



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"IZTACALA"

DETERMINACION DEL INDICE DE COSECHA PARA
CHICOZAPOTE (Achras sapota Linn.) DEL ESTADO
DE VERACRUZ DESTINADO AL CONSUMO
EN FRESCO

T E S I S

Que para obtener el Título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a:

José Enrique Sánchez Barrón

México, D. F.

1988

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



ESQUEMA NACIONAL DE RECURSOS
PROFESIONALES DE GUADALAJARA

AGRADECIMIENTOS.

A la Subdirección de Investigación y Docencia de la Comisión Nacional de Fruticultura y en especial al Departamento de Fisiología de Postcosecha por las facilidades y el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A la M.C. Elsa Bósquez Molina por su invaluable orientación y sus valiosos comentarios.

"La vida da origen al cerebro. En el cerebro del hombre se refleja la naturaleza. En su actividad práctica y en la técnica aplica el hombre estos reflejos, comprueba si son justos y llega, así, a la verdad objetiva."

V.I. Lenin.

A LA MEMORIA DE MI PADRE:

MIGUEL SANCHEZ MARTINEZ

A MI MADRE:

ROSARIO BARRON CHIPRES

Por su cariño, apoyo y comprensión
que nunca me han faltado y, por ser
una madre modelo y amiga incondicional.

A MIS HERMANOS:

CELIA, MIGUEL ANGEL Y ALFREDO
Con todo mi cariño.

A MI ESPOSA:

ROSA GUADALUPE FIGUEROA URIBE

Con todo mi amor y respeto.

Que en todo momento me ha apoyado con
su carácter sutil y amoroso.

A MIS HIJOS:

ROSA GUADALUPE Y JESUS ENRIQUE

Con todo mi amor.

A MIS SUEGROS:

Sra. ROSA GUADALUPE U. de FIGUEROA

e Ing. ARTURO FIGUEROA SUAREZ

Por su apoyo moral y pecuniario y,

porque cada día me exhortan a

seguir adelante.

A esas personas que me han dado
desinteresadamente su amistad y
apoyo, cuando más lo he necesitado.

I N D I C E

	Página
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE FIGURAS	X
INDICE DE CUADROS	XI
INDICE DE GRAFICAS	XI
RESUMEN	XIV
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	4
II.1 Antecedentes Generales	4
II.2 Antecedentes Económicos	6
II.3 Antecedentes Técnicos	10
II.3.1 Estados de Madurez	10
II.3.2 Indice de Cosecha	11
II.3.3 Indice de Cosecha para Chicozapote	18
III. OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS	26
IV. MATERIALES Y METODOS	27
IV.1 Determinaciones Físicas	29
IV.2 Determinaciones Químicas	34
IV.3 Determinaciones de Conteo	38
IV.4 Determinación Fisiológica	39
IV.5 Determinación Sensorial	41
V. METODÓLOGIA	42
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	47
VI.1 Parámetro Fisiológico. Respiración.	47
VI.2 Cambios Físicos Durante el Crecimiento y Desarrollo.	52
VI.2.1 Tamaño. Diámetro Polar y Ecuatorial	52

	Página
VI.2.2 Peso y Volumen	54
VI.2.3 Cambios de Color Externo e Interno del Fruto.	62
VI.2.4 Semilla	66
VI.2.4.1 Peso de la Semilla	66
VI.2.4.2 Color de la Semilla	69
VI.2.5 Fuerza de Separación	70
VI.2.6 Látex	73
VI.3 Cambios Químicos Durante el Crecimiento y Desarrollo	76
VI.3.1 Azúcares Reductores, No Reductores y Totales	76
VI.3.2 °Brix	79
VI.3.3 Polifenoles	81
VI.4 Cambios en los Parámetros de Conteo Durante el Crecimiento y Desarrollo	84
VI.4.1 Días Transcurridos	84
VI.4.2 Grados-Día Acumulados	84
VI.5 Parámetros Físicos Durante la Postcosecha	85
VI.5.1 Color Externo e Interno del Fruto	85
VI.6 Parámetros Químicos Durante la Postcosecha.	89
VI.6.1 Azúcares	89
VI.6.2 Polifenoles	91
VI.7 Análisis Sensorial	94
VI.8 Índice de Cosecha para el Chicozapote	96
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFIA	107
ANEXO 1. Condiciones del Cromatógrafo	114
ANEXO 2. Análisis Descriptivo del Chicozapote	115

