

01
T(234)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

“COMPORTAMIENTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO
EN FRIO DE ALGUNAS VARIETADES DE
AGUACATE EN GUATEMALA”

Tesis

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

JOSUE I. VASQUEZ SANTIZO

Previo a optar el título de

INGENIERO AGRONOMO

en el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre de 1974.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Roberto Valdeavellano

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

| | |
|-------------|-----------------------------------|
| Decano: | Ing. Agr. Edgar L. Ibarra |
| Vocal 1o.: | Ing. Agr. Salvador Castillo O. |
| Vocal 2o.: | Ing. Agr. Ronaldo Prado |
| Vocal 3o.: | Ing. Agr. Carlos Guillermo Aldana |
| Vocal 4o.: | P. A. Napoleón Medina |
| Vocal 5o.: | P. A. Miguel Carballo |
| Secretario: | Ing. Agr. Oswaldo Porres |

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

| | |
|-------------|-----------------------------------|
| Decano: | Ing. Agr. Edgar L. Ibarra |
| Examinador: | Ing. Agr. Carlos Guillermo Aldana |
| Examinador: | Ing. Agr. Ronaldo Prado |
| Examinador: | Ing. Agr. Salvador Castillo |
| Secretario: | Ing. Agr. Oswaldo Porres |



INSTITUTO CENTROAMERICANO DE
INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
ICAITI

CENTRAL AMERICAN RESEARCH INSTITUTE FOR INDUSTRY
Avenida La Reforma 4-47, Zone 10
GUATEMALA, C. A.

8 de octubre de 1974

COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA
HONDURAS
NICARAGUA

APARTADO POSTAL 1552
Telex: 312-ICAITI-GU
TELEFONOS: 60631/5
Cable: ICAITI

Ref.

Sr. Decano de la
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Ciudad de Guatemala
Presente

Estimado señor Decano:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado la tesis titulada "Comportamiento durante el almacenamiento en frío, de algunas variedades seleccionadas de aguacate en Guatemala", que desarrollara el Sr. Josué Vásquez, en este Instituto bajo mi asesoría.

Lo saluda atentamente,

Juan Francisco Menchú
Subjefe de la División de
Investigación Aplicada

ESTE ACTO LO DEDICO

A

DIOS

A mi Madre

JUANA SANTIZO Vda. de VASQUEZ

A mi Abuelito

ISABEL SANTIZO

A la memoria de mi Padre

HECTOR EFRAIN VASQUEZ

A mis Hermanos

VLADIMIRO OSIEL y
ROLANDO ERICK

A mis sobrinos

VLADIMIRO EFRAIN
JUANA MARIA HERLINDA
IRENE NOHEMI

A la familia

CALDERON SANTIZO

A MIS FAMILIARES EN GENERAL

ESTA TESIS LA DEDICO

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A Cabricán

A mis Profesores y Compañeros

A mis Amigos

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento a todas las personas que en una u otra forma colaboraron para la realización de éste trabajo. A los propietarios de los huertos de aguacate de donde se obtuvieron las muestras de fruta; al Ing. Juan F. Menchú, Licdas. María del Carmen de Arriola y María Cristina de Madrid quienes orientaron de la mejor manera el estudio, a los técnicos Carlos Arias y Esteban Ordóñez, al personal de la Biblioteca y en general al personal de la División de Investigación Aplicada del ICAITI en cuyas instalaciones se realizó el trabajo.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Respetuosamente y cumpliendo con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**“COMPORTAMIENTO DURANTE EL ALMACENAMIENTO
EN FRIO DE ALGUNAS VARIETADES SELECCIONADAS
DE AGUACATE EN GUATEMALA”**

He realizado la presente investigación con el propósito de contribuir en parte, al enfoque de determinados aspectos de la fase de comercialización del aguacate a fin de que sirva como una base para estudios posteriores, además llenar con ello, el último requisito para optar al Título de INGENIERO AGRONOMO, en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,


Jesse Vásquez Santizo

CONTENIDO

| | Página No. |
|---|--|
| SUMARIO | 1 |
| CAPITULO I | |
| INTRODUCCION | 3 |
| CAPITULO II | |
| REVISION DE LITERATURA | 7 |
| CAPITULO III | |
| MATERIALES Y METODOS | 27 |
| CAPITULO IV | |
| RESULTADOS Y DISCUSION | 31 |
| IV.1 | Tiempo de Maduración 31 |
| IV.II | Cambios Físicos 33 |
| IV.III | Cambios Químicos 33 |
| 1. | Carbohidratos Totales 33 |
| 2. | Contenido de Aceite 34 |
| 3.1 | Acidez en el Aceite 36 |
| 4. | Fibra Cruda 36 |
| IV.IV | Intercambio Gaseoso: 36 |
| | Intensidad Respiratoria y Evolución de Etileno endógeno. |
| Cuadros, Gráficas y Esquemas : de la 38 a la 68 | |
| CAPITULO V | |
| CONCLUSIONES | 69 |
| CAPITULO VI | |
| BIBLIOGRAFIA CITADA | 71 |

SUMARIO

Se investigó el almacenamiento de 4 variedades de aguacate, siendo éstas: Hass, Azteca, Guatenca 1 y Fuerte, provenientes de la cosecha 1973-1974, de diferentes huertos localizados en los departamentos de Guatemala y Antigua.

Las temperaturas estudiadas fueron 12° y 7°C, la temperatura de maduración fue de 23°C (\pm 1) la cual fue utilizada como control.

Además de las observaciones físicas, se efectuaron algunas determinaciones de los principales componentes de la fruta, como lo son: contenido de Aceites acidez en el aceite, carbohidratos totales y fibra cruda.

Para cada una de las variedades se determinó el patrón respiratorio y la evolución de etileno interno, encontrándose diferencias principalmente en el tiempo de apareamiento del climatérico, siendo en la variedad Hass donde éste ocurrió en un lapso de tiempo mayor mientras que en la variedad Guatenca 1 apareció en menos tiempo que en las otras.

El etileno interno, aunque tomado en frutas diferentes de las utilizadas para medir la respiración, presentó su máximo valor aparentemente al mismo tiempo en el cual se observó el climatérico, o bien ligeramente antes.

El cambio físico más notorio observado, fue el ablandamiento que se produjo a medida que las frutas maduraron.

A la temperatura control, el contenido de aceites de la pulpa fue incrementándose a medida que las frutas maduraron, siendo éste cambio bien definido en todas las variedades, mientras que la acidez en el aceite fue disminuyendo, las variedades Fuerte y Azteca demostraron los valores iniciales y finales más altos que las otras dos.

Se notó una ligera tendencia de aumento en la proporción de los carbohidratos totales cuando las frutas maduraron.

Daños por frío fueron observados después de los 35 días de almacenamiento a 7°C para la variedad Hass, de 32 días para la variedad Azteca, de 26 días para la variedad Guatenca 1. En la variedad Fuerte el daño por antracnosis fue muy severo después de 15 días, sin embargo fueron observados daños por frío después de los 25 días de permanecer en estas condiciones.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Hasta hace algunos años prácticamente no existía el cultivo del aguacate en forma organizada en el país, puesto que la producción, aunque en forma continua y de cierta importancia, provenía toda de árboles silvestres diseminados en diferentes localidades. Fue aproximadamente en 1958 cuando el Servicio Cooperativo Inter-Americano (SCIDA), inició la propagación de variedades mejoradas y seleccionadas en su mayoría en Florida y California. Durante algunos años, a partir de esa fecha estuvieron disponibles cierta cantidad de plantas en los viveros que para el efecto se hicieron. Entre las variedades fomentadas en esa época están: Hass, Fuerte, Panchoy, Azteca, Nabal, Booth 7 y 8, Catalina, Queen y muchos híbridos más (70).

En 1966 fue cuando oficialmente entró en vigor el programa de fomento para el cultivo del aguacate en Guatemala, cuyo objetivo principal era cubrir en los primeros 5 años, 3000 hectáreas o sea el 0.5o/o del total de la superficie potencialmente disponible, con una distribución aproximada de 468,000 plantas que según las estimaciones de entonces, para el presente año, estarían produciendo 195,000 de ellas con un rendimiento de 4,095 toneladas de fruta (43). En 1972 (35) entraban en producción las primeras 573 hectáreas contempladas en dicho proyecto que vendrían a aumentar, a partir de ese año, la ya existente proveniente de árboles silvestres, dando margen a un excedente al cual debería buscársele otros mercados fuera de los ya tradicionales para esta fruta o bien iniciar la industrialización de las mismas.

En la actualidad no se tiene conocimiento de producción comercial en los huertos que comprendió el mencionado proyecto, aparentemente existieron ciertos problemas debido a que las plantaciones efectuadas no fueron lo suficiente uniformes puesto que se fomentaron indistintamente muchas variedades a la vez, a consecuencia de ésto algunas variedades no han llegado a

fructificar aún, de ahí que las autoridades correspondientes estén de nuevo revisando el programa a fin de eliminar los árboles improductivos e injertar con base a las experiencias obtenidas en el campo, únicamente una o dos variedades que se adapten a determinada región (58, 70). Esta situación ha hecho cambiar las cifras de producción originalmente calculadas; en cinco a siete años más, si se lleva a cabo tal renovación de plantas, ya se contarán con plantaciones comerciales cuyas cosechas de frutas uniforme, desplazarán sin duda alguna, gran parte del mercado que hasta el momento posee la fruta de aguacates no mejorados.

Una vez superados los problemas de tipo agronómico y fitosanitario que conlleva la producción de frutas de primera calidad, debe pensarse en su comercialización buscando los mercados apropiados. Se sabe que los Estados Unidos aplica muchas restricciones para la importación de productos vegetales. El mercado de los países europeos, por otra parte, es particularmente importante, en la actualidad se abastece de frutas de Israel, Africa del Sur, Brasil y de otras regiones productoras (54), entonces las frutas que se obtengan en los huertos del país deberán competir en calidad con las de los lugares mencionados anteriormente. Un estudio cuidadoso de los gastos combinados de producción y transporte en Guatemala, daría la pauta para descubrir la posibilidad de abrir nuevos mercados para el aguacate, media vez se obtenga producciones uniformes poniendo especial atención a la aplicación de buenas técnicas de manipuleo de la fruta después del corte, además se deben determinar las condiciones de temperatura adecuadas para el almacenamiento en refrigeración de las diferentes variedades que se deseen exportar, a fin de que la vida útil de las frutas se prolongue lo suficiente para que cuando lleguen al consumidor presenten buenas condiciones de consumo.

Es en esta última fase donde el presente estudio ha fijado su objetivo principal, escogiendo para ello algunas de las variedades que además de estar muy difundidas en el altiplano central del país, representan un gran valor potencial para el mercado futuro, especialmente la variedad Hass. Los datos obtenidos representan los resultados de una sola cosecha y constituyen la base para investigaciones posteriores con el objeto

de establecer un patrón definido en el comportamiento de cada una de las variedades bajo determinadas condiciones de almacenamiento.

En vista de que no se encontraron otras plantaciones adecuadas que pudieran proporcionar la fruta necesaria para su investigación, las repeticiones necesarias de almacenamiento de una misma variedad no pudieron llevarse a cabo para diferentes localidades, tal como se pensó originalmente.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

Diversos factores determinan la calidad de las frutas e influyen en la preservación de las mismas durante su almacenamiento, ésta depende del estado de desarrollo y de madurez que poseen al momento de cosecharlas, es decir que está estrechamente relacionada con las prácticas culturales, las condiciones ambientales, y la incidencia de las plagas y de enfermedades. Se sabe que existen marcadas diferencias en frutas de una misma variedad creciendo en distintas condiciones ecológicas, habiendo desde luego cierta variación en algunas de sus características y componentes que se manifiestan en cada cosecha, sin embargo, se mantienen enmarcadas en un rango que hace la diferenciación en cada una de las variedades.

Para las variedades de aguacate hasta ahora conocidas se han determinado sus características principales y de manera general, existen trabajos que tipifican, en base a ellas, cada una de las razas de estas frutas. Se ha puesto mucha atención al contenido de aceite, que para gran número de variedades se tienen niveles ya establecidos para las zonas productoras de California, Florida, Israel, Colombia y otros países. En nuestro medio tales valores nos dan idea de calidad de las frutas pero su magnitud varía considerablemente en vista de las distintas condiciones en que crecen las plantas (24, 27, 41, 53, 55, 49).

El aguacate posee una característica especial de poder permanecer en el árbol luego de haber adquirido su madurez fisiológica sin deterioro de calidad, es del tipo de frutas que necesariamente deben ser cortadas para que puedan madurar adecuadamente y ser consumidas, ya que adheridas al árbol nunca llegan a ablandarse. Adato y Gazit (2), lo consideran dentro de un grupo en que los factores que inhiben la completa madurez, fluyen en forma continua mientras las frutas permanecen en el árbol, y maduran únicamente después que son cosechadas.

El hábitat del aguacate se encuentra principalmente localizado en la faja tropical y subtropical del continente americano, existen árboles desde las zonas costeras hasta aproximadamente 2,600 metros de altitud (10, 47, 63), en base a esto y a las diversas características de los árboles y frutas, originalmente Popenoe (38), lo dividió en tres razas diferentes: La raza Antillana (*Persea americana* Mill.), la raza Guatemalteca (*P. americana* Mill.) y la raza Mexicana (*P. americana* var. *drymifolia*).

Pero más tarde Popenoe y Williams (39) y Schroeder (50) afirmaron que tal clasificación llegaría a ser menos distintiva en vista del creciente número de híbridos interraciales, por una parte, y por otra al descubrimiento de tipos con características de intermedias entre las razas Guatemalteca y Mexicana que se encuentran creciendo en diferentes lugares.

La raza Antillana tuvo su origen en las partes bajas del centro y norte de Sudamérica, actualmente los árboles de esta raza se encuentran difundidos en varios países del mundo (63). Se ha demostrado que son los más susceptibles a las bajas temperaturas; en Florida se encontró que son dañados severamente a -2°C . y que a -4°C . podrían morir completamente como consecuencia de esto las frutas están más sujetas a sufrir daños por frío durante el almacenamiento a bajas temperaturas, además requieren mayor cuidado en el corte, manipuleo, transporte, en la etapa de almacenamiento y en la comercialización (12, 63).

Los niveles de temperatura que las frutas necesitan para su adecuado almacenamiento son superiores que en las otras dos razas. Se ha encontrado que en aguacates de distintas variedades de esta raza, temperaturas menores de 10°C . afectan su calidad, dañando las frutas en un período corto de tiempo; en la variedad Pollock se notaron daños por frío después de los 19 a 21 días a 2°C ., 4.5°C ., 7°C ., 10°C ., (12). Wardlaw (59), encontró que algunas variedades que crecen en Trinidad pueden ser almacenadas durante 20 días a 4.5°C ., puesto que al pasar las frutas a 20°C ., maduraron presentando buenas condiciones de

sabor. Más tarde Wardlaw y Leonard (60), estudiando frutas que pertenecen a la raza Antillana, encontraron que a una temperatura de 27°C., las frutas se ablandaron de 3 a 6 días de cortadas y que a 15°C., éste ocurrió entre los 7 y 15 días. Concluyeron que el ablandamiento sí puede ser retardado por medio de bajas temperaturas pero que deben ser adecuadas a cada variedad a fin de evitar que sobrevengan daños por frío, estos resultados fueron comprobados más tarde por Smith que efectuó sus investigaciones en Jamaica (51).

En 1,939, Linch y Stahl (29), reportaron que en la variedad Pollock ocurrió daño por frío a los 14 días de almacenamiento a 3.4°C., pero no observaron daños después de los 21 días a 5.6°C., o de 28 días a 10°C.

Pennock (27), concluyó en sus estudios sobre variedades de aguacate que crecen en Puerto Rico, que existieron marcadas diferencias entre variedades pero hubo mayor uniformidad dentro de una misma, refiriéndose al índice de tolerancia de refrigeración de estas frutas.

En Florida, Hatton et al (22), encontraron que la mejor temperatura de almacenamiento en la mayoría de variedades que se cultivan en esa región fue de 15°C., pero que ésta cubre un rango de 13 a 24°C. La mayoría de árboles que crecen ahí pertenecen a la raza Antillana, a la Guatemalteca y a híbridos de ambas razas. En las variedades Fuchs, Pollock y Waldin, observaron que sufren daños por frío a 13°C., y que la maduración fue anormal por encima de 27°C., resultando las frutas de mal sabor, con manchas oscuras en la cáscara y en general la calidad fue pésima además notaron que 21°C., fue la temperatura más adecuada para almacenamiento cuando se efectúa el mercadeo al por menor. Para establecer la tolerancia al frío tomaron como base 13°C., para todas las variedades, dándoles 2 semanas o más días de tiempo como límite para observar su comportamiento. Así encontraron que para la mayoría de las variedades de la raza Antillana, las frutas se ablandaron rápidamente y aparecieron los síntomas del daño causado por bajas temperaturas, debido a esto, tales variedades fueron clasificadas como no tolerantes al frío.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA
 DEPARTAMENTO DE FÍSICA-REFERENCIA

Thompson et al (56), encontraron en variedades que crecen en Trinidad, que a 13°C., aparecieron daños por frío, sin mencionar el tiempo en que ese daño ocurrió.

En Mysore, en almacenamiento de aguacate en general, de 5 a 7°C., durante 30 a 35 días, las frutas resultaron con mínimas pérdidas por daños fisiológicos o por ataque de hongos observando además que las bajas temperaturas tienen efecto en la calidad de las frutas resultando daños por frío y falta de ablandamiento cuando se remueven a la temperatura de maduración (18).

En otro trabajo de almacenamiento con variedades de la raza Antillana, Waldin y Trapp, después de 16 días a 9.4°C., no presentaron daños pero al remover las frutas a la temperatura de maduración, la cáscara se tornó oscura y afectó la calidad de éstas.

La raza Guatemalteca, es nativa del Altiplano de Guatemala y de la América Central (38), los árboles de esta raza son más resistentes al frío que los de la raza Antillana, se ha demostrado que soportan temperaturas tan bajas como -6°C. Para condiciones de almacenamiento de las frutas, se consideran medianamente tolerantes al frío, según algunos ensayos para ciertas variedades de esta raza se ha encontrado una temperatura óptima de 4 a 5°C., para un período no mayor de 30 días de almacenamiento (32, 47).

Overholser (36), demostró que la mejor temperatura de almacenamiento para algunas variedades de California, que en su mayoría son de la raza Guatemalteca, fue de 4 a 5°C.

Lyle (33), observó que la variedad Taylor fue sensible a 5.6°C., demostrando las frutas característico daño por frío.

Erickson y Yamashita (16), observaron en las frutas de la variedad Hass que después de permanecer 32 días a 9°C., maduraron aceptablemente cuando se removieron a temperatura de maduración, siendo la mejor para esta 21°C., y que a 30°C., ó

más, el comportamiento fue anormal; después de permanecer 10 días a esas temperaturas ninguna de las frutas pareció estar suficientemente blanda y apta para su consumo, a 33°C., o arriba de ésta temperatura fue más acentuado el comportamiento anormal.

Dentro de las variedades estudiadas en el presente trabajo se encuentran Hass y Guatencal que pertenecen a la raza Guatemalteca. La variedad Hass tuvo su origen en La Habra, Heights, California (11) y fue seleccionada en 1,934 con material proveniente de Guatemala. La variedad Guatencal resultó de una selección efectuada en la década del 50 cuya propagación se llevó a cabo en la escuela de Agricultura de Bárcenas Municipio de Villa Nueva, Guatemala (70).

La raza Mexicana, es nativa de las regiones altas de México y de toda la Cordillera de los Andes hasta Chile (38), las frutas son de menor tamaño y los árboles mucho más resistentes al frío que las otras dos razas, se ha reportado que soportan temperaturas menores de -7°C., (10, 47, 63). Actualmente los árboles crecen en varios países de la América del Sur, en California, Sur de Francia, Italia, Africa del Sur, la India y Argelia (57).

Las diferencias esenciales de las tres razas se basan principalmente en el comportamiento de los árboles a las diversas condiciones ambientales, al respecto de las frutas, al contenido de aceites, la relación de madurez fisiológica, al comportamiento de las frutas durante el almacenamiento y algunas características físicas que se observan tanto en los árboles como en las frutas mismas. Para poder diferenciar las razas se han dado claves especiales de fácil interpretación (38, 47, 63).

El origen de las dos variedades antes citadas es prácticamente similar. Se cree que el Fuerte resultó del cruce y recuce de árboles de raza Guatemalteca y Mexicana, las características de esta variedad son intermedias a las dos razas (11). La variedad Azteca también resultó el cruce de árboles de

las mismas razas y fue seleccionado en un lugar próximo a donde se obtuvo la anterior, en Atlixco México (70).

La experimentación para obtener híbridos a través de cruces artificiales se ha llevado a cabo en varias regiones del mundo, en la actualidad se cuentan con varios de éstos que reúnen las bondades de los progenitores de las diferentes razas (47, 63). Se sabe que las frutas de los híbridos entre las razas Guatemalteca y Mexicana son tolerantes al frío durante un período de almacenamiento aceptable. Además los árboles toleran bajas temperaturas influyendo así en el comportamiento de las frutas (22).

Existen diferentes estudios que abarcan el comportamiento de las frutas durante el desarrollo del árbol, las variaciones que se suceden en una misma variedad para cada período de fructificación, el comportamiento de las frutas durante el almacenamiento bajo una atmósfera natural o controlada y modificada. Se han establecido patrones de los diferentes cambios físicos y químicos que se operan durante el desarrollo hasta la madurez de las frutas. Además se han estudiado el efecto de las redicciones sobre las frutas durante la maduración. En la fase de industrialización existen estudios sobre el aprovechamiento integral de las frutas, sin embargo existen pocas investigaciones en los cambios que se suceden en la etapa de almacenamiento (1, 10, 14, 21, 23, 46, 48).

