.

C. CONSUMO DE OXIGENO.

VI. CONCLUSIONES.

VII. BIBLIOGRAFIA.

VIII. APENDICE.

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Producción de mango en la República Mexicana durante 1987	6
2	Principales Estados productores de mango en la República Mexicana durante 1987	7
3	Volumen de exportación de mango por Estados de la República Mexicana durante la temporada 1987-1988.....	11
4	Cambios en algunos de los principales constituyentes químicos del mango durante la maduración	18
5	Cambios en el contenido de aminoácidos del mango durante la maduración.	99
6	CO ₂ producido por discos de cáscara de mango cv Haden tratados con ethrel en diferentes concentraciones....	100
7	CO ₂ producido por discos de pulpa de mango cv Haden tratados con ethrel en diferentes concentraciones....	101
8	CO ₂ producido por discos de cáscara de mango cv Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones....	102
9	CO ₂ producido por discos de pulpa de mango cv Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones....	103
10	Análisis de varianza para el CO ₂ producido por discos de pulpa y cáscara de mango cv Haden y Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones.....	104

11	Contenido de Metionina en pulpa de mango cv Haden tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	105
12	Contenido de Metionina en pulpa de mango cv Kent tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	106
13	Análisis de varianza para el contenido de Metionina en pulpa de mango cv Haden y Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones.....	107
14	Etileno producido por mango cv Haden tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	108
15	Etileno producido por mango cv Kent tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	109
16	Análisis de varianza para el etileno producido por frutas de mango cv Haden y Kent tratadas con ethrel en diferentes concentraciones.....	110
17	Consumo de oxígeno en discos de cáscara de mango cv Haden tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	111
18	Consumo de oxígeno en discos de pulpa de mango cv Haden tratados con ethrel en diferentes concentraciones.	112
19	Consumo de oxígeno en discos de cáscara de mango cv Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones.....	113
20	Consumo de oxígeno en discos de pulpa de mango cv Kent tratado con diferentes concentraciones de ethrel.	114

20	Análisis de varianza para el oxígeno consumido por discos de pulpa y cáscara de mango cv Haden y Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones...	115
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
1	Producción y exportación de mango.....	10
2	Comportamiento respiratorio de frutas climatéricas y No- climatéricas.....	14
3	Regulación de la biosíntesis de etileno.....	21
4	Representación esquemática de la biosíntesis de eti- leno interconectada con la biosíntesis de poliaminas.	29
5	Esquema propuesto para el metabolismo de etileno en plantas superiores.....	33
6	Diagrama del sistema utilizado para la captura del etileno.....	54
7	Producción de CO ₂ por discos de mango cv Haden sin tratamiento con ethrel; cáscara y pulpa.....	58
8	Producción de CO ₂ por discos de mango cv Haden tra- tados con 500 de ethrel; cáscara y pulpa.....	59
9	Producción de CO ₂ por discos de mango cv Haden trata- do con ethrel en concentración de 1000 ppm; cáscara y pulpa.....	60
10	Producción de CO ₂ por discos de mango cv Kent sin tratamiento con ethrel; cáscara y pulpa.....	61
11	Producción de CO ₂ por discos de mango cv Kent trata-	

	do con 500 ppm de ethrel; cáscara y pulpa.....	62
12	Producción de CO ₂ por discos de mango cv Kent tratado con 1000 ppm de ethrel; cáscara y pulpa.....	63
13	Producción de CO ₂ por discos de cáscara de mango cv Haden tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	65
14	Producción de CO ₂ por discos de pulpa de mango cv Haden tratados con ethrel en diferentes concentraciones.	66
15	Producción de CO ₂ por discos de cáscara de mango cv Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones.....	67
16	Producción de CO ₂ por discos de pulpa de mango cv Kent tratado con ethrel en diferentes concentraciones....	68
17	Contenido de Metionina en pulpa de mango cv Haden tratado con ethrel en diferentes concentraciones....	70
18	Contenido de Metionina en pulpa de mango cv Kent tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	71
19	Producción de etileno en mango cv Haden tratado con ethrel en diferentes concentraciones.....	73
20	Producción de etileno en mango cv Kent tratado con ethrel en diferentes concentraciones.	74
21	Esquema propuesto para la compartimentalización del etileno, ACC y N-Formil-ACC en relación al sitio primario de acción del etileno.....	75

22	Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden sin tratamiento de ethrel en cáscara y pulpa.....	79
23	Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden tratado con 500 ppm de ethrel en cáscara y pulpa.....	80
24	Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden tratado con 1000 ppm de ethrel, cáscara y pulpa.....	81
25	Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden sin tratamiento con ethrel, cáscara y pulpa.....	83
26	Oxígeno consumido por discos de mango cv Kent tratado con 500 ppm de ethrel, cáscara y pulpa.....	84
27	Oxígeno consumido por discos de mango cv Kent tratado con 1000 ppm de ethrel, cáscara y pulpa.....	85
28	Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden tratados con ethrel en diferentes concentraciones.....	86
29	Oxígeno consumido por discos de pulpa de mango cv Haden tratados con ethrel en diferentes concentraciones.	87
30	Oxígeno consumido por discos de cáscara de mango cv Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones.....	88
31	Oxígeno consumido por discos de pulpa de mango cv Kent tratados con ethrel en diferentes concentraciones.....	89

RESUMEN

Dada la importancia de la producción de mango en México y el conocimiento de los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante la maduración, se planteó el presente trabajo teniendo como objetivo el observar los cambios que sufre una fracción de tejido de la fruta en la producción de CO_2 , consumo de oxígeno y contenido de metionina al aplicarse un compuesto liberador de etileno, y así mismo cuantificar el etileno producido por la fruta completa. Con este fin se seleccionaron aproximadamente 300 frutas de cada una de las variedades Haden y Kent, las cuales fueron divididas en lotes de 50 frutas y posteriormente se hizo un tratamiento por inmersión en una solución acuosa de Ethrel (ác. 2-cloroetilfosfónico) en concentraciones de 500 y 1000 ppm durante 5 minutos a temperatura ambiente (20-22°C) dejando un lote como testigo sin tratamiento. El diseño experimental utilizado fué completamente al azar en arreglo factorial (2x2x3x9), donde los factores fueron variedad, sección de la fruta, concentración de Ethrel y tiempo después de la cosecha. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y prueba de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Los resultados obtenidos muestran que el Ethrel aplicado a frutas de mango en poscosecha apronta la elevación en la producción de etileno endógeno asociada con el climaterio y las dos variedades estudiadas responden en forma semejante, aunque en magnitud diferente.

La concentración interna de metionina se ve modificada por la aplicación de Ethrel y el efecto es prácticamente inmediato, se acelera la aparición del climaterio en el tejido de la fruta, lo cual se observa por el desplazamiento en el patrón de producción de CO_2 y consumo de oxígeno, y éste efecto no fue mayor al aumentar la concentración del ácido 2-cloroetilfosfónico. En este sentido, ambas variedades de mango responden igual, y en cambio el tejido de cáscara y pulpa se comportan diferente. Siendo la mayor respuesta en la cáscara.

ABREVIATURAS

SAM: S-Adenosil metionina.
ACC: Ac. 1-Aminociclopropano-1-carboxílico.
EFE: Sistema Enzimático Formador de Etileno.
MTA: Metiltioadenosina.
MTR: Metiltiorribosa.
AVG: Aminoetoxivinil glicina.
AOA: Ac. Aminooxiacético.
MTR-1-P: Metiltiorribosa-1-fosfato.
 α -KMB: α -Ceto- γ -metiltiobutírico.
 α -HMB: α -Hidroxi- γ -metiltiobutírico.
MACC: Malonil-ACC.
ETHREL: Ac. 2-Cloroetil fosfónico

I. INTRODUCCION

El mango es una de las frutas tropicales más apreciadas en todo el mundo por su exquisito sabor. Su cultivo en México fué introducido por los conquistadores Españoles en el siglo XVI, pero la falta de comunicaciones y tecnología hicieron que se tuviera un desarrollo muy lento durante muchos años. En México existen las condiciones favorables de clima y suelo para la explotación del mango en gran escala como lo demuestra el hecho de que actualmente esta fruta se produce prácticamente en todo el territorio nacional.

Durante los últimos 25 años aproximadamente, la producción se ha incrementado en forma notable y con ésto surge una situación en la que la oferta supera a la demanda principalmente en los meses de alta producción. Al ser un producto altamente perecedero con una vida útil de 8 a 10 días después de la cosecha y no existir una diversificación de procesos y productos para su aprovechamiento, se obliga a que la mayor parte del consumo sea en estado fresco y se tenga un porcentaje de pérdida que puede ser hasta un 30% de la producción total, debido a la falta de tecnología que permita un manejo adecuado durante el cultivo, cosecha, transporte, almacenamiento y comercialización del producto. Las causas que originan las mermas son diferentes para cada zona de producción, pero pueden mencionarse el mal corte, plagas, rápida maduración, clasificación deficiente, baja calidad del envase y factores climatológicos durante el transporte.

Para lograr el máximo aprovechamiento de este recurso en nuestro país

es necesario llevar a cabo estudios que den como resultado lograr un periodo mayor de vida útil en estado fresco, así como la búsqueda en la diversidad de productos hechos a base de mango y sus aplicaciones en la preparación de otros alimentos. Esto permitiría, por un lado, enfocar esfuerzos hacia la ampliación del mercado de exportación ya que en México se pueden producir mangos de alta calidad y el mercado potencial del mango en el mundo es muy amplio. Desde luego, para ésto se requiere del conocimiento y aplicación de prácticas adecuadas de cultivo, control de plagas, variedades para exportación, cosecha, almacenamiento, transporte, comercialización, planeación de la producción etc., con el fin de obtener fruta de calidad que acredite el producto en el extranjero. La Unión Nacional de Organismos de Productores de Hortalizas y Frutas (UNPH) ha estado trabajando en este sentido de manera que el productor tenga la vía adecuada para canalizar su producción total o parcial no sólo de mango sino de una amplia variedad de productos del campo.

Por otro lado, en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa se ha trabajado en el proyecto de investigación, con el apoyo financiero del CONACYT, Desarrollo de Tecnología Integrada para el Mango, donde se plantean estudios en dos aspectos básicamente: el primero se refiere a procesamiento para obtener varios productos de mango y el segundo a la maduración del fruto.

Respecto al procesamiento, se trata en principio, de conservar químicamente la pulpa de mango a fin de tener disponibilidad de ésta una vez que ha concluído la temporada de producción y obtener néctares (producto con-

vencional que ya se elabora industrialmente) o poder utilizarla en la elaboración de helados, bebidas etc. En México, además de néctares, solamente se elaboran rebanadas en almíbar y polvo para preparar una bebida instantánea. Sin embargo, en dicho proyecto se contempló la obtención de rebanadas deshidratadas, jugo y polvo deshidratado por aspersion, mermelada y chutney, así como la conservación por congelación, preparación de cereales en hojuelas sabor mango, encurtidos y preparados para bebidas instantáneas.

Los estudios de maduración comprenden un estudio básico de investigación relacionado con el etileno, cuya importancia en la regulación de procesos como germinación, crecimiento, desarrollo, maduración y senescencia en el ciclo de vida de la planta se ha venido estudiando en un gran número de trabajos con el objetivo de aclarar completamente la síntesis y regulación del etileno, a fin de que, en un momento dado se puedan manipular las condiciones que controlan estos procesos ya sea inhibiendo o induciendo los mismos de acuerdo con las necesidades que se tengan. Por otro lado, al etileno se le reconoce el papel de hormona en el proceso de maduración de frutas y su producción en el tejido acompaña los cambios que se llevan a cabo en esta etapa. Para inducir la maduración en frutas, el etileno se suministra como gas o aplicando un producto químico que lo genere por descomposición, pero específicamente en mango hay pocos estudios que relacionen al etileno aplicado exógenamente con algunos de los cambios que se producen durante la maduración, razón por la que, en este trabajo se trata de conocer el efecto que tiene la aplicación de un compuesto liberador de etileno en la fruta, sobre los niveles de metionina, ya que se ha identificado a este aminoácido como precursor del etileno endógeno en plantas superiores. Así mismo obser

var su efecto en algunos procesos fisiológicos como actividad respiratoria y producción de etileno.

Una posible aplicación de todos estos conocimientos sería el desarrollo de nuevos métodos o procedimientos para añadir compuestos químicos formadores de etileno y para diseñar mejor los sistemas de empaque, transporte y almacenamiento del mango.

II. ANTECEDENTES

A. IMPORTANCIA DEL MANGO EN MEXICO.

El mango se considera una de las frutas tropicales más importantes en el mundo. Su fino sabor y aroma, su atractivo color y valor nutritivo lo hicieron favorito del hombre desde épocas remotas.

En México la evolución que ha mostrado la producción de mango ha sido creciente merced a factores tales como clima favorable y suelos fértiles que han permitido su expansión a prácticamente todos los estados de la República (Cuadro No. 1) con una superficie cultivada que se ha incrementado de 26 450 Ha en 1974 (Velasco C.J., 1974) a 107 252 en 1987 (SARH, 1987) y una producción total de 0.38 y 1.12 millones de toneladas respectivamente. Los diez estados que contribuyen en mayor proporción a la producción están encabezados por Veracruz, Guerrero y Oaxaca (Cuadro No. 2).

Existe en México una gran diversidad de mangos tipo criollo de escasa importancia comercial basada en preferencias locales en el interior del país. El grupo Manila o Indochino es de suma importancia, de hecho la mayor superficie ocupada con mango pertenece a diversos tipos de manila y en el gusto mexicano es el que tiene más aceptación, de ahí que los productores generalmente enfoquen su producción al mercado interno. Los tipos criollo y manila representan el 90% de la producción, pero son poco atractivos para el mercado de exportación porque presentan uniformidad de color, ausencia de chapeos y un sabor resinoso poco aceptado por el extranjero.

CUADRO No. 1

PRODUCCION DE MANGO EN LA REPUBLICA MEXICANA DURANTE 1987							
ESTADO	SUPERFICIE COSECH.		PRODUCCION (Ton)	REND. FISICO (Ton/Ha)	VALOR DE LA PROD. (PESOS)	PRECIO MEDIO RURAL MILES DE \$	EPOCA DE COSECHA
	SEMB. (Ha)	COSECH. (Ha)					
BCS	273	195	1 586	8.14	554 985	350	jun-ago
CAMPECHE	1 500	1 400	16 800	12.00	1 009 000	60	abr-ago
COLIMA	4 500	3 577	25 034	6.90	3 755 100	150	may-sep
CHIAPAS	6 768	6 768	56 018	8.20	5 601 000	100	may-jul
GUANAJUATO	65	65	468	7.20	117 000	250	jul-ago
GUERRERO	10 780	10 451	229 812	21.80	19 244 457	84	abr-jun
HIDALGO	294	188	1 305	6.90	522 000	400	jun-ago
JALISCO	5 789	5 573	56 865	12.00	1 906 425	33	may-jul
MEXICO	912	588	5 074	8.63	3 145 575	62	abr-sep
MICHOACAN	10 705	9 841	98 410	10.00	29 523 000	300	abr-jun
MORELOS	765	707	6 614	9.35	1 984 200	300	mar-jun
NAYARIT	13 768	10 429	76 129	7.30	11 419 365	150	abr-oct
OAXACA	11 600	9 523	113 326	11.90	23 798 460	210	ene-jul
PUEBLA	374	334	3 990	---	399 000	100	mar-jun
QUERETARO	188	72	432	6.00	48 384	112	may-ago
SLP	911	810	6 853	8.46	1 027 890	150	jun-ago
SINALOA	11 031	8 909	89 900	10.00	7 192 000	80	jun-sep
TABASCO	1 379	1 379	11 859	8.60	1 541 670	130	may-jul
TAMAULIPAS	1 849	1 747	8 735	5.00	1 048 200	120	jun-jul
VERACRUZ	23 043	23 033	301 683	13.10	75 420 750	250	jun-jul
YUCATAN	690	637	11 218	17.60	1 256 394	112	may-jun
ZACATECAS	8	8	47	6.20	9 480	200	may-jun
TOTAL	107 252	96 234	1 122 158	-----	187 694 135	-----	

FUENTE: Inventario Nacional Frutícola (1987). México. DGEIE. SARH.

CUADRO No. 2

PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE MANGO EN LA REPUBLICA MEXICANA DURANTE 1987.	
ESTADO	PRODUCCION (Ton)
VERACRUZ	301 683
GUERRERO	229 812
OAXACA	113 326
MICHOACAN	98 410
SINALOA	89 900
NAYARIT	76 129
JALISCO	56 865
CHIAPAS	56 018
COLIMA	25 034
CAMPECHE	16 800

FUENTE: DGEIE. SARH. MEXICO, 1987.

jero (Velasco C.J., 1974).

Las variedades de mayor importancia para exportación que se cultivan en México son las del grupo Mulgoba o Indostano, provenientes de Florida, E.U.A. que han sido introducidas a nuestro país y son cultivadas en superficies considerables. El mango Haden y Kent ocupan las mayores superficies y las otras variedades que se cultivan son Irwin, Keitt, Sensation, Tommy Atkins y Zill. Estas variedades tienen características físicas y sensoriales que las hacen adecuadas para el mercado externo. El mercado nacional absorbe prácticamente la totalidad de la producción, razón por la cual reviste por el momento la mayor importancia. Sin embargo, el mercado potencial del mango en el mundo es muy amplio ya que ha sido internacionalmente aceptado por su exquisito sabor y aroma, como ninguna otra fruta de origen tropical, además de que las naciones productoras venden en sus propios mercados, de manera que son pocos los países que exportan cantidades significantes al exterior.

México es considerado como el exportador de mango más importante del mundo, con un crecimiento del 25% anual en el volumen de exportación para el periodo 1976-1982 comparado con un 4.4% de crecimiento en la producción (Booz Allen y Hamilton, 1985). La proporción de fruta que se exporta es sólo una pequeña fracción de la producción (Figura No. 1) y son Sinaloa, Nayarit y Colima los estados de la República que cubren aproximadamente el 80% de la cantidad exportada (Cuadro No. 3). En la temporada 1987-1988 se exportó solamente el 2.62 % de la producción total (UNPH, 1988).

Se ha tenido éxito en la exportación de mango a pesar de la carencia de enfoque exportador, pero México está teniendo dificultades para mantener su participación en el mercado debido a problemas fitosanitarios, problemas de calidad porque se embarca producto de mala calidad o mal clasificado, y la entrada de nuevos competidores a los principales mercados como Las Filipinas en Japón, Israel en la Comunidad Económica Europea y Países de la Cuenca del Caribe en Estados Unidos. Para México los mercados de importancia son Estados Unidos, Canadá, Países de la CEE y Japón (Booz Allen y Hamilton, 1985).

En México se puede producir mango de calidad y la agroindustria de esta fruta tiene un buen porvenir si los esfuerzos se encaminan a producir una fruta de calidad, tanto para el mercado interno como para la exportación a precios competitivos. No obstante el panorama anterior, existe preocupación por una posible sobreproducción, lo cual implicaría una pérdida muy significativa ya que el mango, como la mayor parte de las frutas tiene un carácter altamente perecedero y un intervalo de producción reducido, por tanto su vida útil desde la cosecha hasta un estado maduro y disponible a los consumidores es muy limitada. Algunas estimaciones indican que un 20 a 30% de la fruta se pierde por deficiencia en el manejo poscosecha (Anónimo, 1982). La expansión del mercado interno, la apertura del mercado de exportación y su posible ampliación, así como la introducción de variedades mejoradas al país han estimulado un incremento en el cultivo del mango y creado la necesidad de un mayor conocimiento de las prácticas de cultivo, fisiología de la fruta en sus diferentes etapas de producción, manejo, empaque y almacenamiento en poscosecha, distribución e información de mercado y aplicación

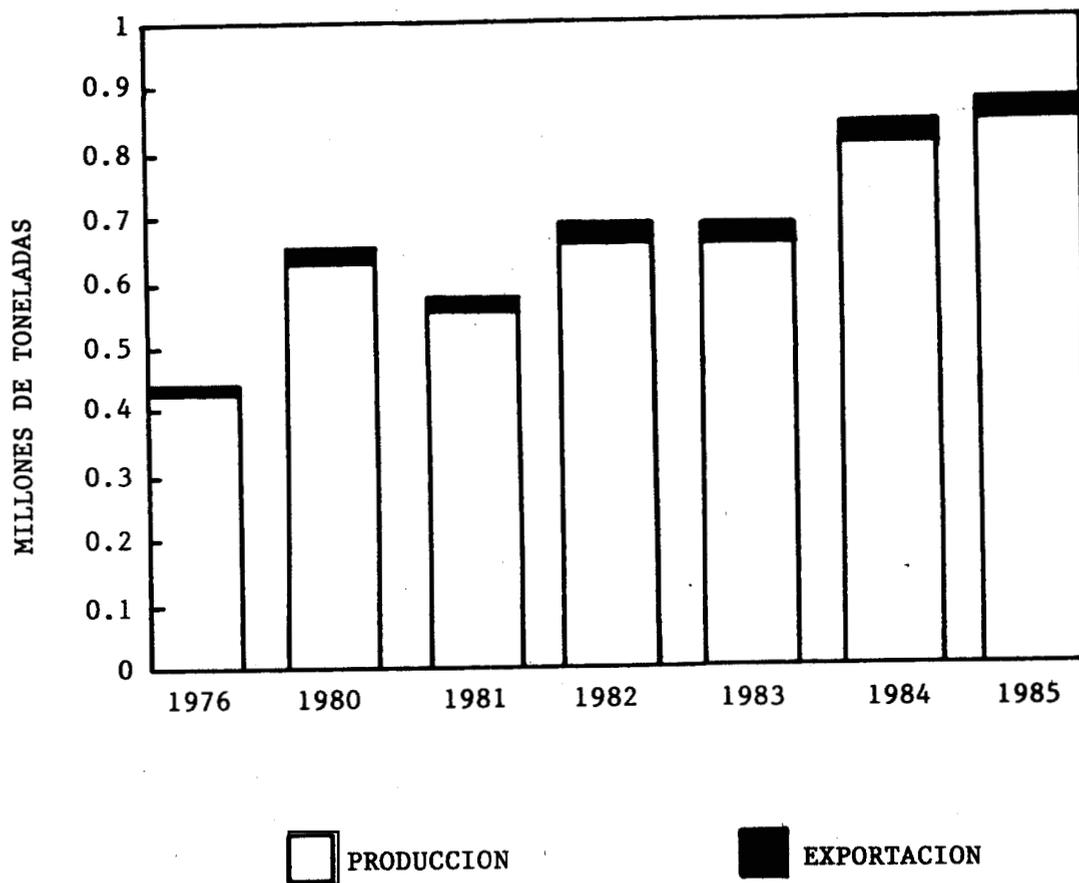


Fig. No. 1 Producción y exportación de mango durante el periodo 1976-1985. (Booz Allen y Hamilton, 1987)

CUADRO No. 3

VOLUMEN DE EXPORTACION DE MANGO POR ESTADOS DE LA REPUBLICA MEXICANA DURANTE LA TEMPORADA 1987-1988.		
ESTADO	CANTIDAD EXPORTADA (Kg Netos)	PORCENTAJE %
SINALOA	10 368 457	35.27
NAYARIT	6 727 213	22.89
COLIMA	6 021 978	20.48
MICHOACAN	5 091 998	17.33
GUERRERO	822 671	2.80
JALISCO	300 659	1.02
GUANAJUATO	52 991	0.18
MEXICO	4 856	0.02
OAXACA	3 196	0.01
TOTAL	29 393 019	100.00

FUENTE: UNPH, 1988.

de la tecnología con el fin de racionalizar su explotación y favorecer su aprovechamiento integral que incluye consumo como fruta fresca, procesado para la producción de dulces, conservas, ates, jaleas etc. Solo o combinado con otras frutas puede emplearse en la elaboración de purés, refrescos y helados, la pulpa en trozos o puré puede congelarse. En rebanadas, puré o néctar se puede enlatar y usar como relleno en pastelería. Otros productos que pueden ser elaborados son trozos encurtidos de mango tierno (pickle), chutneys, pulpa deshidratada, cereales en laminillas (flakes) etc., los cuales también podrían exportarse además de la fruta fresca, creando así una importante fuente de divisas, y las alternativas para aprovechar la mayor cantidad posible del mango producido.

B. COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE LAS FRUTAS EN POSCOSECHA.

Los cambios bioquímicos que tienen lugar una vez que la fruta es cosechada están relacionados directa o indirectamente con procesos de oxidación. En esta etapa la respiración asume el papel dominante y la fruta vive una vida independiente de la planta, utilizando los sustratos acumulados durante el crecimiento.

Si se sigue la actividad respiratoria a través de las diferentes etapas del desarrollo, en algunos casos como aguacate, plátano, papaya y mango, se observa que en la fase final y en general independientemente de que la fruta permanezca en el árbol o se separe de él, se presenta un descenso en

la liberación de CO_2 , seguido por un notable incremento y posterior disminución en la actividad respiratoria. A estas fases se les conoce como preclimaterio, climaterio y postclimaterio respectivamente. En otros como limón, toronja y uva no se producen los cambios descritos, sino que la respiración disminuye lentamente (Figura No. 2). Esta diferencia en el comportamiento respiratorio ha servido de base para la clasificación de las frutas en climatéricas y no-climatéricas (Biale J.B., 1960).

Otro aspecto característico es que la maduración en frutas climatéricas está asociado con un gran incremento en la producción de etileno, al cual se considera una hormona de maduración (Burg S.P. and Burg E.A., 1965). Las frutas no-climatéricas no presentan este fenómeno y la diferencia se ha explicado por la hipótesis de que la biogénesis de etileno en frutas climatéricas está regulada por el sistema 1, el cual está involucrado en la regulación de procesos de edad y es responsable de la baja velocidad de producción de etileno durante el crecimiento, y el sistema 2, que es responsable del incremento autocatalítico que acompaña la maduración, de manera que se postuló que la fruta no-climatérica tiene sistema 1, pero no sistema 2.

B.1. CAMBIOS ASOCIADOS CON LA MADURACION.

El climaterio respiratorio está estrechamente relacionado con la maduración, la cual involucra una serie de cambios estructurales, bioquímicos y fisiológicos. Algunos de los cambios estructurales que se presentan son: menor grosor de la pared celular y de la lámina media que mantiene unidas

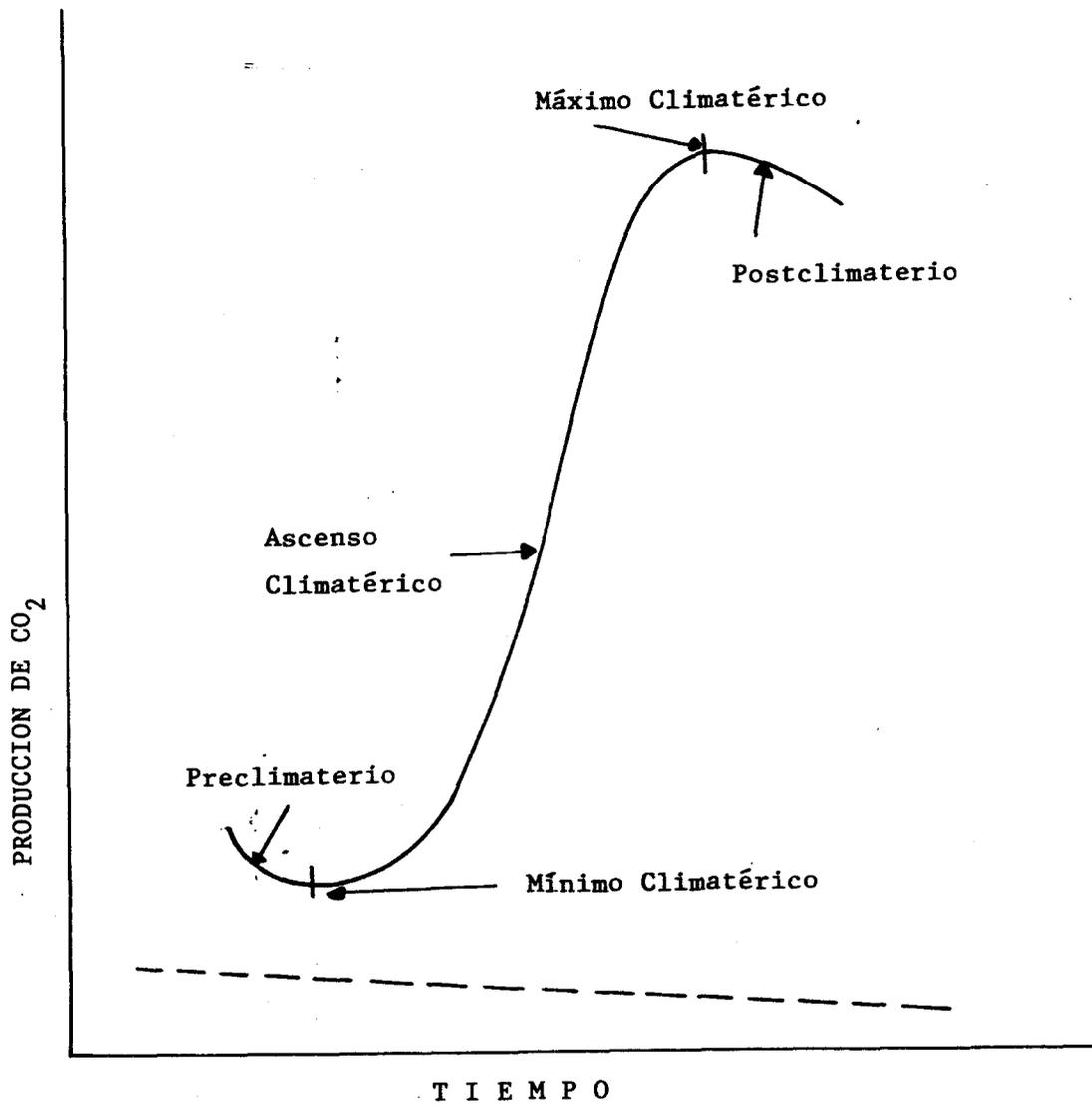


Fig. No. 2 Comportamiento respiratorio de frutas climatéricas (—) y No- climatéricas (---). Soule J., 1985.

a las células adyacentes, mayor permeabilidad del plasmalema y cantidad de espacios intercelulares que contribuyen al ablandamiento de los tejidos; además los cloroplastos se transforman en cromoplastos cambiando el color de las frutas.