En experimentos efectuados en California (10), para observar los cambios físicos y químicos que ocurren durante el crecimiento y después del corte de las frutas, deberían de alcanzar un nivel mínimo del 80/o en contenido de aceites (B.H.), para que pudiera considerarse fisiológicamente madura. Mientras Hatton et al (21, 25), demostraron que en Florida éste patrón no puede aplicarse bajo ningún concepto puesto que las variedades que crecen en esa región, son en su mayoría de la raza Antillana e híbridos con la raza Guatemalteca, cuyo comportamiento es diferente. Por tal motivo en esa región se han establecido estándares para cada cultivar que están especificados en el Federal Marketing Agreement y que se basan principalmente en el peso mínimo o bien en el diámetro que las frutas puedan

alcanzar a ciertas fechas y así efectuar un corte aceptable. En el primer trabajo efectuado durante 7 años consecutivos, encontraron diferencias en el comportamiento de una misma variedad que fue relacionado a los siguientes factores: fecha de floración, precipitación pluvial, temperatura, fertilización, prácticas culturales, riego, aplicación de pesticidas, etc. También observaron que existen marcadas diferencias en el contenido de aceites de un año a otro entre localidades, existiendo variación en el peso y palatabilidad, que decrecen progresivamente de las frutas resultantes de las primeras flores fecundadas de la estación a las últimas. Para asegurarse que las frutas cosechadas alcancen una madurez adecuada, recomendaron prorrogar las fechas de corte en un lapso de tiempo mayor al fijado en los años anteriores, combinados siempre con el peso y diámetros mínimos establecidos para cada variedad.

El comportamiento del crecimiento de las frutas en el árbol sigue una tendencia en forma S suavizada pero existen diferencias entre variedades, así en las precoces la curva de crecimiento se detiene para continuar el aumento en tamaño luego que las frutas maduran, en cambio para las variedades tardías, los incrementos son pequeños y decrecen considerablemente antes del tiempo de cosecha. En general el aguacate tiene una tendencia de crecimiento que continúa incrementándose mientras permanece adherida al árbol (10). Otros investigadores han observado que existe una estrecha relación entre el diámetro de las frutas y el peso, concluyendo que ninguno de estos dos parámetros podría tomarse como base para determinar la madurez de éstas y que las relaciones entre peso y contenido de aceites demostraron ser mucho menores que entre peso y diámetro (22).

El aguacate es una de las frutas más nutritivas se ha asegurado que posee un valor calorífico 3 veces superior al banano y 1.5 veces más que un beefsteak con una abundante cantidad de vitaminas A, B y E, así como gran porcentaje de minerales superior a cualquier otra fruta (10).

Varios investigadores (10, 17, 19, 27, 49) estudiando algunas variedades de aguacate, encontraron

diferencias bien definidas entre éstas, principalmente en el contenido de aceites, proteínas, fibra cruda y carbohidratos totales. La cantidad de agua que contienen las frutas, para muchas variedades éste valor es comparable al de las olivas, las variedades Hass y Fuerte se encuentran en este grupo. Los minerales que contiene la pulpa están en origen de importancia como sigue: K_2O ; Na_2O , P_2O_5 , Cl, So_4 , MgO , CaO y otros en menores proporciones.

Biale y Young (10), presentan resumido la serie de trabajo efectuados sobre la investigación vitamínica del aguacate siendo las del complejo B que se encuentran en mejor número el ácido ascórbico (Vitamina C) está presente en altas concentraciones.

Los niveles de carbohidratos totales y azúcares reductores al inicio del crecimiento de las frutas son altos, disminuyendo a medida que maduran hasta estabilizarse a bajas concentraciones. Durante el almacenamiento y maduración el nivel decrece rápidamente, dependiendo de las condiciones de crecimiento, el tiempo exacto de corte y el período de almacenamiento.

El mayor cambio que se observan en las frutas a medida que maduran en el árbol, se realiza en la fase triglicérica de los ácidos grasos, observándose un rápido incremento en el ácido oleico con aproximadamente un 100/o mayor al palmítico. En su orden le siguen los ácidos linoleico, palmitoleico y linoléico. Mientras que en la fracción monoglicérica se observa una ligera disminución. En la fase diglicérica existe un leve incremento.

En Egipto, Abou-Azis et al (1), siguieron el desarrollo de las variedades Fuerte y Duke, analizando lípidos, ácidos grasos y esteróles, los resultados durante 19 semanas demostraron que hubo un incremento de 3.09 a 190/o en lípidos para el Fuerte y de 5.1 a 15.20/o en 16 semanas para Duke; los ácidos grasos saturados decrecieron significativamente en ambas variedades durante ese tiempo, mientras que los insaturados se incrementaron en una tasa correspondiente, principalmente el ácido oleico. Al inicio se observó un nivel alto de los ácidos

linoleico y linolénico pero a medida que las frutas maduraron decrecieron presentando mayor concentración el ácido oleico, seguido en su orden por el palmitolénico, linoleico, trazas de laurico, mirístico, arachídico y nada de linolénico.

En Florida, Hatton et al (21), observaron que la palatabilidad de las frutas se incrementan rápidamente a medida que maduran en el árbol, guardando una estrecha relación al incremento del peso y contenido del aceite. La variedad Pollock, luego de haber alcanzado el grado llamado "Grado mínimo de aceptabilidad" en el sabor, los valores de palatabilidad se incrementaron considerablemente. Durante un período de 7 años fue esta variedad la que presentó un nivel más bajo de aceites con un grado superior de palatabilidad en comparación con la Waldin, Booth 8 y Lula. El Booth 8 con mayor contenido de aceite que las otras variedades pero generalmente fue inferior en palatabilidad. Estos resultados hicieron suponer que el aceite no era un índice suficiente para señalar la calidad en función de la palatabilidad.

Wolfe et al (63), notaron que no existía ninguna relación entre contenido de aceites y la calidad de las frutas al comparar diferentes variedades de Florida. Las variedades Trapp y Pollock demostraron ser de buena calidad para su consumo pero ambas presentaron bajo contenido de aceites comparados con el Collinson y Linda que tuvieron la misma categoría pero con un contenido de aceites dos veces superior que las anteriores. En otras variedades de alto o bajo contenido de aceite la palatabilidad fue mediocre.

Los aguacates durante su maduración, presentan el patrón respiratorio característico acompañado de una serie de cambios físico-químicos que se prolongan hasta la senescencia que es cuando la actividad respiratoria decrece considerablemente (6, 8, 9, 14, 40, 45, 46, 64).

Dolendo et al (14), estudiando el comportamiento de la variedad McArthur bajo condiciones de almacenamiento de 15°C., encontraron en el aceite 8 diferentes ácidos grasos, el

esteárico fue el de menor proporción y únicamente trazas de marístico y arachídico se observaron. Estos resultados fueron comprobados posteriormente por ellos mismos con frutas de diferentes localidades. Durante la maduración no encontraron cambios significativos en la composición de los ácidos grasos, sin embargo, mencionan que en ese período tienen lugar importantes cambios bioquímicos demostrados por el incremento de la tasa respiratoria; los constituyentes pécticos y la fracción de aceites no demostraron tener un papel importante en el metabolismo de la maduración. El cambio físico más notorio resultó ser el ablandamiento, el cual está relacionado por una disminución en el grado de esterificación de la pectina.

La actividad enzimática es otro factor importante en las frutas. Se ha comprobado que la actividad de la Pectin-methylesterasa declina notoriamente conforme avanza la madurez en el árbol, inmediatamente después del corte se mantiene alta, disminuyendo al inicio del ablandamiento (66).

La actividad enzimática de la poligalacturonasa en frutas de la variedad Fuerte bajo condiciones de 23 a 25°C., se incrementó a medida que las frutas se ablandaron (10), posteriormente se comprobó que la actividad de la poligalacturonasa no se observa en ninguna etapa de desarrollo de las frutas ni inmediatamente después del corte, pero sí llega ser cuantificable cuando se produce el ablandamiento natural de éstas, llegando en esta fase a su máxima actividad. Además se observó que su acción comienza más luego en las frutas que poseen un estado de madurez más avanzado (66).

Zauberman y Schiffmann-Nadel (65), demostraron que la actividad pectolítica de las frutas que se cortaron en la estación inicial de la cosecha fue similar a la que exhibieron cuando se cortaron en la estación normal.

Fue en 1,911 cuando se comenzó a pensar que la refrigeración inmediata al corte de las frutas podría tener efectos útiles en la preservación de las mismas, más tarde se hicieron recomendaciones en cuanto a temperaturas para algunas

variedades de acuerdo al lugar de estudio (22, 32, 50, 60, 24). Con el correr del tiempo se han venido ensayando diferentes tipos de almacenamiento para estas frutas, además del convencional, se ha encontrado que modificando la atmósfera de las cámaras se puede prolongar aún más la vida útil, lográndose en algunos casos almacenar el doble de tiempo que con el primer sistema (24, 25, 53, 69).

El efectivo uso de las atmósferas modificadas se basa principalmente en una óptima combinación de la temperatura y las proporciones de CO_2 y O_2 . Estas deben ser determinadas para cada variedad debiendo conocer previamente las condiciones normales de almacenamiento. Así, en experimentos efectuados en Florida con la variedad Lula (24), se encontró que en una atmósfera de 20/o de O_2 y 100/o de CO_2 almacenadas a 7°C las frutas fueron totalmente aceptables después de los 40 días de permanecer en esas condiciones, el porcentaje de aceptabilidad fue incrementándose después de los 60 días al remover el etileno producido, en comparación con las colocadas bajo una atmósfera normal.

Reeder y Hatton (44), almacenaron aguacates de la misma variedad a 7 y 10°C con un 100/o de CO_2 y 20/o de O_2 , removiendo las frutas después de determinado período de almacenamiento a 21°C . Los resultados indicaron que las frutas colocadas bajo una atmósfera modificada presentaron una calidad superior después de los 40 y 50 días, el obscurecimiento externo y los daños por hongos fueron significativamente bajos, en comparación con las colocadas bajo atmósfera normal; el ablandamiento ocurrió más lentamente a 7 que a 10°C .

Spalding y Reeder (53), observaron que todas las frutas de la variedad Lula y un 650/o de Booth 8 fueron aceptables después de 60 días de permanecer bajo una atmósfera de 100/o de CO_2 y 20/o de O_2 a una temperatura de 7°C , pero ninguna fruta fue aceptable después de 40 días bajo una atmosfera normal a la misma temperatura. Además notaron que colocando las frutas en bolsas de polietileno se produce un tipo de atmósfera

modificada dentro de éstas que causa una disminución en la tasa de CO_2 , a consecuencia de ello se retrasó la maduración.

Zauberman y Fuchs (67), almacenaron fruta a 6°C con una concentración de 100 ppm de etileno, los resultados obtenidos demostraron un rápido incremento en la respiración cuando se transfirieron a 20°C , concluyeron que para un buen éxito en el almacenamiento, deben evitarse cualquier concentración del mencionado gas.

Uno de los más serios problemas durante el período de almacenamiento refrigerado en las frutas del aguacate, es el deterioro causado por el ataque de diferentes agentes patógenos, siendo los más comunes: el *Diplodia natalensis* Pole-Evans o *Diplodia Citri* Wolf que ocasiona pudriciones, el más común es el *Colletotrichium gloeosporoides* Pens, que causa la antracnosis y que generalmente es un microorganismo secundario después del ataque del *Cercospora* sp. o roña del aguacate, de ahí la necesidad de mantener un programa de control adecuado en el huerto para que puedan obtenerse buenos resultados durante ése período y en la comercialización (22).

Para controlar en parte la incidencia de los patógenos antes mencionados, se han experimentado diversos productos fungicidas en aplicaciones posteriores a la cosecha, los más efectivos para el control del *Colletotrichium* y *Diplodia* han resultado ser el sulfato de cobre al 10/o y el T B Z (Thiabendazole) en dosis de 1000 ppm, pero se recomienda principalmente su combate durante el crecimiento, aunque estos dos productos no son efectivos para el control de la *Alternaria* sp. (69).

Por otra parte, las bajas temperaturas han resultado ser efectivas para la inactivación de algunas cepas de hongos patógenos, comprobándose que llegan a matar sus esporas. En otras frutas como melocotones, se ha demostrado que la inactivación debido por bajas temperaturas de espongiosporas de *Rhizopus stolonifer* redujeron la pudrición que causa éste microorganismo (52).

A pesar de lo anterior, la mayor limitación para el almacenamiento de las frutas en refrigeración son los daños causados por el frío (12, 32, 52), ésto obliga a conocer el comportamiento de cada una de las variedades comerciales a diferentes temperaturas para poder prolongar la vida sin menoscabo de la calidad. La susceptibilidad (68) al daño por frío está aparentemente afectada por las condiciones climáticas donde crecen, así como del lugar de donde se derivan, así se puede ver en un experimento con la variedad Pollock, originada de un cultivar antillano, presentó una alta tolerancia a las bajas temperaturas (37) en comparación con la que observó la misma variedad creciendo en Florida (12).

Los síntomas de los daños por frío han sido descritos para varios investigadores (16, 22, 25, 32), los cuales pueden ocurrir aisladamente o en conjunto, dependiendo de la variedad. El más común es el apareamiento de manchas de color gris parduzco, especialmente alrededor del tejido vascular, desde pequeñas áreas hasta invadir toda la pulpa. En casos severos ocurre una maduración anormal acompañada de mal sabor y olor desagradable, picaduras en la superficie externa y una escaldadura parda y obscurecimiento en general, sin embargo algunas veces las frutas pueden aparecer normales.

Zauberman et al (69), encontraron que los daños por frío podrían prevenirse durante el almacenamiento prolongado a bajas temperaturas, interrumpiendo el enfriamiento en el campo inmediatamente después de la cosecha hasta que las frutas alcancen de 1 a 6°C de temperatura interna, con estos tratamientos observaron que la calidad de las frutas no fue dañada para las variedades Fuerte y Nabal.

Hatton et al (21), mencionan que el preenfriamiento de las frutas luego de ser cosechadas es beneficiosa, retardando la maduración tanto a condiciones normales como a bajas temperaturas, pero desde luego el tiempo debe ser determinado para cada variedad en particular.

Con respecto a los factores que inciden en las pérdidas de peso después del corte, los mismos investigadores señalan que a

altas temperaturas, las frutas sufren una mayor pérdida de peso, debido al deshidratamiento acelerado que se produce de acuerdo al tamaño. Otros factores que inciden en la pérdida de peso es el tiempo de permanencia a determinada temperatura, la humedad relativa y la presencia de hongos, siendo más marcada cuanto más alta sea la temperatura.

Para aguacates de la variedad Hass de California, se determinó que a menor humedad relativa mayor era la pérdida de peso y que ésta varía inversamente proporcional con el tamaño de las frutas. En general se demostró, que conforme avanza la época de corte, las pérdidas decrecen a 21°C, durante los primeros cortes de la estación, las pérdidas fueron mayores que en los efectuados al final de la estación de cosecha, según la variedad (22).

Durante la maduración de las frutas, después de cosechadas, existe un intercambio gaseoso, algunos investigadores lo han estudiado logrando explicar ciertos aspectos relacionados con tal fenómeno, sin embargo aún hay hechos que no han sido aclarados satisfactoriamente (5, 45).

El etileno, el Oxígeno y el Dioxido de Carbono son los gases involucrados en el mencionado intercambio. Reid y Pratt (45) aseguraron que el etileno es el responsable del climatérico en el aguacate, basaron tal afirmación luego de observar que después de una aplicación de éste gas a frutas no climatéricas recién cortadas, produjeron un incremento en la actividad respiratoria similar al que presentan las frutas llamadas climatéricas. Formularon diferentes interpretaciones para tal incremento, una de ellas fue que éste no puede ser causado por el etileno mismo que se encuentra presente en las frutas de ambos tipos, está en la cantidad de etileno endógeno que producen durante la maduración, y aunque todos son estimuladas a madurar debido a concentraciones relativamente bajas del gas, solamente las climatéricas demuestran una producción autocatalítica y consecuentemente un incremento en la actividad respiratoria como síntoma de la maduración.

El etileno es un compuesto orgánico natural producido por el metabolismo de las plantas y en cantidades mínimas tiene gran influencia en la maduración de las frutas o como regulador de crecimiento, por lo que se ha aprovechado comercialmente. Su concentración y efecto se relaciona con otros reguladores y se encuentra desde el inicio del desarrollo de las frutas a la maduración, pero su actividad se mantiene aparentemente inhibida hasta después que son cortadas del árbol (52).

Bahuer et al (5), menciona el esquema de la biosíntesis del etileno en las plantas que fue dado por Yang el cual se origina de la Metionina, transformándose en otros compuestos intermedios convirtiéndose al final en éste gas, concluyeron, luego de estudiar algunas frutas de aguacates durante el climatérico que la metionina es un verdadero precursor biológico del etileno.

Tratando de aclarar el papel que juega este compuesto orgánico en la maduración, varios investigadores han estudiado diferentes clases de frutas entre climatéricas y no climatéricas (8, 41, 45). Uno de los trabajos que dió la pauta para despejar las incógnitas sobre el papel de éste gas, fue el de Biale et al (9), sobre frutas de la variedad Fuerte a 15°C, la tasa de producción de etileno siguió estrechamente a la del CO₂, llegando al máximo valor el mismo día, observaron que a 5°C no se produjo ningún incremento en la actividad respiratoria ni se detectaron concentraciones significantes de etileno, después de permanecer 34 pero antes de 43 días a ésta temperatura se observó un incremento en la evolución del CO₂, sin embargo, no fue tan pronunciado como a 15°C. Estos resultados aclararon bastante la relación entre el etileno y la respiración, pero faltó demostrar si éste gas era responsable o no de inducirla, o resultaba del incremento de la actividad respiratoria.

Por otra parte, estudiaron la acción de aplicaciones externas de etileno durante la maduración, encontrando que antes del inicio de la respiración (preclimatérico), el climatérico se aceleró marcadamente, pero esta respuesta no fue lo suficientemente consistente para concluir que fuera esencial para la maduración de las frutas.

Idénticos resultados, en cuanto a respuesta por las frutas a la aplicación de etileno, han encontrado recientemente en Israel (2), utilizando aguacates de la variedad Hass en tres diferentes estados de madurez, los tratamientos consistieron en 10, 100, 1000 y 10,000 ppm durante 3, 6, 12 y 24 horas, haciendolos en dos períodos, uno inmediatamente después de cortadas y el otro 49 horas más tarde. Los resultados demuestran que cualquier concentración del gas tiene el efecto de acelerar la maduración de las frutas, pero que es más marcado cuando más tarde se hace el tratamiento, que si se hace seguido al corte. Esto hizo pensar que aún después de cortadas las frutas existen ciertos factores que continúan inhibiendo el proceso de maduración durante cierto tiempo. El tratamiento con la mayor concentración durante 24 horas fue el mejor puesto que la maduración fue normal y el patrón de evolución de etileno interno fue más uniforme.

Pratt y Biale (40) observaron que después de la aplicación de etileno, el climatérico se inicia inmediatamente y la respiración es más acelerada ocurriendo el máximo valor mucho antes que en las frutas no tratadas, siendo el ablandamiento más uniforme.

Existe una relación entre la producción de etileno y el climatérico de aguacates, sin embargo en algunos casos el incremento de etileno no siempre coincide con el de CO_2 a pesar de estar estrechamente relacionados (41).

Reid y Pratt (45), estudiando la función del etileno en el climatérico del aguacate, encontraron que la síntesis de la proteína continúa incrementándose al máximo a medida que las frutas maduran y que la respiración está invariablemente asociada con la producción endógena de altas concentraciones de etileno, estando desde el inicio de la maduración, en cantidades considerables que bastan para iniciar el climatérico.

Para poder comprender el mecanismo de acción del etileno, se han efectuado varios trabajos, en uno de los cuales (42) se concluye que el etileno unido a un receptor metálico puede ser desplazado competitivamente por el CO_2 , tal situación

afecta la permeabilidad de las células, además se ha comprobado que afecta la permeabilidad de las células, además se ha comprobado que afecta la composición de los lípidos durante el almacenamiento de semillas de oleaginosas e inducen cambios en la distribución de los lípidos y enzimas en tejidos de las plantas, dichos fenómenos han sido relacionados al efecto potencial de la membrana celular. Los cambios en la permeabilidad del tejido se asocian a la acción del etileno, tal evidencia incluye el escape de soluciones, incremento del espacio libre y llenado de los espacios intercelulares por algunos líquidos. Fue demostrado para bananos y aguacates en general que con el climatérico la merma de solutos se incrementa y por ello se ha llegado a creer que alterando la propiedad de la membrana celular podría incidir en la actividad climatérica o incluso inducirla directamente. Además se ha encontrado que altas concentraciones de etileno podrían ser la causa del ensanchamiento de mitocondrias, postulando que esto explicaría el papel de la acción de este gas en la actividad respiratoria y de los otros procesos metabólicos. Concentraciones bajas de etileno cambian el volumen de las mitocondrias por lo que se ha llegado a pensar que afectan la permeabilidad de éstas; además puede incrementar la actividad del Trifosfato de Adenosina (ATP) en las mitocondrias y así afectar el metabolismo celular incluyendo la respiración.

Pratt et al (41), mencionan que existen varios factores que afectan la producción del etileno: la temperatura, puesto que las bajas temperaturas reducen la producción del gas a valores mínimos, aplicaciones de etileno a bajas temperaturas no tienen ningún efecto en la maduración de las frutas, similar efecto tienen las altas temperaturas puesto que tienden a inhibir la producción, las atmósferas modificadas, altas concentraciones de CO_2 retardan en la producción del etileno, bajo condiciones anaeróbicas también se inhibe la producción. Se sabe que la maduración de aguacates puede retardarse con tratamientos que remueven el etileno endógeno de los tejidos de las frutas en estado preclimatérico. En bananos al tratar de controlar la producción de este gas a base de atmósferas ricas en oxígeno, las frutas no maduraron sino hasta que fueron colocadas en una atmósfera natural de aire, sin embargo al añadir etileno en ambas

condiciones, la maduración ocurrió normalmente. Por otra parte la producción de etileno es reducida bajo una atmósfera anaeróbica. En resumen, esta se inicia desde la fecundación de la flor, pero la concentración se eleva a niveles fisiológicamente efectivos hasta un poco antes del inicio del climatérico (42).

Se conocen una serie de estudios efectuados para interpretar la producción de climatérico en aguacate (10, 45). Wardlaw y Leonard (60) reportaron que en estas frutas se encontró un estado preclimatérico con menor valor al del climatérico a 21°C y observaron que el ablandamiento se produce después de la actividad máxima de respiración, concluyendo que por tal motivo la maduración de las frutas no debería ser relacionada con el climatérico.

El ablandamiento esta asociado al climatérico ya que cualquier tratamiento que suprima éste, también suprime al otro. Adato y Gazit (2) encontraron que el ablandamiento se produce entre 1 a 3 días después del climatérico.

Ben Yehoshua et al (6), demostraron que en aguacates de la variedad Hass, el contenido interno de O₂ de las frutas recién cortadas era aproximadamente de 15 a 19o/o y el de CO₂ en el postclimatérico o senescencia el O₂ llegó a 20o/o mientras que el CO₂ se mantuvo más o menos constante en 13o/o, esto sucedió a 20°C. a 15°C se lograron resultados similares pero el descenso de O₂ y el incremento de CO₂, tomó lugar de 2 a 4 días después del climatérico. Este cambio de la relación entre la tasa respiratoria y la composición intercelular sugirió que en el curso del ablandamiento ocurren cambios en la resistencia de los tejidos a la difusión de los gases. La tasa respiratoria fue calculada en base a la fórmula dada por Trout et al (1942) que se relaciona directamente a la concentración volumétrica del gas y es inversamente proporcional a la tasa respiratoria. En el caso del aguacate, esa tendencia a la resistencia al fluido gaseoso fue el mismo para el O₂ que para el CO₂. Poco antes del valor máximo del climatérico esos valores fueron bajos y regularmente constantes, pero cuando sobrevino el ablandamiento se observó

de 3 a 10 veces un incremento en la resistencia. Estos estudios se hicieron tanto en frutas enteras como peladas, notando que en estas últimas a 15°C el climatérico fue aportado notoriamente. La tendencia en la composición de la atmósfera interna de ambos lotes de frutas fue similar, este hecho lo relacionó el mismo autor poco tiempo después con la formación de una nueva capa peridérmica en las frutas inmediatamente después de pelarlas. La conclusión general de estos experimentos fue que el aprovechamiento en el intercambio gaseoso aceleró pero no indujo la maduración en las frutas.

Se comprobaron los resultados obtenidos en los estudios anteriores confirmando que existe un gradiente substancial de CO₂ a través de la cáscara del aguacate, la cual es una importante barrera a la difusión de los gases y que la pulpa también restringe el movimiento de estos (42).

Estudios de frutas enteras y en rodajas de la variedad Hass, han demostrado que bajo las mismas condiciones la tasa de oxidación de las rodajas se incrementan al doble que en las frutas enteras, el ablandamiento cuando ocurre el climatérico es una evidencia de que éste se produce aún en las rodajas (10).

Zauberman y Schiffman-Nadel (65), estudiaron la respiración de frutas enteras y de la semilla separada de éstas, concluyeron que inmediatamente después de cosechadas, las semillas aportan una tasa relativamente alta durante tal período, pero que luego decrece a medida que maduran las frutas. Durante el desarrollo en el árbol atasa respiratoria de las semillas es alta y a medida que avanza el desarrollo, ésta ocurre el máximo valor del climatérico y que las tasas de respiración básicamente son similares bajo las mismas condiciones en las frutas cortadas en diferentes estados de desarrollo.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

Las frutas fueron recolectadas en huertos con variedades seleccionadas, con plantas cuya edad oscila entre los 8 y 12 años. Tales huertos se encuentran localizados desde los 1500 a 2000 msm del altiplano central del país: en San José Pinula, San Miguel Dueñas, Antigua Guatemala y Magdalena Milpas Altas.

El estudio de almacenamiento se llevó a cabo con 4 variedades: Azteca, Hass, Guatenca 1 y Fuerte. Para esta última variedad se utilizaron frutas de 2 lugares diferentes, el lote 1 proveniente de Magdalena Milpas Altas y el lote 2 de San Miguel Dueñas. Las características principales se resumen en el cuadro 1.

Luego que las frutas se cosecharon, se procedió a la clasificación en base al tamaño y a la apariencia externa lavándolas inmediatamente en un baño con una solución fungicida de Benomyl (Benlate*) (50o/o) a una dosis de 2 g/litro de agua y como surfactante se usó Triton (50o/o), éste tratamiento duró tres minutos.

Para cada una de las variedades estudiadas se elaboró un plan de muestreo en donde se fijó el tiempo de permanencia a determinada temperatura y las posibles fechas de muestreo para análisis, éste fue sujeto a cambios según se observara el comportamiento de las frutas, el cuadro 2 representa el plan seguido para la variedad Fuerte, similar patrón fue efectuado para las otras variedades.

Una vez determinado el plan de distribución de las frutas se procedió a almacenarlas en cada una de las cámaras disponibles para los propósitos siguientes:

- a) Determinación del tiempo de maduración a 23°C ($\pm 1^{\circ}$)

(*) Marca comercial de duPont

y 80 a 85o/o de humedad relativa, condiciones usadas como control.

- b) Almacenamiento a 12°C con remociones periódicas a 23° y 85 a 90o/o de humedad relativa.
- c) Almacenamiento a 7°C con remociones periódicas a 23°C y 85 a 90o/o de humedad relativa.

Las cámaras de almacenamiento utilizadas fueron de tres tipos diferentes:

1. Para la temperatura de maduración de 23°C (± 1) se utilizó una cámara construida de madera, con regulación de temperatura a base de termostato, equipada con un humidificador.

2. Para la temperatura de 12°C se usó un cuarto de clima tipo Lab Line VIP-56, con temperatura y humedad relativa controladas, con humidificación y de sumidificación automática de dimensiones internas de 3.55 x 2.01 x 1.43 m esquema 1.

3. Para 7°C se utilizó un cuarto fabricado con equipo de refrigeración American, con aislamiento interno de "duroport", de dimensiones internas de 3.4 x 2.3 x 1.8 m.

Los análisis químicos efectuados en todas las muestras fueron: humedad (3), Azúcares Totales por el método de antrona (68), Contenido de Aceites y Acidez en el Aceite (4) y Fibra Cruda (3).

Los cambios de textura (firmeza) fueron determinados con un texturómetro Magnes Taylor Pressure Tester, cuyos datos se expresan en libras/pulgada cuadrada.

Para el análisis de las muestras se tomaron de 3 a 6 frutas representativas de cada lote, determinando el rendimiento de sus partes y las características físicas tales como dimensiones, color y forma, cuadro 1.

Las determinaciones de etileno interno fueron efectuados en un Cromatógrafo Hewlett Packard modelo 402 con una columna de vidrio de 6 pies y 1/4 de diámetro interno empacada con alúmina grado cromatográfico. La columna fue operada a 50°C y el gas de arrastre se mantuvo a 30 ml/min. Las inyecciones fueron desde 5 a 0.5 ml. de acuerdo al grado de maduración de las frutas, se utilizó el método directo dado por Beyer y Morgan (1970) (7), los resultados son expresados en ppm de etileno.

Para medir la intensidad respiratoria de las frutas de cada variedad se aplicó el método de Flujo Continuo (35), utilizando un promedio de 3 frutas en cada lote, para ello se hizo uso del Analizador Infrarrojo Continuo Beckman IR-415-S con registrador gráfico, los datos fueron calculados según la fórmula dada por Dilley et al (1969) (17). Esquema 2.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

IV.I Tiempo de Maduración:

Las frutas de la variedad Hass maduraron en un período de tiempo mayor que las otras tres variedades a la temperatura control ($23 \pm 1^{\circ}\text{C}$) siendo éste de 15 días. La variedad Fuerte, Lote No. 2 maduró a los 11 días y el Lote No. 1 a los 8 días, éste mismo período de tiempo fue encontrado para las frutas de la variedad Azteca; Guatenca 1 fue la variedad que necesitó menos tiempo en madurar bajo similares condiciones, a los 7 días estaban maduras óptimamente. Cuadro 3

En el almacenamiento a 12°C se observó que las frutas de la variedad Hass permanecieron mayor tiempo en buenas condiciones, puesto que al removerlas a 23°C maduraron normalmente, adquiriendo externamente la coloración púrpura que les es característica. Esto ocurrió a los 23 días a 12°C y entre 4 y 7 días a 23°C . La calidad en el sabor y aspecto fué similar a las frutas control Después de los 28 días se comportaron anormalmente tanto bajo ésta temperatura como a la de maduración.

Para la variedad Azteca se encontró un período similar a la anterior, madurando normalmente al colocarlas a condiciones de 23°C , siendo éste de 22 días a 12°C y de 3 a 7 días a 23°C . Las frutas que permanecieron más de 26 días bajo almacenamiento a 12°C , resultaron dañadas inmediatamente después de removerlas y no llegaron a madurar completamente. El daño más severo fue el causado por la Antracnosis que afectó la calidad de la pulpa y el aspecto externo de las frutas.

De las 4 variedades estudiadas, la Guatenca 1 fue la que se comportó de manera diferente a las mismas condiciones, encontrándose un tiempo adecuado de almacenamiento de 10 días a 12°C y de 3 a 6 días para su maduración.

En la variedad Fuerte, éste período se redujo a 8 días a 12°C, las frutas maduraron de 3 a 5 días a 23°C (lote No. 2). Esto se atribuyó principalmente al daño severo causado para la Antracnosis ya que después de esa fecha a las mismas condiciones de temperatura, y no obstante obtener una maduración mas o menos normal, la pulpa no era apta para su consumo. Cuadro 4.

A 7°C el tiempo de almacenamiento siguió el mismo orden que a 12°C, variando el número de días que las frutas permanecieron bajo tal condición. En la variedad Hass mostraron ser aptas para almacenarse durante 28 días llegando a madurar óptimamente entre 4 y 7 días a 23°C. Aún el aspecto externo que las frutas tenían a este tiempo de almacenamiento no era completamente púrpura, sin embargo, cuando se removieron a la temperatura control necesitaron pocos días para adquirirla. Después de los 35 días de permanecer a ésta temperatura, resultaron dañadas por frío, caracterizandose por tener regiones blandas y duras, al momento de abrirlas, parte de la pulpa quedaba bien adherida a la semilla.

El comportamiento de la variedad Azteca fué similar a la anterior, el tiempo de almacenamiento fue de 26 días a 7°C, llegando a madurar entre 4 y 7 días. Después de permanecer almacenadas por 32 días, las frutas presentaron síntomas de daños causados por frío, aunque ya estaba acentuada la incidencia de patógenos.

Poca diferencia se observó en el tiempo de almacenamiento entre la variedad Azteca y Guatenca 1, puesto que a los 21 días las frutas de ésta última presentaron magníficas condiciones, llegando a madurar en 2 a 4 días a 23°C. Después de los 26 días a 7°C las frutas resultaron dañadas.

La incidencia de la Antracnosis sobre las frutas de la variedad Fuerte, aún a 7°C, no fué inhibida lo suficiente puesto que es poca la diferencia en el período de almacenamiento que demostró a 12 y 7°C, para el lote No. 1 éste fué de 11 días y de 8 días para el lote No. 2, la diferencia probablemente se debió

a la época de corte y al estado que presentaban las frutas al momento de cortarlas. El tiempo de maduración fué similar para ambos lotes. Cuadro 5.

De estos resultados se puede decir que la temperatura más adecuada para el almacenamiento de las variedades investigadas fue de 7°C, lográndose un retraso en la maduración que para la variedad Hass fue de 18 días, 24 días para Azteca, 16 para Guatenca 1 y de 7 días como promedio para la variedad Fuerte. A 12°C éste período se redujo a 18 para la variedad Azteca, 7 días para Hass y Guatenca 1 y 4 días para el Fuerte.

IV.II Cambios Físicos:

La firmeza de las frutas como es natural, fué disminuyendò a medida que avanzó el proceso de maduración, bajo condiciones de la temperatura control, alcanzaron valores finales semejantes, variando el lapso de tiempo, de acuerdo a la variedad, en que ésto ocurrió.

Durante el almacenamiento a 12 y 7°C la firmeza de las frutas fue descendiendo paulatinamente, siendo mayor y acelerado cuando se removieron a la temperatura de maduración. Fué notorio el efecto que las bajas temperaturas causaron al proceso del ablandamiento, retrazándolo según la variedad: Este retraso fué mayor en la variedad Hass debido a la naturaleza de la cáscara, mientras que en la variedad Guatenca 1 el ablandamiento ocurrió en menos tiempo. Graficas 1, 2, 3, 4, 5.

IV.III Cambios Químicos

1. Carbohidratos Totales

A la temperatura control, durante el proceso de maduración, las frutas de las variedades estudiadas presentaron una tendencia a aumentar. En Guatenca 1 y Azteca (gráfica 8 y 7 respectivamente) fue manifiesto un ligero descenso al sobremadurar, ocurriendo lo contrario con Hass y Fuerte (gráficas 6 y 10). Los rangos de este componente varían de 0.8 a 2.8 expresado en gramos/100 como glucosa.

Aún a las bajas temperaturas los corbohidratos tuvieron una tendencia a incrementarse. Cabe hacer notar que en Azteca, Hass y Guatenca 1, el nivel de este componente se mantuvo mas alto a 12°C que a 7°C, no asi en la variedad Fuerte donde se observó lo contrario, haciendo suponer un menor efecto a las mas baja temperatura.

El comportamiento de las frutas de la variedad Hass fué uniforme en todas las remociones efectuadas de las bajas temperaturas a la control, observando una tendencia a aumentar que fue acelerada a medida que se prolongó el tiempo de almacenamiento. La misma tendencia presentaron las frutas de la var. Azteca que se removieron a la temperatura control.

Lo contrario sucedió con las remociones de las frutas de la variedad Guatenca 1 donde se observó inmediatamente el descenso, gráfica 8.

Para la variedad Fuerte, en ambos lotes la tendencia fué similar, variando en la magnitud de los valores como era de esperarse, las remosiones de y 12°C no presentaron una tendencia definida. Gráficas 9 y 10.

2. Contenido de Aceite:

Una de las determinaciones a la cual se le ha dado mucha importancia es al contenido de aceite de la pulpa del aguacate, ya que es uno de los componentes que mayor valor nutritivo le proporcionan a las frutas. En algunas regiones productoras del mundo (10), el contenido de aceite se ha llegado a tomar como base en la determinación de la madurez fisiológica de las frutas.

En las cuatro variedades existe una definida tendencia a incrementarse bajo condiciones de la temperatura control, alcanzando su valor máximo al madurar; éstos resultados son comparables con los citados en la literatura(57), en donde al estudiar frutas de distintas variedades del estado verde o maduro,

los aceites aumentaron a medida que éstas maduraron, siendo los ácidos grasos libres los principales responsables de tal incremento.

Las frutas de la variedad Hass fueron las que mayor contenido de aceite presentaron seguido por las variedades Fuerte, Guatenca 1 y Azteca, variando en un rango de 7.5 a 16.90/o(BH). El incremento fué de aproximadamente 1o/o para todas las variedades.

A las bajas temperaturas se notó que los valores del contenido de aceites se mantuvieron mas altos en las frutas almacenadas a 12°C que 7°C, sin embargo para la variedad Azteca ocurrió lo contrario, después de permanecer 22 días en almacenamiento, incrementandose notoriamente hasta alcanzar un porcentaje similar que el de las frutas control. Las remociones no siguieron un patron definido, gráfica 12.

En la variedad Hass las frutas que se removieron periódicamente de 7 y 12°C, para su maduración observaron la misma tendencia que la temperatura de maduración, siendo aún mas notable el incremento, gráfica 11.

En la variedad Guatenca 1, se encontró un incremento en todas las remosiones a 23°C. Después de permanecer 10 días a 12°C, alcanzó su máximo valor 4 días mas tarde, fecha en la que se consideraron maduras. Similar comportamiento fue observado en las frutas que permanecieron almacenadas 21 días a 7°C pero este incremento se dió en un período mas corto de tiempo, gráfica 13.

El aguacate variedad Fuerte, Iote 2, describió aún a 12°C un comportamiento similar al observado en las frutas colocadas a la temperatura control alcanzando su máximo valor a los 16 días, fecha a partir de la cual descendió marcadamente hasta los 32 días donde la calidad de éstas ya no era aceptable. Sin embargo a 7°C se mantuvo mas o menos constante, las remociones de ambas temperaturas observaron, en general, un incremento, gráfica 14.

3. Acidez en el aceite:

Se encontró un leve descenso en las cuatro variedades durante el proceso de maduración a 23°C. Las variedades Fuertes y Azteca presentaron valores iniciales y finales, mayores que Hass y Guatenca 1, encontrándose en un rango de 0.39 a 1.4 G/100 expresado como ácido oleico. Estos resultados coinciden con los obtenidos en Brasil(55), para 5 variedades de la región de Sao Paulo. Gráfica 15

5. Fibra Cruda

Los valores que se obtuvieron para este componente de las frutas verdes a maduras, varían en un rango de 2.45 a 3.28o/o (BH), siendo la variedad Guatenca 1 la que presentó el mas alto porcentaje seguido por Azteca, Fuerte y Hass. Gráfica 16

IV.IV Intercambio Gaseoso:

Intensidad Respiratoria y Evolución de Etileno endógeno.

El patrón respiratorio de las cuatro variedades de aguacate se determinó por medio de la medición del CO₂ expelido por las frutas durante la maduración a 23°C, los valores encontrados variaron tanto en magnitud como en el tiempo de apareamiento del climatérico para cada una. Gráfica 17.

En la variedad Hass, el climatérico se observó a los 13 días de cortado el fruto, cuyo valor fué de 122 Ml CO₂ kg⁻¹hr⁻¹, este tiempo se compara con el citado en la literatura(6) al medir el O₂ consumido, tanto el incremento de CO₂ como de O₂ se observan al mismo tiempo.

Para la variedad Azteca, el máximo valor se obtuvo a los 7 días (130 ml CO₂ kg⁻¹hr⁻¹), el mismo tiempo se observó para el Fuerte, pero éste fué mayor (170 ml); el aguacate variedad Guatenca 1 fue el que menor tiempo tardó en presentarlo ocurriendo a los 6 días de cortado, con una intensidad similar al Azteca.

El etileno interno producido por las frutas observó una tendencia similar a la respiración, encontrándose valores mínimos poco tiempo después de cortados los frutos, también fue característico el descenso marcado en la fase de senescencia.

En la variedad Hass se observó una pequeña cantidad luego que las frutas fueron cortadas incrementándose lentamente a medida que éstas maduraron, el máximo valor se dió a los 14 días, en frutas sobremaduras la concentración del gas casi desapareció. Gráfica 18.

Los trabajos efectuados en este campo (2, 9) citan que el máximo valor del etileno puede ocurrir poco antes de la producción del climatérico o bien que ambos evolucionan simultáneamente; en éste estudio, las mediciones de ambos gases se efectuaron en frutas diferentes por lo que no pueden correlacionarse los resultados, sin embargo dan una idea del patrón definido para cada variedad.

En la variedad Azteca, el máximo valor de etileno ocurrió a los 7 días con menor intensidad que en la anterior, también se notó un marcado descenso. Gráfica 19.

En Fuerte fue observado a los 8 días, la concentración fue menor que en las dos anteriores, hubo una disminución hasta valores mínimos. Gráfica 20.

Para las frutas de la variedad Guatenca 1 el mayor incremento se observó a los 5 días con una intensidad similar al Hass. Gráfica 21.