Los cambios bioquímicos se asocian con cambios marcados en color, textura, sabor y aroma. En términos generales, el color cambia por medio de reacciones de degradación de clorofila y/o síntesis de carotenos. El ablandamiento es causado por descomposición de la protopectina en pectina soluble y la hidrólisis de sustancias como almidón en la calabaza o de la grasa en el aguacate, dependiendo del componente que se encuentre como reserva en la fruta.

La maduración también trae consigo un aumento en los azúcares simples por la degradación de polisacáridos, disminución en los ácidos orgánicos (aunque en algunos casos como el plátano la concentración de ácidos aumenta) y compuestos fenólicos de bajo peso molecular para reducir la acidez y astringencia, y un aumento en las sustancias volátiles para dar en conjunto el sabor y aroma característicos de la fruta. Más allá de estos cambios sensoriales, están una serie de cambios básicos en la composición y metabolismo de la fruta, los cuales finalmente conducen a la maduración (Biale J.B., 1960, Hulme A.C., 1971). Los cambios observados en algunos de los constituyentes del mango (Cuadro No. 4) por efecto de la madurez son un descenso notable en los polisacáridos como almidón, celulosa y protopectina, la aparición de azúcares simples, disminución en los ácidos orgánicos y un marcado incremento en los carotenos y geraniol. Respecto a

los aminoácidos (Cuadro No. 5) se observan diferentes cambios para los distintos compuestos, ya que mientras algunos sufren disminución como el ácido aspártico, arginina, lisina e histidina, otros como el ácido glutámico, cisteína y alanina aumentan su concentración. En el caso de metionina se presenta un descenso en la etapa de madurez cambiante, llegando al nivel inicial cuando la fruta está madura (Pantástico E.B., 1984).

B.2. NIVELES ENDOGENOS DE ETILENO.

La revisión de Knee (Knee M., 1985) que a continuación se resume establece que conforme se acumula el etileno en una fruta como resultado de la producción endógena y una lenta velocidad de difusión a través del tejido, se llega a alcanzar una concentración umbral que desencadena la autocatálisis de la producción de etileno y se inicia el proceso de maduración de manera irreversible. El etileno que se produce puede ser removido por ventilación y retrasarse la maduración, pero nunca se eliminará totalmente.

Las concentraciones de etileno que se reportan en el espacio intercelular de frutas climatéricas está en el rango de 0.01-0.09 ul l^{-1} con muchos valores alrededor de 0.05 ul l^{-1} . Tales niveles se mantienen en los últimos días o semanas del desarrollo de la fruta o después de la cosecha, y hasta el punto donde un rápido ascenso marca el inicio de la maduración. Cuando las concentraciones internas están alrededor de 0.01 a 0.05 ul l^{-1} y las velocidades de producción son aproximadamente 0.02 $\text{ul kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ es tiempo de controlar la acumulación de etileno para impedir su acción. Una

CUADRO No. 4

CAMBIOS EN ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES QUIMICOS DEL MANGO DURANTE LA MADURACION.			
CONSTITUYENTE	INMADURO	PARCIALMENTE MADURO	MADURO
ALMIDON (g %)	14	-----	0.3
CELULOSA (g %)	4.92 ± 1.05	2.0 ± 1.5	1.12 ± 0.2
PROTOPECTINA (g %)	0.81 ± 0.24	0.65 ± 0.19	0.35 ± 0.19
AZUCARES TOTALES (g %)	7	-----	17
SACAROSA (g %)	2.4 ± 1.6	5.5 ± 4.0	8.0 ± 3.6
GLUCOSA (g %)	1.6 ± 0.66	2.2 ± 0.4	3.5 ± 1.12
FRUCTOSA (g %)	1.97 ± 1.4	3.04 ± 1.6	5.6 ± 3.1
PENTOSA (g %)	0.013 ± 0.07	0.224 ± 0.15	0.469 ± 0.06
ACIDEZ (g %)	4.1 ± 0.69	3.73 ± 0.1	0.293 ± 0.17
ACIDO MALICO (g %)	0.894 ± 0.4	0.186 ± 0.18	0.014 ± 0.07
ACIDO CITRICO (g %)	3.2 ± 0.95	3.5 ± 0.42	0.28 ± 0.17
ACIDO ASCORBICO (g %)	0.250	0.090	0.100
LIPIDOS TOTALES (g %)	0.200 - 0.268	-----	0.60 - 0.80
ACIDOS GRASOS (g %)	0.096 - 0.140	-----	0.432 - 0.57
CAROTENOS (ug %)	488	-----	3520
GERANIOL (uM/g)	1.5 ± 0.6	3.6 ± 1.7	8.2 ± 2.3

Pantástico E.B., 1984.

CUADRO No. 5

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL MANGO DURANTE LA MADURACION			
AMINOACIDO	INMADURO	PARCIALMENTE MADURO	MADURO
		mg % del peso fresco del fruto	
ACIDO GLUTAMICO	12 - 20	30 - 50	20 - 50
GLUTAMINA	40 - 50	80 - 120	50 - 80
ACIDO ASPARTICO	18 - 24	4 - 6	9 - 16
ASPARAGINA	20 - 40	15 - 24	20 - 30
TRIPTOFANO	5 - 9	10 - 20	15 - 30
ARGININA	35 - 42	45 - 60	13 - 16
HISTIDINA	37.5	4.6	14.7
VALINA	3.7	4	5.6
LISINA	16	-----	2.0
PROLINA	3.5	-----	-----
TREONINA	9.5	-----	-----
CISTEINA	3.6	1.6	6.2
TIROSINA	2.2	1.7	3.7
ISOLEUCINA	0.66	1.17	1.5
LEUCINA	2.0	6.8	4.5
METIONINA	3.4	2.2	3.4
FENILALANINA	2.3	1.8	4.2
GLICINA	2.7	-----	5.3
ALANINA	10 - 15	-----	21.3

Pantástico E.B., 1984.

vez que se inicia el climaterio, la producción se eleva a más de 100 ul l^{-1} dependiendo de la fruta de que se trate (Knee M., 1985).

Específicamente en mango de la variedad Kent se reporta una concentración de etileno de 0.14 ul l^{-1} antes del incremento respiratorio, 0.08 ul l^{-1} en el inicio del ascenso, y una concentración umbral de $0.04-0.4 \text{ ul l}^{-1}$ (Burg S.P. and Burg E.A., 1965).

B.3. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA FORMACION DE ETILENO.

La producción de etileno se ve afectada por varios factores ambientales: el CO_2 puede inhibir, promover o no tener efecto dependiendo del tejido y la concentración. Se encontró que el CO_2 es un inhibidor competitivo de la acción del etileno (Burg S.P. and Burg E.A., 1965).

Las bajas concentraciones de oxígeno invariablemente inhiben la producción de etileno en una amplia variedad de tejidos. El efecto es similar al que se observa en la respiración, y por lo tanto, la producción de etileno es dependiente de la producción aeróbica de energía ya que el oxígeno es un sustrato de este proceso, además de que también participa en la transformación de ACC (ác. i-amino ciclopropano 1-carboxílico) a etileno por lo que al limitarse la concentración de oxígeno se limita la producción de etileno. Los venenos respiratorios inhiben tanto el consumo de oxígeno como la síntesis de etileno (Yang S.F., 1980)

La producción de etileno alcanza un máximo a una temperatura de 28°-30°C, mientras que a 40°C cesa la liberación de etileno. Cuando se eleva la temperatura y luego se baja, al tejido le toma varias horas recuperar su capacidad inicial para producir etileno (Burg S.P. and Burg E.A., 1965).

El daño al tejido o enfermedad inducen un incremento en la producción de etileno (Abeles F.B., 1973, Burg S.P. and Burg E.A., 1965).

C. BIOSINTESIS, REGULACION Y ACCION DEL ETILENO.

En el comienzo de la investigación acerca de la biosíntesis de etileno se propusieron varios compuestos como precursores en plantas superiores, entre los cuales se encuentran ácido linolénico, acetato, glicerol, etanol, carbohidratos y ácido acrílico. Sin embargo, el primer reporte de que la metionina sirve como precursor de etileno fué el de Lieberman y Mapson, quienes durante una investigación acerca de la producción de etileno en un sistema de reacción que consistía en cobre, ascorbato y ácido linolénico, observaron que metionina formaba etileno y ningún otro aminoácido funcionaba en el sistema. En esta reacción se encontró que el etileno deriva de los carbonos 3 y 4 de metionina (Lieberman M. and Kunishi A., 1971).

En diferentes tejidos la metionina también funciona como precursor de etileno y la investigación acerca de los posibles intermediarios ha llevado a elucidar la secuencia: (Figura No. 3)

METIONINA --> SAM --> ACC --> ETILENO

En esta conversión el C₁ de metionina es convertido a CO₂, el C₂ a ácido fórmico y los carbonos 3 y 4 a etileno. El átomo de azufre no se pierde sino que se retiene en el tejido. Una gran parte de los estudios se ha hecho en manzana, y en ésta misma se encontró que en condiciones aerobias el proceso de conversión es más eficiente comparado con las condiciones de anaerobiosis (Yang S.F., 1980).

Las enzimas involucradas en la síntesis de etileno a partir de metionina son ACC-sintetasa (ác. 1-amino ciclopropano 1-carboxílico-sintetasa) y EFE (enzima formadora de etileno). La ACC-sintetasa se aisló por primera vez en tomate y es una enzima que cataliza la conversión de SAM (S-adenosil metionina) a ACC. Requiere fosfato de piridoxal como cofactor y además de ACC produce MTA (metiltioadenosina), utiliza SAM específicamente como sustrato con un Km de 13-20 uM. Se inhibe en forma competitiva por AVG (aminoetoxi-vinil-glicina) y AOA (ác. aminooxi-acético) con valores de Ki de 0.2 y 0.8 uM respectivamente (Kende H. Et al., 1985).

La enzima aislada y purificada del mesocarpo de calabaza es un dímero de 160 000 Da con una subunidad de peso molecular 84 000, mientras que la de tomate es un monómero de 50 000 o 65 000 Da. A la enzima de tubérculos de papa se le ha asignado un peso molecular aparente de 72 000. Aparentemente ACC-sintetasa puede existir como monómero, dímero o en diferente forma dependiendo del tejido, aunque es posible que durante la separación haya proteólisis limitada que explique las diferencias observadas (Mattoo A.

K. and Aharoni N., 1988).

La actividad aumenta durante la maduración y se ha observado el más rápido y mayor incremento en tomate que es sometido a corte, por lo que mucho del trabajo sobre la regulación se ha llevado a cabo en este tejido.

En tejidos de plantas que no sintetizan etileno, el factor común limitante es la disponibilidad de ACC, de manera que cuando se aplica este compuesto al tejido (excepto frutas preclimatéricas y flores) se observa un notable incremento en la producción de etileno. El aumento en la actividad de ACC sintetasa en pericarpo de tomate lesionado se basa en la síntesis de novo de la enzima y es inhibido por cicloheximida (Kende H. Et al., 1985).

La conversión de ACC a etileno es catalizada por un sistema enzimático denominado EFE. Esta enzima requiere oxígeno molecular, se inhibe con Co(II) y por tratamientos que modifiquen la estructura y función de la membrana como serían alta temperatura, adición de compuestos lipofílicos y choque osmótico. Lo anterior sugiere que el sistema formador de etileno es altamente estructurado y requiere integridad de la membrana. EFE es muy específica, es decir que aunque la molécula de ACC posee dos grupos metileno que no son geométricamente equivalentes, la enzima puede distinguirlos. En chícharo se reportan Km de 15 a 400 uM (Yang S.F. Et al., 1985, Mattoo A. K. and Aharoni N., 1988).

El sistema que cataliza la conversión de ACC a etileno no ha sido demostrado in vivo, pero sí se ha visto que en la aplicación de ACC a tejidos

u órganos de plantas preclimatéricas hay un marcado incremento en la producción de etileno, lo cual indica que EFE es constitutiva.

En frutas preclimatéricas y pétalos jóvenes de clavel la producción de etileno es muy baja debido a que tienen habilidad muy limitada no solamente para convertir SAM a ACC sino también ACC a etileno. Sin embargo, al inicio de la maduración su habilidad para llevar a cabo estas reacciones aumenta dramáticamente, lo cual indica que EFE puede ser inducida durante ciertas etapas del desarrollo.

Puesto que las frutas preclimatéricas carecen de ACC-sintetasa y la actividad de EFE es muy baja, la producción masiva de etileno requiere del desarrollo de ambas enzimas. En tomate, cuando el tejido preclimatérico es expuesto a etileno, el incremento en EFE precede al de ACC-sintetasa. Posteriormente se ha demostrado que en la maduración del aguacate, primero se sintetiza ACC-sintetasa, la cual produce ACC, que a su vez es convertido a etileno por el sistema EFE ya existente. El etileno producido estimula la actividad adicional de ACC-sintetasa y entonces, cuando el etileno alcanza un cierto nivel umbral, se estimula la actividad de EFE (Sitrit Y., 1986).

C.1. REGENERACION DE METIONINA.

Considerando que la concentración de metionina en manzana es muy baja, se sugirió que el átomo de azufre debe ser reciclado a metionina para mantener una producción continua de etileno. Posteriormente se demostró que

durante esta etapa, el grupo $\text{CH}_3\text{-S-}$ de metionina era liberado como metiltioadenosina (MTA) a partir de SAM, con la formación concomitante de ácido 1-aminociclopropano carboxílico (ACC), el cual es degradado a etileno. El MTA liberado es hidrolizado rápidamente a metiltiorribosa (MTR), que dona su grupo $\text{CH}_3\text{-S-}$ a un aceptor de 4 carbonos para regenerar la metionina (Yang S.F., 1980).

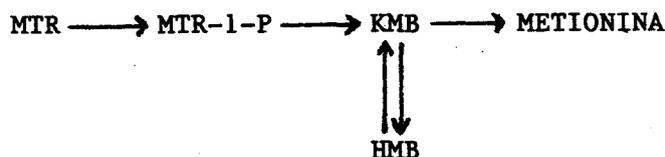
Tratando de aclarar el destino de MTA, se estudió su metabolismo en trozos de manzana y se encontró que la porción ribosa de MTR también era incorporada en metionina, de manera que MTR provee ambas porciones: metiltio y aminobutirato de la molécula de metionina (Yung K.H. and Yang S.F., 1982). En rebanadas de pericarpio de tomate se vió que el tejido de esta fruta es capaz de producir etileno a partir de la porción ribosa de MTA teniendo como intermediarios a MTR, metionina y ACC (Figura No. 3). En tomate, la conversión de MTA a metionina vía MTR no es afectada por AVG, y por lo tanto no es mediada por fosfato de piridoxal y el paso de MTR a metionina es dependiente del oxígeno mientras que el de MTA a MTR no (Wang S.Y. Et al., 1982).

Por otro lado, se observó que extractos libres de células de varios tejidos de frutas presentan actividad de MTR quinasa, que cataliza la fosforilación dependiente del ATP, de MTR a MTR-1-P. La presencia de esta enzima sugiere que el derivado fosforilado también puede ser un intermediario esencial en la regeneración de metionina.

Trabajando con extractos de aguacate y tomate se demostró que en esta

vía , MTR-1-P y α -KMB son intermediarios y el primero no es metabolizado a menos que sea activado a su derivado fosforilado por acción de la MTR-qui-nasa. En la conversión, además de α -KMB se obtuvo α -HMB (Figura No. 4), sólo que éste resultó completamente inactivo para producir etileno, sugiriendo que α -KMB pero no α -HMB es un precursor de metionina sino que se produce en una reacción lateral que no lleva a su síntesis (Kushad M.M. Et al., 1983).

Estudios con plántulas de Phaseolus aureus muestran que en la conversión de MTR a metionina, HMB y KMB forman metionina, pero este último la hace con mayor eficiencia, indicando ser un precursor más cercano en la ruta. Los resultados de los estudios anteriores en conjunto sugieren la siguiente secuencia, la cual corresponde a la parte superior de la Figura No. 4: (Miyazaki J.H. and Yang S.F., 1987).



Para esta conversión se requiere de un donador del grupo amino, y al probar varios aminoácidos para llevar a cabo esta función, se encontró que L-glutamina es el más efectivo. Como la ribosa de MTR (5 carbonos) es trans formada en la porción 2-ceto butirato (4 carbonos) de KMB, uno de los carbonos se libera en forma estequiométrica como ácido fórmico.

En la biosíntesis de etileno a partir de metionina, ésta es activada en

el átomo de azufre para formar SAM, el cual sirve como precursor común de etileno y poliaminas, y se produce en ambas vías el mismo producto, MTA, por el metabolismo de SAM. Con el fin de ver la relación existente entre estas dos vías biosintéticas, se determinaron las concentraciones y actividades de las enzimas que las sintetizan: ornitina descarboxilasa (ODC) y arginin Descarboxilasa (ADC) en mesocarpo de aguacate. También se analizó la actividad de MTA nucleosidasa y MTR quinasa. Se encontró que la concentración de putrescina, espermidina y espermina estaban en su máximo en las etapas tempranas del desarrollo y disminuían en un 30% aproximadamente en la madurez completa, en cambio la actividad de ODC aumentó tres veces y ADC mostró sólo un ligero incremento durante el desarrollo, para disminuir en las últimas etapas. Durante la máxima síntesis de etileno las actividades de MTA nucleosidasa y MTR quinasa fueron 5 y 8 veces más altas que durante la máxima síntesis de poliaminas respectivamente. Lo anterior indica que las moléculas de MTA producidas durante la síntesis de etileno son metabolizadas activamente a MTR y MTR-1-P, los dos intermediarios involucrados en la regeneración de SAM a partir de MTA. Se observó además que estas dos vías no compiten por los mismos sustratos en cualquier etapa del desarrollo y maduración del aguacate (Kushad M.M. Et al., 1988).

Algunas de las enzimas involucradas en esta regeneración, tales como MTA nucleosidasa y MTR quinasa se estudiaron en tomate en diferentes etapas, encontrando que la mayor actividad de la primera se tenía cuando la fruta era verde y pequeña, disminuyendo en la etapa de irrupción del color, en contraste con la segunda, donde se observó lo contrario y se empezó a detectar ACC. Esto sugiere que MTA se puede acumular durante las últimas eta

pas de la maduración aunque no se detectaron altos niveles de MTA quizá por que la enzima presente es suficiente para metabolizarlo. Probando análogos de MTA se obtuvo una correlación lineal entre los inhibidores de la actividad y la síntesis de etileno, lo cual indica que se requiere el reciclaje de MTA a metionina para tener máxima síntesis de etileno (Kushad M.M. Et al. 1983).

Esta misma vía de regeneración fué observada en Lemna, que es una planta superior donde la mayor porción de MTA se genera en la síntesis de poliaminas, ya que produce poco o nada de etileno (Giovanelli J. Et al ., 1983).

En conjunto, todos los trabajos realizados en este aspecto, han llevado a proponer un esquema (Figura No. 4) de lo que parece ser una importante vía para el mejor uso de MTA, el cual es un subproducto del metabolismo de SAM en tejidos de plantas. Además da como resultado la producción continua de etileno sin la síntesis de novo de metionina en los sistemas en que opera esta vía.

C.2.SENSIBILIDAD DEL TEJIDO Y SITIO DE UNION DEL ETILENO.

La respuesta a una cantidad dada de etileno puede ser causada por un cambio en la sensibilidad del tejido o por el nivel de otras sustancias endógenas que aumentan o inhiben la respuesta a la hormona.

La acción de cualquier regulador de crecimiento en plantas es mediada

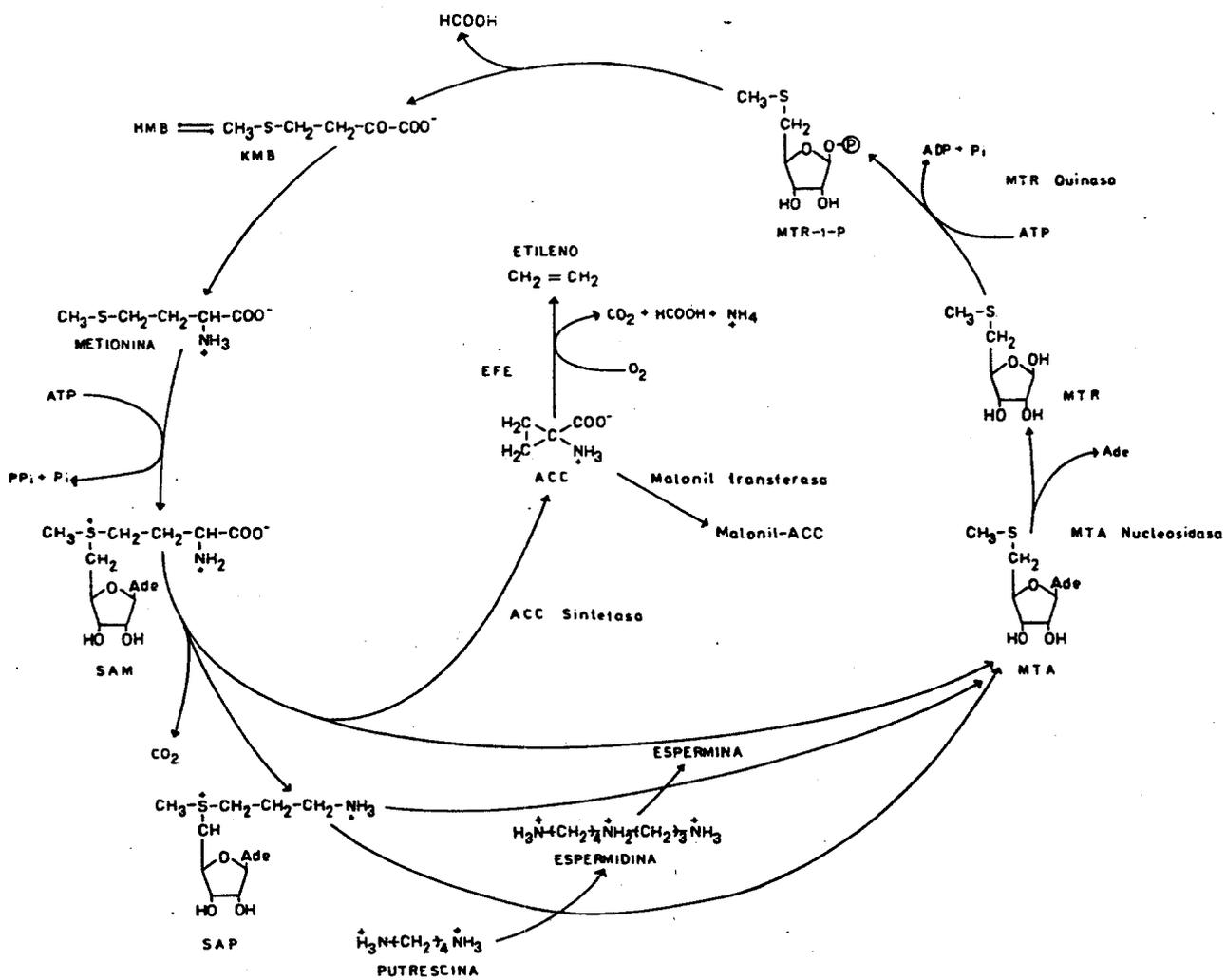


Fig. No. 4 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA BIOSINTESIS DE ETILENO INTERCONECTADA CON LA BIOSINTESIS DE POLIAMINAS Y REGENERACION DE METIONINA (MATTOO Y AHARONI, 1988)

por una interacción entre el regulador y un sitio o sitios receptores dentro de la célula. Esta interacción inicia algún evento bioquímico que finalmente da como resultado una respuesta en el desarrollo. De acuerdo con esto, al referirse a un cambio en la sensibilidad puede hablarse de un cambio en el número de receptores (receptividad), en la afinidad del receptor o de la subsecuente cadena de eventos (capacidad de respuesta). En cada uno de los casos se tendría una curva de respuesta diferente conforme cambian las concentraciones de la hormona, pero aún no se estudia la respuesta en detalle en un solo sistema para determinar si alguno de estos factores está operando (Davies P.J., 1987).

En plantas la investigación se ha enfocado hacia los sitios de unión del etileno que posean las propiedades de un receptor en términos de afinidad y especificidad. Los sitios de unión fueron descubiertos de manera independiente y simultánea en plantas de Vicia faba y Phaseolus vulgaris. Posteriormente se trabajó con cotiledones, en los cuales, después de su aislamiento y análisis, los resultados indicaron la presencia de una sola clase de sitios con una constante de disociación de aproximadamente 6×10^{-10} M, y la concentración de éstos varió considerablemente durante el desarrollo de la semilla en el rango de 5-100 pmol g⁻¹ en base húmeda. Las constantes de disociación medidas en Nicotiana tabacum y Phaseolus aureus son similares a las de Phaseolus vulgaris.

En ambas especies de Phaseolus, la unión es sensible al calor y destruída parcialmente por tratamiento con enzimas proteolíticas. El pH óptimo para la unión en Ph. aureus es un pico amplio alrededor de 6, mientras que

en Ph. vulgaris está entre 7.5 y 9.5. Los análogos estructurales de etileno que son fisiológicamente activos muestran inhibición competitiva, y en cambio los inactivos no. El estudio de otros inhibidores como son los agentes sulfhidrúlicos y tioles (p-mercuribenzoato y ditiotreitól) inhiben la unión, lo cual indica que está involucrado un residuo de cisteína y un grupo disulfuro en el sitio de unión.

La localización subcelular de los sitios de unión se ha intentado en Ph. vulgaris, donde se encontró que la actividad de unión estaba asociada con elementos del sistema endomembrana y cuerpos proteicos de la membrana. Pre predominantemente en retículo endoplásmico, la unión se asoció con la membrana más que con el componente ribosomal.

Los estudios de purificación involucran el uso de detergentes para solubilizar el sitio de unión, indicando que la proteína es altamente hidrofóbica, que es una propiedad común de las enzimas de membrana. La solubilización afecta poco la afinidad del sitio por el etileno, el complejo sitio-detergente es asimétrico y con un peso molecular de 52 000 - 60 000 Da, aunque estos últimos resultados deben tomarse con reserva ya que se trata del complejo, y el estado natural de la proteína en la membrana puede ser muy diferente (Smith A.R. and M.A. Hall., 1985).

C.3. METABOLISMO DE ETILENO.

Se han reportado varios tejidos (alfalfa, chícharo, soya, pepino, toma-

te, algodón y frijol) que oxidan el etileno a óxido de etileno principalmente, CO_2 , etilén glicol y su conjugado de glucosa por medio de una enzima-Cu (Figura No. 5). El tipo y distribución de productos formados depende de varios factores que incluyen el tejido, etapa de crecimiento y condiciones de exposición.

El metabolismo de etileno es una función natural de un tejido saludable que se ve afectado por varios tratamientos como calor, homogenización, anaerobiosis e inhibidores como CS_2 , 2,4-dinitrofenol, cicloheximida y cianuro de sodio. En todos los casos examinados el metabolismo de etileno varía marcadamente durante el crecimiento y desarrollo, y los máximos de producción de metabolitos en este proceso con frecuencia están asociados con los de producción de etileno, pero raramente coinciden los dos exactamente. Los alquenos, alquinos, éteres, CO y CO_2 inhiben el metabolismo de etileno en varios grados.

Las tres posibilidades que se han propuesto acerca del papel que puede tener el metabolismo de etileno en plantas son: 1) reducir los niveles endógenos de etileno, 2) oxidación de etileno como requisito para su acción y 3) que los productos puedan servir para modificar la sensibilidad del tejido. Aunque no es concluyente, las dos últimas cuentan con mayor número de evidencias a favor, como son la marcada inhibición del metabolismo por Ag^+ y CO_2 , y la correlación encontrada entre los cambios de sensibilidad del tejido a etileno y los cambios del metabolismo. Además se ha demostrado que el óxido de etileno usado en concentraciones mayores de 250 ul l^{-1} inhibe el crecimiento y desarrollo, aumenta la sensibilidad del tejido y no

simula al etileno cuando se aplica solo, sino que presenta un efecto sinérgico en combinación con etileno, contrario al efecto antagónico que se había demostrado anteriormente al aplicarlo en concentraciones de 500 - 7 500 $\mu\text{l l}^{-1}$. En plántulas de chícharo se observó el efecto sobre el crecimiento tratándolas con 28 - 220 $\mu\text{l l}^{-1}$ en combinación con etileno en concentración de 0.25 $\mu\text{l l}^{-1}$ (Beyer E.M. Jr., 1985).

C.4. CONJUGACION DE ACC.

La disponibilidad de ACC puede limitar la producción de etileno. Un punto de control es el paso de SAM a ACC. Otra reacción de control es la conjugación de ACC a MACC, metabolito que fué descubierto cuando se observó que el etileno producido al aplicar ACC exógenamente a tejidos de plantas no correspondía a la cantidad aplicada. Posteriormente se demostró la presencia natural de MACC.

La importancia fisiológica de la formación de MACC aún no se conoce, pero como es un pobre productor de etileno y la reacción es esencialmente irreversible, se piensa que MACC es un producto final biológicamente inactivo de ACC más que una forma de almacenar o disipar el exceso de ACC. Evidencias para tal conclusión están dadas por los estudios realizados en semillas de cacahuete en germinación, las cuales contenían alta concentración de MACC (50-100 nmol g^{-1}) y producían etileno que no provenía de MACC sino de la síntesis de novo a partir de SAM. Una evidencia más es que MACC no evoca respuestas específicas del etileno en varios sistemas de prueba

(Yang S.F. Et al., 1985).