CUADRO 1
CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS
VARIEDADES DE AGUACATE ESTUDIADAS

| Variedad | Frutas Maduras Pulpa | Cascara | Forma | Tamaño | Peso* g | Semilla | Rendimiento** g |
|---------------|--|---|--|-------------------------|------------|--|-------------------------|
| FUERTE | Cremosa amarillenta y verde palido en la parte contigua a la cáscara | Gruesa, rugosa, color verde intenso, no lustrosa | Periforme | pequeña a mediana | 200 | de tamaño regular, lisa y bien ajustada a la pulpa | 66.22 15.29 18.49 |
| HASS | cremosa amarillenta en la parte contigua a la semilla | gruesa, coriacea, áspera, cambia a color púrpura cuando madura | Periforme cuello no bien desarrollado | pequeña a mediana | 187 | de regular tamaño y bien ajustada a la pulpa | 62.61 20.56 16.83 |
| AZTECA | poco cremosa, de color verde amarillenta | delgada, lisa y fácilmente desprendible de la pulpa, color verde intenso de aspecto lustroso. | Periforme de cuello largo y de base ancha | mediana a grande | 293 | regular tamaño, redonda y bien ajustada a la pulpa | 68.99 10.04 20.27 |
| GUATENCA 1 | cremosa de color verde amarillenta y color verde en la parte contigua a la cáscara | gruesa, coriacea, lisa, de color verde intenso, poco lustrosa | globosa | mediana a grande | 385 | grande, bien adherida a la pulpa | 60.28 16.07 23.65 |

* Promedio de más de 200 frutas

** Proporciones de pulpa, cáscara y semilla respectivamente.

CUADRO 2
Plan de muestreo y remosiones de 7 y 12°C a la
temperatura de maduración (23°C)
para aguacate variedad Fuerte lote No. 2

| | | | | | |
|--------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| Control 23°C | 1 | 1-1 | 1-2 | 1-3 | 1-4 |
| | 4-10-73 | 8-10-73 | 11-10-73 | 15-10-73 | 18-10-73 |
| | 0 días | 5 días | 8 días | 12 días | 15 días |
| 12°C | Remociones a 23° | | | | |
| | J* | J-1** | J-2 | J-3 | J-4 |
| | 11-10-73 | 15-10-73 | 18-10-73 | 2-10-73 | 26-10-73 |
| | 8 días | 12 días | 15 días | 19 días | 23 días |
| | K | K-1 | K-2 | K-3 | K-4 |
| | 18-10-73 | 26-10-73 | 29-10-73 | 2-11-73 | 6-11-73 |
| | 15 días | 23 días | 26 días | 30 días | 34 días |
| | L | L-1 | L-2 | L-3 | L-4 |
| | 26-10-73 | 31-10-73 | 5-11-73 | 9-11-73 | 13-11-73 |
| | 23 días | 28 días | 33 días | 37 días | 41 días |
| | M | M-1 | M-2 | M-3 | M-4 |
| | 2-11-73 | 7-11-73 | 12-11-73 | 16-11-73 | 20-11-73 |
| | 30 días | 35 días | 40 días | 44 días | 48 días |
| 7°C | Remociones a 23° | | | | |
| | N | N-1 | N-2 | N-3 | N-4 |
| | 11-10-73 | 15-10-73 | 18-10-73 | 22-10-73 | 26-10-73 |
| | 8 días | 12 días | 15 días | 19 días | 23 días |
| | O | O-1 | O-2 | O-3 | O-4 |
| | 18-10-73 | 24-10-73 | 29-10-73 | 2-11-73 | 6-11-73 |
| | 15 días | 21 días | 26 días | 30 días | 34 días |
| | P | P-1 | P-2 | P-3 | P-4 |
| | 26-10-73 | 31-10-73 | 5-11-73 | 9-11-73 | 13-11-73 |
| | 23 días | 28 días | 33 días | 37 días | 41 días |
| | Q | Q-1 | Q-2 | Q-3 | Q-4 |
| | 2-11-73 | 7-11-73 | 12-11-73 | 16-11-73 | 20-11-73 |
| | 30 días | 35 días | 40 días | 44 días | 48 días |
| | R | R-1 | R-2 | | |
| | 9-11-73 | 16-11-73 | 23-11-73 | | |
| | 37 días | 44 días | 51 días | | |

* Letras sin numeral indica la permanencia a la temperatura dada

** Letra con numeral indica tiempo de permanencia a determinada temperatura más tiempo a la temperatura control.

CUADRO No. 3
COMPORTAMIENTO DE LAS DIFERENTES VARIEDADES
ESTUDIADAS A LA TEMPERATURA CONTROL
DE 23°C (\pm *1°) EN FRUTAS VERDES Y
MADURAS

| Variedad | Tiempo de maduración, días | o/o de Aceites (BH) | | o/o Azucares Totales | | o/o Humedad | | Acidez G o/o Acido Oléico | | Fibra Cruda | |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|------------------|----------------------|------|-------------|-------|------------------------------|------|-------------|------|
| | | verd. | mad. | Verd. | mad. | verd. | mad. | verd. | mad. | verd. | mad. |
| HASS | 15 | 16.81 (63.73) | 17.07 64.74)* | 0.85 | 1.95 | 77.90 | 76.81 | 0.78 | 0.39 | 2.45 | 2.84 |
| AZTEC | 8 | 7.7 (40.0) | 8.44 43.84) | 1.96 | 2.41 | 80.75 | 79.48 | 1.12 | 1.08 | 2.54 | 2.83 |
| FUERTE | 11 | 12.26 (56.74) | 13.97 64.68) | 1.13 | 1.50 | 78.40 | 77.36 | 0.96 | 0.58 | 2.61 | 2.74 |
| a) Lote No. 1 Magdalena M.A. | 8 | 10.27 (48.11) | 11.98 56.16) | 1.78 | 1.92 | 78.65 | 77.15 | 0.91 | 0.85 | 2.70 | 2.87 |
| b) Lote No. 2 Sn. Miguel Dueñas | | | | | | | | | | | |
| GUATENCA 1 | 7 | 10.52 (49.06) | 12.5 58.37) | 2.21 | 2.96 | 79.31 | 78.56 | 0.62 | 0.53 | 2.69 | 3.26 |

* Base seca

CUADRO 4

CAMBIOS DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE CADA VARIEDAD AL TIEMPO OPTIMO DE ALMACENAMIENTO A 12°C Y SU MADURACION A TEMPERATURA CONTROL

| Variedad | Tiempo de almacenamiento | | o/o Aceite B.H. | | o/o Azúcares verd. | Totales mad. | o/o Humedad | | Acidez en Aceite (g o/o ácido oléico) | |
|-------------------------------------|--------------------------|----|-----------------|---------|--------------------|--------------|-------------|-------|---------------------------------------|------|
| | días | °C | verd. | mad. | | | verd. | mad. | verd. | mad. |
| HASS | 23 | 12 | 15.24 | 16.84 | 0.94 | 1.26 | 77.22 | 75.65 | 0.58 | 0.64 |
| | 25 | 23 | (57.61) | 63.65)* | | | | | | |
| AZTEC | 22 | 12 | 5.89 | 5.29 | 1.51 | 1.90 | 81.16 | 80.14 | — | — |
| | 4 | 23 | (29.97) | 27.48) | | | | | | |
| GUATENCA 1 | 10 | 12 | 9.79 | 12.11 | 2.74 | 3.5 | 81.46 | 81.44 | 0.15 | 0.47 |
| | 4 | 23 | (45.65) | 56.46) | | | | | | |
| FUERTE Lote San Miguel Dueñas | 8 | 12 | 9.80 | 13.91 | 1.54 | 1.48 | 79.29 | 78.25 | 2.23 | 0.41 |
| | 4 | 23 | (45.93) | 64.56) | | | | | | |

* Base seca

CUADRO No. 5
CAMBIOS DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE CADA VARIEDAD
AL TIEMPO OPTIMO DE ALMACENAMIENTO
A 7°C Y SU MADURACION A TEMPERATURA CONTROL

| Variedad | Tiempo de almacenamiento | o/o de Aceites B.H. | | o/o Azucares Tot. | | o/o Humedad | |
|---|--------------------------|---------------------|---------|-------------------|------|-------------|-------|
| | | verd. | mad. | verd. | mad. | verd. | mad. |
| HASS | 28 días a 7°C | 15.36 | 17.45 | 1.14 | 1.54 | 76.62 | 76.50 |
| | 5 días a 23°C | (58.94 | 65.96)* | | | | |
| AZTEC | 26 días a 7°C | 9.76 | 9.0 | 0.55 | 1.98 | 76.54 | 76.30 |
| | 6 días a 23°C | (50.68 | 49.86) | | | | |
| GUATENCA 1 | 21 días a 7°C | 9.74 | 10.50 | 2.98 | 3.04 | 79.14 | 78.59 |
| | 2 días a 23°C | (45.41 | 47.34) | | | | |
| FUERTE a) Lote de Madga- lena M. A. | 11 días a 7°C | 11.99 | 13.79 | 1.50 | 1.20 | 79.57 | 76.38 |
| | 8 días 23°C | (55.50 | 63.85) | | | | |
| b) Lote de San Mi- guel Dueñas | 8 días a 7°C | 9.80 | 14.00 | 1.76 | 1.25 | 78.77 | 78.30 |
| | 6 días a 23°C | (45.94 | 66.51) | | | | |

* Base seca

LISTA DE GRAFICAS

| Número | FIRMEZA | Variedad (Textura |
|--------|---------|----------------------|
| 1 | | Hass |
| 2 | | Azteca |
| 3 | | Fuerte lote 2 |
| 4 | | " lote 1 |
| 5 | | Guatenca 1 |

CARBOHIDRATOS TOTALES

| | | |
|---|--|---------------|
| 6 | | Hass |
| 7 | | Azteca |
| 8 | | Guatenca 1 |
| 9 | | Fuerte lote 1 |
| | | " lote 2 |

CONTENIDO DE ACEITE

| | | |
|----|-------------------------|---------------|
| 11 | | Hass |
| 12 | | Azteca |
| 13 | | Guatenca 1 |
| 14 | | Fuerte lote 2 |
| 15 | Acidez en el Aceite | |
| 16 | Fibra Cruda | |
| 17 | Intensidad Respiratoria | |

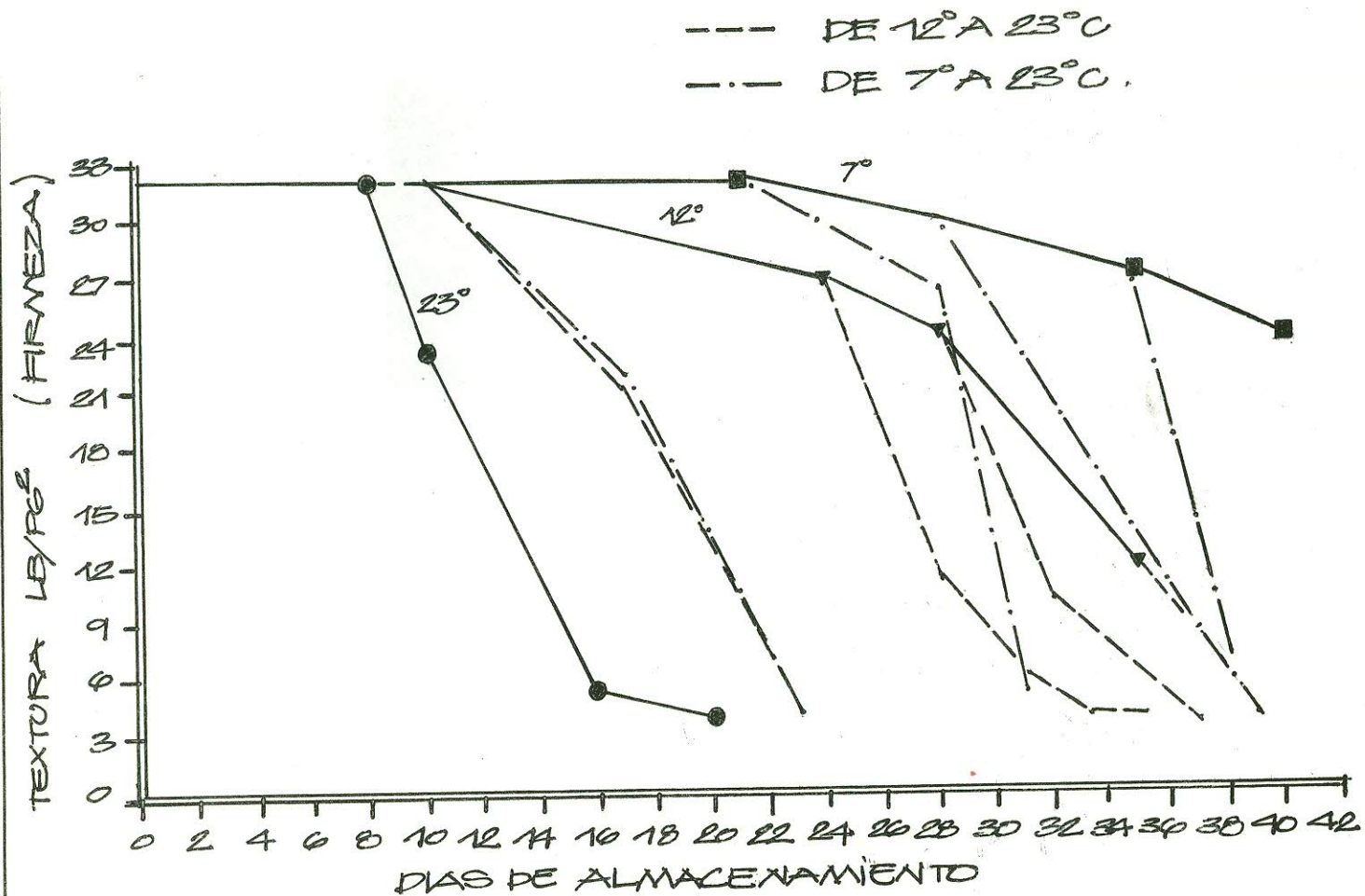
ETILENO ENDOGENO Y PATRON RESPIRATORIO

| | | |
|----|--|------------|
| 18 | | Hass |
| 19 | | Azteca |
| 20 | | Fuerte |
| 21 | | Guatenca 1 |

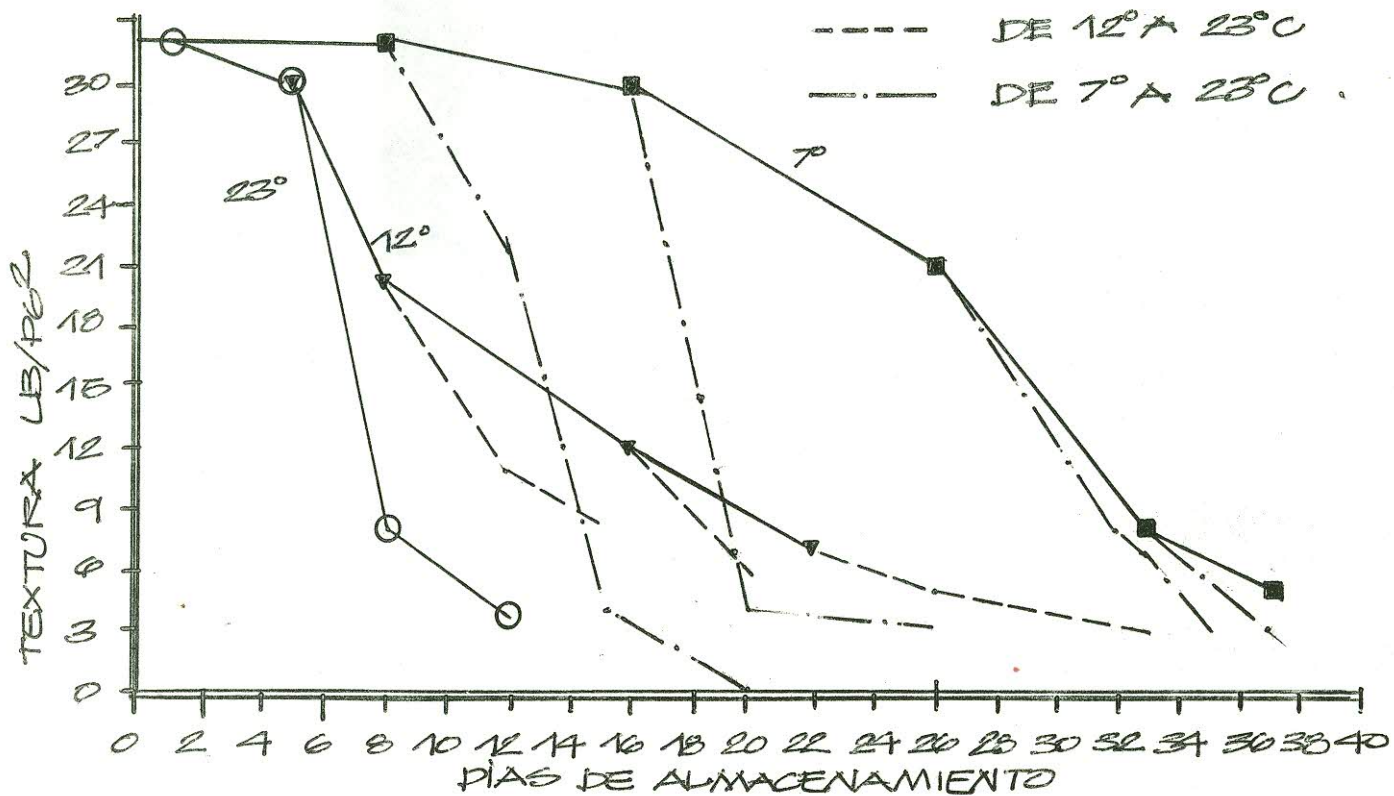
ESQUEMAS

- 1 A y B Cuarto de Refrigeración
- 2 Sistema de medición de la respiración por el método de Flujo Continuo.

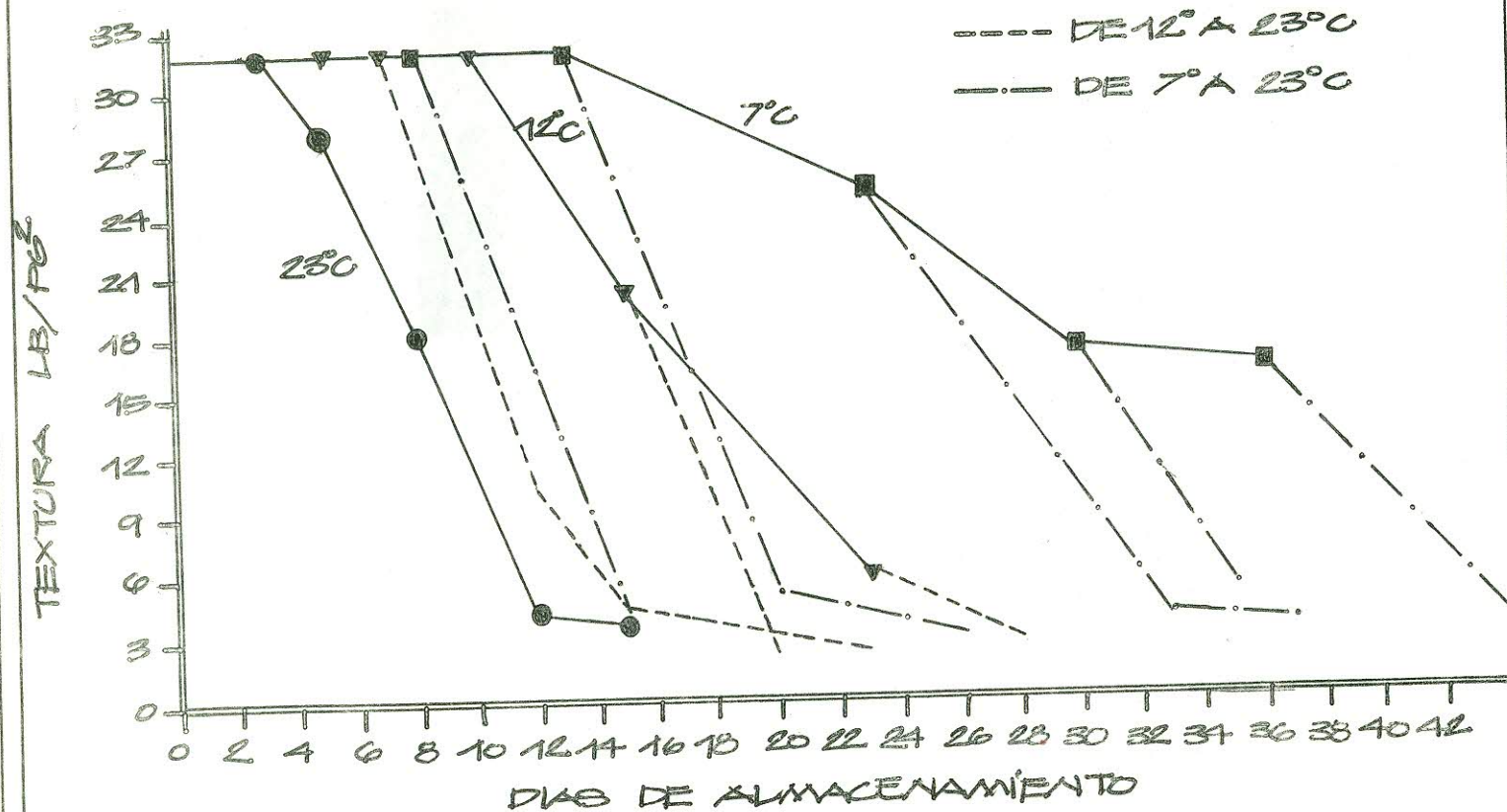
GRAFICA 1



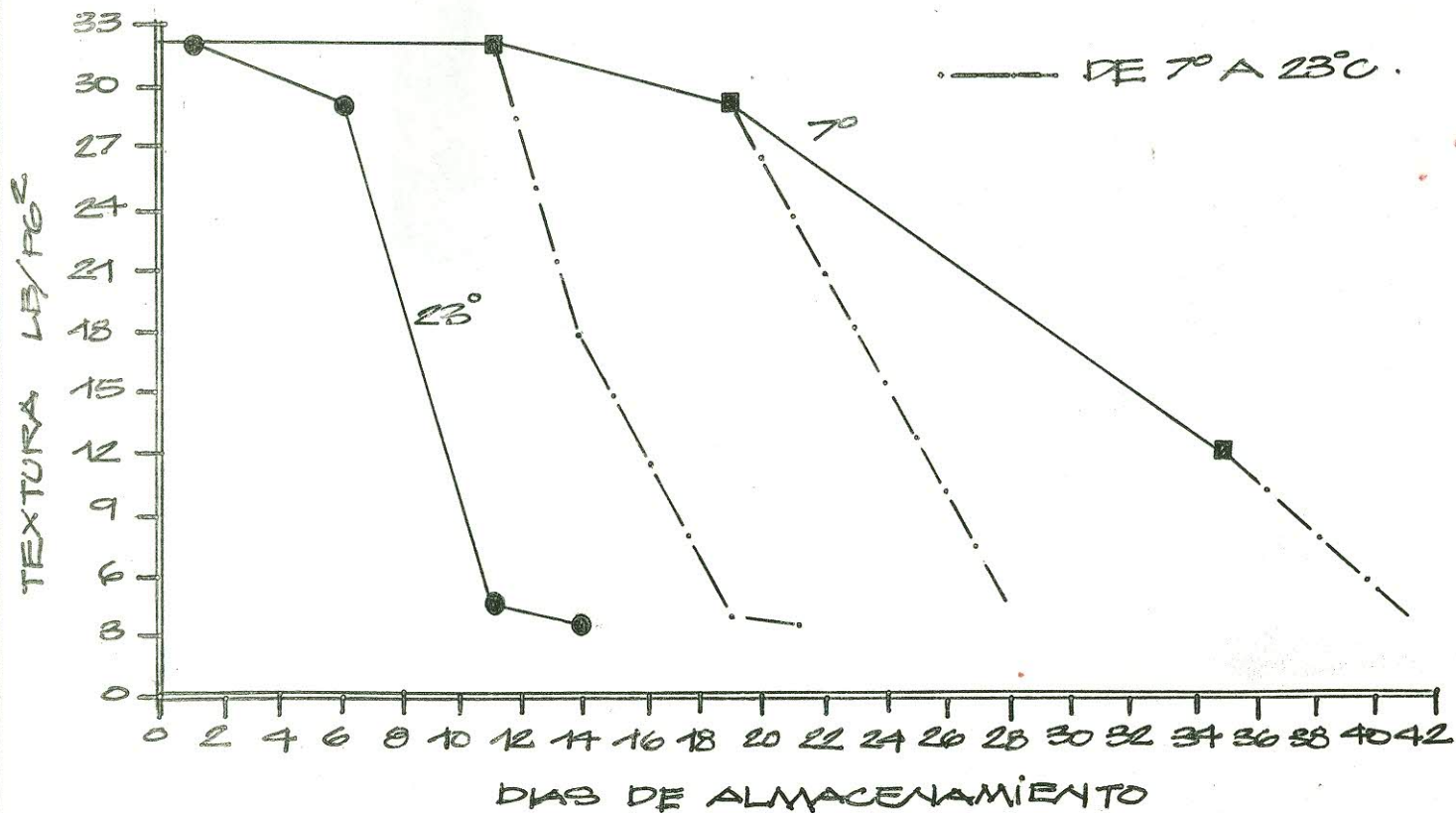
GRAFICA 2
AZTECA



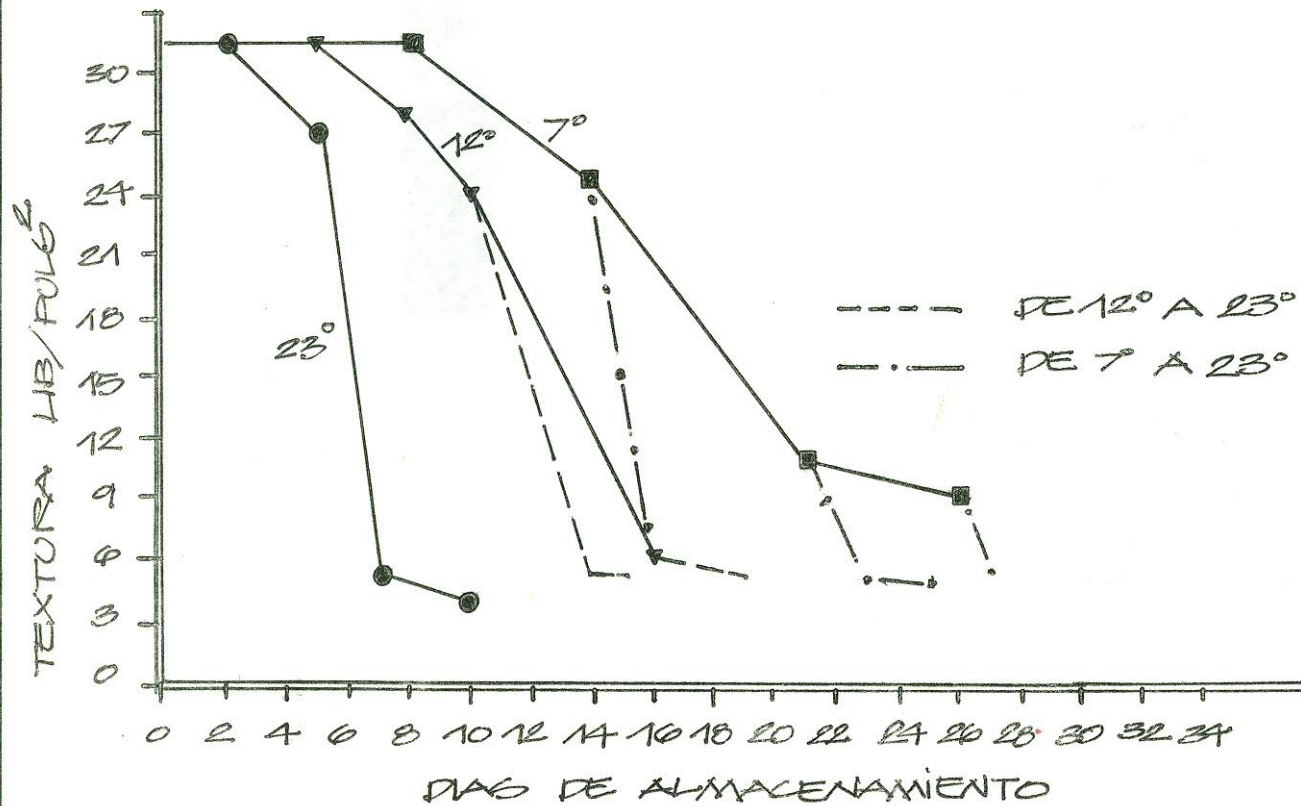
GRAFICA 3



GRAFICA 4

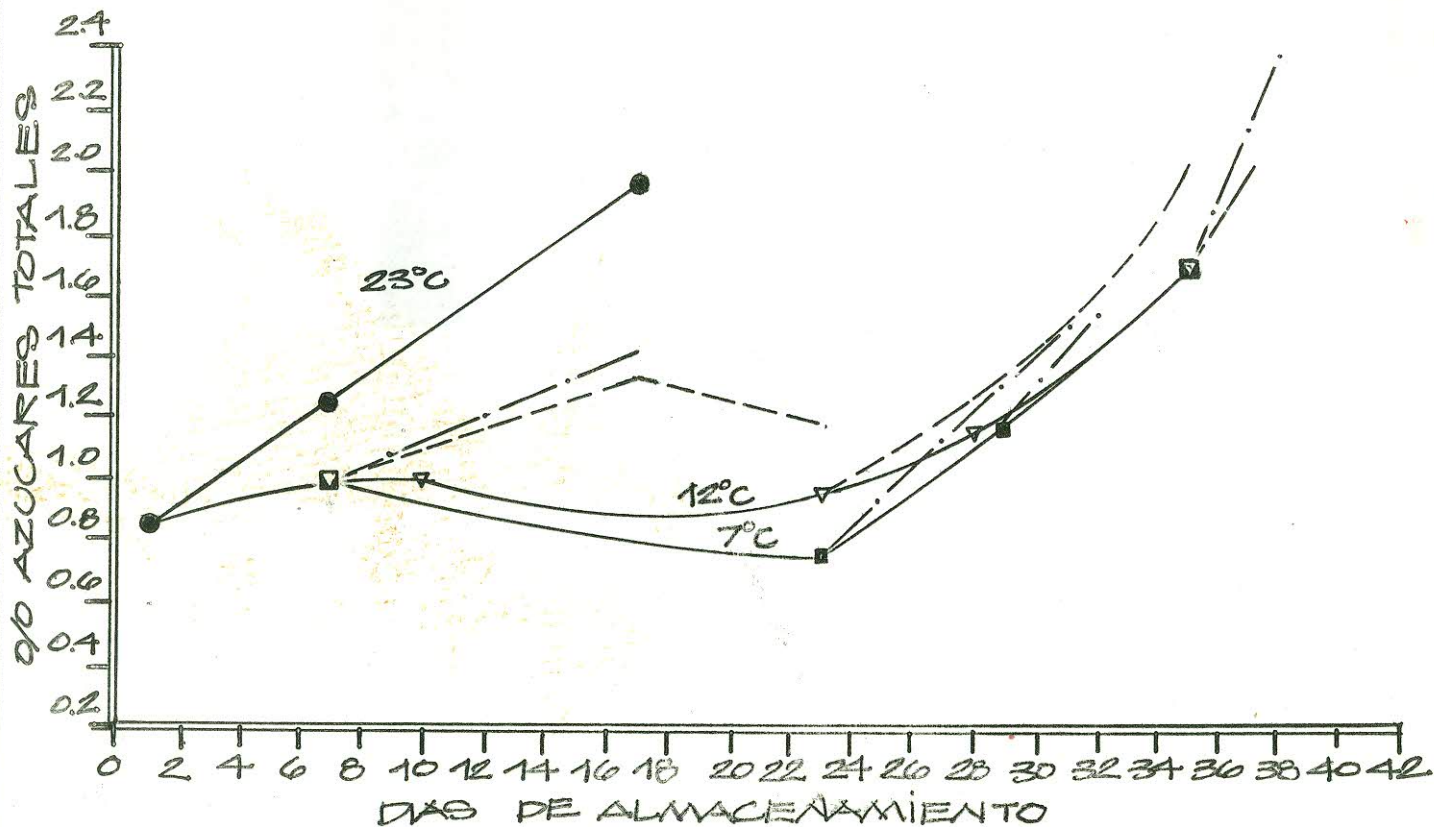


GRAFICA 5
GUATENCA 1

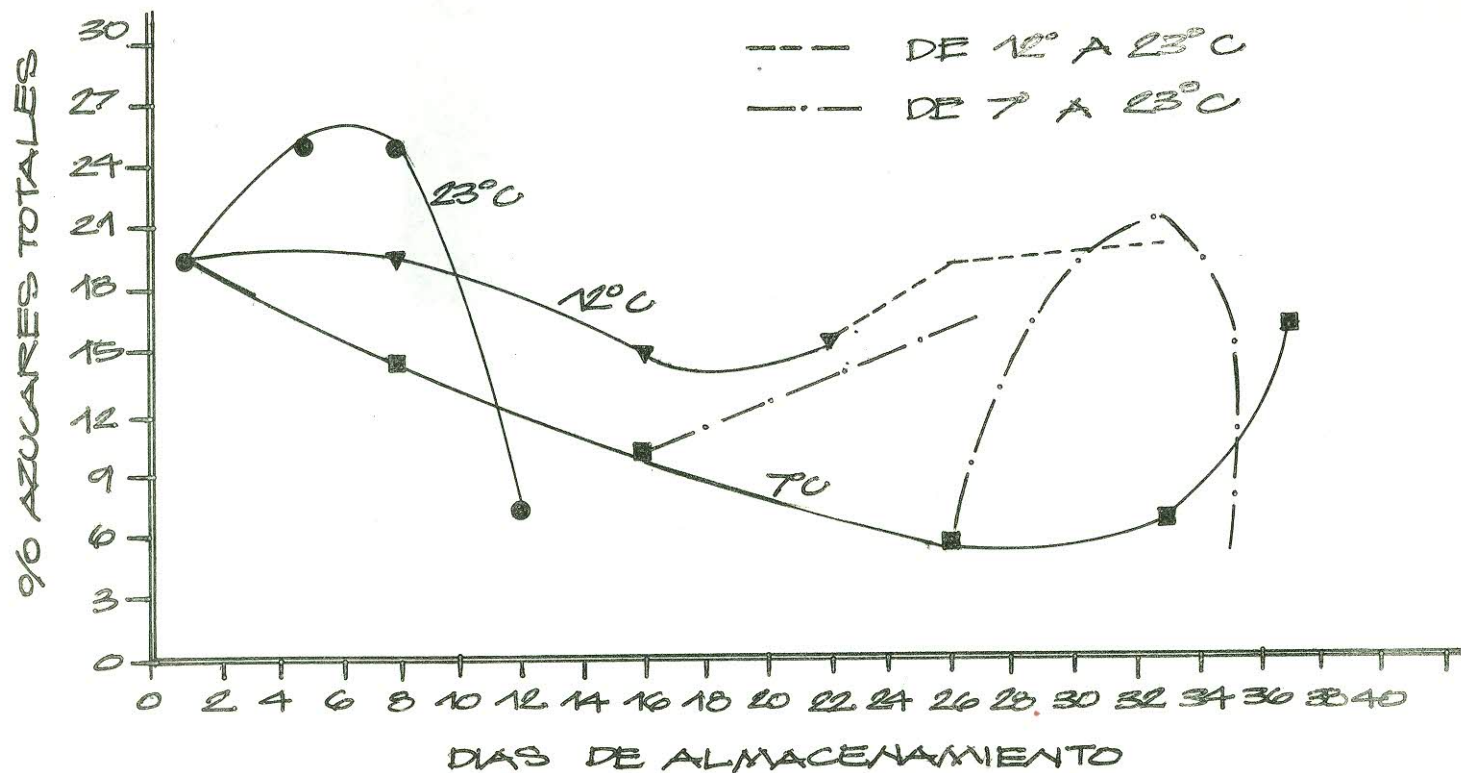


GRAFICA 6

--- DE 12° A 23°C
-.- DE 7 A 23°C.