D. PROPIEDADES Y APLICACIONES DEL ETHREL.

La aplicación de etileno a plantas puede ser usada para regular varios procesos fisiológicos que tienen valor comercial o práctico. Sin embargo, los gases son difíciles de usar bajo condiciones de campo, donde los reguladores se aplican por aspersión.

La respuesta a encontrar un medio para tratar plantas en el campo, llegó con la introducción de compuestos capaces de liberar etileno por medio de alguna reacción química.

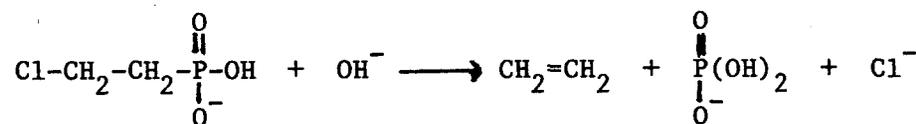
El primer compuesto usado para este propósito fue α -hidroxietil hidrazina, el cual se observó inducía la floración en piña. Otros compuestos que se reportó formaban etileno son etil-propil fosfonato, monoetil sulfato y ethrel (ác. 2-cloroetil fosfónico, CEPA, ethephon). De estos compuestos el ethrel parece ser el generador de etileno más efectivo y ha sido el más extensamente estudiado desde 1946 en que fue reportada su síntesis por Kabachnick y Rossiyskaya (Abeles F.B., 1973).

Muchos de los efectos reguladores de este compuesto se atribuyen a la liberación de etileno dentro de la planta y son similares a los efectos del etileno incluyendo la inducción de la maduración en frutas. La liberación

ción de etileno no solamente ocurre en presencia de tejidos de plantas. si no también cuando se agrega una base.

D.1. CARACTERISTICAS QUIMICAS.

El ethrel es estable en soluciones acuosas con un pH inferior a 4 ya que es de naturaleza ácida y su modo de acción está relacionado con su capacidad de liberar etileno. El ácido sufre descomposición que puede ser descrita como una reacción catalizada por una base, y no involucra ninguna actividad enzimática (Anónimo, 1969).

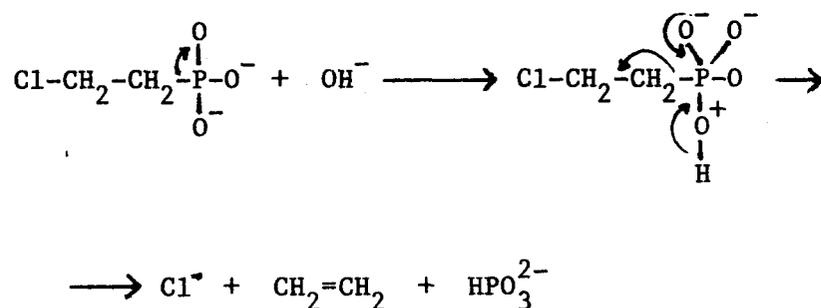


La producción de etileno aumenta conforme se eleva el pH y no se encuentra un óptimo para esta reacción (Edgerton L.J. and G.D. Blanpied., 1968). La liberación de etileno en función del tiempo describe una curva logarítmica que sugiere una reacción de segundo orden, donde 48 horas después de agregar la base se tiene una conversión prácticamente completa (Warner H. L. and A.C. Leopold., 1969).

D.2. MECANISMO DE REACCION.

El mecanismo de reacción para la formación de etileno a partir de ethrel involucra una molécula que posee un grupo $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ en el centro, con un

extremo unido a un electrófilo (el cual está sujeto a un ataque nucleofílico), y el otro unido a un grupo electronegativo saliente, lo que indica que cualquier compuesto con estas características será un excelente productor de etileno, y se representa con el siguiente esquema (Yang S.F., 1969).



La descomposición de ethrel aumenta rápidamente a un pH de 5 y temperaturas elevadas. Sin embargo, en experimentos para inducir abscisión en aceitunas se observó que la aplicación de ethrel a pH 7 era más efectiva que a un pH menor, y esto podría explicarse por la liberación acelerada de etileno. Con temperaturas elevadas y humedad moderada (23-28°C y 50-70% HR) la aplicación fué eficiente pero falló a temperatura elevada y humedad baja (34-39°C y 30-40% HR), lo que puede ser atribuído ya sea a una degradación extremadamente rápida a altas temperaturas ó a descomposición insuficiente por la baja humedad y carencia de moléculas de agua para el ataque nucleofílico.

Cuando se estudió la descomposición térmica del ethrel se determinó que ésta era proporcional a su concentración y las velocidades de descomposición fueron más altas a pH 7 y temperaturas altas.

La vida media de descomposición, calculada de las constantes de velocidad, fué menor de 24 horas a una temperatura superior a 30°C, con un pH de 7.0 y 6.3, y tan baja como 1.7 horas a 40°C, pH 7.0 y presión de vapor de 20.6 mm Hg (Klin I. Et al., 1979).

D.3. DEGRADACION Y MOVIMIENTO DE ETHREL EN PLANTAS.

La conversión de Ethrel a etileno, así como su movimiento en plantas ha sido estudiado en tomate, calabaza y pepino (Yamaguchi M. Et al., 1971). Se reporta que cuando se aplicó ethrel en la superficie de hojas y frutas en una planta de tomate, durante le primer día el 10-15% del compuesto aplicado se había convertido a etileno. Después de siete días, aproximadamente el 50% de ethrel se degradó, el 15% permanecía en las hojas donde se aplicó, se había translocado un poco menos del 15% a frutas inmaduras de la misma rama, y en menor proporción a otras partes de la planta. La cantidad de ethrel radioactivo en las frutas se mantuvo más o menos constante (14-18%) durante todo el experimento. Se registró un incremento de 2-3 veces la producción total de etileno por la planta alcanzando un máximo en dos días y en 5 días la producción ya era muy baja. En este periodo la radioactividad específica fué ligeramente menor que la del ethrel aplicado en el primer caso, y a los 5 días el decremento fue mayor, lo cual indicó que no todo el etileno provenía del ethrel.

En plantas de pepino tratadas por rocío en las hojas se encontró que 4 días después del tratamiento aproximadamente 40% de la radioactividad rema

nente correspondía a ethrel, y a los 25 días las frutas contenían solamente 0.3% de la cantidad aplicada.

En calabaza el ethrel se aplicó por inyección en el peciolo dando como resultado un máximo en la producción de etileno en el primer día, y a los tres bajó rápidamente su nivel. Los valores correspondientes a este periodo son 20 y 15% respectivamente. La radioactividad específica del ^{14}C -etileno indica que durante los primeros dos días, éste proviene principalmente de ^{14}C -ethrel aplicado y no del etileno endógeno. En este mismo periodo se translocó 3-9% desde el sitio de aplicación a otros tejidos.

Después de 25 días en tomate la radioactividad presente correspondía a ^{14}C -ethrel, pero en calabaza aparecía un nuevo compuesto que no se identificó.

En manzana y cereza (Edgerton L.J. and A.H.Hatch., 1972) tratados con ^{14}C -ethrel en la superficie de hojas y frutos 6-10 días antes de la cosecha normal se encontró que en cerezas la cantidad total de ethrel dentro de la fruta aumentó enseguida de la aplicación a un máximo entre 1 y 3 días, y después de 6 días disminuyó aproximadamente a la mitad, fecha que correspondía a la cosecha normal. Se determinó que el etileno total tanto en hojas como en frutas era de 5 a 10 veces más alto en el tejido tratado que en el testigo, y se observó que la mayor parte del ethrel en las frutas se movió desde el punto de aplicación en las hojas adyacentes hacia el interior de la fruta en pequeñas cantidades. Es interesante notar que el etileno radioactivo se detectó dentro de las primeras doce horas des-

pués del tratamiento.

La cantidad de ethrel depositada en la superficie de manzana en el momento de la aplicación fue mayor que en las cerezas debido a que la cavidad que rodea al tallo retiene cantidades apreciables del líquido aplicado por rocío, además de que la naturaleza de la superficie permite mejor mojado y adhesión de la solución. A los tres días se encontraron niveles más altos de ethrel en la pulpa, mientras que en la superficie se redujo aproximadamente a un tercio del que se depositó inicialmente. Sólo se detectaron cantidades muy pequeñas en la superficie de la fruta a los 8 días de muestreo. Estos resultados muestran que el ethrel se degrada en el tejido con liberación de etileno, pero todavía permanecen cantidades detectables del compuesto original en el tejido de manzana y cereza después de 10 días de aplicación.

El ethrel con frecuencia se usa para inducir la germinación de semillas, pero no se conocía si el etileno liberado es suficiente para obtener la respuesta deseada. Por esta razón se hizo un estudio con semillas de Avena fatua y Chenopodium album las cuales fueron embebidas con una solución de ethrel (9.75 μM) durante 24 horas (Goudey J.S. Et al., 1987). Se determinó que a 20°C y pH 6 la constante de descomposición era de $1 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$. De acuerdo con esto, aproximadamente el 18% de ethrel agregado se había descompuesto después de 24 horas. Sin embargo, la radioactividad incorporada por las semillas fue significativamente menor que el esperado tomando como base el volumen de solución que captó la semilla. Esto sugiere que el ethrel fue parcialmente excluido del tejido. No hubo diferencia con

incubaciones más largas. La mayor parte del ethrel radioactivo tomado por las semillas fue recuperado como etileno, indicando que hay degradación dentro de las semillas y es consistente con la idea que este compuesto actúa vía etileno.

Si el etileno gaseoso se distribuye en forma homogénea dentro de la semilla, la exposición a 10 ul l^{-1} daría una concentración final de 0.02 pmol por semilla. Por otro lado, si una semilla se trata con ethrel 0.7 mM , cada una contendría 22 pmol del compuesto. En las condiciones experimentales a pH 5.5 y 20°C la constante de velocidad de descomposición fue de $0.5 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ y tomaría 13 minutos alcanzar una concentración interna de 22 pmol/semilla . Los cálculos efectuados indican que el ethrel mantiene las concentraciones internas de etileno en niveles suficientes para iniciar la germinación. Comparando las frecuencias de germinación para el etileno gaseoso y ethrel no se observa diferencia. Sin embargo, el uso de este compuesto requiere de la consideración de los factores que afectan su degradación como son la temperatura, pH, humedad y sensibilidad del tejido.

D.4. EFECTO DEL ETHREL EN LA MADURACION.

Otro de los usos que tiene el ethrel es inducir la maduración en frutas tales como plátano, higo, uvas, mango, piña etc. (Abeles F.B., 1973, Bondad N.D., 1976).

En el caso específico de mango, la aplicación de ethrel promueve la flo

ración fuera de la estación en concentración de 500 a 1 000 ppm aunque también causa defoliación severa. Las frutas inmaduras de los cultivares Brooks, Keitt, Kent y Palmer sumergidas en ethrel en concentración de 100 a 1 000 ppm por dos minutos maduraron antes que las frutas no tratadas y el efecto fue mayor al aumentar la concentración de ethrel. Las frutas tratadas desarrollaron igual o mejor color y sabor que las frutas maduras normalmente (Campbell C.W. and S.E. Malo., 1969).

Las mismas concentraciones de ethrel fueron usadas con otros cultivares como Haden, Tommy Atkins, Van Dyke y Edwards y la maduración se comparó con la obtenida por aplicación de etileno en concentración de 5 y 10 ppm a 30°C y 95% HR. Tanto el etileno como el ethrel fueron efectivos en acelerar el proceso de maduración, sólo que con éste último el efecto no fue tan inmediato. En ambos casos se obtuvieron los mismos resultados en cuanto a color y tiempo de maduración, y no hubo diferencia con las frutas que maduraron normalmente (Barmore C.R., 1974).

La maduración acelerada de mango Alfonso por la aplicación de ethrel en concentración de 500 y 1 000 ppm en agua fría y caliente (54° + 1°C por 5 minutos) fue estudiada para ver la eficiencia relativa del tratamiento. En ambas condiciones se aumentó la velocidad de maduración comparadas con el testigo. El tratamiento con agua caliente dió mejores resultados que con agua fría y no hubo diferencia en la proporción de frutas maduras con ethrel a 500 y 1 000 ppm. El daño por infección se redujo considerablemente con agua caliente sola, pero en combinación con ethrel el daño fue mayor (Lakshminarayana S. Et al., 1975).

III. OBJETIVO E HIPOTESIS DE TRABAJO

A. OBJETIVO.

Determinar el efecto que tiene la aplicación de ethrel sobre la respiración, contenido de metionina y producción de etileno en dos variedades de mango.

B. HIPOTESIS.

- 1.- El ethrel aplicado a frutas de mango en poscosecha apronta la elevación en la producción de etileno endógeno asociada con el climaterio.
- 2.- El ethrel aplicado a frutas de mango en poscosecha no modifica las concentraciones internas de metionina.
- 3.- El ethrel aplicado a frutas de mango en poscosecha acelera la aparición del climaterio y, por lo tanto, desplaza el patrón de producción de CO_2 y consumo de O_2 tanto de las frutas completas como en los tejidos que las constituyen.
- 4.- Entre más alta sea la concentración aplicada de ethrel, mayor será el efecto en el desplazamiento del climaterio.
- 5.- Las dos variedades de mango responden de igual forma al tratamiento con ethrel.

6.- Los diferentes tejidos de la fruta responden de igual forma al tratamiento con ethrel.

IV. MATERIALES Y METODOS

A. MATERIAL EXPERIMENTAL.

Las frutas utilizadas fueron cosechadas en el Municipio de Los Llanos, Estado de Guerrero. En la huerta fueron seleccionados en una misma área de terreno plano, tres árboles de cada una de las variedades Haden y Kent para etiquetar los frutos. Una vez que alcanzaron la madurez fisiológica, se cortaron aproximadamente 300 frutas de cada una de las variedades en forma manual, las cuales fueron colocadas en cajas de madera y transportadas vía terrestre al laboratorio dentro de las primeras 24 horas, donde se seleccionaron de tal manera que tuvieran aproximadamente el mismo tamaño, color y firmeza, todo ésto por observación visual, para posteriormente separar lotes de 50 frutas cada uno.

B. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial (2x2x3x9) donde los factores con sus respectivos niveles fueron los siguientes:

FACTOR	NIVEL
Variedad (1)	Haden (1)
	Kent (2)

Estrato (2)

Cáscara (1)

Pulpa (2)

Concentración

0 ppm (1)

de Ethrel (3)

500 ppm (2)

1000 ppm (3)

Días después

Días (1...9)

de la cosecha

En el caso de metionina y etileno el diseño experimental se redujo en un factor ya que la metionina solamente se cuantificó en la pulpa y el etileno en fruta entera, quedando de la siguiente forma:

FACTOR

NIVEL

Variedad (1)

Haden (1)

Kent (2)

Concentración

0 ppm (1)

de Ethrel (2)

500 ppm (2)

1000 ppm (3)

Días después

Días (1...7)

de la cosecha

De acuerdo con el diseño planteado y utilizando lotes de 50 frutas, se aplicaron los diferentes tratamientos con ethrel por inmersión en una solución acuosa en concentraciones de 500 y 1 000 ppm durante 5 minutos a temperatura ambiente (20-22°C). Las variables de respuesta medidas fueron CO₂ producido y consumo de oxígeno en discos de la pulpa y cáscara de la fruta, contenido de metionina en la pulpa, y la producción de etileno en fruta entera, evaluadas por un periodo de 9 días manteniendo las frutas a temperatura ambiente, y todos los análisis se hicieron por triplicado.

Los resultados obtenidos para las diferentes variables de respuesta medidas se analizaron por medio de un análisis de varianza y para la comparación de medias con la prueba de Tukey para conocer si existe diferencia significativa, considerando un nivel de prueba $\alpha = 0.05$.

La ventaja del procedimiento de Tukey es que se requiere un solo valor para juzgar la significancia de todas las diferencias. El procedimiento consiste en calcular " W " de la siguiente forma:

$$W = q (p, n_2) S_{\bar{x}}$$

Donde: q se obtiene de tablas con un valor de $\alpha = 0.05$

p es el número de tratamientos

n₂ son los grados de libertad del error

$$S_{\bar{x}} = CME/r$$

CME es el cuadrado medio el error

r es el número de observaciones

C. PREPARACION DE LA MUESTRA.

Inmediatamente después del tratamiento se escogieron tres frutas al azar y se procedió a obtener discos de pulpa y cáscara de la siguiente forma: Se separó la cáscara de la fruta con cuchillo quitándole el exceso de pulpa y con ayuda de un sacabocado de acero inoxidable se obtuvieron los discos de 1 cm de diámetro y 0.1 cm de espesor aproximadamente. Para la pulpa se obtuvo una rebanada de mesocarpo, se eliminaron los extremos dejando solamente la parte media para tener un cilindro con el sacabocado y a partir de éste, los discos.

D. METODOS.

D.1. CALIBRACION DEL RESPIROMETRO DE WARBURG. (Umbreit W.W. Et al., 1972).

El respirómetro de Warburg se basa en el principio de que a temperatura y volumen constante, cualquier cambio en la cantidad de un gas puede ser medido por un cambio en su presión.

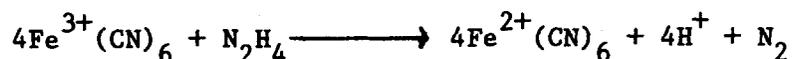
El aparato consiste en un matraz desprendible, algunas veces equipado con uno o más brazos laterales, unido a un manómetro que contiene un líquido de densidad conocida y constante (solución de Brodie).

El matraz se sumerge en un baño de agua a temperatura constante y en

los intervalos en que se hacen las observaciones el sistema se agita para favorecer un rápido intercambio de gas entre el fluido y la fase gaseosa. El manómetro tiene una rama (izquierda) abierta y una rama cerrada. Se selecciona un punto de referencia en la rama cerrada, y el líquido en ella siempre se ajusta a este punto antes de anotar los cambios de presión.

Para determinar la constante de matraz (k) se considera que la liberación o absorción de una cantidad conocida de gas (x) en un respirómetro dará un cambio medible en el manómetro (h) y de aquí se puede obtener k.

El método utilizado para conocer k fue el de ferricianuro-hidrazina que está basado en la siguiente reacción:



El ferricianuro se usa como solución 0.1M, la cual produce 560 ul de N_2 por cada ml.

Se utilizó el siguiente sistema:

Compartimiento principal.

0.4 ml de ferricianuro de potasio 0.1M (224 ul de N_2)

0.4 ml NaOH 4N

1.2 ml H_2O

Brazo lateral.

0.5 ml de sulfato de hidrazina (solución saturada)

0.5 ml NaOH 4N

Después de equilibrar la temperatura durante aproximadamente 15 minutos se vacía el contenido del brazo lateral y se determina "h" considerando que la reacción se completa en 30 minutos ($K=224/h$).

D.2. PRODUCCION DE CO_2 .

Se pesaron 1g de discos de tejido y se transfirieron a un matraz de Warburg agregando 2.2 ml de regulador citrato-fosfato 0.1M a un pH de 4.5, se engrasó ligeramente la boca del matraz y fue colocado con su respectivo manómetro cerrando el sistema para medir el gas producido por el cambio registrado en la altura de la solución de Brodie contenida en el manómetro. El sistema se mantuvo con agitación y temperatura constante a 25°C. Todo lo anterior se hizo tanto para la pulpa como para la cáscara.

E.3. CONSUMO DE OXIGENO.

Este análisis se llevó a cabo en las mismas condiciones que para el dióxido de carbono, sólo que en este caso se agregaron 2 ml de regulador y en el recipiente central del matraz se colocó un papel filtro con 0.2 ml de KOH 20% para absorber el CO_2 que se produce en la respiración y de esta forma poder medir el oxígeno.

D.4. CONTENIDO DE METIONINA. (Bos K.D. Et al., 1987; Fernández-Flores E. Et al., 1970)

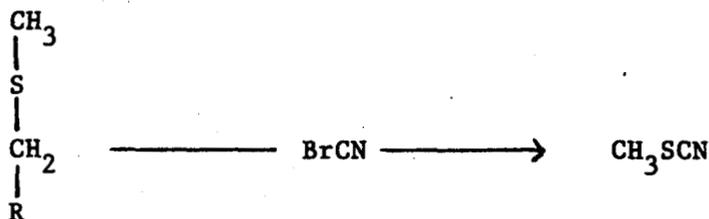
De las frutas seleccionadas para obtener los discos se separó la pulpa restante para cuantificar en ella la metionina.

Para determinar el contenido de metionina se pesaron 100g de pulpa de mango, los cuales fueron transferidos a un vaso de licuadora con aproximadamente 250 ml de etanol 80% y homogeneizados durante 5 minutos a velocidad alta. Transcurrido este tiempo se pasó a un matraz volumétrico de 500 ml y llevó al volumen con etanol 80% para dejar reposar por una hora como mínimo. Posteriormente la muestra se centrifugó a 6 000 rpm durante 15 minutos y se filtró en papel Whatman No. 1 para después concentrar al vacío en un evaporador rotatorio a $56^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta un volumen de aproximadamente 30 ml.

La muestra concentrada fué trasferida a una columna empacada con 20 ml de una resina de intercambio iónico fuertemente ácida (Lewatit, Merck) y eluída a un flujo de 0.5 ml/min. Una vez pasada toda la muestra, la columna se lavó con agua desionizada con flujo rápido para eliminar los carbohidratos y ácidos orgánicos. Los aminoácidos se eluyeron posteriormente con 120 ml de NH_4OH 1N con flujo de 0.5 ml/min colectando el eluato para concentrarlo al vacío a 56°C hasta aproximadamente 1 ml. Posteriormente se midió el volumen exacto en el que se tenía la muestra.

El siguiente paso fue obtener el derivado volátil de metionina, CH_3SCN .

Para tal fin se tomaron 0.3 ml de muestra y se agregaron 0.3 ml de BrCN al 10% en ácido fórmico 98% para llevar a cabo la siguiente reacción:



Paralelo a las muestras por analizar, se efectuó la misma reacción para un blanco con agua desionizada y para soluciones de metionina en concentraciones de 0.05, 0.25, 0.50 y 1.0 mg/ml para elaborar una curva tipo. Las muestras se dejaron reposar durante tres horas como mínimo para completar la reacción y posteriormente se tomó una alícuota de 4 ul con una jeringa de 10 ul para inyectar en el cromatógrafo de gases.

El análisis se realizó utilizando un cromatógrafo de gases Fisher Modelo 2400 equipado con un detector de ionización de flama, y un integrador Varian Mod 4270 para registrar la respuesta. La sensibilidad se estableció en un rango de $1\text{E}-11$ y atenuación 2.

Se utilizó una columna de vidrio Supelco de 2 mm de diámetro interno por 2 m de longitud, empacada con Chomosorb WAW y acondicionada con flujo de 30 ml/min de nitrógeno, primero una hora a 50°C y después 16 h a 200°C . Los gases empleados fueron nitrógeno como gas acarreador, y para la combustión hidrógeno y aire con flujos de 15 y 40 ml/min respectivamente. El aire usado provino de la red general del edificio, al cual se eliminaron las impu-

rezas y humedad por medio de un filtro. Las temperaturas de operación fueron 60°C para la columna, 190°-200°C para el inyector y 200°C para el detector.

Los registros de metionina de las muestras fueron cuantificados estableciendo la relación con los registros de las soluciones de concentración conocida, para lo cual se utilizó el área bajo la curva como medida.

D.5. PRODUCCION DE ETILENO EN FRUTA ENTERA.

La determinación de etileno se llevó a cabo en un sistema de flujo continuo (Figura No. 6). Para la captura del etileno se pesaron aproximadamente 1 000 g de fruta entera, se colocaron en un recipiente a través del cual se hizo pasar aire a flujo constante. El gas de salida se hizo burbujear en un matraz Erlenmayer conteniendo 30 ml de perclorato mercuríco para atrapar el etileno durante 6 horas. Transcurrido este tiempo se selló el matraz y se conservó en refrigeración hasta el momento de su análisis. Para liberar el etileno se agregaron 30 ml de NaCl 4M con una jeringa y agitando vigorosamente. Con la misma jeringa se tomó una muestra gaseosa de 2 ml para cuantificar el etileno por cromatografía de gases.

El análisis se llevó a cabo en el cromatógrafo de gases Fisher Mod 2400 e integrador Varian Mod 4270. Se empleó una columna de acero inoxidable de 2m de longitud y 2 mm de diámetro interno, empacada con alúmina (Al_2O_3) +

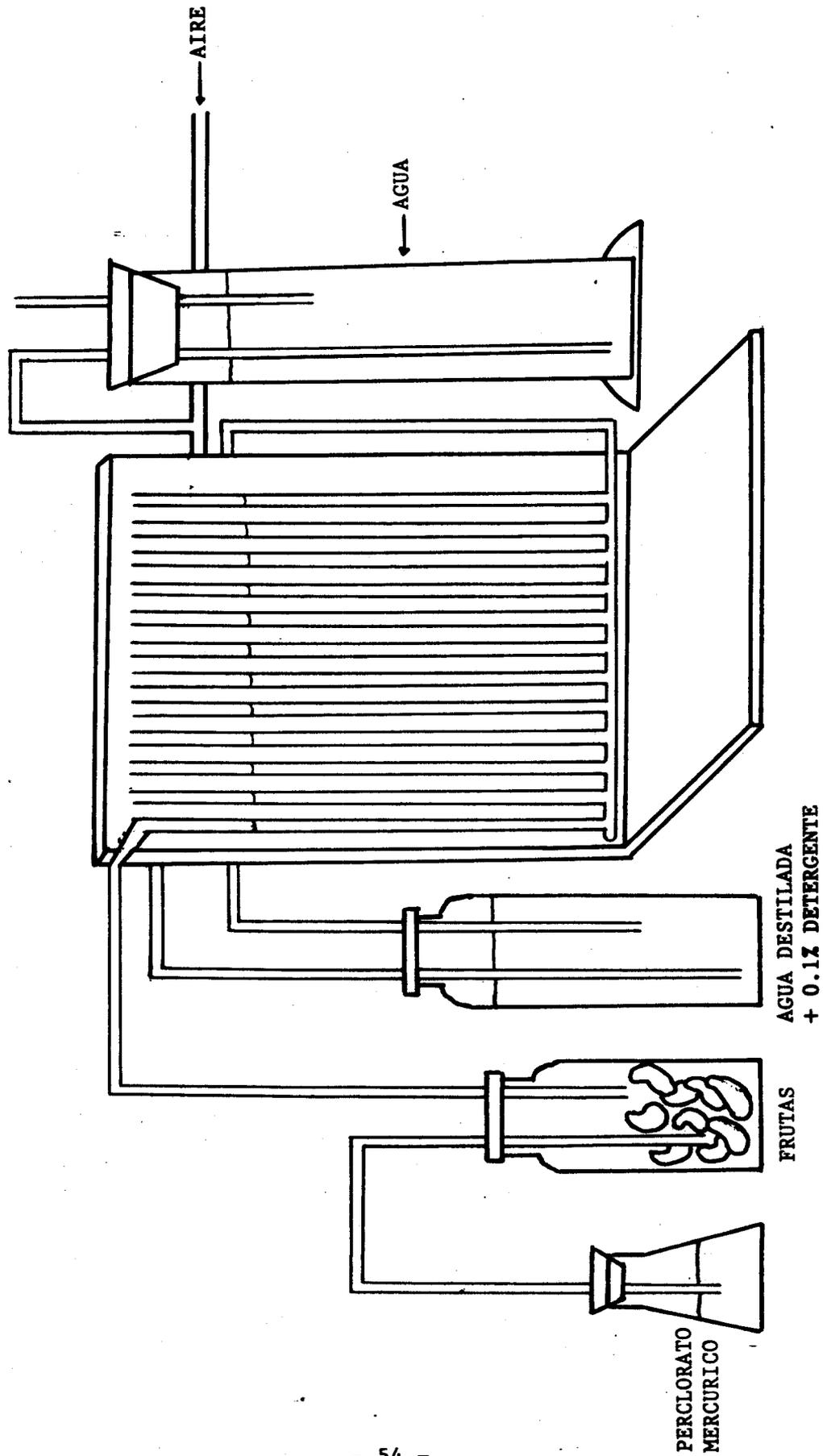


Fig. No. 6 Diagrama del sistema utilizado para la captura del etileno.

NaCl 0.8% activada a 150-200°C, y acondicionada con flujo de nitrógeno de 30 ml/min a 100°C durante 5 horas. EL nitrógeno e hidrógeno se usaron con flujos de 35 y 20 ml/min respectivamente. El aire provino de la red general del edificio utilizando un filtro para limpiarlo. Las temperaturas de operación fueron 25°C para la columna, y 100-110°C tanto para el inyector como para el detector.

También se realizó una curva tipo con etileno (Pure Ethylene 99.5%, Scott Specialty Gases. Alltech Associates Inc. Applied Science Labs), para tener el patrón de referencia que nos permitió conocer el etileno producido por las frutas.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

A. PRODUCCION DE CO₂.

A.1. RESPUESTA BASAL.

Los resultados obtenidos de producción de CO₂ en los discos de tejido de cáscara y pulpa se presentan en los cuadros No. 6-9 (apéndice) y en las gráficas 7 a 16.

Los discos obtenidos de las frutas que no fueron tratadas con ethrel, si no que maduraron en forma natural presentaron un típico patrón climatérico en ambas variedades Haden y Kent, con un máximo en el quinto día. En los dos casos se observa que la producción de CO₂ en la cáscara es mayor que en la pulpa sólo que en el tejido del mango Haden, el máximo climatérico de la cáscara y la pulpa coinciden tanto en magnitud como en el tiempo después de la cosecha (Figura No. 7), a diferencia de la variedad Kent en que solamente coinciden en el tiempo (Figura No. 10).

A.2. RESPUESTA AL ETHREL.

El análisis estadístico de los resultados ($\alpha=0.05$) (Cuadro No. 10) muestra que existe una diferencia significativa entre las variedades Haden y Kent, entre diferentes partes de la fruta como son la cáscara y la pulpa, y entre los tratamientos con diferente concentración de ethrel.

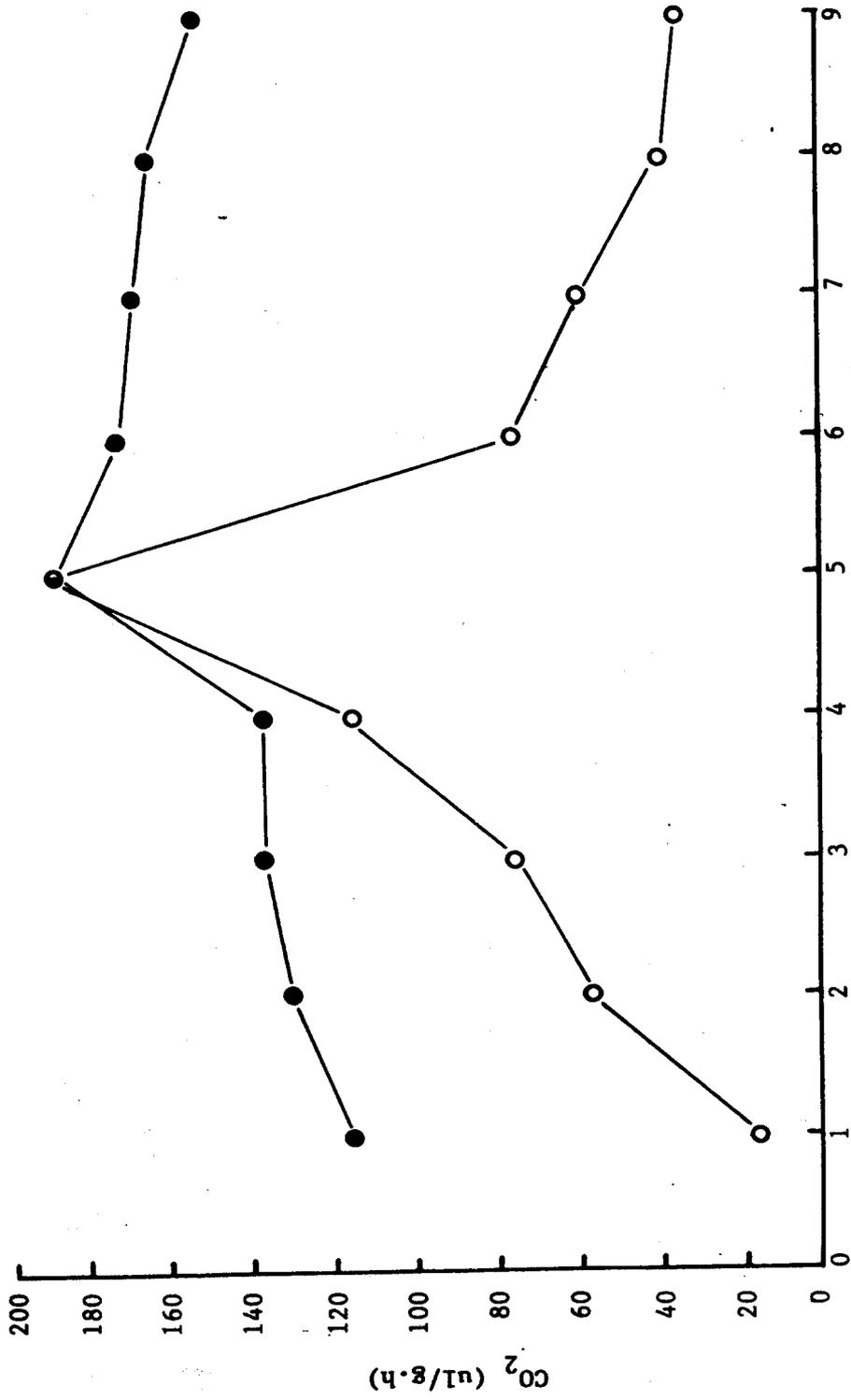
En términos generales se observa que la producción de CO_2 en la cáscara es mayor que en la pulpa y analizando en forma individual el comportamiento en cada uno de los tratamientos, se nota un patrón climatérico que en general aparece primero en las frutas tratadas con 500 y 1000 ppm de ethrel que en el testigo, es decir que hay un desplazamiento en el máximo de CO_2 producido.

El tejido de fruta de mango Haden tratada con 500 ppm de ethrel presenta el climaterio desplazado al tercer día en la cáscara, mientras que en la pulpa permanece en el quinto día como en el testigo (Figura No. 8) y en cambio en el tratamiento con 1000 ppm, el ethrel causó que el máximo apareciera en el cuarto día tanto en la pulpa como en la cáscara, o sea un día antes que en el testigo (Figura No. 9).

Con relación al mango Haden, en los discos de fruta cv Kent se observa un comportamiento contrario, es decir, en ambos tratamientos con ethrel, el máximo en la cáscara se mantuvo en el quinto día y solamente hubo desplazamiento el tercer día después de la cosecha en la pulpa (Figuras No. 11 y 12) en relación con el testigo.

Comparando los tres tratamientos, se ve que en la cáscara hay un incremento en la producción de CO_2 que es más notable a 500 ppm y es claro el desplazamiento del climaterio en discos de cáscara cv Haden y en discos de pulpa cv Kent (Figuras No. 13-16).

La diferencia en magnitud que se observa entre la cáscara y la pulpa po



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 7 Producción de CO₂ por discos de mango cv Haden sin tratamiento con Ethrel.
Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).

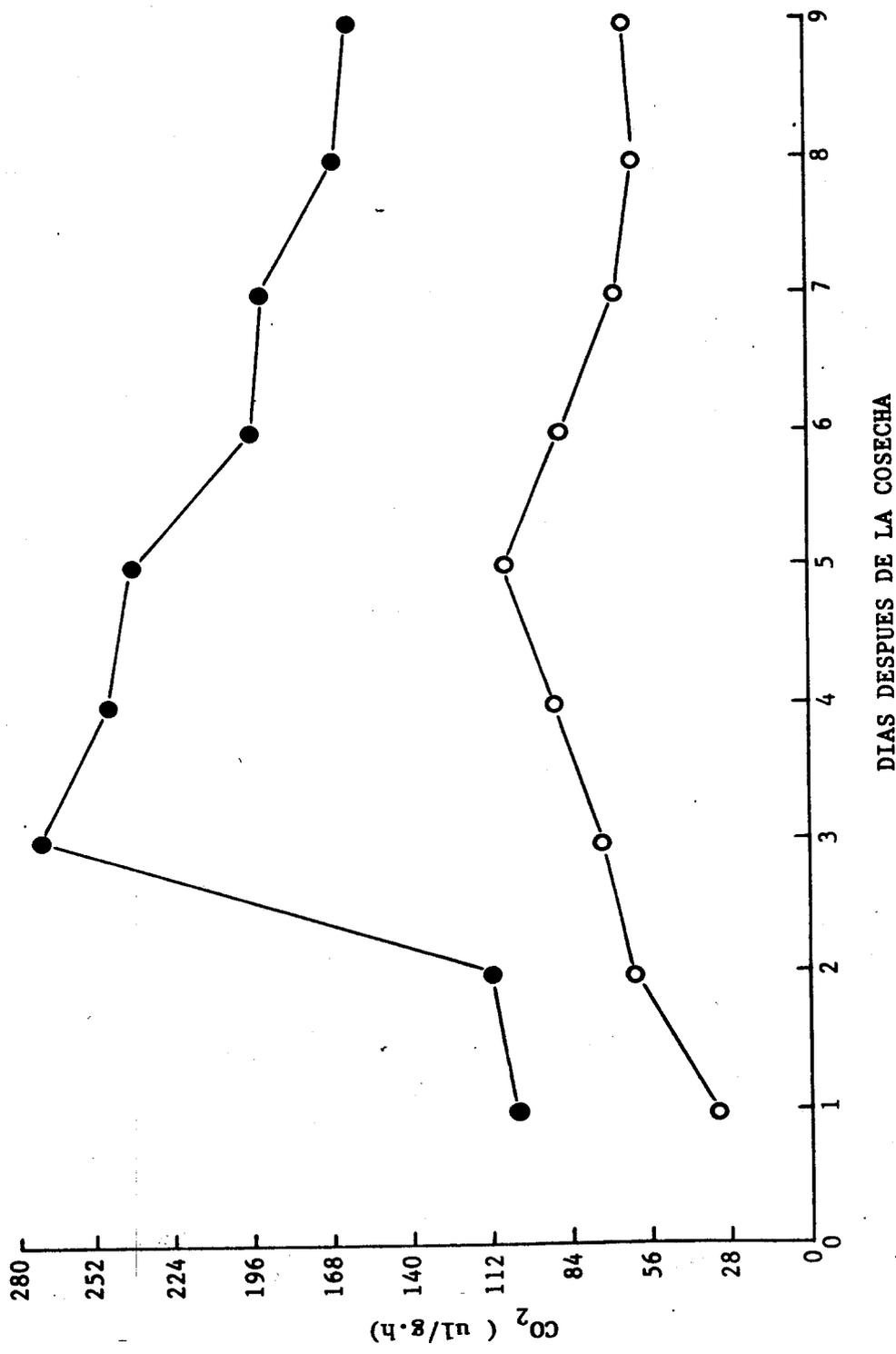
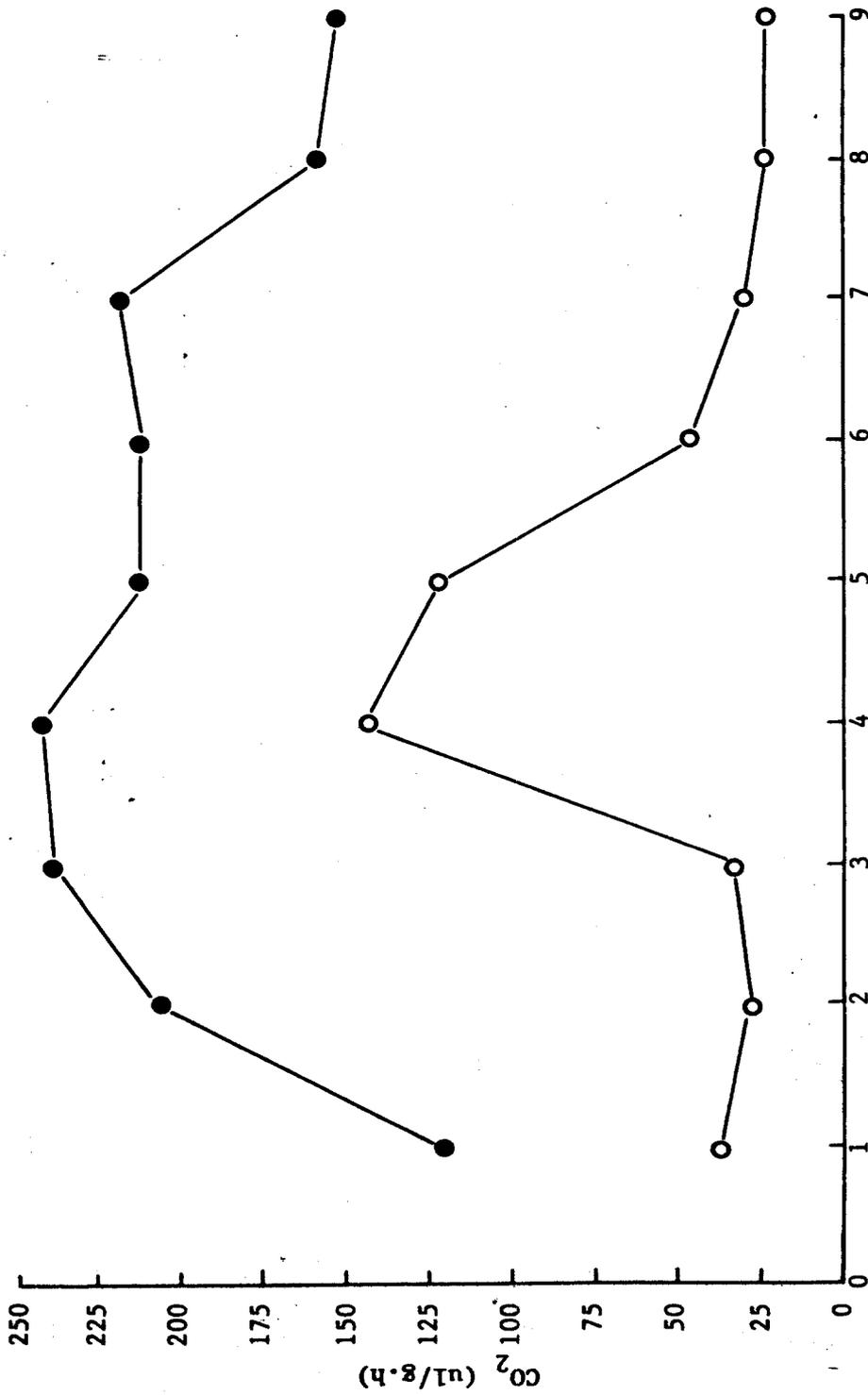


Fig. No. 8 Producción de CO₂ por discos de mango cv Haden tratado con 500 ppm de Ethrel.
 Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 9 Producción de CO₂ por discos de mango cv Haden tratado con Ethrel en concentración de 1000 ppm. Cásara (● —) y pulpa (○ —).

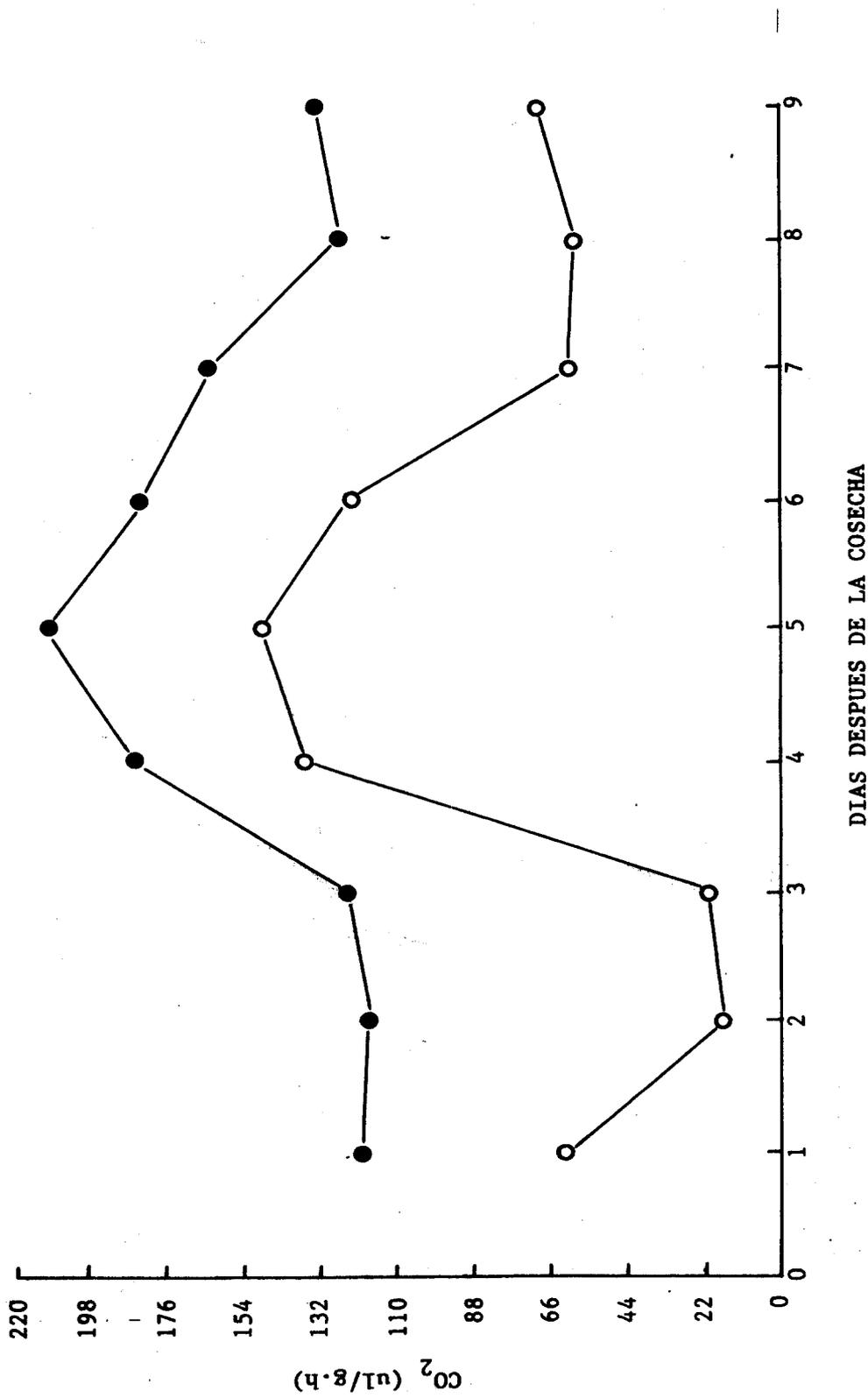
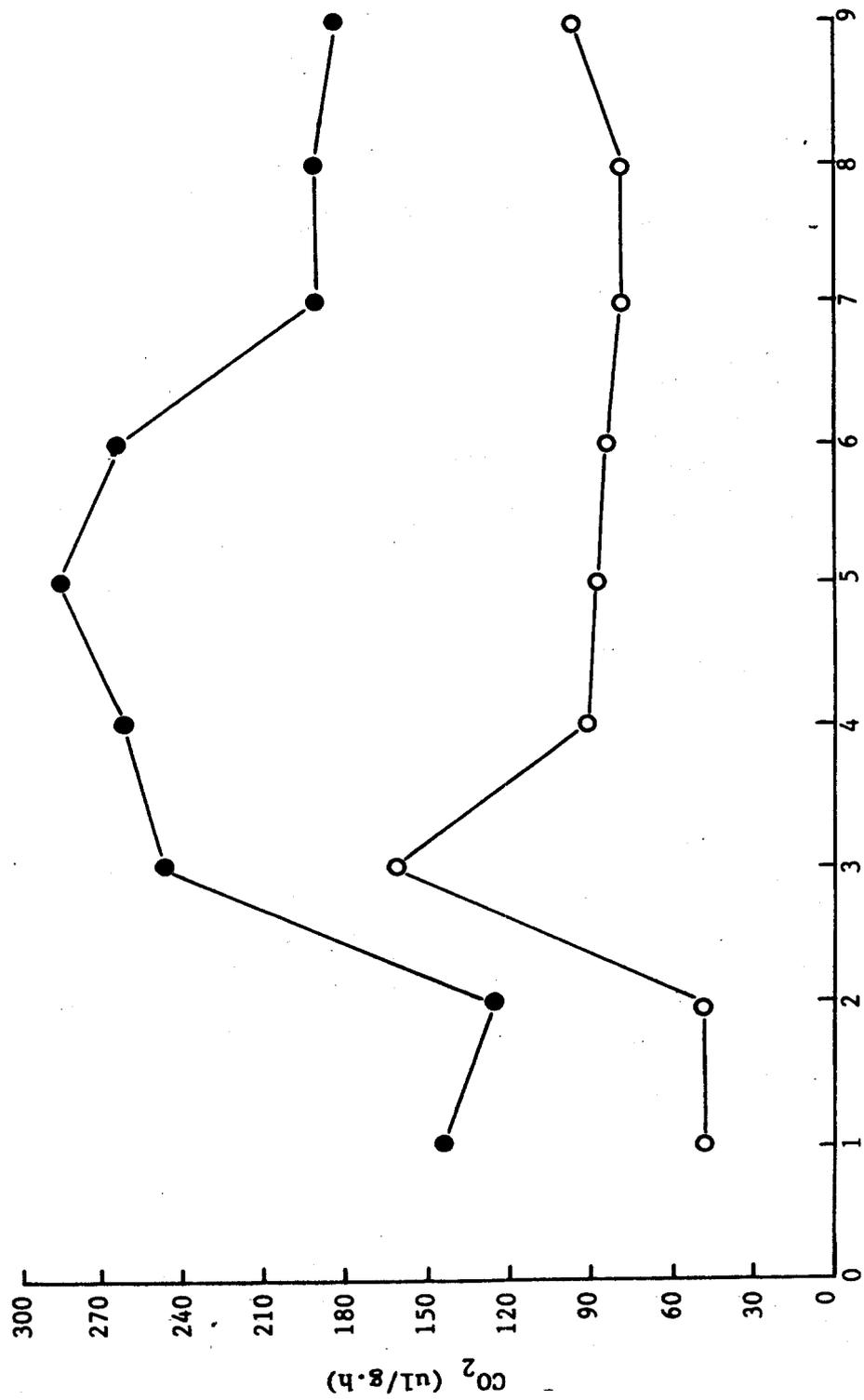


Fig. No. 10 Producción de CO₂ por discos de mango cv Kent sin tratamiento con Ethrel.
 Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).

094554



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 11 Producción de CO₂ por discos de mango cv Kent tratado con 500 ppm de Ethrel. Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).

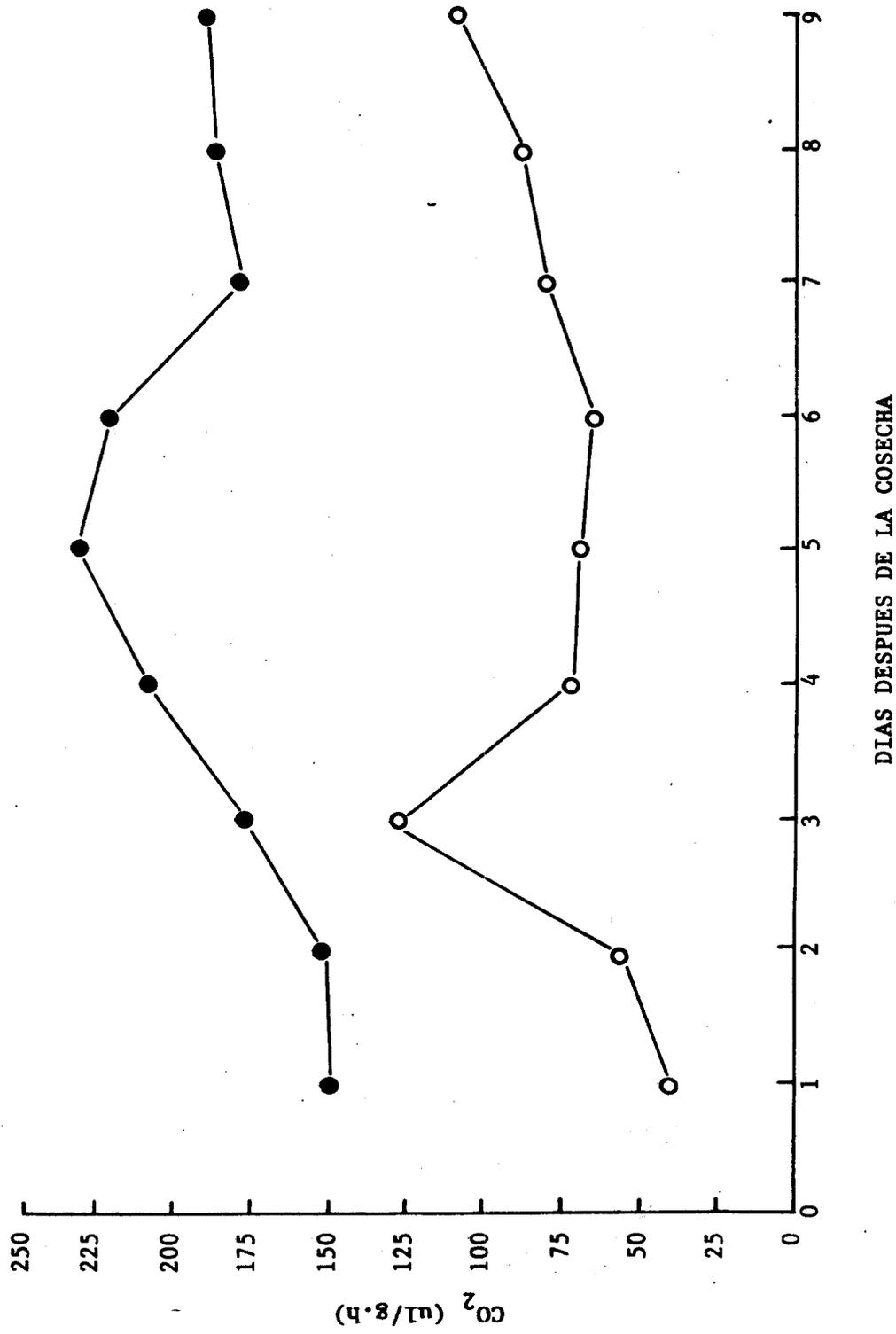


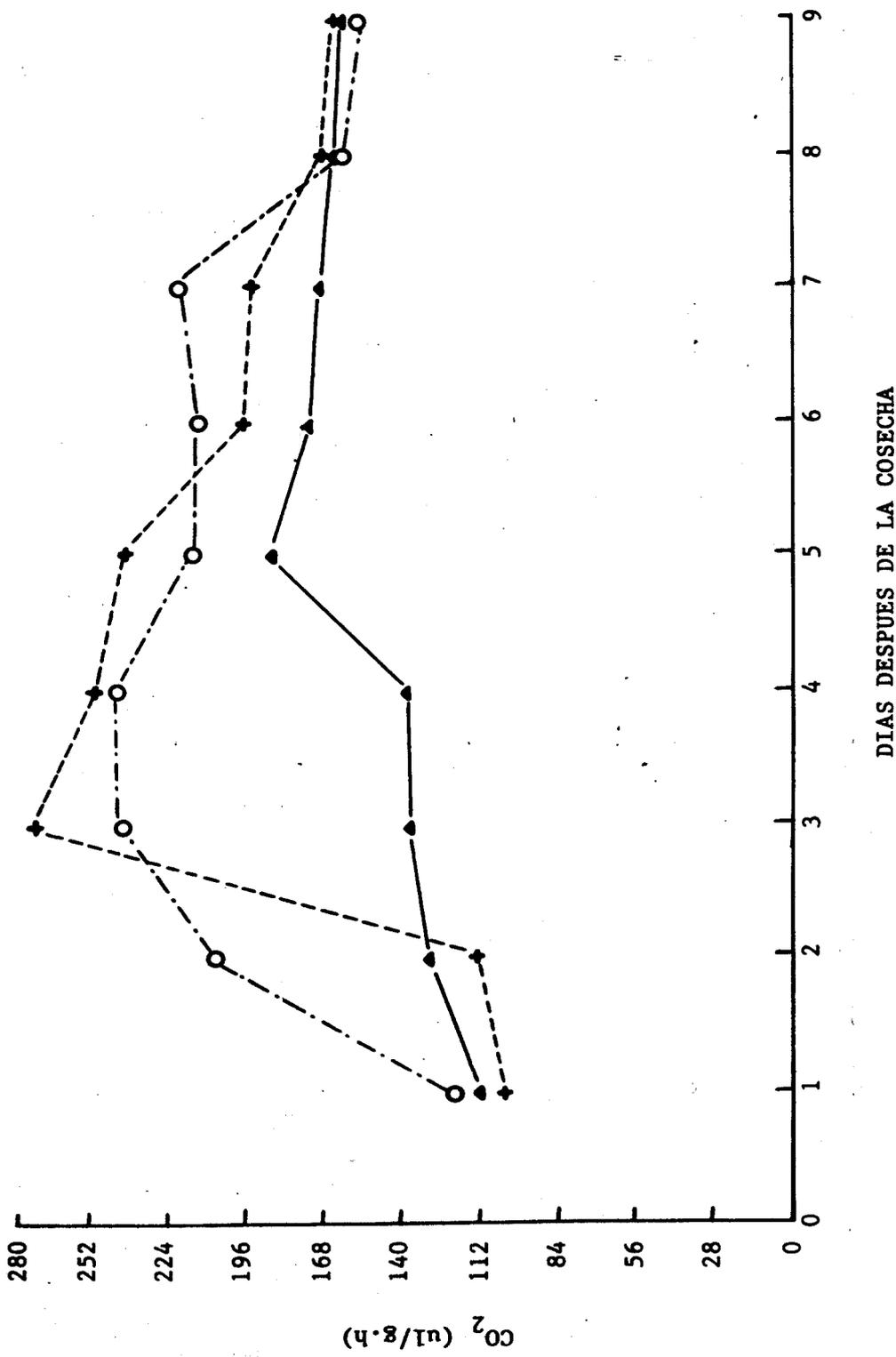
Fig. No. 12 Producción de CO₂ por discos de mango cv Kent tratado con 1000 ppm de Ethrel.
Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).

dría explicarse considerando que la cáscara metabólicamente es más activa ya que está involucrada en los procesos de intercambio de sustancias entre la fruta y su ambiente, además de que su composición altamente hidrofóbica (grasas y ceras) permite mayor solubilidad y movimiento del etileno que se libera a partir del ethrel.

La elevación climatérica está directamente asociada con la maduración y el desplazamiento de la curva indica que el ethrel aplicado efectivamente la acelera pues a pesar de que los picos de producción de CO_2 son disminudos en magnitud por dosis crecientes de ethrel, en cambio sus tiempos de aparición son menores, lo que era una parte importante del trabajo, tal como se planteó en la hipótesis 3. Estos resultados obtenidos a nivel de tejido muestran un comportamiento similar al que se ha obtenido con fruta entera (Campbell C.W. and S.E. Malo, 1969, Lakshminarayana S. Et al., 1975) y las diferencias observadas entre las variedades pueden ser la consecuencia de una respuesta diferente al etileno exógeno aplicado si se considera que captaron la misma cantidad de ethrel. En caso de no ser así, se requiere un estudio que permita conocer si existen diferencias estructurales o físicoquímicas determinantes para la penetración y difusión tanto del ethrel aplicado como del etileno que se libera.