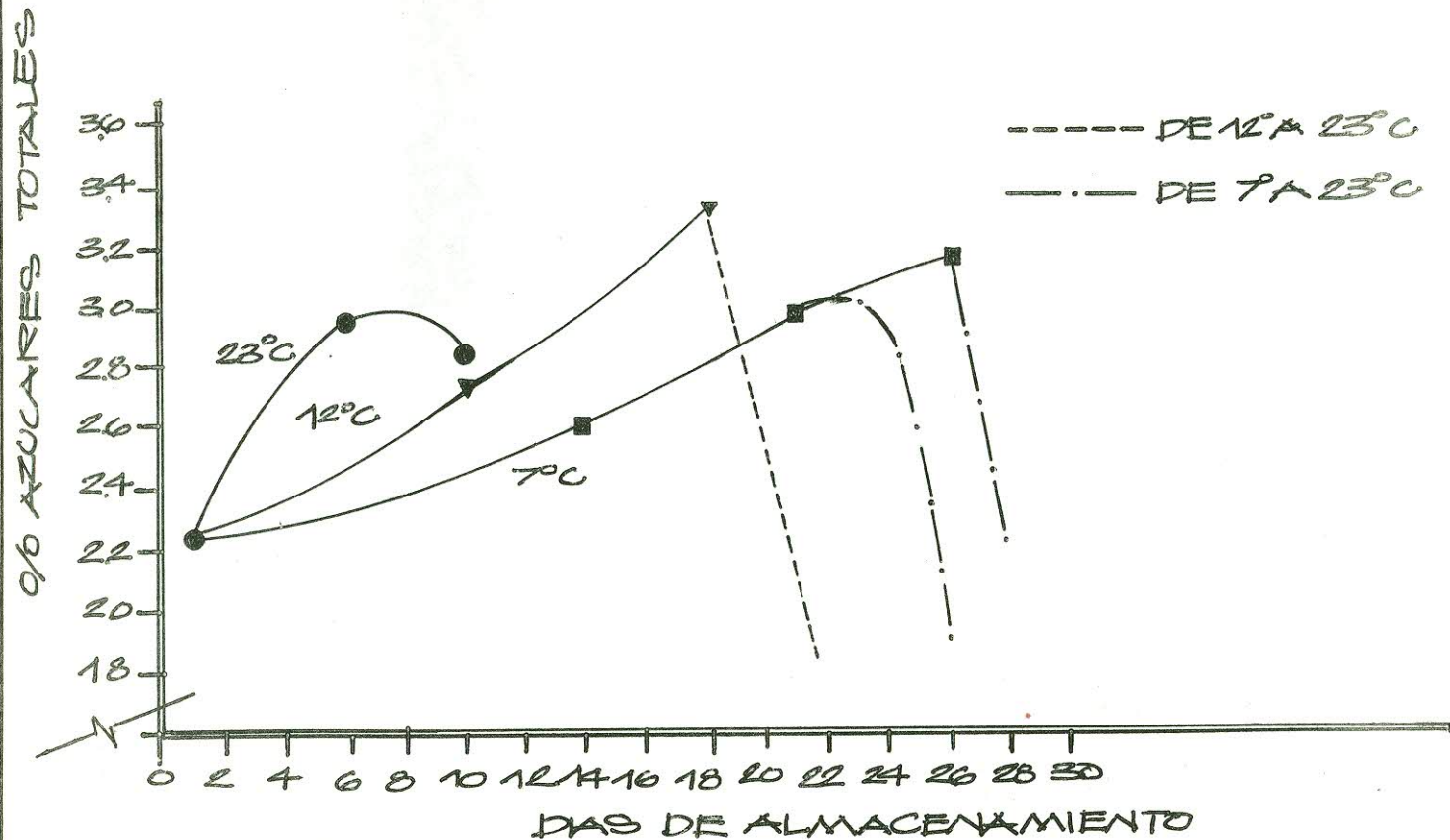


GRAFICA 7
AZTECA

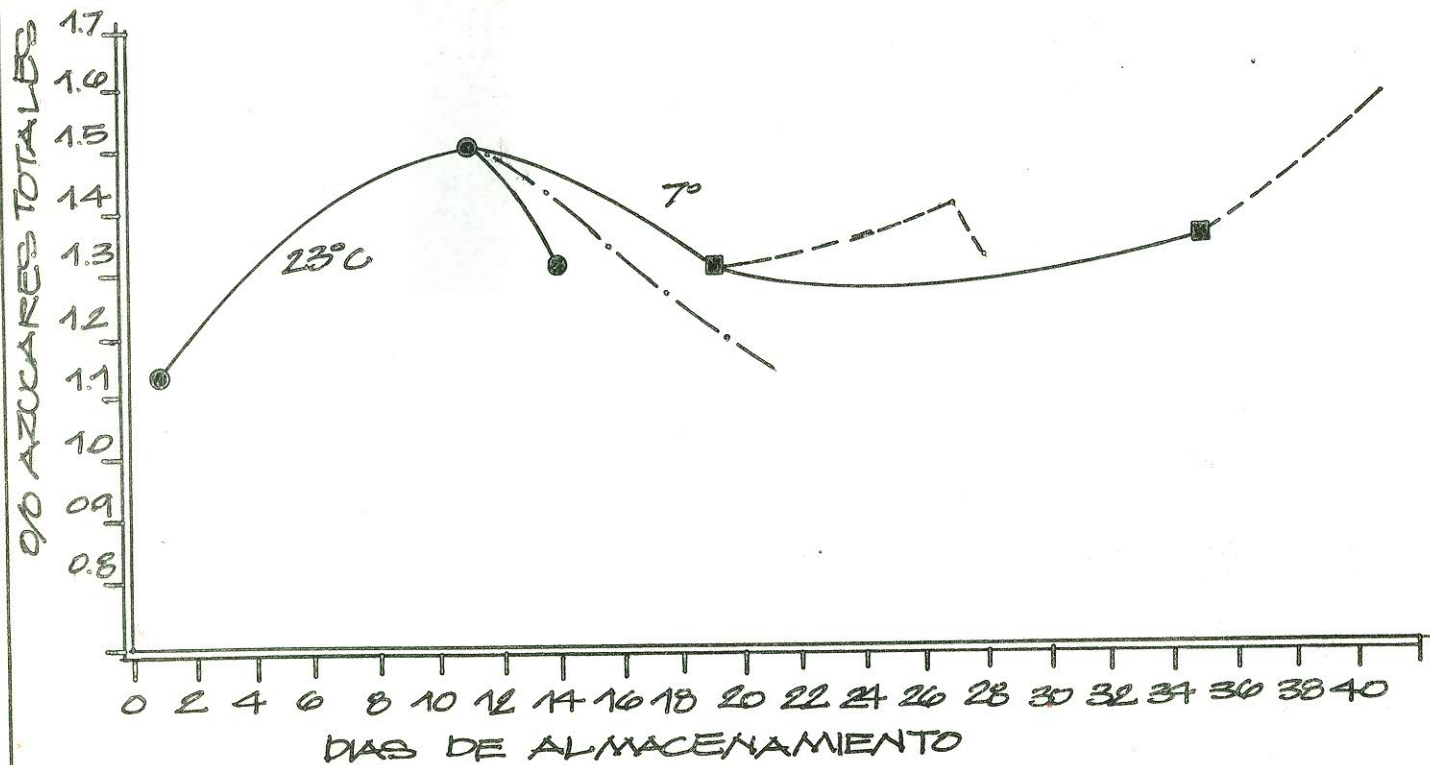


GRAFICA 8

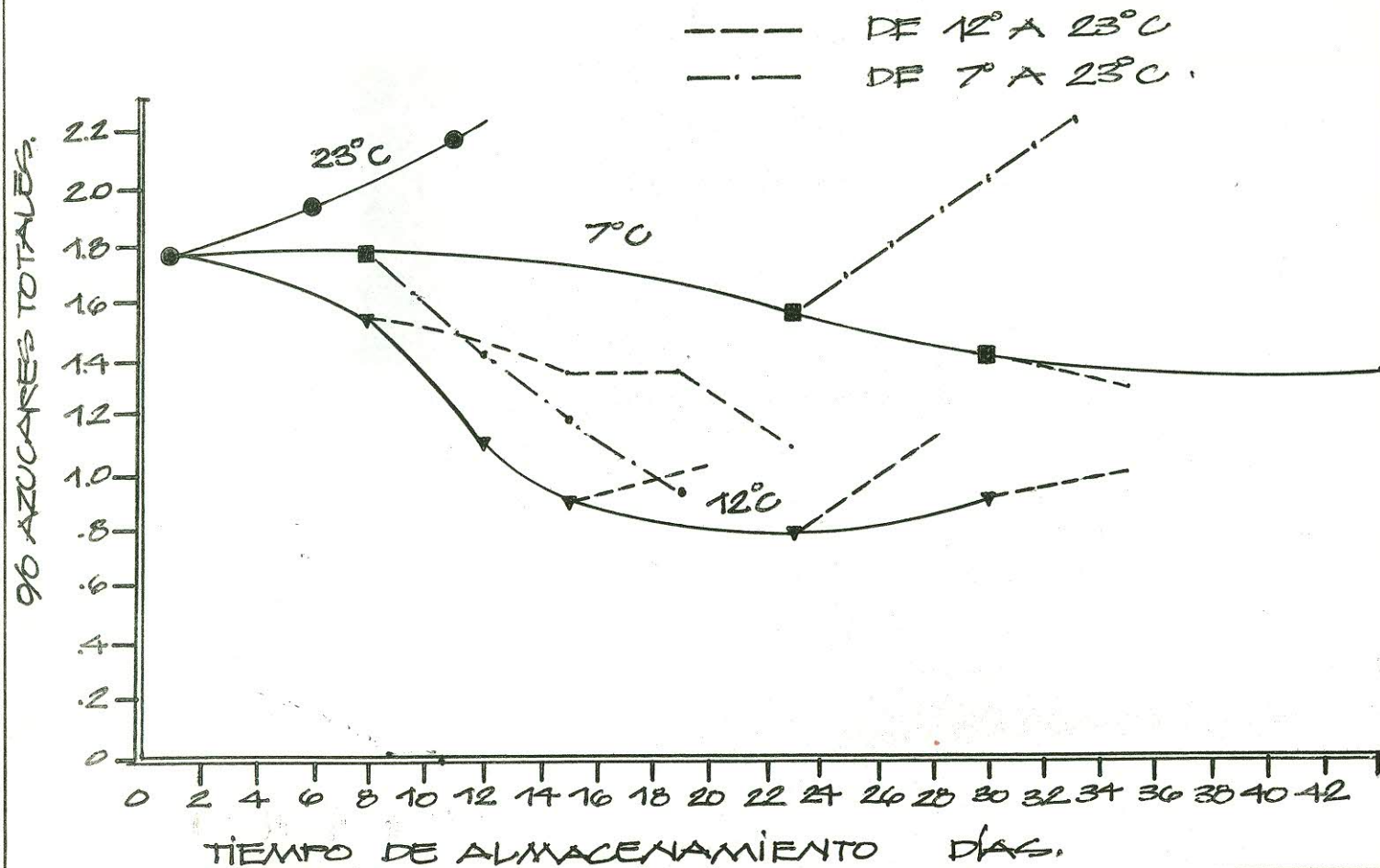
GUATENCA 1



GRAFICA 9



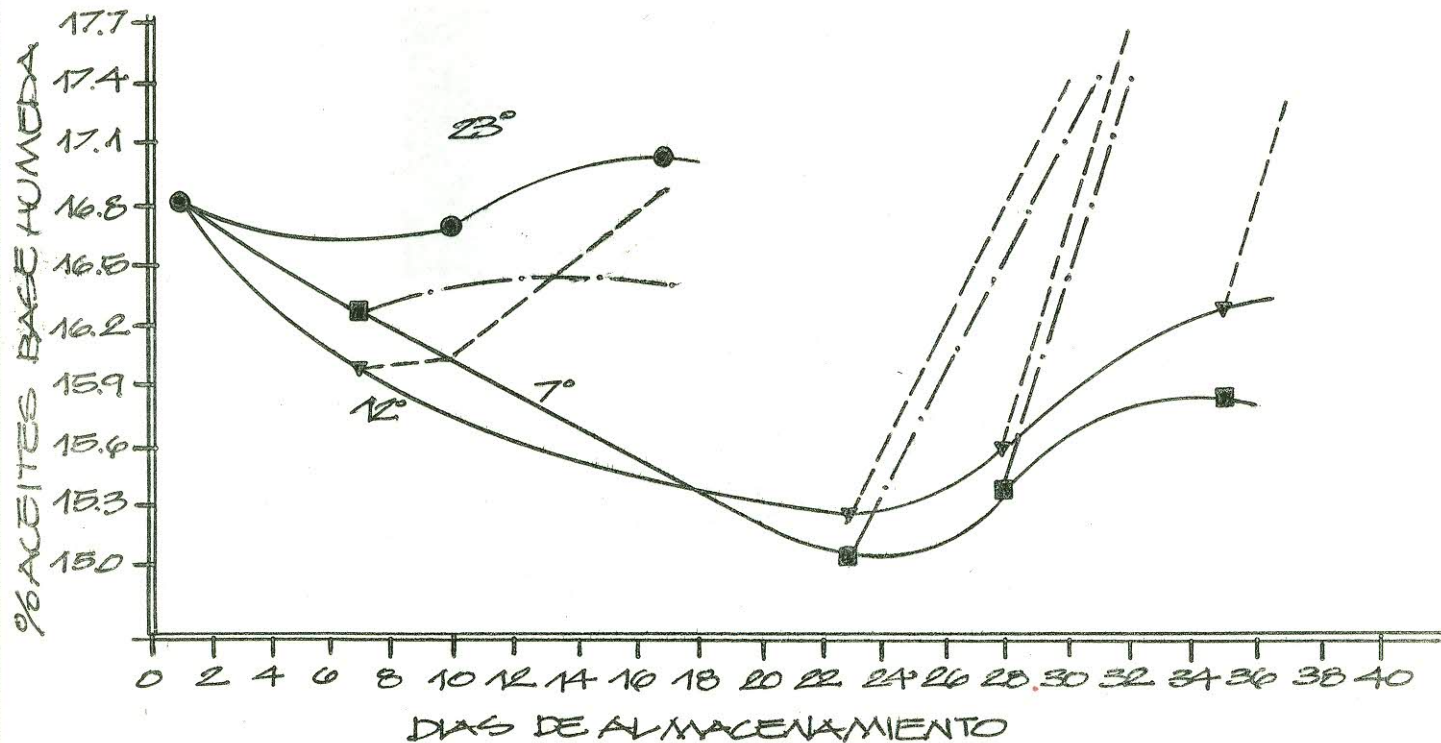
GRAFICA 10



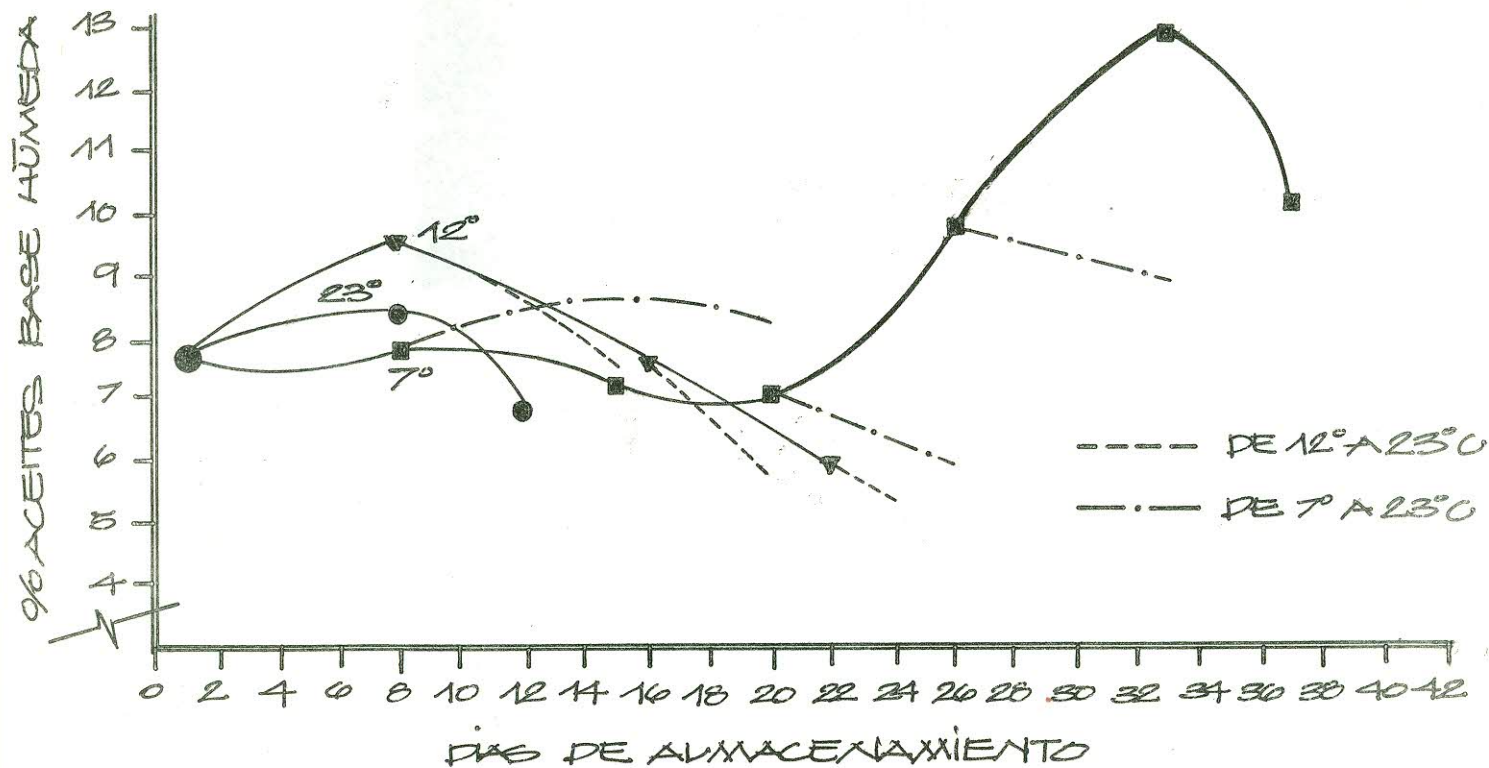
GRAFICA 11
HASS

--- DE 12° A 23°

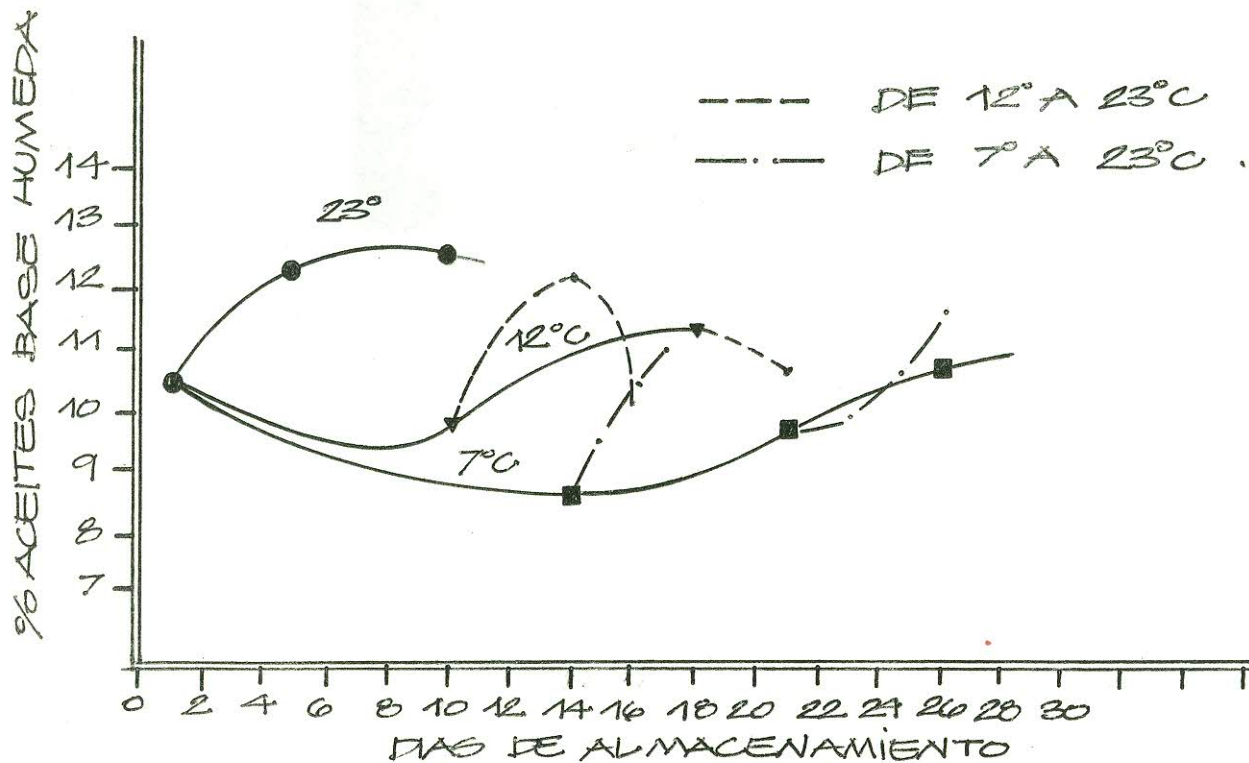
-.- DE 7° A 23°



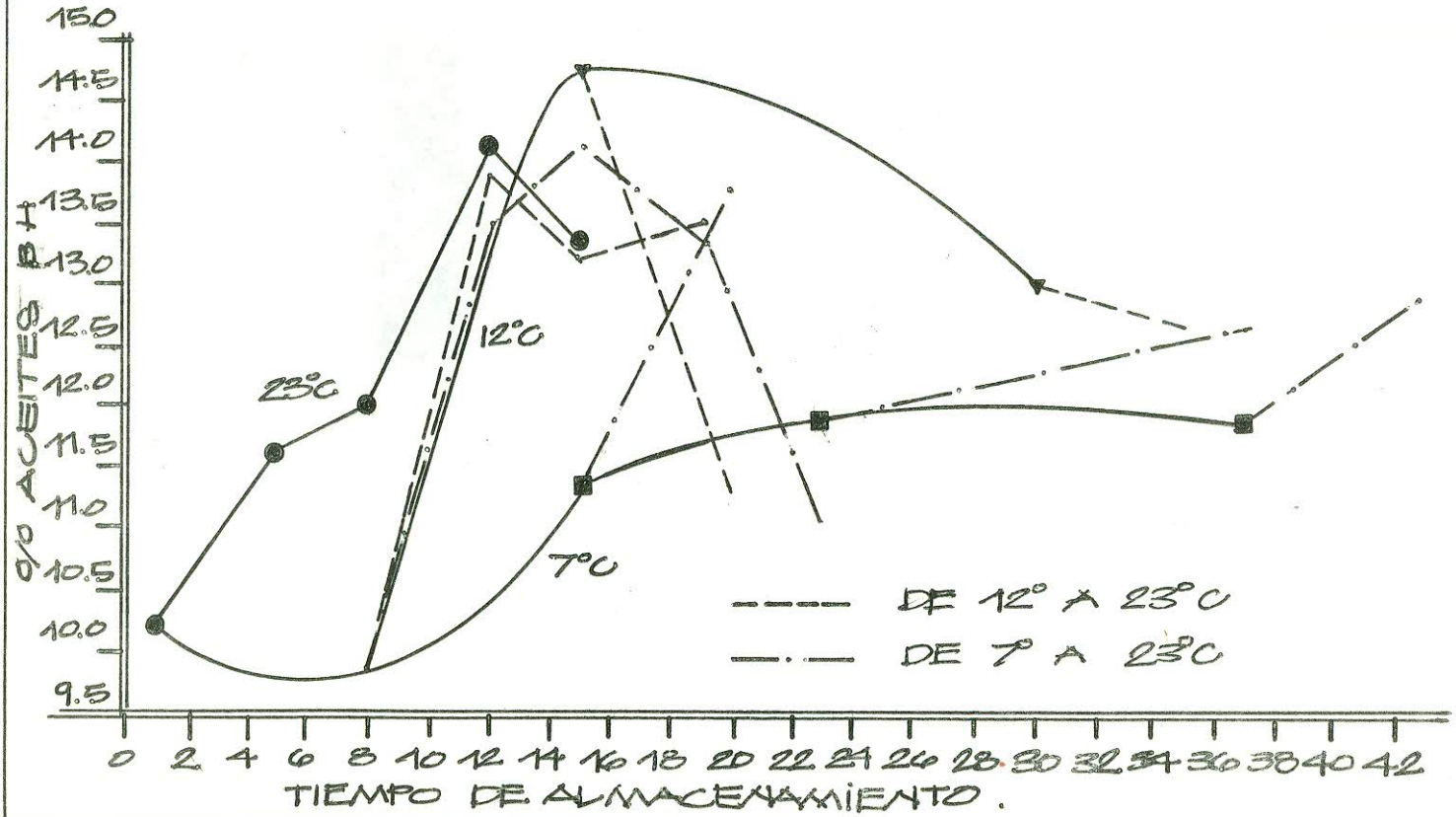
GRAFICA 12



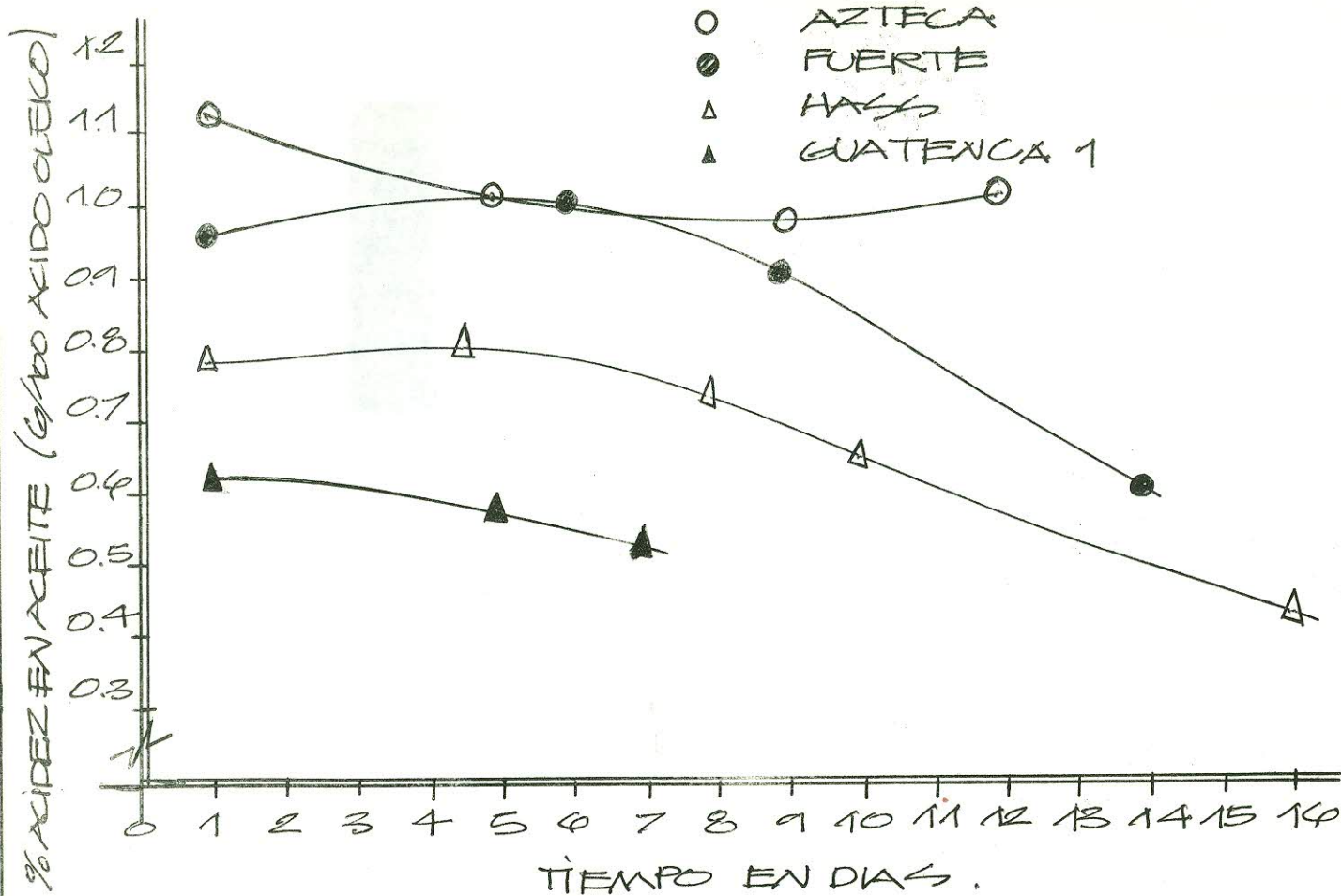
GRAFICA 13



GRAFICA 14

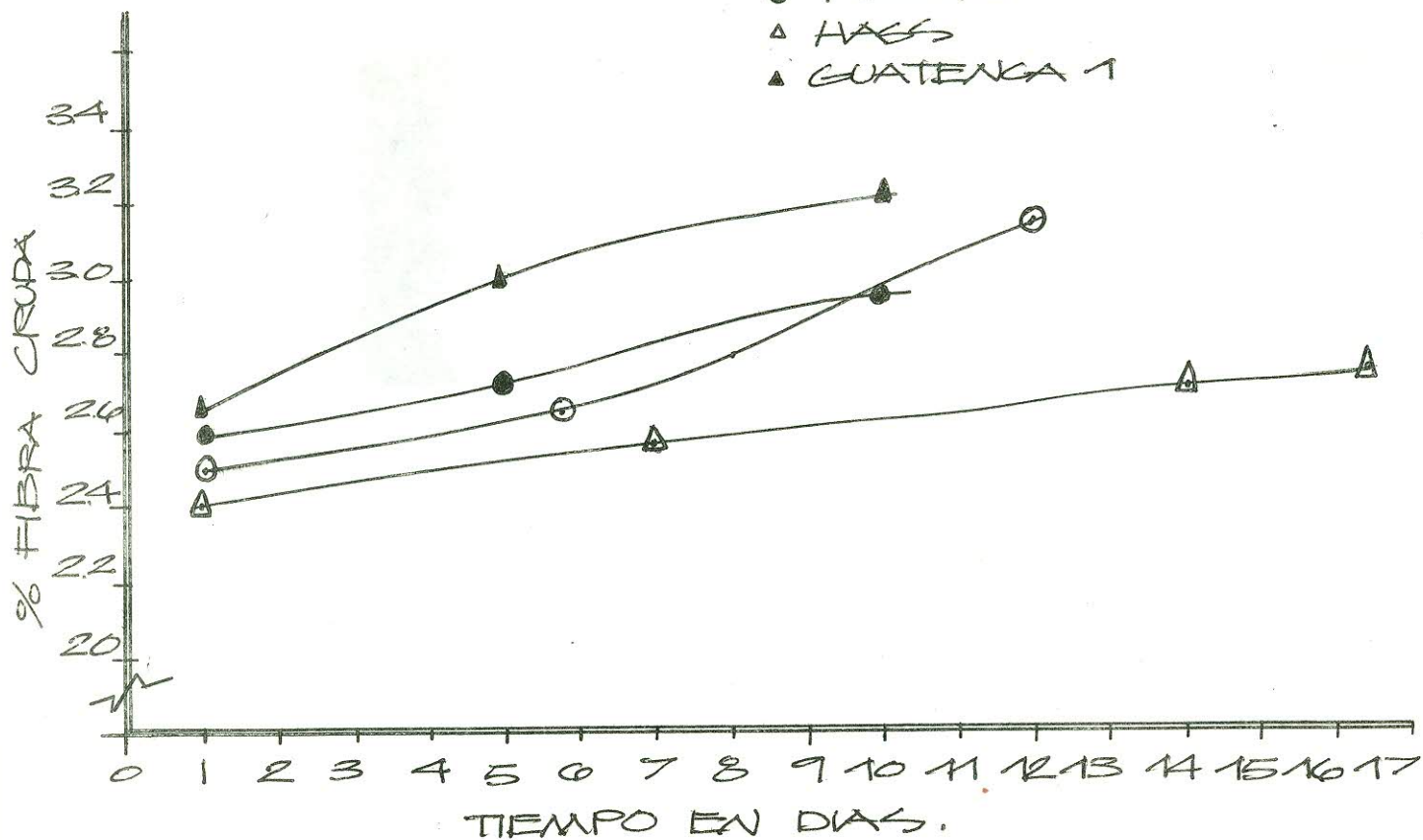