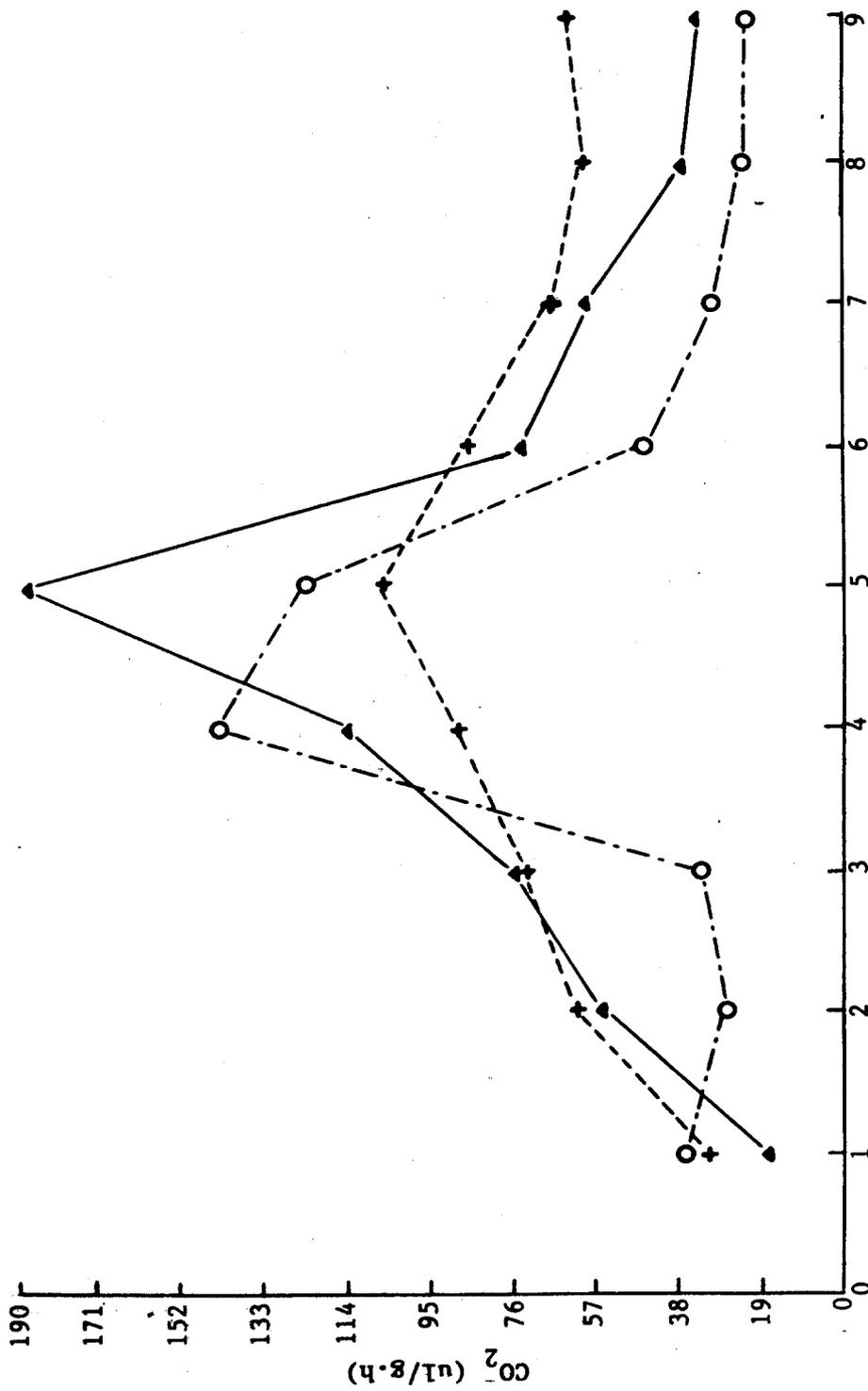
B. CONTENIDO DE METIONINA Y PRODUCCIÓN DE ETILENO.

Los resultados del contenido de metionina en la pulpa de mango se en-



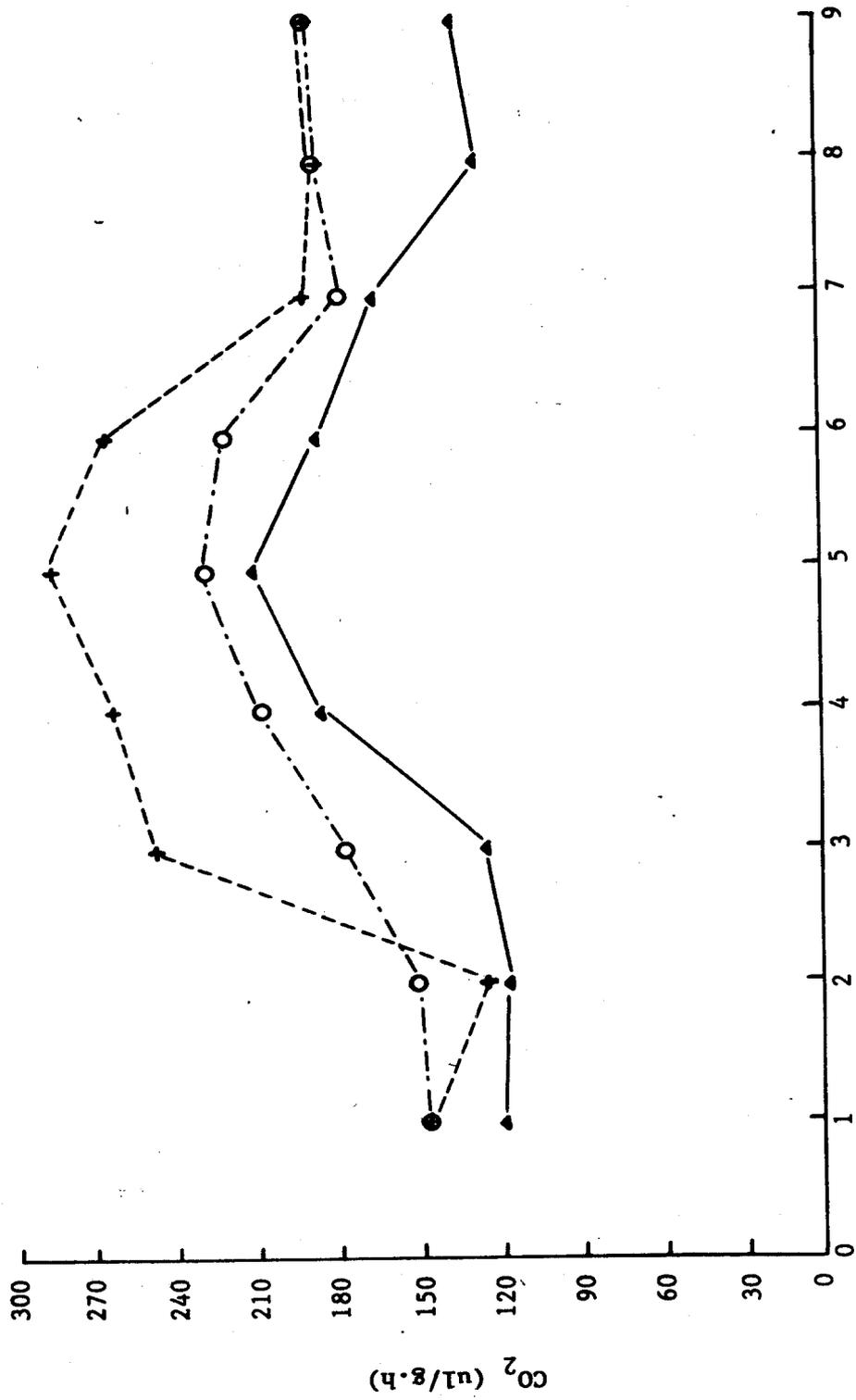
DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 13 Producción de CO₂ por discos de cáscara de mango cv Haden tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (●) 0 ppm, (●) 500 ppm y (○) 1000 ppm.



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 14 Producción de CO₂ por discos de pulpa de mango cv Haden tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (▲ - - - ▲) 0 ppm, (+ - - - +) 500 ppm y (o - - - o) 1000 ppm.



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 15 Producción de CO₂ por discos de cáscara de mango cv Kent tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (▲) 0 ppm, (○) 500 ppm y (◻) 1000 ppm.

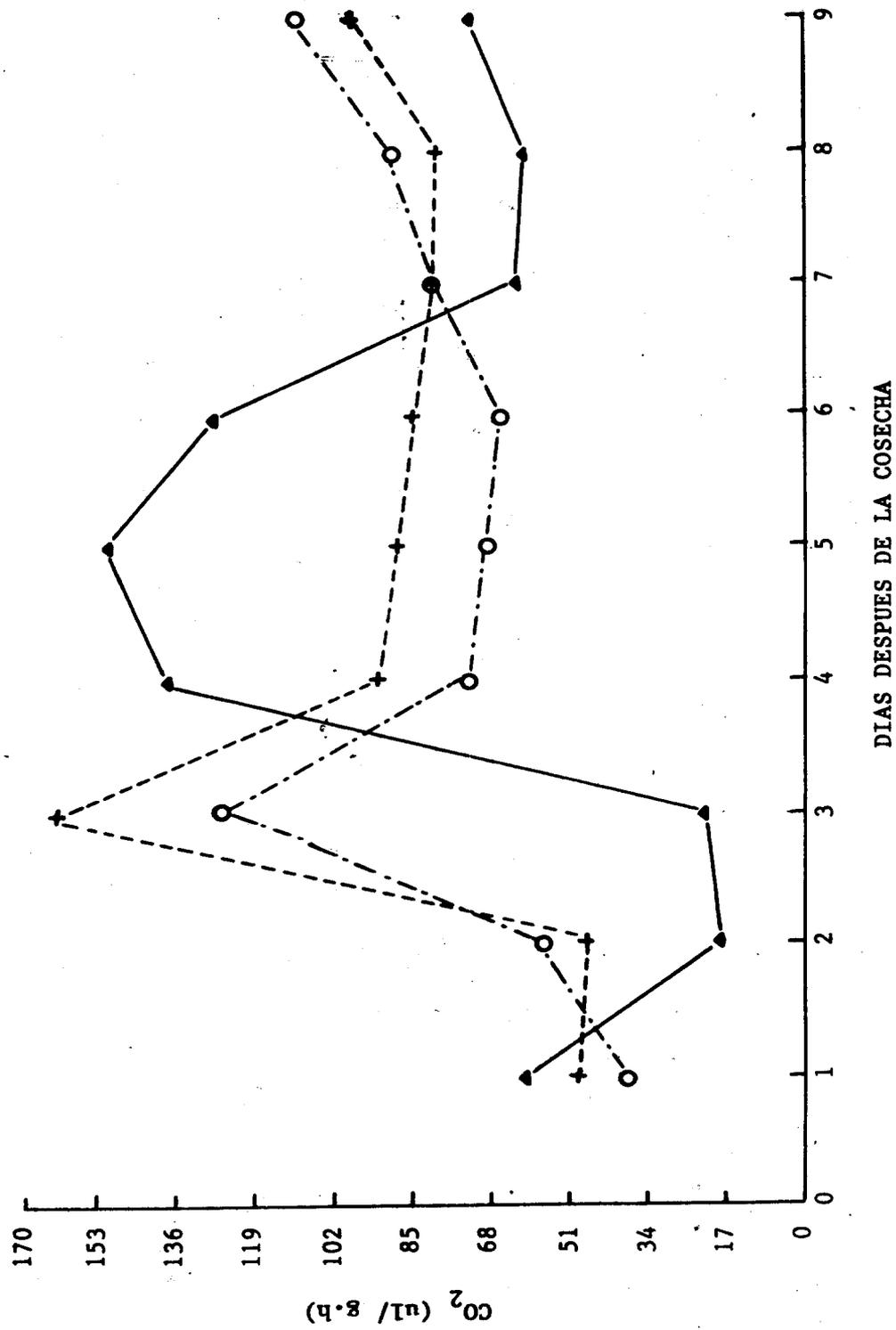


Fig. No. 16 Producción de CO₂ por discos de pulpa de mango cv Kent tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (▲—▲) 0 ppm, (+ --- +) 500 ppm y (○ --- ○) 1000 ppm.

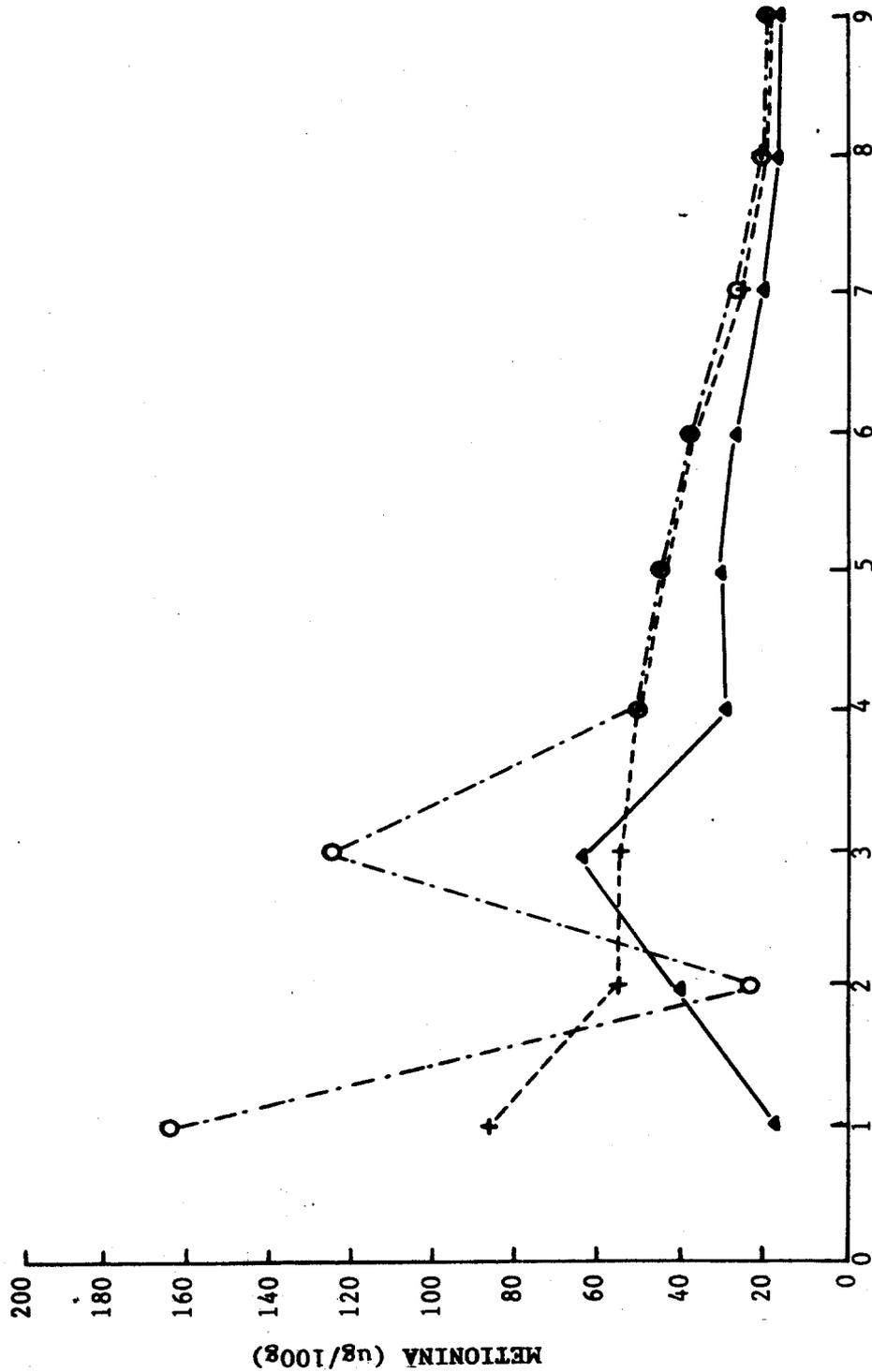
cuentran en los cuadros 11 y 12 (Apéndice) y el análisis estadístico (Cuadro No. 13) indica que no existe diferencia significativa entre las variedades pero sí la hay entre los tratamientos.

El tratamiento con ethrel se llevó a cabo dentro de las primeras 24 horas después de la cosecha y la determinación de metionina se hizo durante las dos horas siguientes, de manera que el primer día corresponde a la aplicación de ethrel. La respuesta fue prácticamente inmediata (Figuras No. 17 y 18) en este punto, donde se observa que mientras que en el testigo el contenido de metionina libre es bajo, en las frutas tratadas se registra un notable incremento conforme aumenta la concentración de ethrel.

Cada uno de los tratamientos presenta en comportamiento diferente; el testigo alcanza su valor máximo en el tercer día, a diferencia de las frutas tratadas con 500 ppm de ethrel, donde se registra un descenso en el segundo día y continúa pero con cambios menores. Las frutas tratadas con 1000 ppm sufren cambios más drásticos, ya que en el segundo día hay un decremento hasta un valor inferior al testigo para aumentar nuevamente en el tercer día, pero sin llegar al valor inicial.

Después del cuarto día los dos tratamientos con ethrel siguen aproximadamente la misma tendencia y más cercana a la del testigo. Aparentemente estos cambios de incremento y decremento en los niveles de metionina preceden a los cambios en la producción de etileno.

Estos resultados no están de acuerdo con la hipótesis 2 y representa una



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 17 Contenido de metionina en pulpa de mango cv Haden tratado con Ethrel en diferentes concentraciones: (●—●) 0 ppm, (○---○) 500 ppm y (●---●) 1000 ppm.

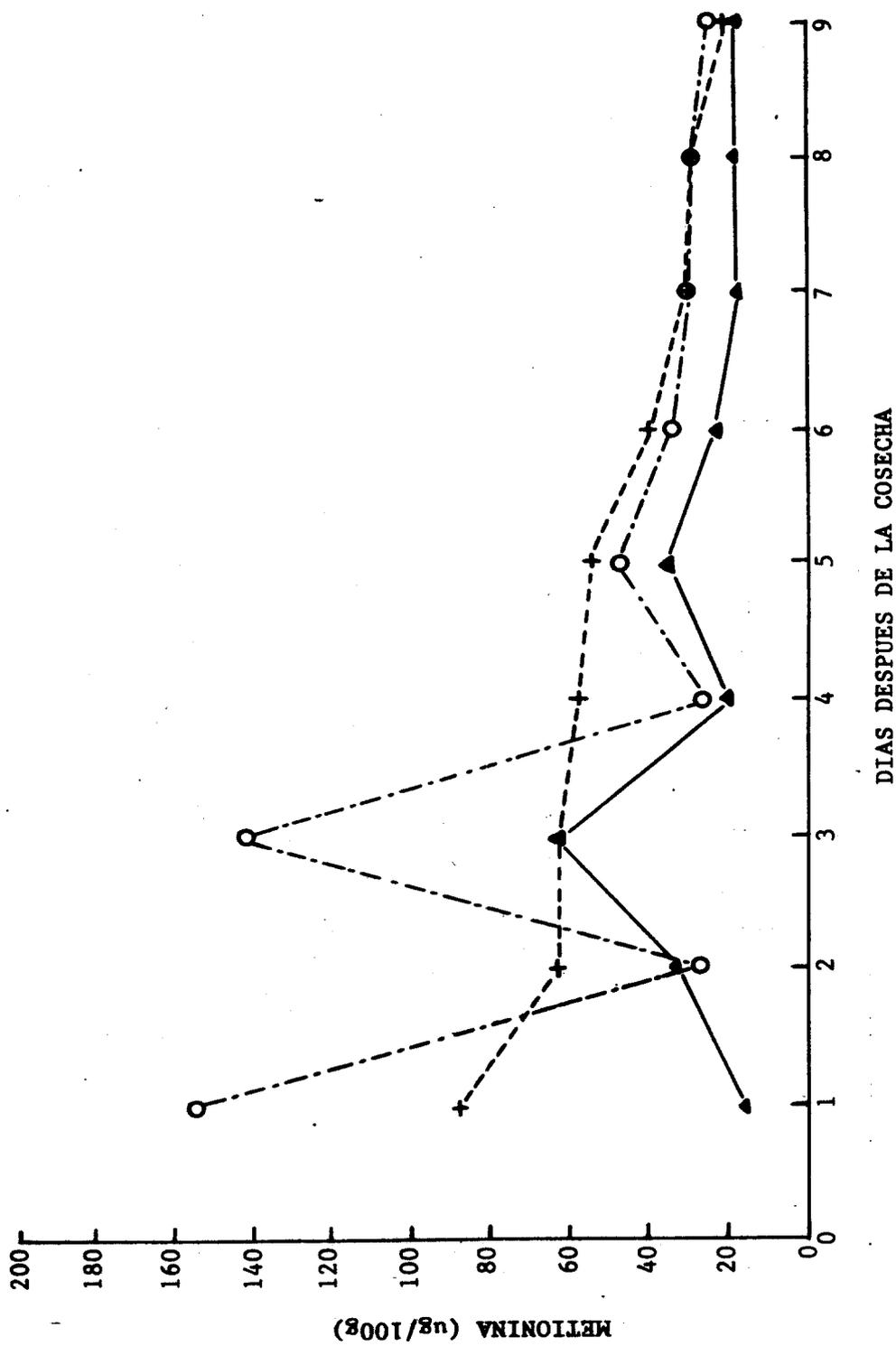


Fig. No. 18 Contenido de metionina en pulpa de mango cv Kent tratado con Ethrel en concentraciones de (▲ —) 0 ppm, (+ - - -) 500 ppm y (○ - - -) 1000 ppm.

novedad experimental, cuya implicación es que contradice los resultados obtenidos en los estudios realizados respecto a biosíntesis y regulación de etileno en el proceso de maduración natural en frutas, que han llevado a identificar los intermediarios de la vía biosintética de etileno a partir de metionina (Figura No. 3) y el reciclaje de este aminoácido, donde no hay síntesis de novo en los sistemas en que opera la vía propuesta (figura No. 4). Sin embargo, los resultados en este estudio muestran que el etileno exógeno aplicado en forma de ethrel sí tiene efecto sobre los niveles de metionina en la pulpa de mango, ya que se observó un mayor contenido del aminoácido conforme se aumentó la concentración del ácido 2-cloroetil fosfónico.

Respecto al etileno, su producción se ve influenciada por la concentración de ethrel aplicado. El análisis de varianza y prueba de significancia (Cuadro No. 16) indican que las variedades Haden y Kent presentan una diferencia significativa y estos resultados se ven claramente en las gráficas; conforme aumenta la concentración de ethrel, la producción de etileno es mayor, además de que en el caso de mango Haden el máximo coincide en el segundo día en los tres tratamientos, para disminuir posteriormente hasta valores cercanos en el cuarto día. Esto significa que el ethrel no desplaza el pico de producción de etileno, pero causa que haya una mayor producción. Las frutas tratadas con 1000 ppm de ethrel registran otro ligero incremento en el quinto día y las no tratadas en el sexto (Figura No. 19), en cambio la variedad Kent muestra una diferencia más notable en la producción de etileno entre los tres tratamientos; el testigo alcanza su máximo el tercer día, mientras que los otros lo hacen al segundo, es decir que en este

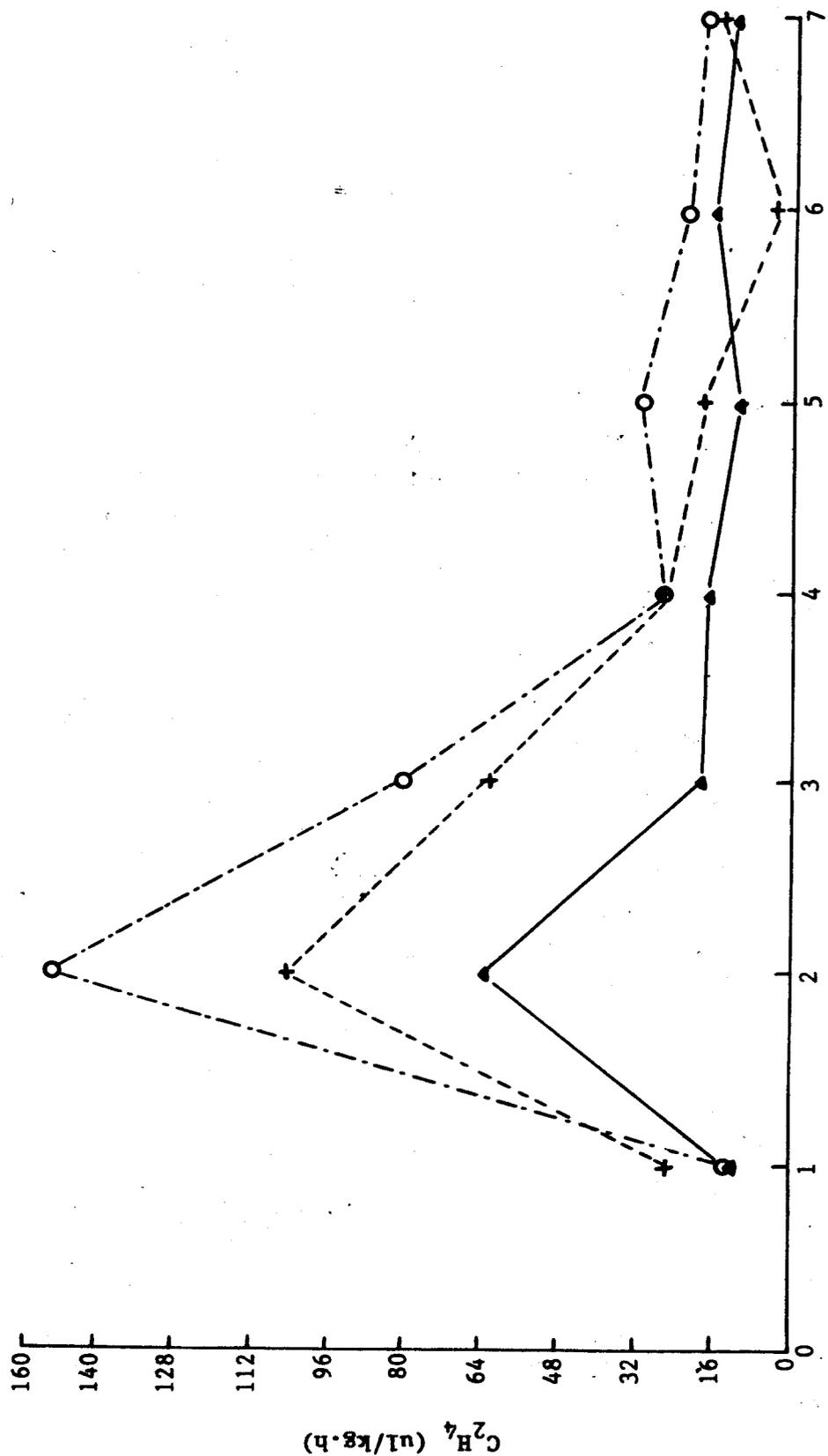


Fig. No. 19 Producción de etileno en mango cv Haden tratado con Ethrel en diferentes concentraciones (●---●) 0 ppm, (+ --- +) 500 ppm y (○ --- ○) 1000 ppm.

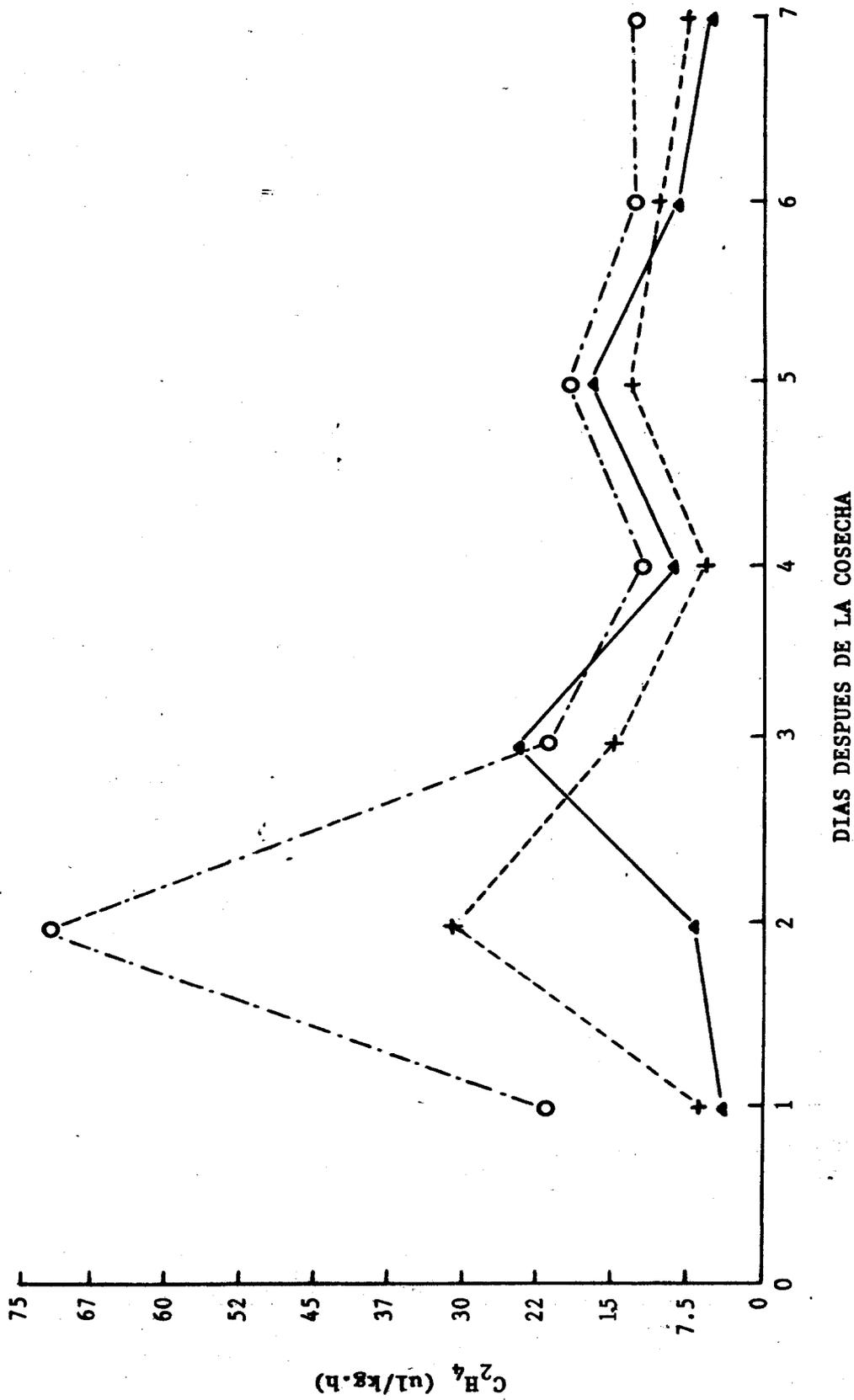


Fig. No. 20 Producción de etileno en mango cv Kent tratado con Ethrel en concentración de:
 (●) 0 ppm, (+) 500 ppm y (▲) 1000 ppm.

caso hubo desplazamiento y aumento en la producción de etileno. Posteriormente en los tres casos hay un descenso y nuevamente un ligero incremento en el quinto día (Figura No. 20). En cuanto a magnitud, la variedad Haden produce aproximadamente 2 veces la cantidad de etileno que produce la variedad Kent, y por lo tanto, la hipótesis 1 es válida solamente para esta última y la hipótesis 5 se rechaza ya que las dos variedades de mango estudiadas responden de diferente forma al tratamiento con ethrel.

Como se mencionó antes, aparentemente los cambios en los niveles de metionina preceden a los cambios en la producción de etileno, aunque en este sentido es necesario hacer algunas consideraciones. En primer lugar, se han mostrado evidencias de que el ethrel actúa vía etileno liberándolo dentro del tejido por una relación de descomposición que es influenciada por el pH. La fruta tiene mayor pH conforme avanza el proceso de maduración, y puesto que el etileno liberado aumenta al aumentar el pH, se espera que la velocidad de liberación del etileno proveniente de ethrel vaya cambiando con el transcurso del tiempo. Al inicio el pH es ácido (4.0-4.5) por lo que el etileno que se libera debe ser mínimo pero suficiente para desencadenar los eventos bioquímicos y fisiológicos asociados con la maduración, entre ellos la autocatálisis de la biosíntesis de etileno para producirlo en forma masiva. De acuerdo con esto, al aplicarse un compuesto generador de etileno, el etileno que se cuantificó provenía de dos fuentes, el Ethrel y el etileno endógeno, de tal manera que se haría necesario diferenciar cada uno de ellos a fin de establecer una relación más directa entre la metionina como precursor y el etileno endógeno.

Es importante hacer notar que los resultados obtenidos son evidencia de que el ethrel causa un incremento inicial en los niveles de metionina, los cuales a su vez modificarían la producción de etileno y con ello otros eventos asociados con la maduración. Lo anterior podría explicarse con la hipótesis de Lürssen y Konze (Figura No. 21) acerca de la compartimentalización de precursores de etileno, donde se plantea que el derivado Formil-ACC aplicado para funcionar como precursor de etileno, es transportado preferentemente a la poza A donde se encuentra el sitio de acción del etileno, de manera que el etileno que se produzca será muy efectivo. Si llega a la poza B, el etileno producto de la degradación del compuesto aplicado se libera a la atmósfera y es el que se mide en los experimentos. Una tercera poza C tendría la función de almacenar el derivado inactivo de ACC, Malonil-ACC (Lürssen K. and J. Konze, 1985). Esta probable explicación se plantea tomando como base el hecho de que se incrementa el nivel de metionina por la aplicación de ethrel y que al comparar el efecto que causa este compuesto y el N-Formil-ACC (regulador de crecimiento experimental) en la maduración de frutas se observa que son muy similares. Adicional a esto la liberación de etileno en función del tiempo tiene tendencia semejante, pero se requieren menores concentraciones de N-Formil-ACC para tener el mismo efecto. Estas semejanzas sugieren una acción similar, en la que el etileno que se libera además de ejercer su acción como tal, también puede autocatalizar su síntesis.

Para aclarar y reafirmar los resultados en este trabajo sería necesario hacer un seguimiento del ethrel aplicado así como de la metionina para definir el destino de cada uno de ellos.

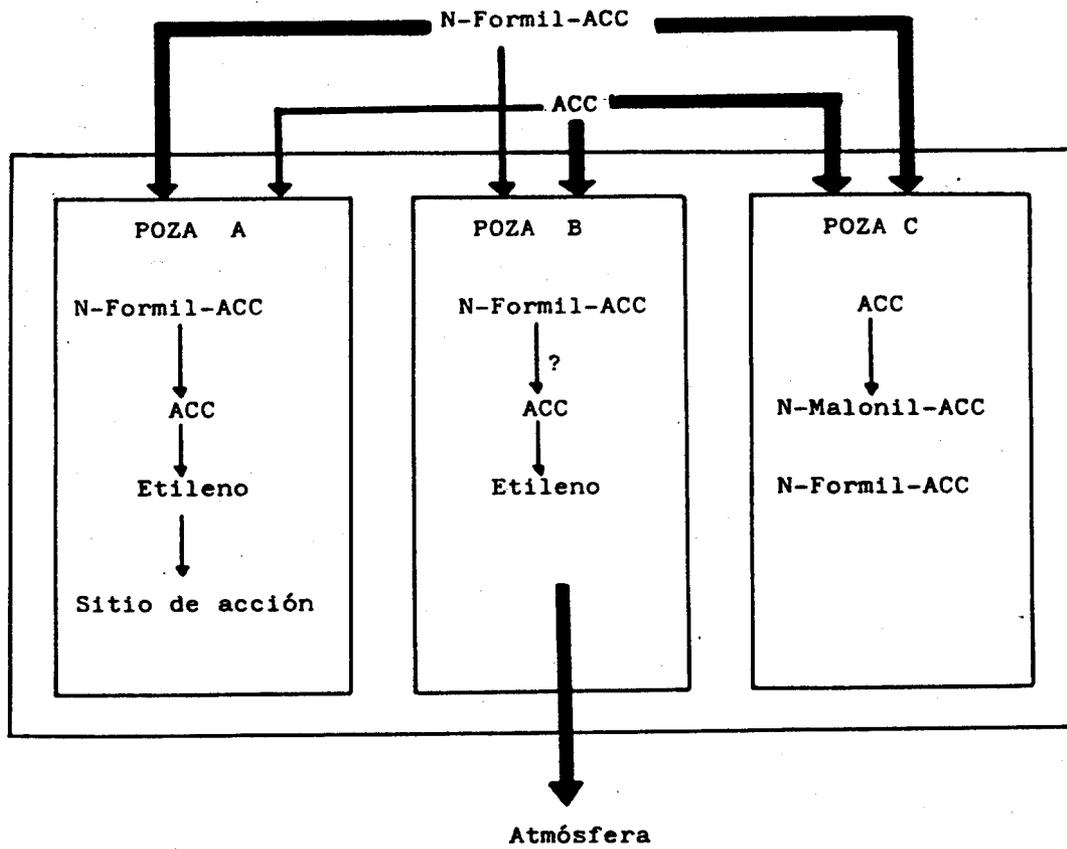


Fig. No. 21 Esquema propuesto para la compartimentalización del Etileno, ACC y N-Formil-ACC en relación al sitio primario de acción del etileno (Lürssen K. and J. Konze 1985)

C. CONSUMO DE OXIGENO.

Los resultados obtenidos al medir este parámetro se encuentran en los Cuadros No. 17-20 y están representados gráficamente en las Figuras No. 22-31.

el análisis estadístico (Cuadro No. 21) y la observación gráfica muestra que existe una diferencia significativa en la respuesta de las variedades Haden y Kent, entre la cáscara y la pulpa y entre los tres tratamientos.

En el mango Haden sin tratamiento el consumo de oxígeno es mayor en los de pulpa con un máximo en el tercer día después de la cosecha, mientras que en los de cáscara se presenta en el segundo día y de menor magnitud (Figura No. 22). Posteriormente se ve un descenso notable e incremento ligero.

Los discos provenientes de mango tratado con 500 y 1000 ppm de etrel se comportan diferente. En éstos el oxígeno que se consumió fue mayor en la cáscara que en la pulpa (Figuras No. 23 y 24) y en la primera se tiene un máximo en el segundo día para el tratamiento con 500 ppm y en el tercero para el de 1000 ppm. Sin embargo, en el caso de la pulpa no se presenta un valor máximo, sino que durante los tres primeros días no existe gran diferencia en el consumo de oxígeno; posteriormente hay un notable incremento que es más evidente en el tratamiento de 500 ppm.

A diferencia de la respuesta obtenida para la variedad Haden, en el testigo de la variedad Kent, el mayor consumo de oxígeno se tiene en la cásca

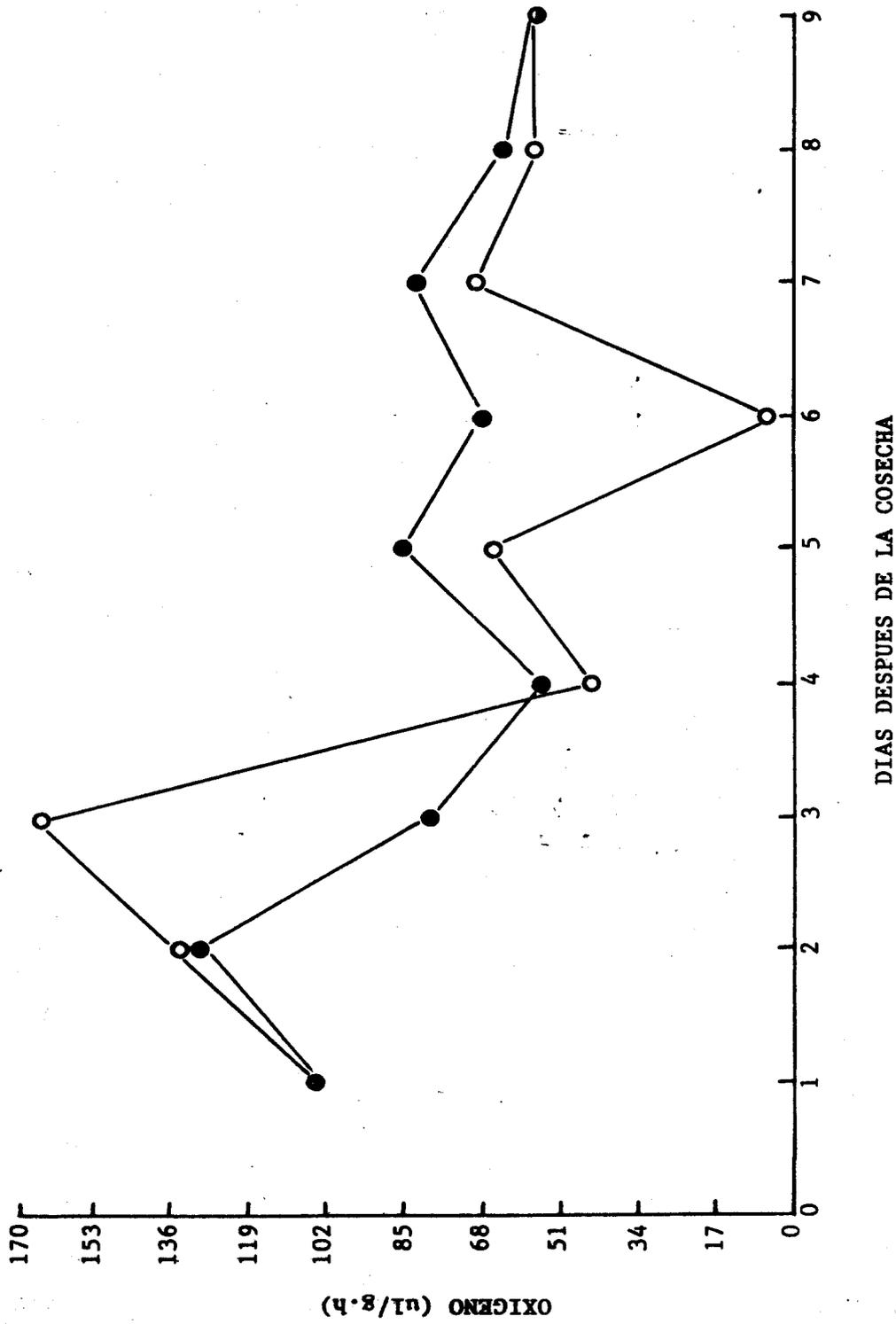
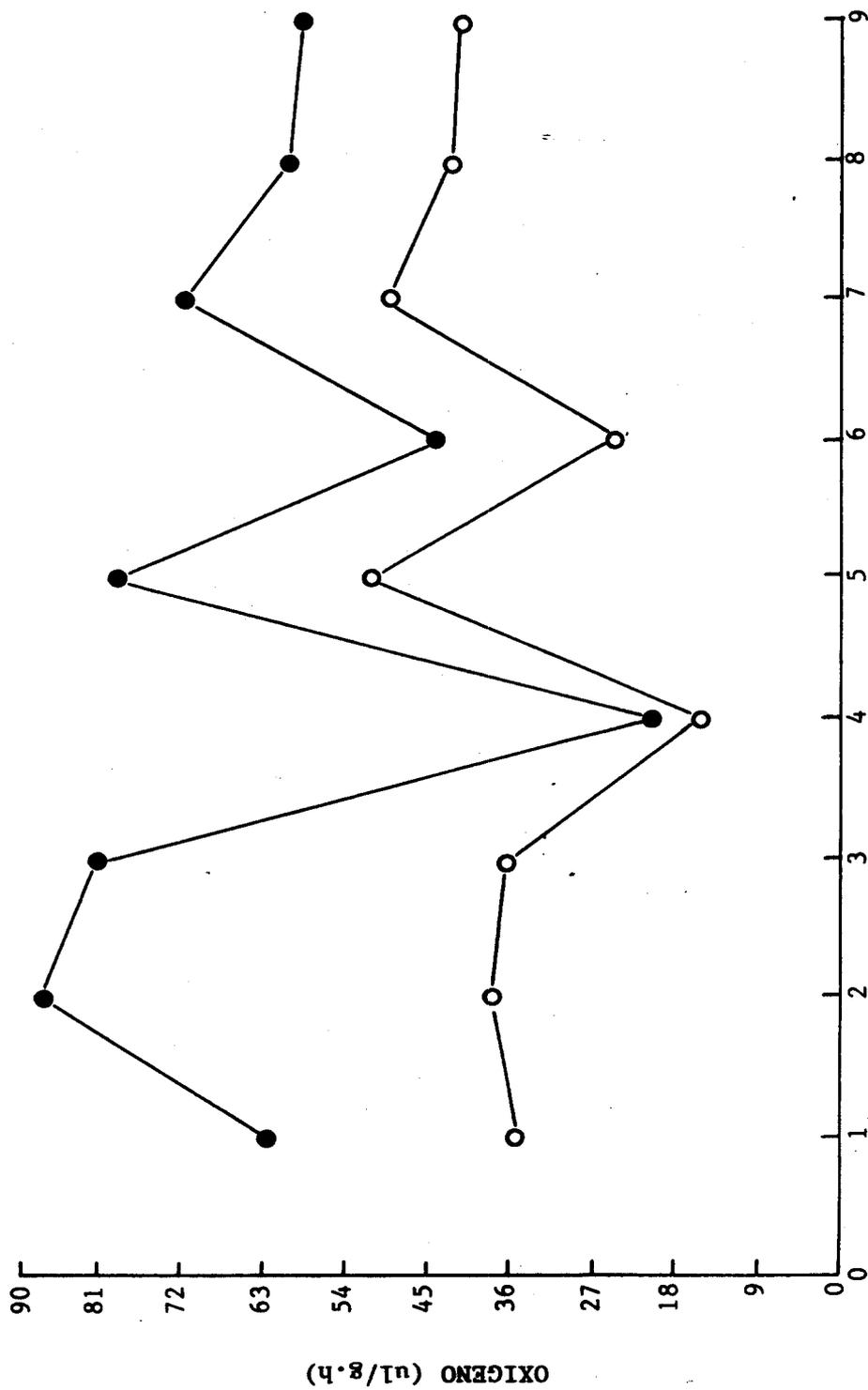
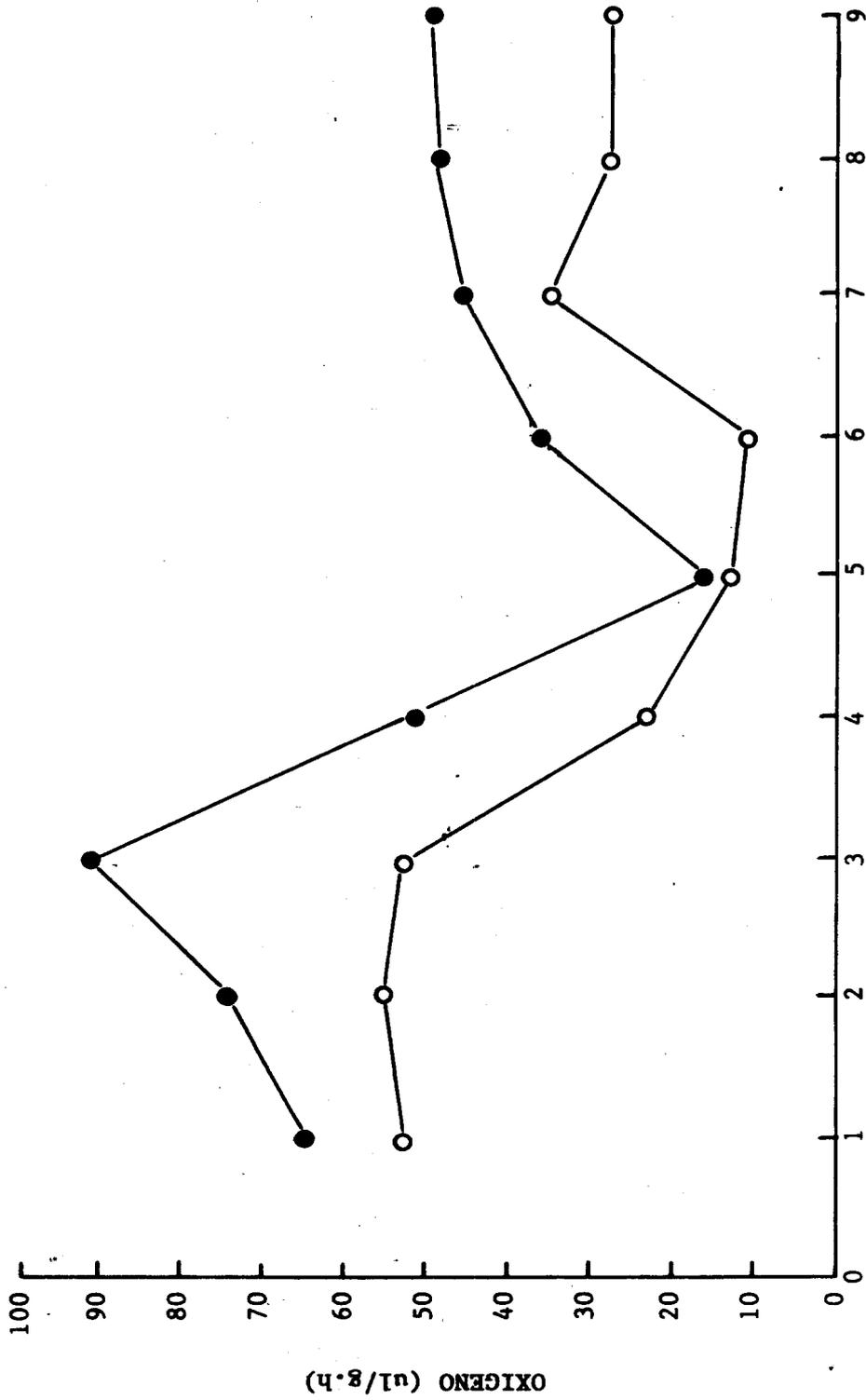


Fig. No. 22 Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden sin tratamiento de Ethrel.
Cáscara (● —●) y pulpa (○ —○).



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 23 Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden tratado con 500 ppm de Ethrel.
 Cáscara (●) Y Pulpa (○).



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 24 Oxígeno consumido por discos de mango cv Haden tratado con 1000 ppm de Ethrel.
Cáscara (● — ●) y pulpa (o — o).

ra, la cual comienza con un valor alto y al paso del tiempo va disminuyendo en forma gradual, registrando un incremento en el séptimo día (Figura No. 25). En el caso de la pulpa se presenta un máximo en el cuarto día con una disminución notable posteriormente. En los tratamientos de 500 y 1000 ppm (Figuras No. 26 y 27) tanto la cáscara como la pulpa registran un valor máximo que coincide en el segundo día aunque en el primer caso la diferencia en magnitud es notable. En ambos tratamientos hay un marcado descenso seguido de un incremento.

Al comparar los tres tratamientos en conjunto se observa que en los discos de cáscara de mango Haden el testigo presenta el mayor consumo de oxígeno, seguido en magnitud por el tratamiento con 1000 ppm y finalmente el de 500ppm; el máximo en éstos últimos está desplazado en el tiempo uno respecto del otro (Figura No. 28). En la pulpa la diferencia entre los tratamientos es más clara, y de la misma manera, el mayor consumo de oxígeno corresponde a los discos de mango que no fue tratado con ethrel, seguido por los de 1000 y 500 ppm (Figura No. 29).

La variedad Kent se comporta en forma diferente con máximos que coinciden en los tratamientos con ethrel, son cercanos en magnitud y diferentes al testigo, el cual presenta una disminución gradual (Figura No. 30). En la pulpa se tiene una situación diferente, donde los máximos para los tratamientos de 500 y 1000 ppm coinciden en el segundo día aunque en magnitud son diferentes, siendo el mayor valor para el de 1000 ppm y en cambio para el testigo se tiene el mayor valor en el cuarto día y su magnitud es intermedia entre los dos tratamientos (Figura No. 31). En todos los casos ex-

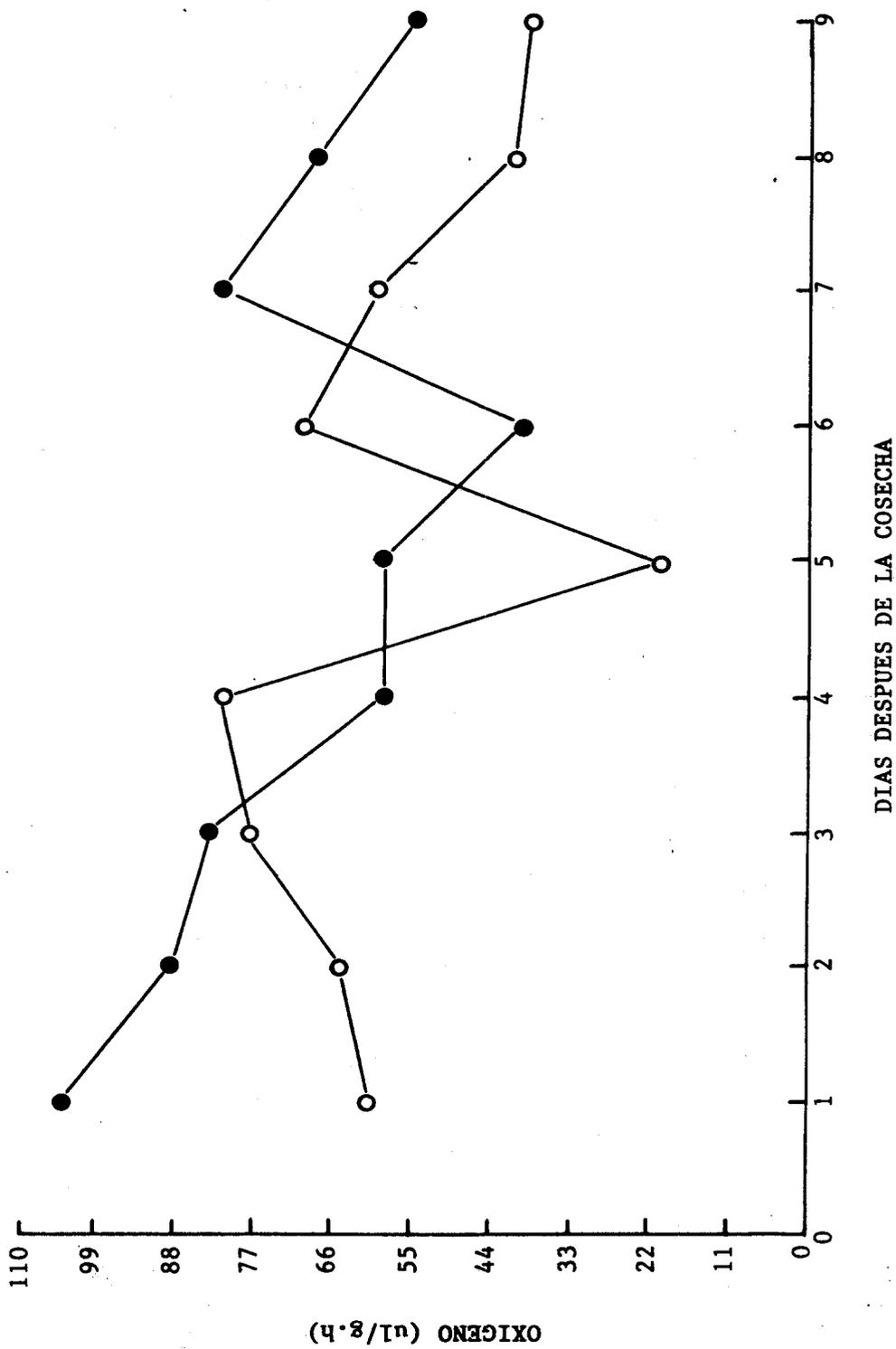


Fig. No. 25 Oxígeno consumido por discos de mango cv Kent sin tratamiento con Ethrel.
 Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).

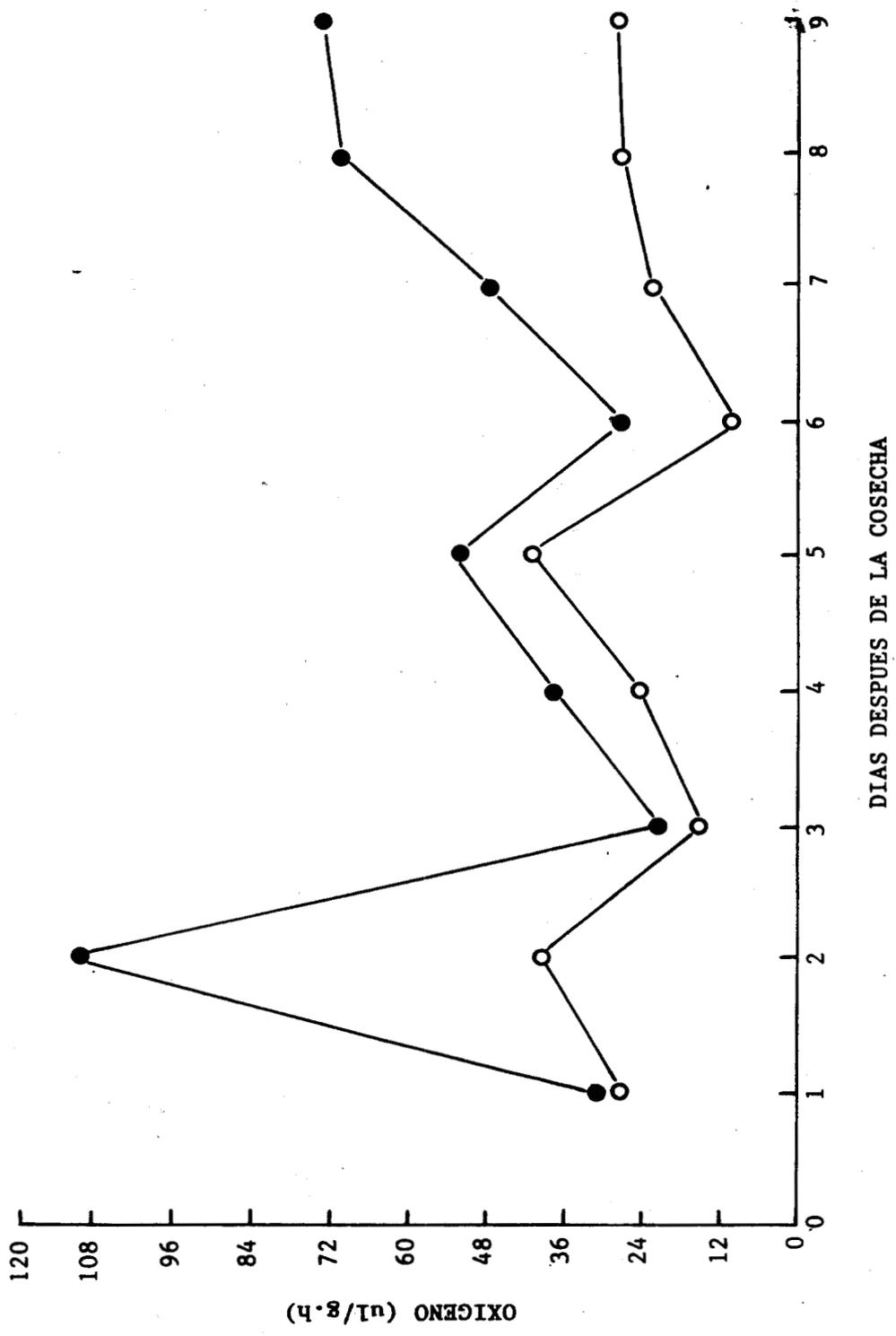


Fig. No. 26 Oxígeno consumido por discos de mango cv Kent tratado con 500 ppm de Ethrel.
 Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).