GRAFICA 15

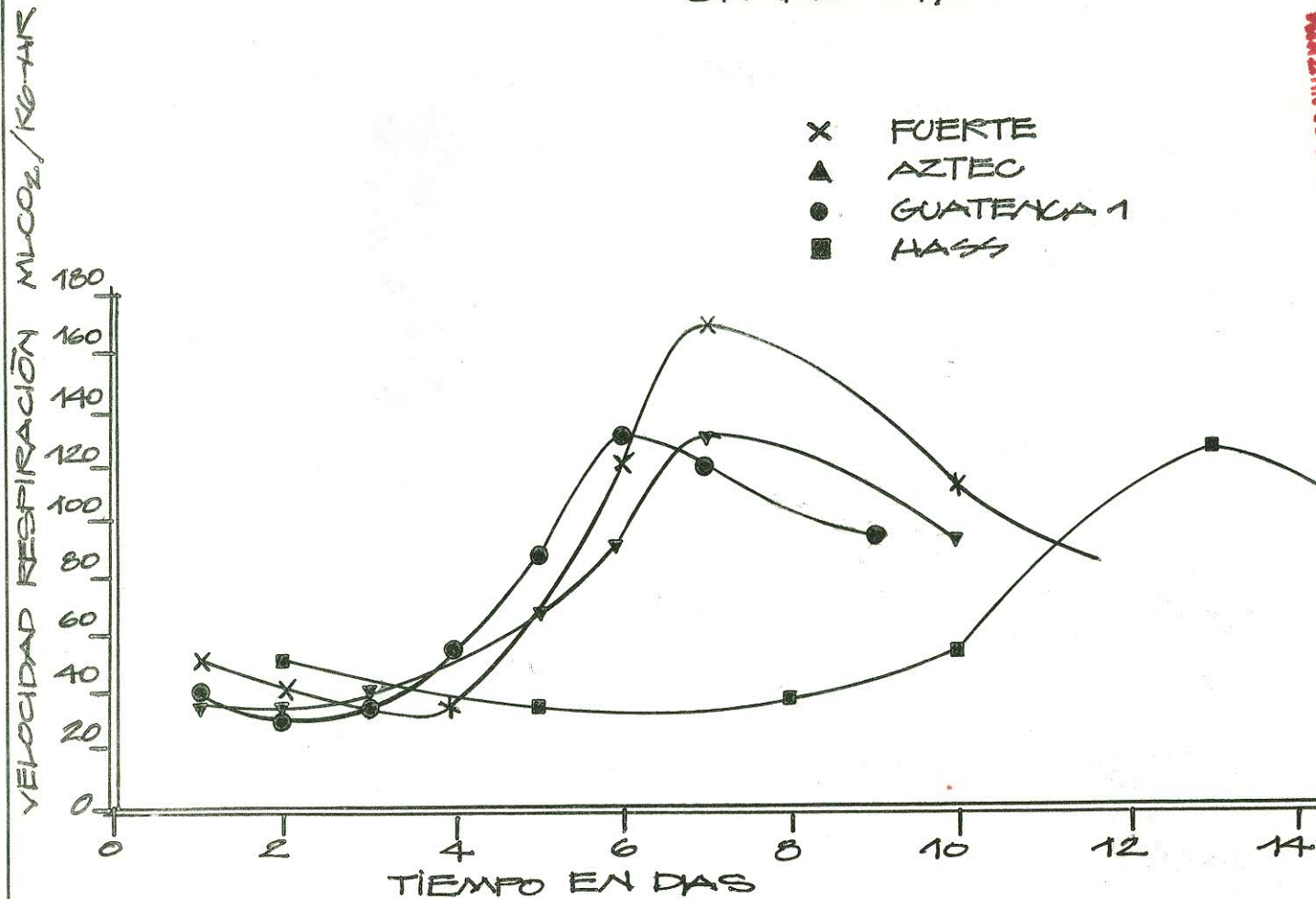


GRAFICA 10

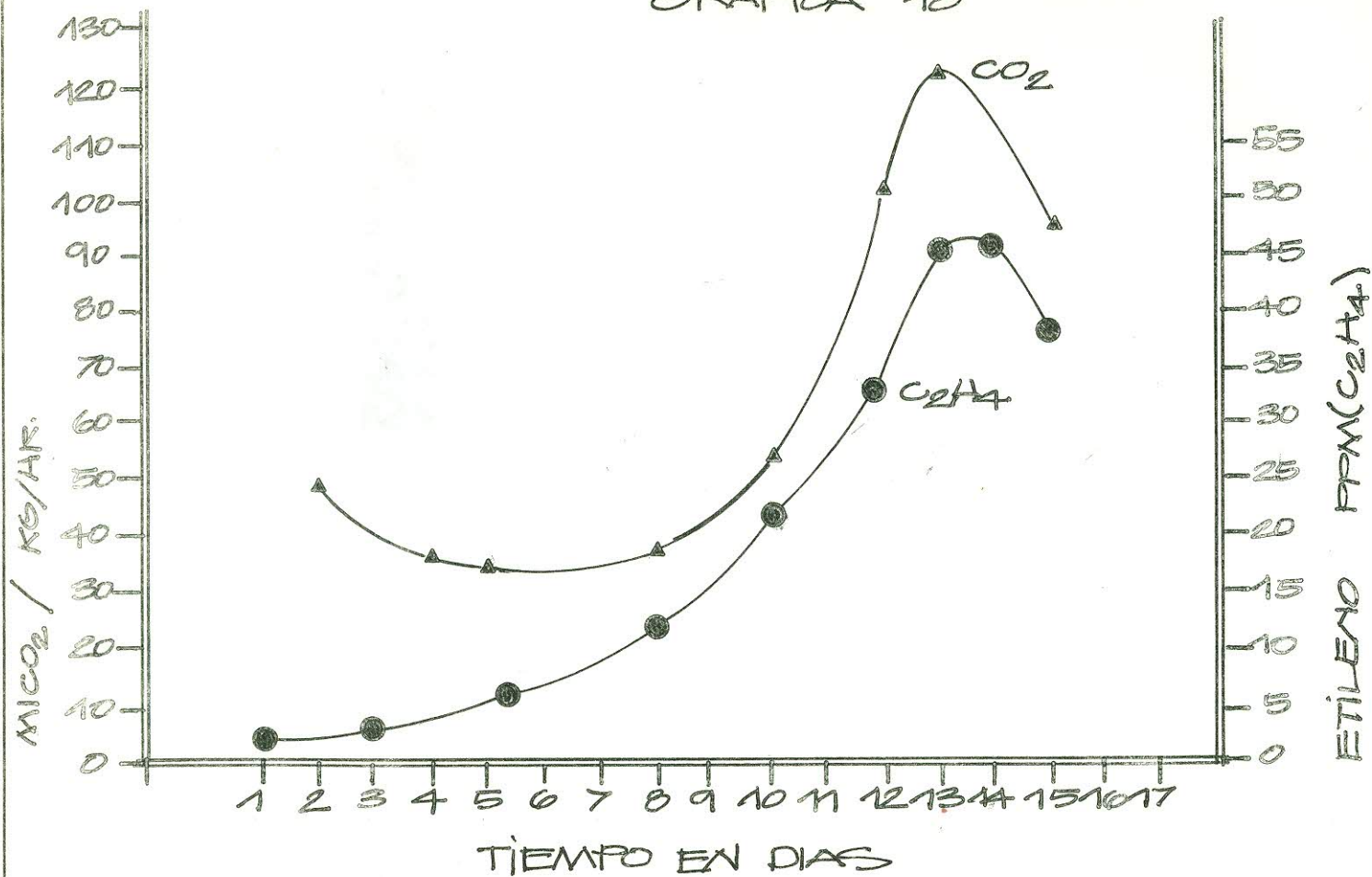
- AZTECA
- FUERTE
- △ HASS
- ▲ GUATEMCA 1



GRAFICA 17

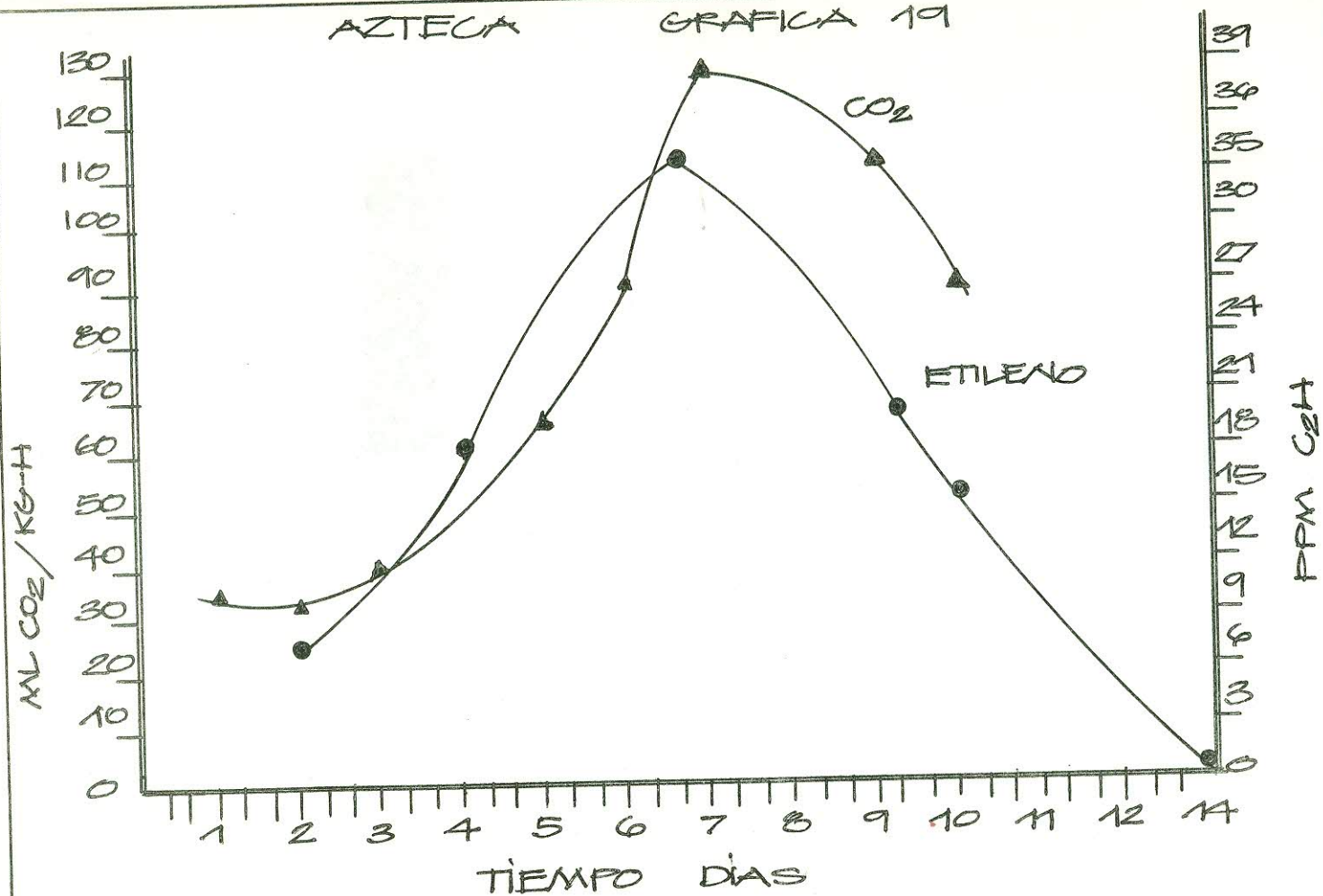


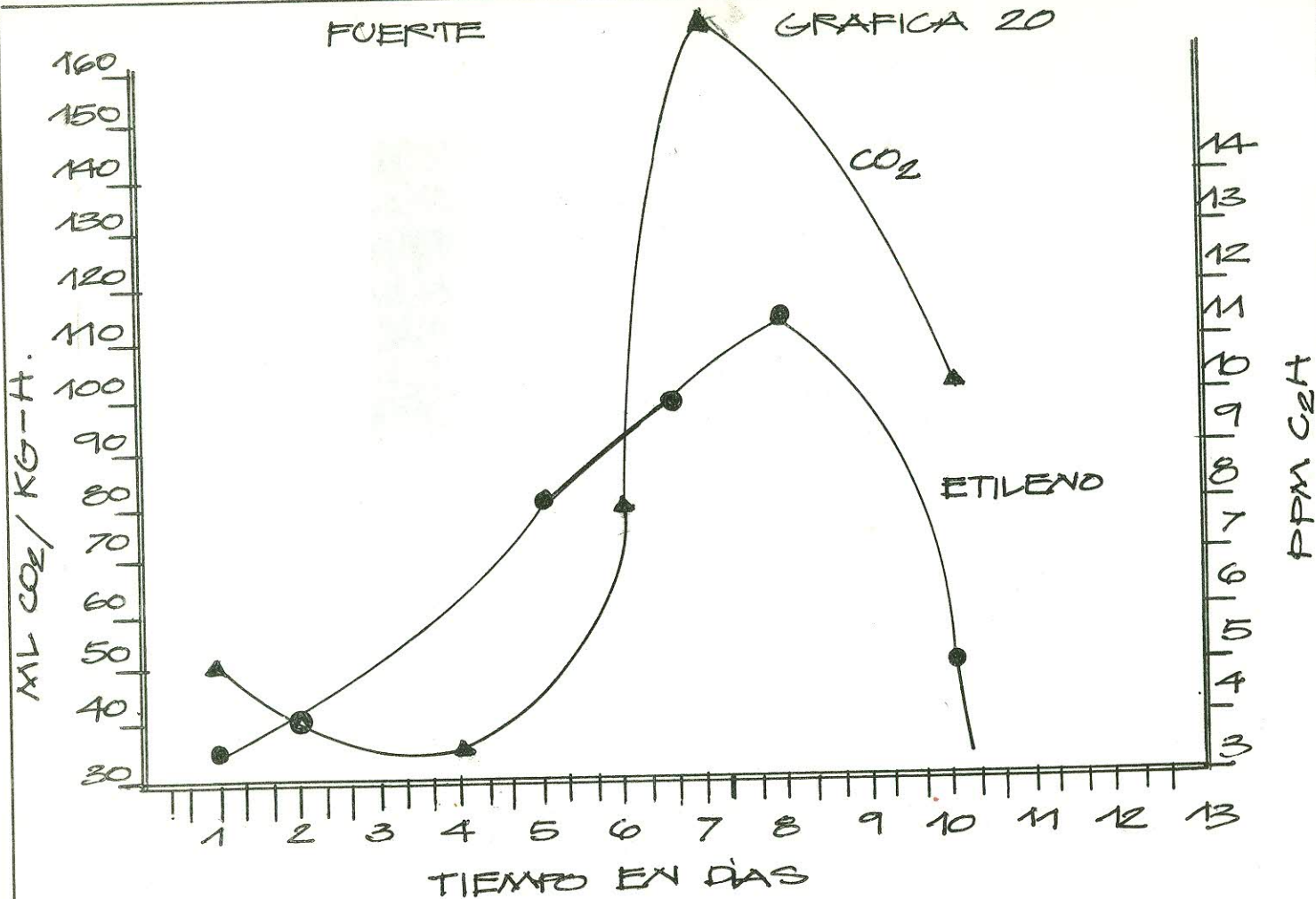
GRAFICA 18



AZTECA

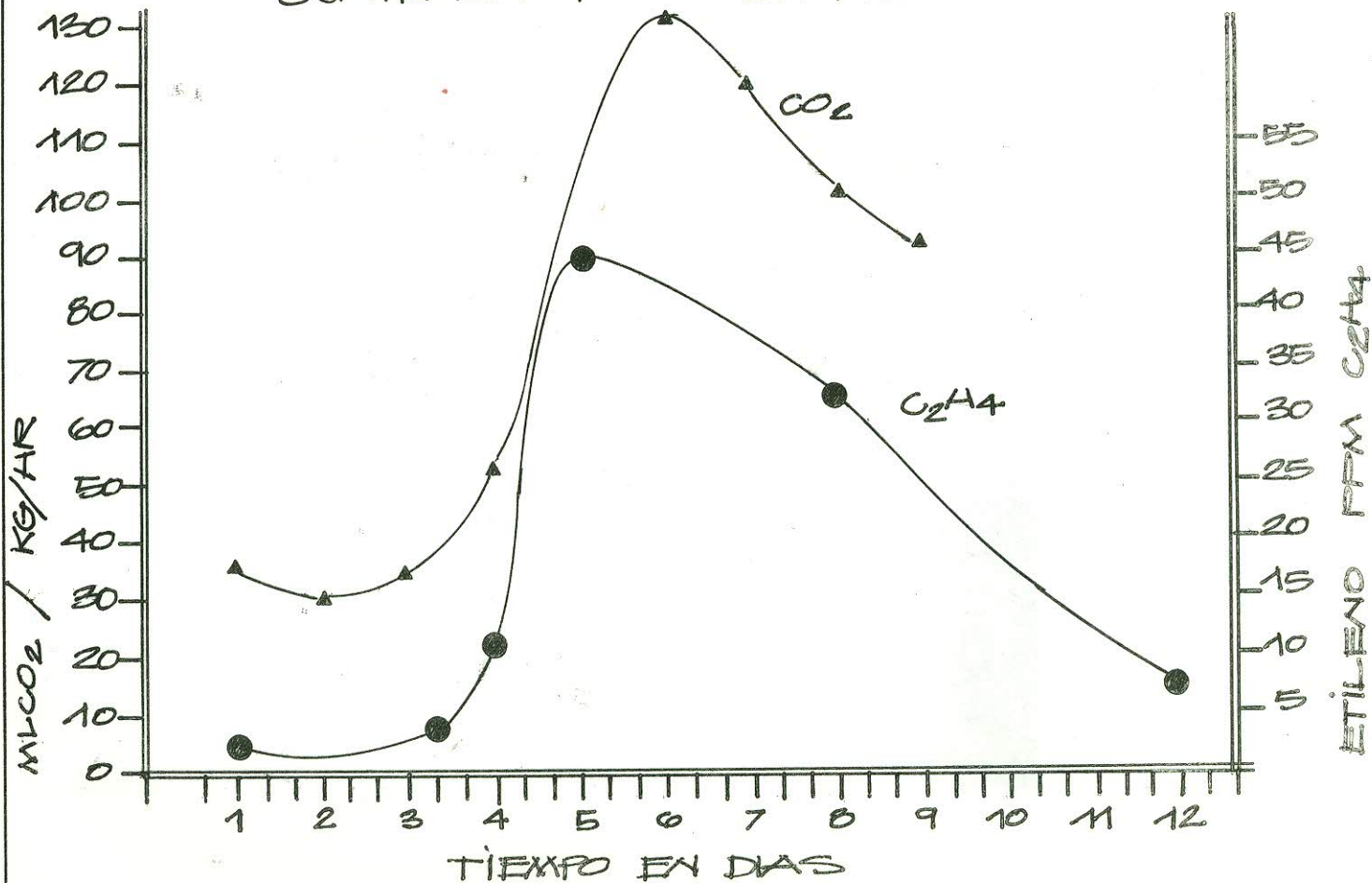
GRAFICA 19



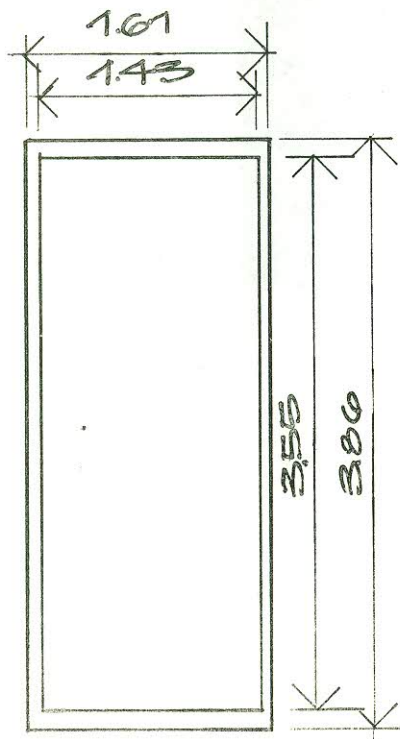


GUATEMCA 1

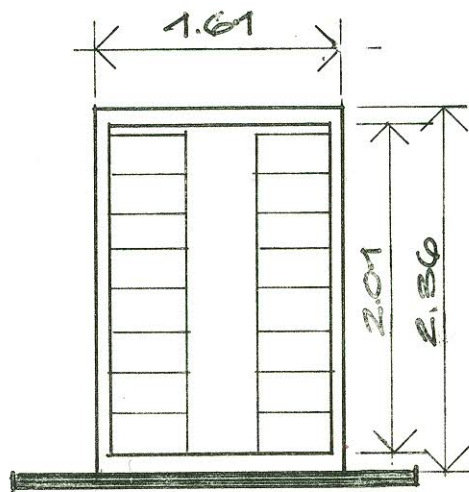
GRAFICA 21



ESQUEMA 1 A

CUARTO DE REFRIGERACIÓN
LAB-LINE INSTRUMENTS, INC.