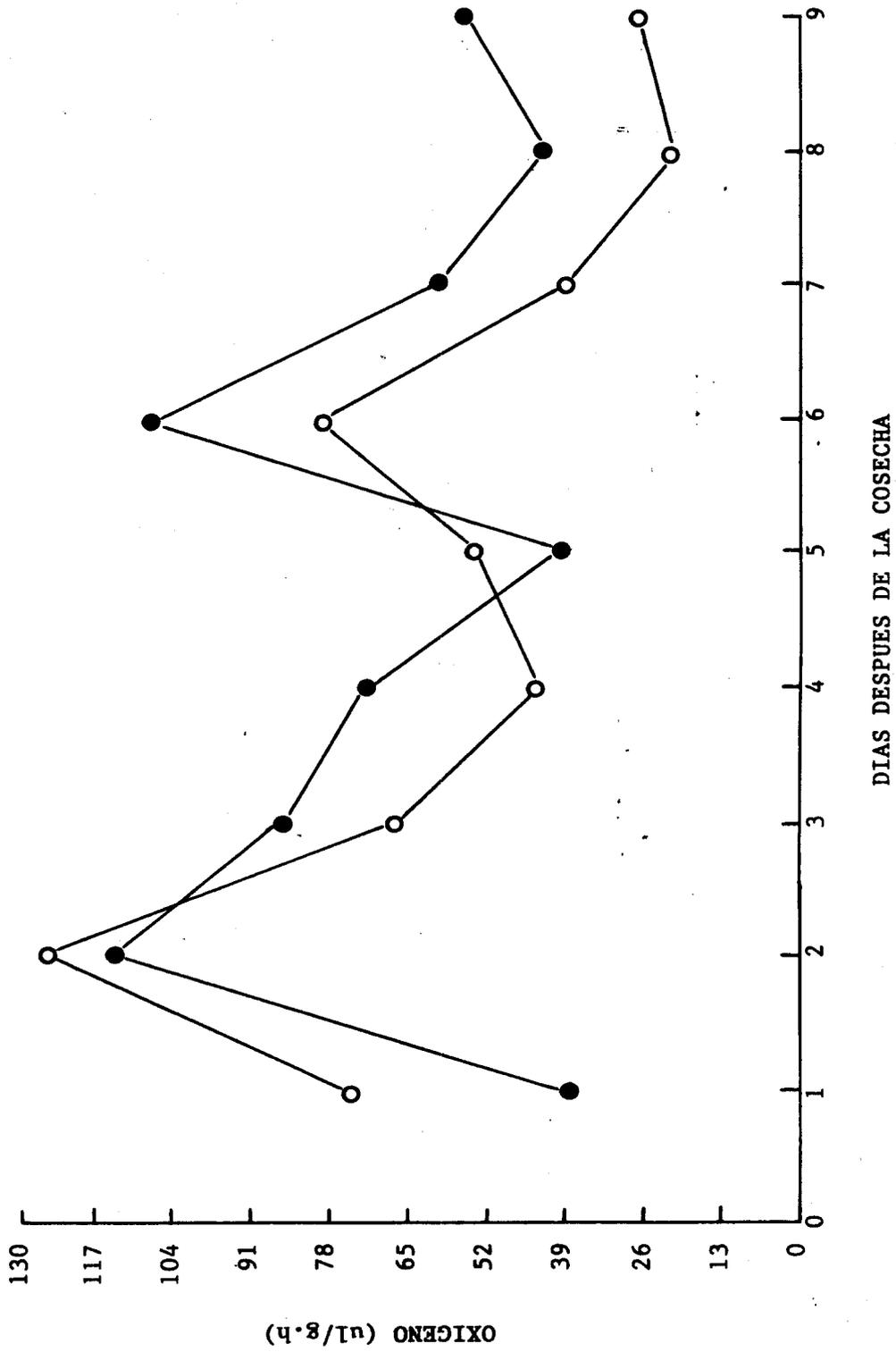


Fig. No. 27 Oxígeno consumido por discos de mango cv Kent tratado con 1000 ppm de Ethrel
 Cáscara (● — ●) y pulpa (○ — ○).

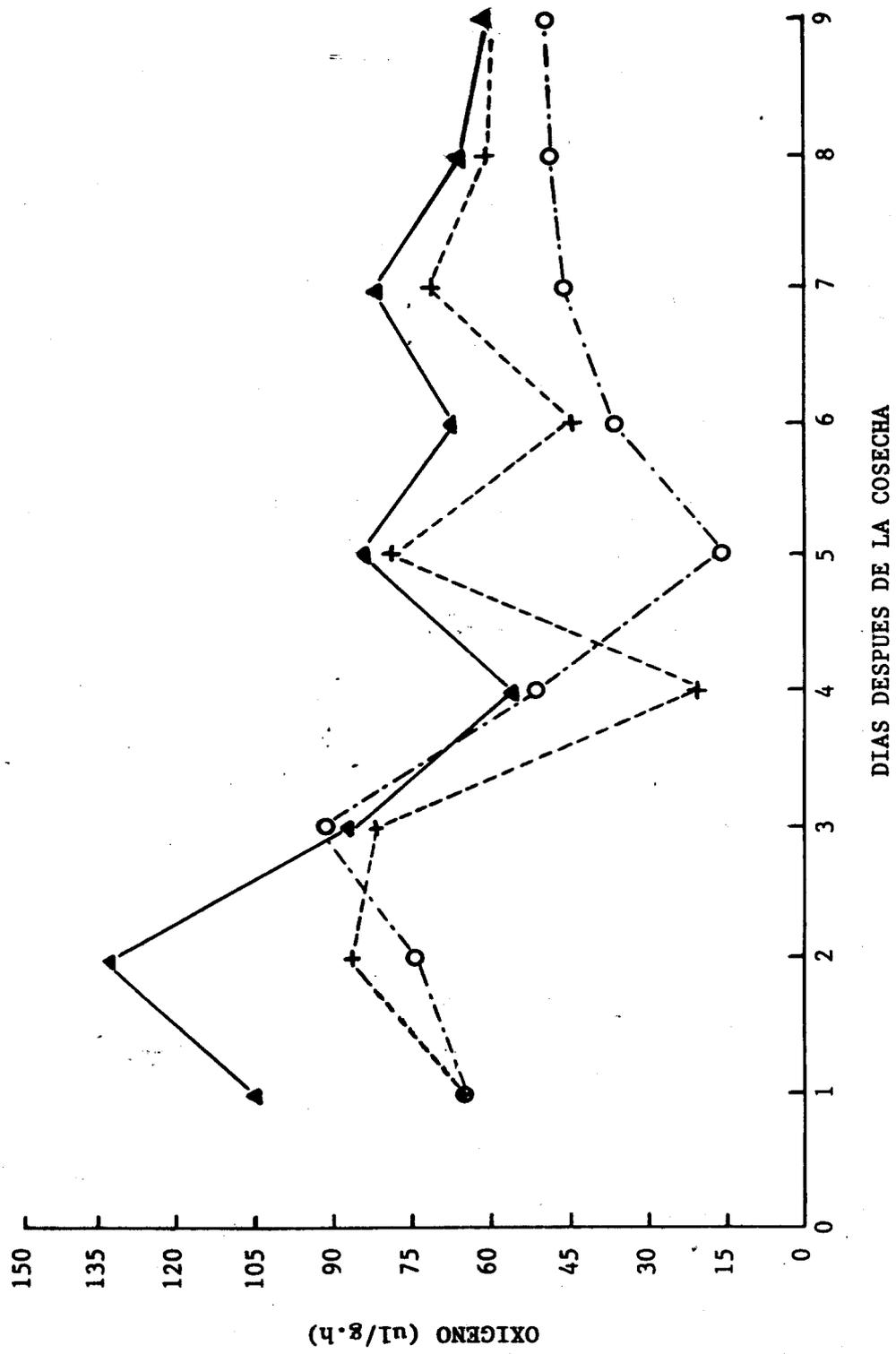


Fig. No. 28 Oxígeno consumido por discos de cáscara de mango cv Haden tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (▲) 0 ppm, (+) 500 ppm y (○) 1000 ppm.

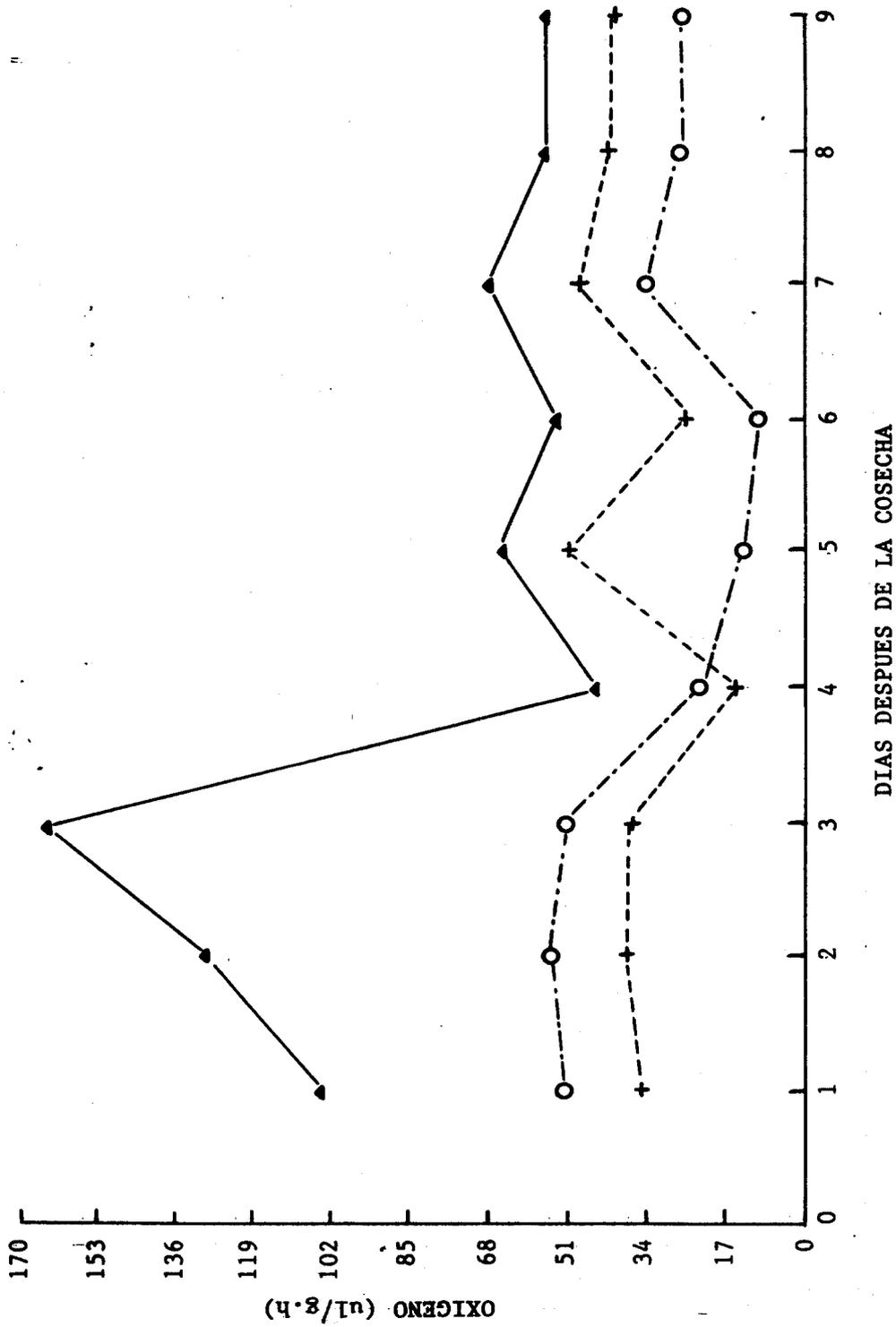
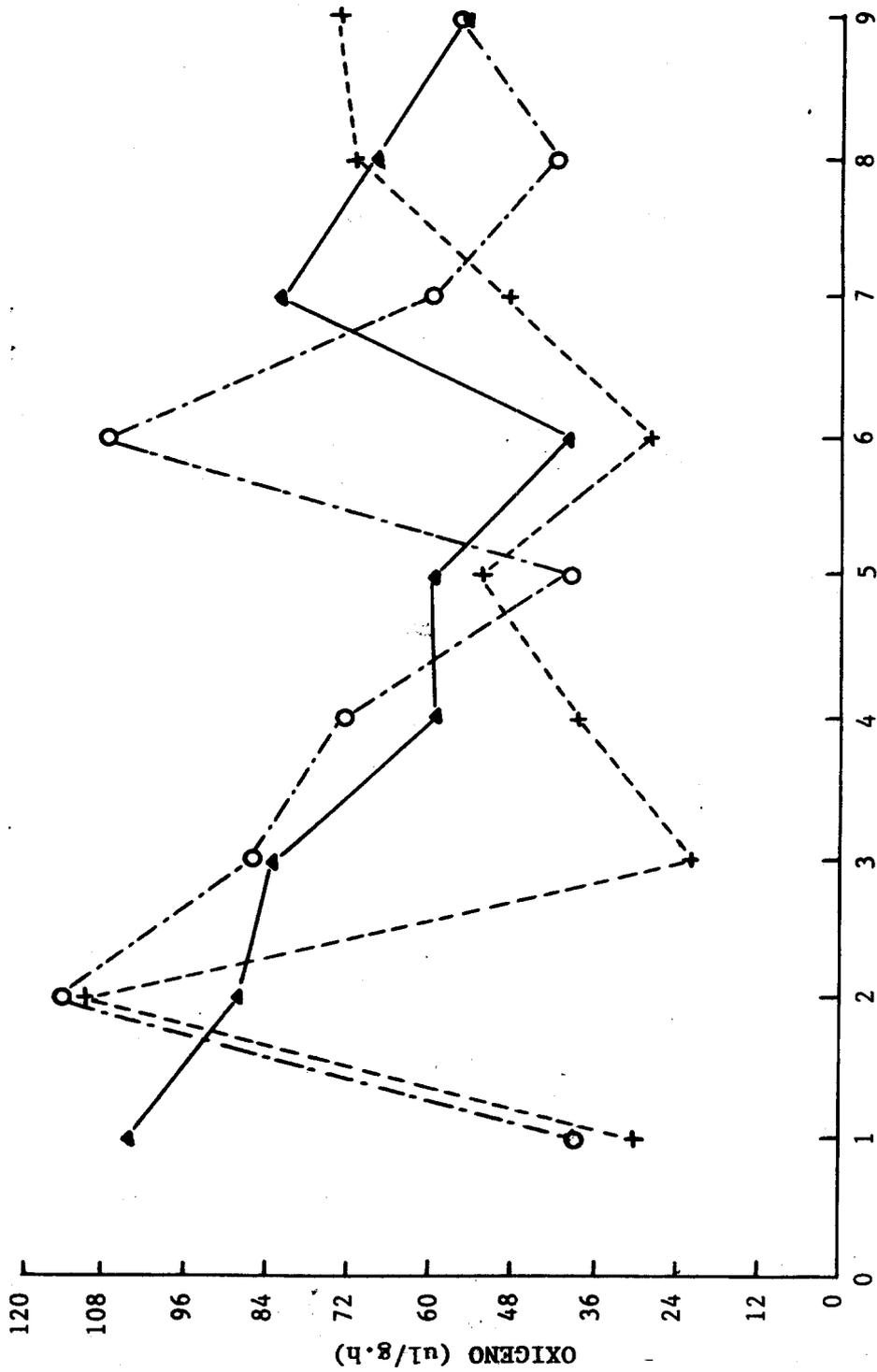


Fig. No. 29 Oxígeno consumido por discos de pulpa de mango cv Haden tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (●—●) 0 ppm, (+ --- +) 500 ppm y (○ - - - ○) 1000 ppm.



DIAS DESPUES DE LA COSECHA

Fig. No. 30 Oxígeno consumido por discos de cáscara de mango cv Kent tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (●) 0 ppm, (+) 500 ppm y (○) 1000 ppm.

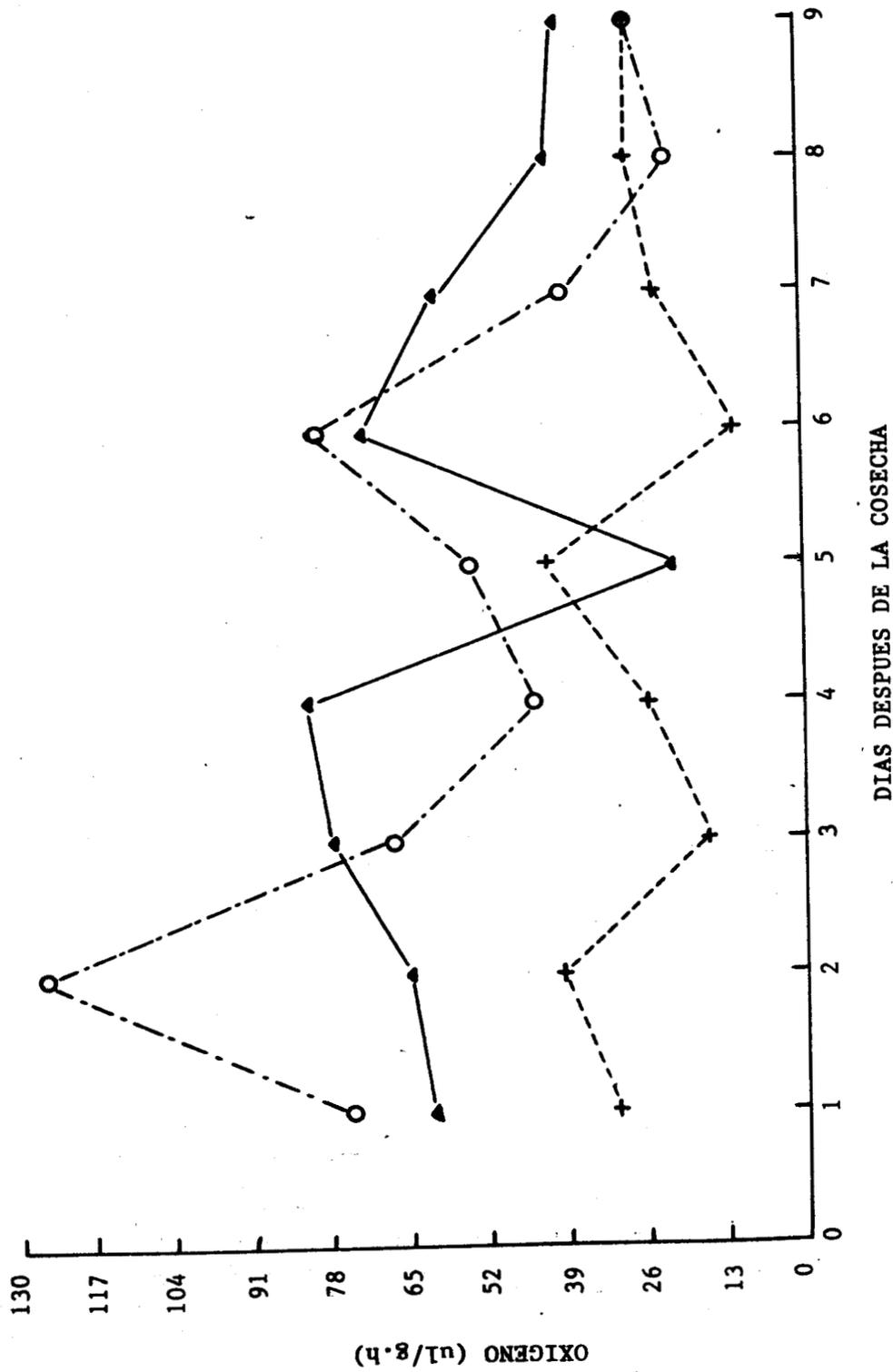


Fig. No. 31 Oxígeno consumido por discos de pulpa de mango cv Kent tratados con Ethrel en diferentes concentraciones: (●—●) 0 ppm, (+ --- +) 500 ppm y (o -.- o) 1000 ppm.

cepto en la cáscara del testigo de la variedad Kent, posterior al máximo de consumo de oxígeno se registra un notorio descenso seguido por una serie de incrementos y decrementos que pueden ser apreciables.

En términos generales, se tiene que en el testigo se consume mayor cantidad de oxígeno que en los discos de mango tratados con ethrel, siendo el menor consumo para el tratamiento con 500 ppm y el máximo consumo ocurre dentro de los tres primeros días después de la cosecha.

La tendencia que presentan los resultados no es muy clara debido quizá a la deficiencia en la absorción del CO_2 al medir el consumo de oxígeno, y aunque se sabe que la síntesis de etileno nativo en la fruta es un proceso que requiere del oxígeno, el querer establecer una relación entre el etileno producido y el oxígeno consumido se hace difícil ya que el etileno que se midió era una mezcla de etileno endógeno y etileno liberado por el ethrel dentro de la fruta.

El descenso en el consumo de oxígeno cuando la fruta fue tratada con ethrel, haría pensar que el etileno liberado por descomposición química causaría que el etileno nativo fuese menor, y por lo tanto también se requeriría menor cantidad de oxígeno. Sin embargo, esta situación estaría sujeta a demostrarse experimentalmente estableciendo la relación entre el etileno endógeno y el oxígeno consumido por el tejido, así como el cambio causado por la aplicación de etileno exógeno.

VI. CONCLUSIONES

El objetivo propuesto al inicio del presente trabajo se cumplió ya que se determinó el efecto de la aplicación de ethrel sobre el contenido de metionina, producción de etileno y CO_2 , y consumo de oxígeno en mango Haden y Kent.

Los resultados obtenidos son evidencia de que la hipótesis planteada acerca de que el ethrel aplicado a frutas de mango en poscosecha apronta la elevación en la producción de etileno endógeno asociada con el climaterio (hipótesis 1) es verdadera para ambas variedades ya que previo al climaterio se tiene la máxima producción de etileno.

La concentración interna de metionina se ve modificada por la aplicación de ethrel y el efecto es prácticamente inmediato, lo cual no está de acuerdo con la hipótesis de que no se modifican los niveles internos de metionina en estas condiciones (hipótesis 2).

El ethrel aplicado efectivamente acelera la aparición del climaterio en el tejido de la fruta, lo cual se evidencia por el desplazamiento en el patrón de producción de CO_2 y consumo de oxígeno, tal como se planteó la hipótesis de trabajo en este sentido (hipótesis 3).

El desplazamiento del climaterio en el tejido no fue mayor al aumentar la concentración de ethrel y la hipótesis inicial se rechaza (hipótesis 4).

Las dos variedades de mango responden en forma similar al tratamiento con ethrel solamente en lo que se refiere a los niveles de metionina en la pulpa de mango y los diferentes tejidos de la fruta (cáscara y pulpa) responden en forma diferente al tratamiento con ethrel (hipótesis 5 y 6).

La conclusión general es que la aplicación de un compuesto liberador de etileno acelera el climaterio y los cambios fisiológicos asociados con él a nivel de tejido, pero es necesario tomar en consideración que las dos variedades estudiadas responden en forma diferente al tratamiento en lo que se refiere al comportamiento de los parámetros que se midieron. Además, los resultados obtenidos dan la pauta para estudios posteriores en esta fruta acerca de los posibles eventos bioquímicos que se desencadenan por acción del etileno exógeno, ya que se registró un cambio en el contenido de metionina y éste es el precursor reconocido de etileno, el cual a su vez es una hormona de maduración. Otro aspecto relevante del presente trabajo es la metodología que se implementó para la evaluación de las variables estudiadas utilizando tejido de la fruta y determinar el climaterio a este nivel.

VII. BIBLIOGRAFIA

Abeles F.B. (1973). "Ethylene in Plant Biology". Academic Press. New York. pp 73-82.

---,--- (1969). "Ethrel (2-chloroethyl Phosphonic acid)". Technical Data Sheet. AMCHEM.

---,--- (1982). " Estudio Sobre Comercialización de Frutas y Hortalizas en México". SARH.

Barmore C.R. (1974). "Ripening Mangoes with Ethylene and Ethephon". Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 87, 331-334.

Baur A.H. and S.F. Yang (1972). "Methionine Metabolism in Apple Tissue in Relation to Ethylene Biosynthesis". Phytochemistry 11, 3207-3214.

Beyer E.M. Jr. (1985). "Ethylene Metabolism". en Roberts J.A and G.A.Tucker (Ed.) Ethylene and Plant Development. Butterworths. London. pp 125-138.

Biale J.B. (1960) "The Postharvest Biochemistry of Tropical and subtropical Fruits". Adv. in Food Res. 10, 293-354.

Bondad N.D. (1976). "Response of Some Tropical and Subtropical Fruits to Pre- and Post- Harvest Applications of Ethephon". Economic Botany 30, 67-80

Booz Allen y Hamilton S.A de C.V./INFOTEC (1987). "Reestructuración del Sector Agroindustrial Mexicano". Reporte de las Etapas II/III frutas y Verduras Frescas".

Bos K.D., P. Slump and C. Verbeek (1983). "A Gas-Liquid Chromatographic Method for the Analysis of Methionine and of Methionine Sulfoxide in proteins". J. Agric. Food. Chem. 31, 63-66.

Burg S.P. and E.A. Burg (1965). "Ethylene Action and The Ripening of Fruits". Science 148, 1190-1196.

Campbell C.W. and S.E. Malo (1969). "The Effect of 2-chloroethyl Phosphonic Acid on Ripening of Mango Fruits". Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. (Trop. Reg.) 13, 221-226.

Davies P.J. (1987). "Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development". Martinus Nijhoff Publishers. pp 12-23.

Edgerton L.J. and G.D. Blanpied (1968) "Regulation of Growth and Fruit Maturation with 2-chloroethanephosphonic Acid". Nature 219, 1064-1065.

Edgerton L.J. and A.H. Hatch (1972). "Absorption and Metabolism of 2-chloroethylphosphonic Acid in Apples and Cherries". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97, 112-115.

Fernández-Flores E., D. Kline, A. Johnson and B. Leber (1970)". Quantitative and Qualitative GLC Analysis of Free Aminoacids In Fruits and Fruit Juices". J. of the A.O.A.C. 53(6).

Giovanelli J., A.H. Datko, H. Mudd and G.A. Thompson (1983). "In vivo Metabolism of 5' Methylthioadenosine in *Lemna*". Plant Physiol. 71, 319-326.

Goudey J.S., H.S. Saini and M.S. Spencer (1987). "Uptake and Fate of Ethephon (2-chloroethyl-Phosphonic Acid) in Dormant Weed Seeds". Plant Physiol. 85, 155-157.

Hulme A.C. (1971). "The Biochemistry of Fruits and Their Products". Vol. 2 Academic Press Inc. pp 233-253.

Inventario Nacional Frutícola (1987) México. DGEIE.

Kende H., M.A. Acaster and M. Guy (1985). "Studies on the Enzymes of Ethylene

Biosynthesis". en Roberts J.A. and G.A. Tucker (Ed.) Ethylene and Plant Development. Butterworths. London. pp 23-27.

Klin I., S. Lavee and A.Y. Ben-Tal (1979). "Effect of Water Vapor Pressure on the Thermal Decomposition of 2-chloroethyl Phosphonic Acid". Plant Physiol. 63, 474-477.

Knee M. (1985). "Evaluating the Practical Significance of Ethylene in Fruit Storage". en Roberts J.A. and G.A. Tucker (Ed.) Ethylene and Plant Development. Butterworths. London. pp 297-316.

Kushad M.M., D.G. Richardson and J.A. Ferro (1983). "Intermediates in the Recycling of 5'-Methylthioribose to Methionine in Fruits". Plant Physiol. 84, 277-280.

Kushad M.M., D.G. Richardson and J.A. Ferro (1985). "5'-Methylthioadenosine Nucleosidase and 5'-Methylthioribose Kinase Activities and Ethylene Production During Tomato Fruit Development and Ripening". Plant Physiol. 79, 525-529.

Kushad M.M., G. Yelenosky and R. Knight (1988). "Interrelationship of Polyamine and Ethylene Biosynthesis During Avocado Fruit Development and Ripening". Plant Physiol. 87, 463-467.

Lakshminarayana S., M. Subbiah Shetty and C.A. Krishnaprasad (1975). "Accelerated Ripening of Alphonso Mangoes by the Application of Ethrel". Trop. Sci. 17, 95-101.

Lieberman M. and A. Kunishi (1971). "Synthesis and Biosynthesis of Ethylene". Hortscience 6(4), 355-358.

Lürssen K. and J. Konze (1985). "Relationship Between Ethylene Production and Plant Growth after Application of Ethylene Releasing Plant Growth Regulators". en Roberts J.A. and G.A. Tucker (Ed.) Ethylene and Plant Development. Butterworths. London. pp 363-372.

Mattoo A.K. and N. Aharoni (1988). "Ethylene and Plant Senescence". en Nooden L.D. and A.C. Leopold (Eds) Senescence and Aging in Plants. Acedemic Press Inc. pp 242-280.

Miyazaki J.H. and S.F. Yang (1987). "Metabolism of 5-Methylthioribose to Methionine". Plant Physiol. 84, 277-281.

Pantástico E.B. (1984). "Fisiología de la Postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales". Compañía Editorial Continental S.A" México. pp 129-177.

Sitrit Y. (1986) "Regulation of Ethylene Byosynthesis in Avocado During Ripening". Plant Physiol. 81, 130-135.

Smith A.R. and M.A. Hall (1985). "Ethylene Binding". en Roberts J.A. and G.A. Tucker (Eds) Ethylene and Plant Development. Butterworths. London. pp 101-106.

Soule J. (1985). " Glossary for Horticultural Crops". John Wiley and Sons Inc.

Steel R.G. and J.H. Torrie (1960). "Principles and Procedures of Statistics". Mc Graw Hill Co. USA.

Umbreit W.W., R.H. Burris and J.F. Stauffer (1972). "Manometric and Biochemical Techniques". 5a. Ed. Minnesota: Burgess Pub.

Unión Nacional de Organismos de Productores de Hortalizas y Frutas (1988). Boletín Anual Temporada 1987-1988.

Velasco C.J. (1974). "El Mango en México". Comisión Nacional de Fruticultura. Serie Investigaciones Fisiológicas 3.

Wang S.Y., D.O. Adams and M. Liberman (1982). "Recycling of 5'-Methylthio-adenosine- ribose Carbon Atoms into Methionine in Tomate Tissue in Relation to Ethylene Production". Plant Physiol. 70, 117-121.

Warner H.L. and A.C. Leopold (1969). "Ethylene Evolution from 2-chloroethyl phosphonic Acid". *Plant Physiol.* 44, 156-158.

Yamaguchi M., C.W. Chu and S.F. Yang (1971). "The Fate of ¹⁴C-(2-chloroethyl) phosphonic Acid in Summer Squash, Cucumber and Tomato". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96, 606-609.

Yang S.F. (1969). "Ethylene Evolution from 2-chloroethylphosphonic Acid". *Plant Physiol.* 44, 1203-1204.

Yang S.F. (1980). "Regulation of Ethylene Biosynthesis". *Hortscience* 15, 238-243.

Yang S.F., Y. Liu, L. Su, G.D. Peiser, N.E. Hoffman and T. Mc Keon (1985). "Metabolism of 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic Acid". en Roberts J.A. and G.A. Tucker (Eds.) *Ethylene and Plant Development*. Butterworths. London. pp 9-21.

Yung K.H. and S.F. Yang (1982). "Methionine Synthesis from 5'-Methylthio-ribose in Apple Tissue". *Biochem and Biophys. Res. Comm.* 104, 771-777.

VIII. APENDICE

CUADRO No. 6

CO ₂ PRODUCIDO (ul/g.h) POR DISCOS DE CASCARA DE MANGO cv HADEN						
TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500 y 1000 ppm.						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	120.95		103.65		120.42	
	110.06	115.23 ± 5.46	107.28	103.27 ± 4.20	117.30	120.46 ± 2.86
	114.70		98.90		123.02	
2	130.13		105.82		209.24	
	134.00	130.20 ± 3.75	115.80	112.48 ± 5.77	206.47	206.38 ± 2.89
	126.50		115.86		203.45	
3	139.77		284.06		242.35	
	136.04	135.88 ± 3:96	270.15	271.62 ± 11.76	237.10	239.89 ± 2.64
	131.47		26.66		240.24	
4	144.23		238.08		244.98	
	133.54	136.08 ± 7.22	258.38	247.68 ± 10.19	246.40	242.38 ± 5.76
	130.47		246.59		235.78	
5	187.56		240.92		221.40	
	201.13	186.60 ± 15.01	234.35	238.92 ± 3.97	203.23	213.40 ± 9.27
	171.15		241.51		215.58	
6	178.56		186.69		216.30	
	170.82	171.92 ± 6.15	195.64	196.02 ± 9.53	218.66	212.99 ± 7.86
	166.45		205.75		204.02	
7	177.21		191.70		225.94	
	176.94	178.50 ± 2.47	197.95	193.12 ± 4.29	220.77	219.93 ± 6.47
	181.35		189.73		213.08	
8	164.73		167.29		164.17	
	170.29	163.88 ± 6.86	163.12	166.36 ± 2.89	158.01	160.09 ± 3.53
	156.64		168.69		158.10	
9	155.86		166.40		154.20	
	153.42	152.42 ± 4.02	158.32	161.80 ± 4.15	155.83	155.83 ± 2.73
	143.00		160.70		150.51	

CUADRO No. 7

CO ₂ PRODUCIDO (ul/g.h) POR DISCOS DE PULPA DE MANGO cv HADEN TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	18.82		32.30		37.20	
	15.59	17.01 ± 1.64	34.15	32.28 ± 1.87	35.10	36.96 ± 1.76
	16.63		30.40		38.60	
2	52.25		59.86		29.78	
	58.91	55.80 ± 3.35	60.49	61.36 ± 2.07	28.16	27.17 ± 3.21
	56.26		63.73		23.59	
3	72.33		75.83		34.43	
	74.46	74.67 ± 2.45	73.76	73.56 ± 2.37	33.80	32.60 ± 2.63
	77.23		71.10		29.58	
4	117.95		89.61		149.47	
	110.93	114.51 ± 3.51	90.79	89.48 ± 1.36	138.24	143.82 ± 5.61
	114.66		88.16		143.76	
5	191.72		104.58		125.03	
	185.25	188.16 ± 3.28	105.35	106.21 ± 2.19	120.36	124.16 ± 3.45
	187.51		108.71		127.10	
6	73.93		88.84		43.13	
	75.04	74.70 ± 0.67	82.85	86.87 ± 3.13	44.47	45.47 ± 3.46
	75.15		87.44		49.68	
7	61.19		67.69		29.67	
	54.14	59.06 ± 4.28	67.76	67.63 ± 0.16	35.75	30.87 ± 4.15
	61.87		67.45		27.46	
8	44.05		64.03		23.02	
	36.61	37.86 ± 5.66	56.89	60.36 ± 3.57	26.21	23.60 ± 2.37
	32.93		60.16		21.57	
9	35.92		64.50		25.07	
	34.63	34.34 ± 1.73	66.72	64.08 ± 2.86	21.75	22.04 ± 2.89
	32.48		61.03		19.31	

CUADRO No. 8

CO ₂ PRODUCIDO (ul/g.h) POR DISCOS DE CASCARA DE MANGO cv KENT TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm.	
1	120.05		139.93		148.72	
	127.44	119.90 ± 7.61	142.87	144.97 ± 5.68	146.28	148.72 ± 2.44
	112.22		152.13		152.17	
2	126.07		128.02		147.34	
	115.51	118.58 ± 6.52	122.13	126.11 ± 3.45	159.09	152.23 ± 6.11
	114.16		128.20		150.26	
3	124.56		241.51		185.72	
	129.43	125.26 ± 3.85	248.30	248.24 ± 6.70	175.78	177.52 ± 7.48
	121.81		254.92		171.06	
4	182.74		252.94		209.34	
	188.62	186.09 ± 3.02	273.22	262.57 ± 10.17	215.23	207.62 ± 8.58
	186.91		261.55		198.31	
5	209.68		286.47		236.42	
	220.88	211.11 ± 9.13	284.72	286.26 ± 2.37	225.90	229.61 ± 5.90
	202.77		289.41		226.66	
6	187.57		257.94		212.67	
	184.45	185.09 ± 2.24	261.59	264.32 ± 8.10	225.10	221.47 ± 7.66
	183.18		273.44		226.66	
7	170.04		196.97		176.32	
	167.63	165.17 ± 6.45	194.57	190.77 ± 8.74	177.88	177.81 ± 1.45
	157.85		180.78		179.23	
8	123.71		186.72		180.99	
	134.22	127.83 ± 5.60	197.36	191.89 ± 5.32	191.11	187.03 ± 5.34
	125.48		191.60		189.01	
9	130.77		191.70		195.19	
	138.58	134.23 ± 6.35	181.74	183.74 ± 7.16	187.43	189.79 ± 4.68
	143.55		177.80		186.77	

CUADRO No. 9

CO ₂ PRODUCIDO (ul/g.h) POR DISCOS DE PULPA DE MANGO cv KENT TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	59.71		52.95		40.97	
	61.45	60.93 ± 1.06	49.36	48.82 ± 4.42	32.14	37.76 ± 4.88
	61.63		44.15		40.17	
2	16.59		42.69		59.18	
	20.50	17.90 ± 2.24	45.82	46.75 ± 4.60	52.23	56.68 ± 3.86
	16.62		51.75		58.63	
3	21.81		158.39		123.94	
	18.23	21.10 ± 2.59	169.88	162.10 ± 6.73	125.48	126.79 ± 3.52
	23.27		158.05		130.66	
4	142.04		92.72		70.21	
	133.42	137.27 ± 4.38	83.24	91.27 ± 7.41	65.69	71.69 ± 6.87
	136.37		97.85		79.19	
5	154.66		80.47		72.49	
	143.63	149.86 ± 5.65	95.91	87.49 ± 7.81	68.34	68.03 ± 4.61
	151.31		86.11		63.28	
6	120.43		85.42		58.45	
	125.42	125.50 ± 6.92	83.84	83.61 ± 1.93	65.00	64.41 ± 5.69
	134.05		81.58		69.80	
7	63.33		82.59		75.38	
	62.74	61.62 ± 2.46	73.92	78.99 ± 4.51	77.89	77.89 ± 5.05
	58.79		86.46		85.14	
8	57.14		82.48		98.30	
	57.99	59.61 ± 3.56	75.95	78.27 ± 3.64	82.99	87.98 ± 8.93
	63.70		76.39		82.67	
9	63.73		93.98		112.08	
	73.01	71.34 ± 6.92	105.45	96.29 ± 8.25	97.44	108.21 ± 9.41
	77.28		89.44		115.12	

CUADRO No. 10

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL CO ₂ PRODUCIDO POR DISCOS DE PUL- PA Y CASCARA DE MANGO cv HADEN Y KENT TRATADOS CON ETHREL EN-- CONCENTRACION DE 0, 500 y 1000 ppm.					
FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
VARIEDAD (1)	5214.03	1	5214.03	170.04	3.89
ESTRATO (2)	913121.00	1	913121.00	29780.00	3.89
ETHREL (3)	42452.00	2	20726.40	675.96	3.04
TIEMPO (4)	290019.00	8	36252.40	1182.30	1.98
1 X 2	701.46	1	701.46	22.87	3.89
1 X 3	1424.77	2	712.38	23.23	3.04
2 X 3	36336.50	2	18113.20	590.73	3.04
1 X 4	24413.00	8	3051.63	99.52	1.98
2 X 4	16485.00	8	2060.62	67.20	1.98
3 X 4	61118.90	16	3819.93	124.58	1.69
1 X 2 X 3	9089.05	2	4544.52	148.21	3.04
1 X 2 X 4	39124.80	8	4890.60	159.50	1.98
1 X 3 X 4	31695.80	16	1980.98	64.61	1.69
2 X 3 X 4	35450.20	16	2215.63	72.26	1.69
RESIDUAL	29265.00	16	1829.20		
ERROR	6623.01	216	30.66		
TOTAL	1541426.00	323			

MEDIAS PARA LOS NIVELES DE LOS FACTORES		
FACTOR 1 NIVEL 1		124.36
FACTOR 1 NIVEL 2		132.38
FACTOR 2 NIVEL 1		181.45
FACTOR 2 NIVEL 2		75.28
FACTOR 3 NIVEL 1		114.15
FACTOR 3 NIVEL 2		141.82
FACTOR 3 NIVEL 3		129.13
FACTOR 4 NIVEL 1		82.17
FACTOR 4 NIVEL 2		92.64
FACTOR 4 NIVEL 3		140.75
FACTOR 4 NIVEL 4		169.21
FACTOR 4 NIVEL 5		174.20
FACTOR 4 NIVEL 6		144.46
FACTOR 4 NIVEL 7		125.25
FACTOR 4 NIVEL 8		112.06
FACTOR 4 NIVEL 9		114.59

CUADRO No. 11

CONTENIDO DE METIONINA (ug/100 g) DE PULPA DE MANGO cv HADEN
TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACIONES DE 0, 500 y 1000 ppm.

DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	15.32		85.36		170.23	
	18.16	15.6 ± 2.39	90.26	86.34 ± 3.52	162.18	163.58 ± 6.07
	13.40		83.42		158.33	
2	40.81		51.40		23.27	
	41.82	39.57 ± 3.05	56.22	55.31 ± 3.54	20.13	21.77 ± 1.57
	36.10		58.31		21.91	
3	60.21		53.61		125.61	
	63.01	63.13 ± 2.98	55.82	53.54 ± 2.31	120.73	125.71 ± 5.04
	66.18		51.20		130.81	
4	26.30		50.21		50.81	
	28.01	27.83 ± 1.43	49.63	49.32 ± 1.07	53.16	49.86 ± 3.35
	29.14		48.13		45.62	
5	30.02		46.27		48.23	
	29.01	30.08 ± 1.11	47.86	46.51 ± 1.23	45.13	44.91 ± 3.23
	31.23		45.42		41.38	
6	26.00		36.26		35.42	
	28.10	25.84 ± 2.34	37.25	35.89 ± 1.57	36.18	36.56 ± 1.37
	23.42		34.16		38.04	
7	20.86		26.14		25.62	
	19.32	19.54 ± 1.22	28.38	27.91 ± 1.58	29.86	25.59 ± 4.27
	18.45		29.21		21.31	

CUADRO No. 12

CONTENIDO DE METIONINA (ug/100 g) DE PULPA DE MANGO cv KENT TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACIONES DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	12.53		95.30		168.16	
	12.40	14.16 ± 2.94	84.46	88.05 ± 6.27	153.42	155.66 ± 11.5
	17.57		84.40		145.40	
2	28.47		53.44		25.82	
	38.51	33.30 ± 5.03	72.37	62.62 ± 9.47	23.54	26.61 ± 2.03
	32.92		62.06		23.89	
3	58.16		64.51		134.26	
	64.30	67.71 ± 5.28	57.73	61.21 ± 3.39	149.52	142.74 ± 7.77
	68.68		61.40		144.46	
4	21.84		69.73		33.50	
	20.41	22.05 ± 1.75	55.92	56.95 ± 12.2	21.80	25.36 ± 7.06
	23.41		45.20		20.78	
5	31.57		49.90		58.91	
	35.14	34.50 ± 2.67	61.27	53.81 ± 6.45	42.86	46.71 ± 10.07
	36.81		50.28		38.38	
6	23.86		36.28		36.22	
	21.12	23.23 ± 1.87	38.16	39.39 ± 0.63	32.81	33.08 ± 3.01
	24.71		40.02		30.21	
7	18.82		30.12		29.91	
	16.41	17.47 ± 1.22	29.16	29.39 ± 0.63	30.18	29.51 ± 0.93
	17.20		28.91		28.44	

CUADRO No. 13

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL CONTENIDO DE METIONINA EN PULPA DE MANGO cv HADEN Y KENT TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE - 0, 500 y 1 000 ppm.					
FUENTE DE VARIACION	SUMAN DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
VARIEDAD (1)	92.8126	1	92.8126	4.8697	3.94
ETHREL (2)	22745.5000	2	11372.7000	596.7100	3.04
TIEMPO (3)	93855.8000	8	11731.9000	615.5500	2.03
1 X 2	250.6430	2	125.3210	6.5754	3.04
1 X 3	838.9550	8	104.8690	5.5023	2.03
2 X 3	70532.4000	16	4408.2700	231.2900	1.75
1 X 2 X 3	1075.8400	16	67.4021	3.5279	1.75
ERROR	2058.3800	108	19.0590		
TOTAL	101450.0000	161			

MEDIAS PARA LOS NIVELES DE LOS FACTORES.	
FACTOR 1 NIVEL 1	42.70
FACTOR 1 NIVEL 2	44.21
FACTOR 2 NIVEL 1	27.75
FACTOR 2 NIVEL 2	46.23
FACTOR 2 NIVEL 3	56.38
FACTOR 3 NIVEL 1	87.23
FACTOR 3 NIVEL 2	39.49
FACTOR 3 NIVEL 3	85.01
FACTOR 3 NIVEL 4	38.56
FACTOR 3 NIVEL 5	42.75
FACTOR 3 NIVEL 6	32.12
FACTOR 3 NIVEL 7	24.90
FACTOR 3 NIVEL 8	22.01
FACTOR 3 NIVEL 9	18.99

CUADRO No. 14

ETILENO PRODUCIDO (ul/Kg.h) POR MANGO cv HADEN						
TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	14.96		26.54		13.97	
	14.58	14.28 ± 0.86	25.07	25.53 ± 0.88	13.08	13.33 ± 0.55
	13.32		24.96		12.95	
2	69.58		120.55		165.25	
	60.32	63.91 ± 4.96	98.65	104.94 ± 13.59	142.38	154.05 ± 11.44
	61.83		95.64		154.38	
3	19.48		67.51		85.78	
	17.21	18.23 ± 1.15	57.89	63.31 ± 4.92	75.62	81.24 ± 5.16
	18.00		64.53		82.33	
4	17.31		22.96		28.50	
	16.82	17.59 ± 0.94	26.53	24.46 ± 1.84	27.10	27.05 ± 1.55
	18.64		23.89		25.40	
5	11.91		19.40		35.19	
	10.59	11.77 ± 1.12	18.76	18.58 ± 0.92	30.92	31.55 ± 3.36
	12.83		17.59		28.54	
6	17.23		36.77		25.48	
	18.62	17.40 ± 1.15	34.55	34.00 ± 3.07	20.28	22.43 ± 3.70
	16.34		30.70		21.54	
7	13.60		17.53		20.30	
	12.81	12.66 ± 1.01	18.76	18.04 ± 0.64	18.29	18.82 ± 1.29
	11.58		17.83		17.87	

CUADRO No. 15

ETILENO PRODUCIDO (ul/kg.h) POR MANGO cv KENT						
TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	3.63		5.08		21.62	
	3.38	3.37 ± 0.27	4.56	5.03 ± 0.46	22.38	21.61 ± 0.78
	3.09		5.47		20.82	
2	6.46		30.71		72.86	
	6.07	6.48 ± 0.42	39.87	20.61 ± 0.70	72.07	71.82 ± 1.18
	6.90		31.26		70.53	
3	25.20		14.14		20.79	
	22.89	24.23 ± 1.19	13.98	14.46 ± 0.69	21.35	20.76 ± 0.60
	24.59		15.26		20.15	
4	8.22		6.48		11.56	
	9.08	8.40 ± 0.61	6.19	6.60 ± 0.48	12.38	11.63 ± 0.72
	7.90		7.13		10.94	
5	17.21		13.90		19.82	
	16.73	16.61 ± 0.66	12.01	12.58 ± 1.15	17.64	18.73 ± 1.08
	15.89		11.83		18.73	
6	8.50		8.35		12.60	
	7.90	8.45 ± 0.53	8.83	8.74 ± 0.35	11.20	11.96 ± 0.70
	8.96		9.04		12.07	
7	4.79		6.74		12.45	
	4.38	4.38 ± 0.40	5.92	6.23 ± 0.45	11.58	12.00 ± 0.44
	3.98		6.02		11.96	

CUADRO No. 16

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL ETILENO PRODUCIDO POR FRUTAS DE MANGO cv HADEN Y KENT TRATADAS CON ETHREL EN CONCENTRA CION DE 0, 500 y 1000 ppm.					
FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
VARIEDAD (1)	1368800.00	1	1368800.00	1311.60	3.96
ETHREL (2)	908124.00	2	454062.00	435.10	3.11
TIEMPO (3)	5275930.00	6	879321.00	842.61	2.21
1 X 2	124011.00	2	62005.70	59.42	3.11
1 X 3	1625557.00	6	270926.00	259.61	2.21
2 X 3	1319008.00	12	109917.00	105.32	1.88
1 X 2 X 3	421225.00	12	35102.10	33.63	1.88
ERROR	87659.40	84	1043.56		
TOTAL	1113031.00	125			

MEDIAS PARA LOS NIVELES DE LOS FACTORES.

FACTOR 1 NIVEL 1	363.11
FACTOR 1 NIVEL 2	154.66
FACTOR 2 NIVEL 1	162.73
FACTOR 2 NIVEL 2	244.70
FACTOR 2 NIVEL 3	369.23
FACTOR 3 NIVEL 1	138.63
FACTOR 3 NIVEL 2	719.60
FACTOR 3 NIVEL 3	370.46
FACTOR 3 NIVEL 4	159.50
FACTOR 3 NIVEL 5	183.08
FACTOR 3 NIVEL 6	120.67
FACTOR 3 NIVEL 7	120.67

CUADRO No. 17

CONSUMO DE O ₂ (ul/g.h) EN DISCOS DE CASCARA DE MANGO cv HADEN TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	102.74	105.20 ± 3.73	67.42	62.73 ± 4.50	65.15	65.25 ± 1.12
	109.50		62.36		64.18	
	103.37		58.43		79.23	
2	131.94	133.50 ± 2.44	86.37	86.69 ± 1.78	79.23	74.59 ± 4.54
	132.27		88.62		70.14	
	136.32		85.10		74.40	
3	78.96	79.32 ± 0.39	79.03	81.47 ± 7.42	105.76	91.67 ± 3.56
	79.74		89.81		90.02	
	79.28		75.57		89.04	
4	51.66	54.79 ± 3.30	16.19	20.06 ± 3.67	52.89	51.15 ± 1.58
	58.24		20.51		50.80	
	54.49		23.50		49.78	
5	83.07	84.61 ± 3.81	81.01	78.92 ± 1.98	15.81	15.74 ± 1.22
	88.96		78.68		14.48	
	81.81		77.07		16.93	
6	69.72	67.92 ± 1.56	46.98	43.69 ± 2.84	37.15	36.06 ± 1.72
	67.24		41.97		34.07	
	66.82		42.13		36.97	
7	83.35	81.92 ± 1.25	76.43	71.40 ± 4.85	47.95	45.69 ± 2.97
	81.43		66.74		46.82	
	81.00		71.05		42.32	
8	62.32	63.25 ± 1.03	61.04	60.49 ± 0.94	44.43	48.99 ± 5.71
	64.36		61.05		55.40	
	63.08		59.40		47.15	
9	60.80	57.73 ± 2.90	59.38	58.60 ± 1.93	46.72	49.44 ± 2.84
	57.36		56.40		52.39	
	55.03		60.02		49.22	

CUADRO No. 18

CONSUMO DE O ₂ (ul/g.h) EN DISCOS DE PULPA DE MANGO cv HADEN TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	101.56		38.42		52.48	
	106.99	104.5 ± 2.76	37.12	34.94 ± 5.75	51.36	52.34 ± 0.918
	105.18		39.29		53.18	
2	129.71		37.10		55.27	
	135.82	130.0 ± 5.68	34.44	37.70 ± 3.59	54.77	54.73 ± 0.55
	124.47		41.56		54.16	
3	160.73		36.72		49.74	
	169.09	165.46 ± 4.28	33.96	36.69 ± 2.72	51.50	52.38 ± 3.18
	166.56		39.41		55.92	
4	41.72		11.61		21.21	
	42.71	44.61 ± 4.18	15.97	14.55 ± 2.54	20.56	22.92 ± 3.53
	49.41		16.07		26.99	
5	67.89		48.00		11.32	
	61.35	66.28 ± 4.36	48.80	51.00 ± 4.52	12.02	13.12 ± 2.54
	69.62		56.20		16.04	
6	56.17		20.58		10.92	
	56.38	54.24 ± 3.52	25.91	24.70 ± 3.67	9.16	10.18 ± 0.91
	50.17		27.63		10.47	
7	73.93		50.00		32.04	
	67.28	68.78 ± 4.58	48.34	48.77 ± 1.08	38.23	34.23 ± 3.14
	65.14		47.97		34.12	
8	53.73		38.52		26.20	
	58.90	55.83 ± 2.71	46.37	41.98 ± 4.00	27.62	27.28 ± 0.96
	54.88		41.07		28.04	
9	55.66		41.98		27.28	
	54.45	55.64 ± 1.09	40.18	41.24 ± 0.94	26.36	27.02 ± 0.56
	56.73		41.56		27.42	

CUADRO No. 19

CONSUMO DE O ₂ (ul/g.h) EN DISCOS DE CASCARA DE MANGO cv KENT TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		500 ppm		1000 ppm	
1	104.79	104.22 ± 4.84	25.02	29.86 ± 5.29	32.12	38.12 ± 8.71
	108.79		35.52		48.12	
	99.12		29.06		34.08	
2	86.30	88.83 ± 7.12	109.78	110.89 ± 4.88	104.81	114.09 ± 9.56
	96.88		116.23		113.57	
	83.33		106.66		123.91	
3	78.72	83.37 ± 4.22	23.62	21.24 ± 2.57	84.27	86.61 ± 6.14
	84.41		21.61		93.58	
	86.98		18.51		82.00	
4	59.64	59.18 ± 4.69	41.69	38.44 ± 2.87	67.46	72.61 ± 4.46
	63.63		37.43		75.39	
	54.28		36.21		74.98	
5	63.39	59.77 ± 5.55	58.83	52.74 ± 5.36	41.03	39.77 ± 1.90
	59.64		48.70		37.58	
	54.28		50.71		40.70	
6	42.12	39.49 ± 2.88	25.61	27.23 ± 0.72	111.36	108.65 ± 5.53
	36.41		27.06		112.31	
	39.96		28.02		102.29	
7	84.66	81.78 ± 3.52	54.05	47.90 ± 5.35	52.06	59.71 ± 7.42
	77.85		45.41		60.19	
	82.83		44.24		66.88	
8	72.74	68.81 ± 5.10	71.23	71.07 ± 2.4	48.80	42.62 ± 4.82
	70.66		73.04		39.83	
	63.05		68.96		39.84	
9	54.36	54.74 ± 4.50	70.19	73.47 ± 3.85	50.10	55.85 ± 5.72
	50.44		72.51		55.91	
	59.42		77.71		61.55	

CUADRO No. 20

CONSUMO DE O ₂ (ul/g.h) EN DISCOS DE PULPA DE MANGO CV KENT TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500, y 1000 ppm						
DIAS DESPUES DE LA COSECHA	CONCENTRACION DE ETHREL					
	0 ppm		50 ppm		1000 ppm	
1	56.92		25.76		73.19	
	61.74	61.06 ± 3.84	32.35	30.40 ± 4.10	72.73	75.18 ± 3.86
	64.52		33.26		79.64	
2	57.38		40.61		129.19	
	67.31	65.25 ± 7.07	38.96	39.40 ± 1.06	127.89	125.90 ± 4.61
	71.07		38.63		120.63	
3	74.61		16.32		65.42	
	77.66	77.63 ± 3.01	11.47	15.27 ± 3.40	67.06	67.40 ± 2.18
	80.64		18.04		69.74	
4	83.20		21.68		44.70	
	82.78	81.72 ± 2.19	25.96	24.62 ± 2.55	41.41	43.66 ± 1.95
	79.52		26.24		44.87	
5	18.77		34.03		58.40	
	19.61	20.46 ± 2.25	40.21	41.34 ± 7.93	50.74	50.02 ± 3.94
	23.02		49.78		52.94	
6	68.18		9.32		80.25	
	72.77	71.24 ± 2.65	11.98	10.31 ± 1.45	75.12	79.47 ± 4.02
	72.78		9.63		83.04	
7	57.12		22.92		40.32	
	67.12	60.34 ± 5.87	20.49	23.27 ± 2.98	39.23	38.63 ± 2.04
	56.78		26.42		36.68	
8	39.36		28.26		19.55	
	43.79	41.43 ± 2.22	29.33	27.75 ± 1.87	23.75	20.56 ± 2.81
	41.15		25.68		18.10	
9	39.44		23.41		29.12	
	42.03	38.84 ± 3.52	31.87	28.24 ± 4.35	27.06	27.52 ± 1.42
	35.05		29.46		26.38	

CUADRO No. 21

ANALISIS DE VARIANZA PARA OXIGENO CONSUMIDO POR DISCOS DE PUL- PA Y CASCARA DE MANGO cv HADEN Y KENT TRATADOS CON ETHREL EN CONCENTRACION DE 0, 500 y 1000 ppm.					
FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	Fc	Ft
VARIEDAD (1)	449.91	1	449.91	28.34	3.89
ESTRATO (2)	19553.30	1	19553.30	1231.90	3.89
ETHREL (3)	45445.90	2	22722.90	1431.60	3.04
TIEMPO (4)	63923.30	8	7990.41	503.41	1.98
1 X 2	46.16	1	46.16	2.91	3.89
1 X 3	22370.70	2	11185.00	704.70	3.04
2 X 3	5288.70	2	2644.35	166.60	3.04
1 X 4	14668.20	8	1833.53	115.51	1.98
2 X 4	3890.88	8	486.36	30.64	1.98
3 X 4	35783.90	16	2236.68	140.91	1.69
1 X 2 X 3	2423.75	2	1211.87	76.35	3.04
1 X 2 X 4	2328.08	8	291.01	18.33	1.98
1 X 3 X 4	13883.08	16	1491.70	94.04	1.69
2 X 3 X 4	18488.40	16	1153.03	72.64	1.69
RESIDUAL	13014.60	16	813.42		
ERROR	3428.42	216	15.87		
TOTAL	274950.00	323			

MEIAS PARA LOS NIVELES DE LOS FACTORES.	
FACTOR 1 NIVEL 1	58.32
FACTOR 1 NIVEL 2	55.96
FACTOR 2 NIVEL 1	64.91
FACTOR 2 NIVEL 2	49.37
FACTOR 3 NIVEL 1	73.11
FACTOR 3 NIVEL 2	44.78
FACTOR 3 NIVEL 3	53.53
FACTOR 4 NIVEL 1	63.93
FACTOR 4 NIVEL 2	88.46
FACTOR 4 NIVEL 3	71.81
FACTOR 4 NIVEL 4	44.03
FACTOR 4 NIVEL 5	48.15
FACTOR 4 NIVEL 6	47.73
FACTOR 4 NIVEL 7	55.26
FACTOR 4 NIVEL 8	47.51
FACTOR 4 NIVEL 9	47.35