PLANTA



SECCIÓN

NBO

ESQUEMA. 1 B

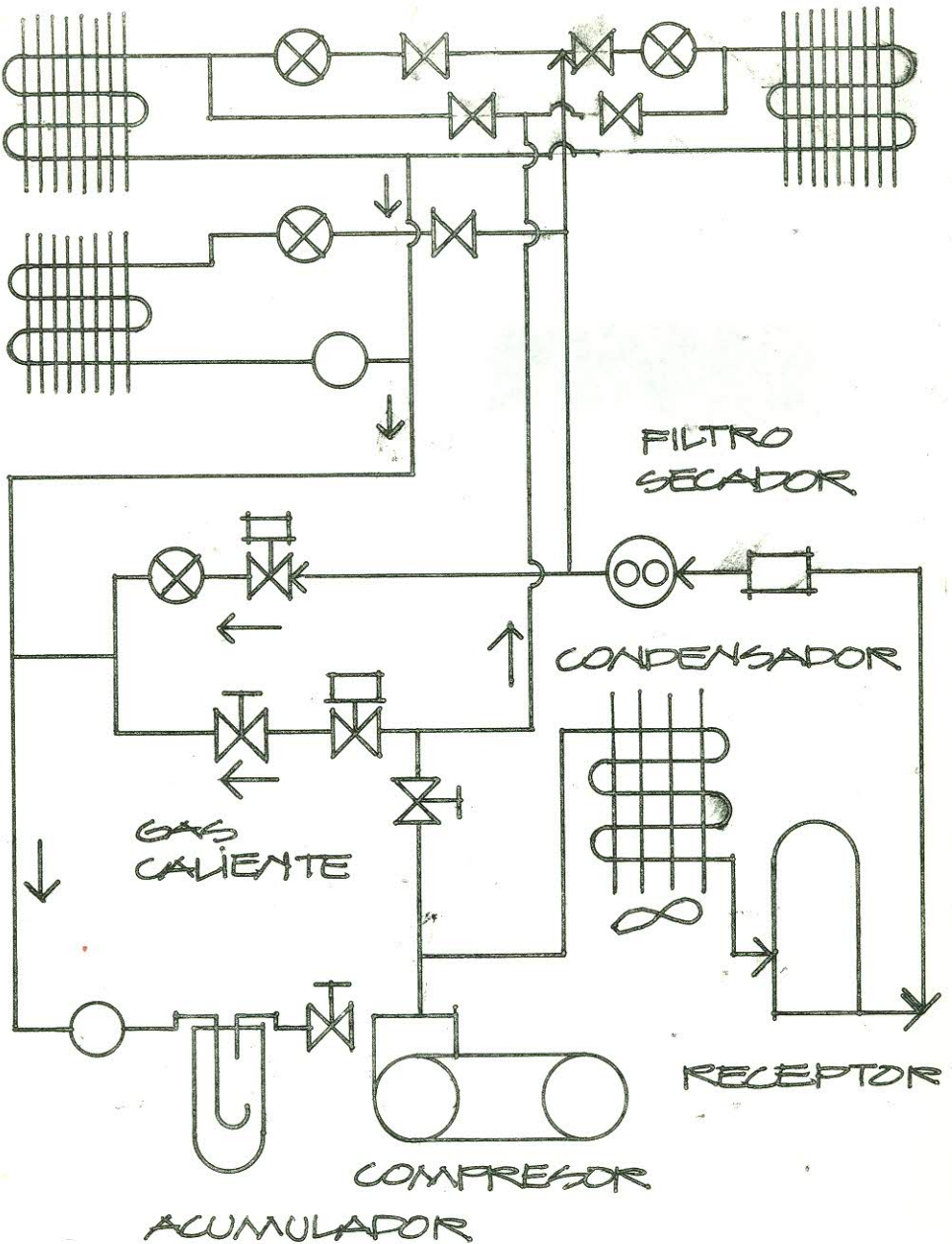
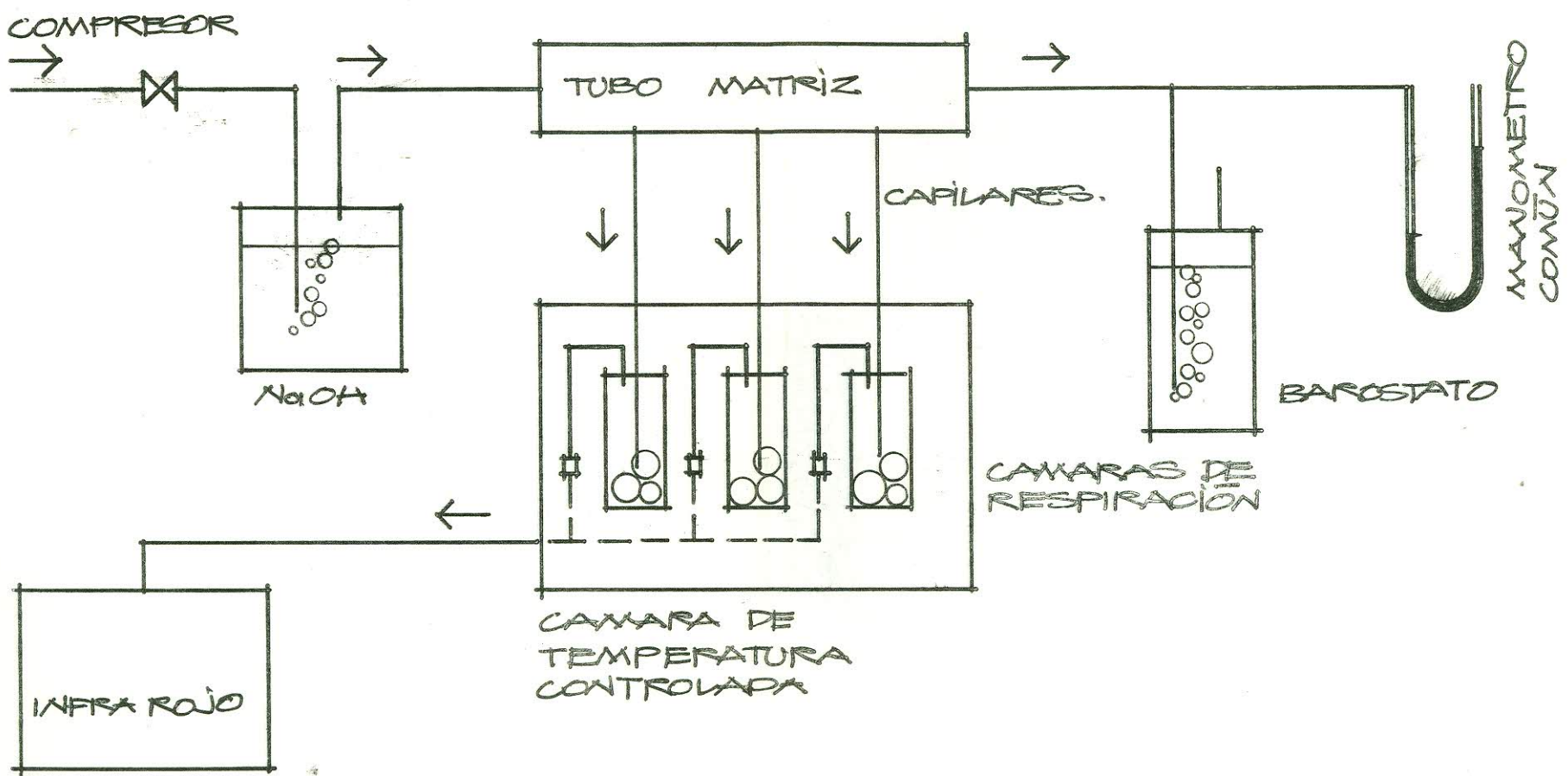


DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO
DEL CUARTO REFRIGERADO

ESQUEMA 2



ESQUEMA DEL SISTEMA DE MEDICION DE RESPIRACION POR EL METODO DE FLUJO CONTINUO

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Las bajas temperaturas son efectivas en la prolongación del período de maduración de las frutas, demostrando cada variedad un comportamiento diferente.

La variedad Hass resultó ser la mas interesante debido a sus características físico-químicas y de sabor, además presenta la mejor capacidad de almacenamiento en refrigeración.

La variedad Hass fue la que mayor tiempo de almacenamiento presentó a 12°C seguida por Azteca, Guatenca 1 y Fuerte. El mismo orden siguieron a 7°C pero el período de retraso fue superior que a 12°C, siendo éste de 24 días para la variedad Azteca, 18 días para Hass, 16 Guatenca 1 y 7 para Fuerte.

Si se piensa en exportación, la variedad Azteca, a pesar de comportarse de manera similar que la variedad Hass bajo condiciones de almacenamiento de 7°C, no resulta tan atractiva debido a que su calidad es inferior.

El cambio químico mas notorio fue el contenido de aceites, el cual siguió una tendencia creciente siendo mas definida a la temperatura control en donde se observó un incremento del 10/o para todas las variedades, presentando el máximo valor al madurar las frutas.

El ablandamiento fue el cambio físico mas importante, siendo característico para cada variedad y condición de almacenamiento.

La mejor temperatura de almacenamiento para las variedades estudiadas fue la de 7°C, siendo Hass y Azteca las que mayor tiempo permanecieron bajo ésta condición.

Existe un patrón definido en el apareamiento del climatérico, cuya intensidad es diferente en cada variedad dependiendo de la época de corte. EL tiempo de maduración de las frutas encontrado, concidió con el apareamiento del valor máximo de respiración bajo las mismas condiciones.

En la variedad Hass éste se notó a los 13 días, 8 días para Fuerte y Azteca, y 6 días para Guatenca 1.

Las mayores limitaciones durante el período de almacenamiento fueron los daños causados por la entracnosis, cuya infección se produjo en el campo haciéndose mas acentuado a medida que transcurrió el tiempo. Por los resultados obtenidos se puede decir que el éxito en la prolongación de la vida comercial de las frutas en el almacenamiento refrigerado, sea éste bajo una atmósfera natural o modificada, depende en gran parte de los cuidados que se haya tenido durante su desarrollo en el árbol.

Los síntomas de daño por frio que se notaron fueron los siguientes:

Obscurecimiento externo de la cáscara, fibras vasculares parduzcas, pulpa acuosa, y en general con mal olor.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. Abou-Asis, A.B.; Risk, A.N.; Hammaouda, F.N. and El-Tenahy, N.N. Seasonal Changes of Lipids and fatty acids in two varieties of avocado fruits. Food Science and Technology Al. vol. 6. (2). 1974.
2. Adato, J. and Gazit, S. Postharvest response of avocado fruits of different maturity to delayed ethylene treatments. En Plant Physiology 53: 899-902. 1974.
3. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 11th. Ed. Washington Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (W.F. Horwitz, ed.). 1971.
4. Official tentative methods of the American Oil Chemists Society. AOCS., 35th. Ed., Chicago, III. USA. 1969.
5. Bauer, A.H., Yang, S.F.; Pratt, H.K. and Biale, J.B. Ethylene Biosynthesis in Fruit tissues. Plant Physiology. 47: 696-699. 1971.
6. Ben-Yehoshua, S.; Roberston, N.N. and Biale, J.B. Respiration and internal atmosphere of avocado fruit. Plant Physiology. vol. 38 (2): 194-201. 1963.
7. Beyer, Elso M. Jr. and Morgan, Page, W. A method for determining the concentration of ethylene in the gas phase of vegetative plant tissues. Plant Physiology. 46: 352-354. 1970.
8. Biale, J.B. Effect of oxygen concentration on respiration of the Fuerte avocado fruit. American Journal of Botany. vol. 33 (5): 363-373. 1946.

9. Biale, Jacob; Young, Roy E. and Olmestied, Alice. J. Fruit respiration and ethylene production. *Plant Physiology*, vol 29 (2): 168-174. 1954.
10. Biale, Jacob B., and Young Roy E. The avocado Pear. (Chapter 1) En: *The Biochemistry of fruits and their products*. Ed., por: Hulme, C.A. London, Academic Press, vol. 2. 1-63. 1971.
11. Brooks, Reid N. and Olmo, H.P. Register of new fruit and nut varieties. Berkeley USA. University of California Press. Ltd. 1972.
12. Campbell, Carl W. and Hatton, Thurman T. Jr. Chilling injury in Pollock avocados during old storage. USDA Agricultural Marketing Service. Florida State Horticultural Society, 337-338. 1959.
13. Dilley, David R.; Dewey D.H. and Dedolph, R.R. Automated System for determining respiratory gas exchange of plant materials. *Journal American Society Hort. Science*. 94: 138-140. 1969.
14. Dolendo, A.L.; Luch, B.S. and Pratt, H.K. Relation of pectic and fatty acid changes to respiration rate during ripening of avocado fruits. *Journal of Food Science*, vol 31 (3): 332-336. 1966.
15. Elloth, Ralph C. Aguacates: una exportación potencial en Guatemala, Guatemala. Ministerio de Agricultura; Instituto Agropecuario Nacional., Reporte No. 61962.
16. Erickson, Louis C. and Tadaaki, Yamashita. Effect of temperature on the ripening oh Hass avocados. *California, Avocado Year Book*. vol 48: 92-94 1964.
17. Foyet, M. L'avocat au Cameroun perspectives d'avenir. *Fruits*. Vol 27 (7-8): 549-441. 1972.

18. Habeebunnisa. Refrigerated storage of avocado (*Persea grattissima*) and *Coccinia* (*C. indica* wight and Arn.) En FSTA vol. 5 (12), 1973.
19. Hall, Alice, P.; Moore, Jorene G. and Morgan, Agnes F. B-Vitamin content of California-grown avocados. *Agricultural and Food Chemistry*. 3: 250-252. 1955.
20. Harkness, Roy W. Chemical and Physical Tests of Avocado Maturity. Miami Beach. Proc. of the Florida State Horticultural Society Vol. LXVII: 248-250 1954.
21. Hatton, T.T. Jr., Harding, Paul L. and Reeder, W.F. Seasonal changes in Florida avocados. Market Quality Res. División. US Dept. of Agriculture Tech. Bull, 1310: 1-46. 1964.
22. Hatton, T.T. Jr., Reeder. W.M.F. and Campbell, C.W. Ripening and storage of Florida avocados. Washington, Agricultural Research Service, Report 697. 1-13. 1965.
23. Hatton, T.T. Jr., and Reeder, W.F. Relationship of bloom date to the size and oil content of Booth 8 avocados. *Citrus Industry* 53 (4): 20-31, 1972.
24. Hatton, T.T. Jr., and Reeder. W.F. Quality of Lula avocados stored in controlled atmospheres with or without ethylene. *Journal of the American Society for Horticultura Science* Vol. 97 (3): 339-341. 1972.
25. Hatton, T.T. Jr., and Spalding, Donald H. Maintenance of Market Quality in FLorida Avocados. American Society of Heating, Refrigeration & Air Conditioning Engineers, ASHRAE. Transactions part one. 1974.
26. Higgins, J.E., Hunn, C.J. and Holt, V.S. The Avocado in Hawaii. Hawaii Agricultural Exports. Sta. Bul. 25. pp. 48. 1965.

27. Jaffa, M.E. and Goss, H. The nutritive value of the avocado. University of California Agricultural Exp. Sta. Bulletin 365 19 pp. 630-638. 1923.
28. Kamali, R.A.; Maxie, E.C. and Rae, H.L. Effect of Gamma inactivation of Fuerte Avocado Fruits. En Food Science and Technology *Ab.* vol. 4 (10). 1972.
29. Lynch, S.J. and Stahl, A.H. Studies in the cold storage of avocados. Fla. State. Hort. Soc. Proc. 52: 79-81. 1939.
30. Littman, M.D. Effect of water loss on the ripening of climacteric fruits. Queensland. Journal of Agricultural and Animal Sciences 29 (2): 103-113. En Food Science and Technology *Al.* vol. 4 (11). 1972.
31. Loughheed, E.C., and Franklin, E'W. Automated system for measuring respiration Can. Adtan J. Plant. Sci. 48: 435-438. 1968.
32. Lutz, J.M. and Hardernburg, R.E' The comercial storage of fruits, vegetables and florist Nursery stocks Agriculture Handbook. No. 66:26. 1968.
33. Lyle, Raymond. Cold storage experiments with Florida avocados. Fla. Agr. Expt. Sta. Dept. Hort. 1933.
34. Mustard, M.J. and Sthal, A.L. Packaging and storage of mangoes and avocados. Fla. State Hort. Soc. Proc. 62: 226-232. 1950.
35. Orozco Barrios. O.L. y Orozco Martínez, O.A. Algunas aspectos sobre producción, consumo y comercialización del aguacate. Guatemala, Ministerio de Agricultura, INDECA. 1971.
36. Oversholser, E.L. Cold storage, ripening and respiration studies of the Fuerte avocados. American Soc. Hort. Sci. Proc. 25: 372-375. 1925.

37. Pennock, William. The Tropical and scoring of some avocado varieties and news selections on their behavior under refrigeration. En Hatton, T.T. Jr. et al, Ripening and storage of Florida avocados. Washington. Agricultural Research Service (ARS) Report 697: 1-13. 1965.
38. Popenoe, Wilson. Fruticultura Centroamericana. Scientific Journal (Escuela Agrícola Panamericana). Tegucigalpa Honduras.. Vol. 3 (4): 268-274 1953.
39. Popenoe, Wilson and Williams, L.O. The expedition to Mexico of October, 1947 En Hatton, T.T. Jr. et al (1964) Seasonal changes in Florida avocados, Market Quality Research Division U.S. Dept. of Agricultura Tech. Bull. No. 1310: 1-46.
40. Pratt, H.K. and Biale, J.B. Relation of an active emanation to respiration in the avocado fruit. Plant Physiology, 19: 519-528. 1944.
41. Pratt, Harlan K. The Physiology of the maturing fruit, The role of ethilene in fruit ripening. Toronto, Canadá. University Press: 1160-1165. 1961.
42. Pratt, H.K. and Goeschl, John D. Physiological roles of ethylene in plants. Annual review of Plant Physiology. Vol. 20: 541-584. 1969.
43. ----- Proyecto para Fomento de Aguacate, 2a. Ed. Guatemala. Ministerio de Agricultura. 1966.
44. Reeder, W.F. and Hatton, T.T. Jr. Storage of Lula avocados in controlled atmosphere 1970 test. Proc. of the Florida State Horticultura Society, 83: 403-405. 1970.
45. Reid, M.S. and Pratt, H.K. Ethylene and the respiration climateric. Nature. Vol. 226 (5249): 976-977. 1970.

46. Rowan, K.S.; Pratt, H.K. and Roberston, R.N. The relationship of high energy phosphate content protein synthesis and climateric rise in the respiration of ripening avocado and tomato fruits. *Australian Journal of Biological Sciences*. Vol. II (3): 329-225. 1958.
47. Ryerson, Knowles; Jaffa M.E. and Goss, H. Avocado culture in California. Berkeley, California, Agricultural Experiment Station, Bull. No. 365: 540-629. 1923.
48. Sadir, R. Avocado oil: extraction technology and industrialization of residues. En *Food Science and Technology Ab.* vol. 4 (12) 1972.
49. Salazar, R.; Rios-Castaño, D. y Torres M., R. Selección de variedades de aguacate en Colombia. *American Society Hort. Science*. XVIII Annual Meeting, Miami, Florida. Vol. 14: 186-217. 1970.
50. Shroeder, C.A. The expedition to Mexico of May 1947. En Hatton, T.T. Jr. et al. Seasonald changes in Florida avocados. *Market Quality Res. Division Us. Dept. of Agriculture Tech. Bull.* 1310: 1-2. 1964.
51. Smith, F.E.V. Low temperature investigations. En Hatton, T.T. Jr. et al Ripening and storage of Florida avocados. Washington, Agricultural Research Service, Report 697 pp. 1-13. 1965.
52. Sommer, N.F.; Matzumoto, T.T. and Fortlaje, R.J. Chilling inactivation of postharvest pathogens of fruits and vegetables. Washington. *Procedings of the XIIIth. International Congress of Regriferation*. vol. 3. 1971..
53. Spalding, D.H. and Reeder, W.F. Quality of "Booth 8" and "Lula" avocados stored in a controlled atmosphere. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 85: 337-341. 1973.

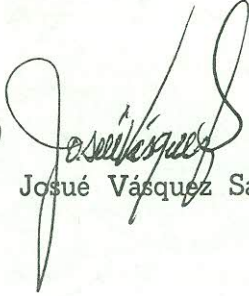
54. Stother, J. Thermarket for avocados in selected western european countries. Food Science and Technology Ab. vol. 4 (3). 1972.
55. Tango, J.S.; da Costa, S.I.; Antunes, A.J. y Figueredo, I.B. Composition du fruit et de h'huile de différentes variétés d'avocate cultivés dans L'Etat de Sao Paulo. Fruits Vol. 27 (2): 143-146. 1972.
56. Thompson, A.K.; Mason, G.F. and Halkon, W.S. Storage of West Indian seedling avocado. Journald Horticultural Science Vol. 46: 83-88. 1971.
57. Tijero, Rafael Franciosi. Cultivo del Aguacate. México. Centro Regional de Ayuda Técnica (AID). 1967.
58. Velásquez, Mario. Folleto no publicado sobre Cultivo del Aguacate en Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, s.p.
59. Wardlaw, C.W. Preliminary observations on the storage of avocado pears. Trinidad. Tropical Agric. Trinidad, 11: 27-35. 1934.
60. Wardlaw, C.W. and Leonard, E.R. The storage of avocado pears. Low Temperature Reserarch. Stn. ICTA, Trinidad, No. 1. 1935.
61. Whister, R.L. Methods in Carbohydrate. New York. Chemistry Academic Press. Vol. IV 33-36. 1964.
62. Wilcox, E.V. and Hum, C.J. Cold storage for tropical fruits. En Hatton, T.T. Jr. et al. Ripening and storage of Florida avocados. Washington, Agricultural research Service, Report 697: 1-13. 1965.

63. Wolfe, H.S.; Toy, L.R. and Sthal, Arthur L. Avocado production in Florida Rev. by G.D. Ruehle. Fla. Agr. Exp. Sta. Bull. 141. 124 p. 1949.
64. Young, Roy, E. and Biale, Jacob. G. Carbon dioxide effects on fruits respiration. I. Measurement of oxygen uptake in continuous gas flow. Plant Physiology. Vol. 37, No. 3: 409-415. 1962.
65. Zauberman, G. and Schiffmann-Nodel, Mina. Respiration of whole fruit and seed of avocado at various stages of development. Journal of American Society for Horticultural Science Vol. 97 (3): 313-315. 1972.
66. Zauberman, G. and Schiffmann-Nodel, Mina. Pectin Methylesterase and Polygalacturonase in avocado fruit at various stages of development. Plant Physiology. 49 (5): 864-865. 1972.
67. Zauberman, G. and Fuchs, Y. Ripening, process in Avocados stored in Ethilene Athnosphere in Cold Storage. Journal of the American Society for Horticultural Science 98 (5): 427-480. 1973.
68. Zauberman, G., Schiffmann-Nadel, Mina and Yanko, U. Susceptibility to chilling injury of three avocado cultivar at various stages of ripening. Hort. Science. Vol. 8 (6): 1973.
69. Zauberman, G.; Schiffmann-Nodel, Mina; Fuchs, Y. and Yanko, U. Post harvest studies with avocado fruit (1971/72 - 1962/63). Preliminary Report of the Agricultural Research Organization the Volcani Center, Inst. for Technology and Storage of Agricultural Products, Bet Dagan, Israel, Rep. No. 746: 1-12. 1974.
70. Consultas personales.


Vo.Bo.

PALMIRA R. de QUAN
Bibliotecaria

(f)


Josué Vásquez Santizo

Vo.Bo.:


Ing. Juan Francisco Menchú
Subjefe, División Investigación
Aplicada

Asesor

IMPRIMASE:


Ing. Agr. Edgar Leonel Ibarra A.
Decano