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Método para Determinar el Índice de Corte, así como, su Naturaleza.	17
2. Características Físicas y Nutricionales del Chicozapote.	19
3. Número de Frutos por Muestreo entre el Marcaje (M) y la Segunda Cosecha (SC).	29
4. Color Externo (Cáscara) del Chicozapote.	63
5. Color Interno (Pulpa) del Chicozapote.	65
6. Cambios de Color en la Semilla del Chicozapote Durante su Crecimiento y Desarrollo.	69
7. Cambios de Color Interno del Fruto Durante la Postcosecha.	89
8. Tasa de Cambio de Azúcares a partir del Corte al Final del Almacenamiento para la Primera Cosecha (PC) y Segunda Cosecha (SC).	90
9. Resultados del Nivel de Agrado al Utilizar la Escala Hédonica.	95
10. Regla de Clasificación de los Índices de Corte y de los Parámetros de Apoyo para el Chicozapote var. Betawi.	103
11. Aplicación de la Regla de Clasificación a los Frutos de las Dos Cosechas,	104

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Hojas, Flor y Fruto de Chicozapote.	5
2. Fruto y Semilla de Chicozapote.	5
3. Croquis de la Huerta de Chicozapote en Martínez de la Torre, Veracruz.	28
4. Mediciones de los Diámetros Polar y	

Figura	Página
Ecuatorial.	30
5. Dispositivo para Cuantificar la Fuerza de Separación.	32
6. Procedimiento para Toma de Muestra de CO ₂ , así como, su Cuantificación a Nivel de Laboratorio.	40

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Estados de Madurez Basados en Procesos Fisiológicos.	12
2. Diagrama de Flujo del Estudio de Índice de Cosecha del Chicozapote.	45

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica	Página
1. Producción Nacional de Chicozapote.	7
2. % de Producción Nacional de Chicozapote para 1984.	8
3. Actividad Respiratoria de Frutas Climatéricas y No Climatéricas.	16
4. Cambios en el Contenido de Azúcares.	21
5. Cambios en los Polifenoles Totales del Chicozapote.	22
6. Patrón Respiratorio en Postcosecha para el Chicozapote var. Calcutta Round.	24
7. Patrón Respiratorio del Chicozapote (<u>Achras sapota</u> L.) var. Betawi.	48
8. Curva de Respiración para el Chicozapote Durante el Crecimiento y Desarrollo; Ajustando los Datos con el Modelo de la Función Potencial.	49

Gráfica	Página
9. Curva de Respiración para las Dos Cosechas de Chicozapote; con Datos Ajustados por medio de la Ecuación Cuadrática.	51
10. Diámetro Polar y Ecuatorial del Chicozapote Durante el Crecimiento y Desarrollo.	53
11. Cambios en el Diámetro Polar del Chicozapote; Datos Ajustados con el Modelo de la Función Sigmoide de Robertson.	55
12. Diámetro Ecuatorial Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote; Datos Ajustados con el Modelo de la Función Sigmoide de Robertson.	56
13. Cambios del Peso del Chicozapote Durante su Crecimiento y Desarrollo.	57
14. Cambios en Volumen Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote.	58
15. Peso del Fruto del Chicozapote Durante el Crecimiento y Desarrollo; Datos Ajustados con el Modelo de la Función Sigmoide de Robertson.	60
16. Cambios en Volumen del Chicozapote Durante el Crecimiento y Desarrollo; Datos Ajustados con el Modelo de la Función Sigmoide de Robertson.	61
17. Cambios de Peso de la Semilla Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote.	67
18. Peso de la Semilla de Chicozapote, con Datos Ajustados con el Modelo de la Función Sigmoide de Robertson.	68
19. Fuerza de Separación del Cuarto Mes a la Segunda Cosecha.	71
20. Fuerza de Separación a partir del Cuarto Mes; Ajuste de Datos con el Modelo de la Función Sigmoide de Gompertz.	72
21. Látex Ecurrido del Cuarto Mes a la Segunda Cosecha.	74

Gráfica	Página
22. Látex Escurrido a partir del Cuarto mes de Crecimiento y Desarrollo; Datos Ajustados con el Modelo de la Función Sigmoide de Gompertz.	75
23. Azúcares Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote.	77
24. Azúcares Totales, Reductores, No Reductores Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote, Ajustando los Datos con el Modelo de la Función Exponencial.	78
25. ^o Brix Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote.	80
26. Polifenoles Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote.	82
27. Polifenoles Durante el Crecimiento y Desarrollo; con Datos Ajustados con el Modelo de la Función Potencial.	83
28. Grados-Día Acumulados Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote.	86
29. Grados-Día Registrados Mensualmente Durante el Crecimiento y Desarrollo del Chicozapote.	87
30. Comportamiento de los Polifenoles Durante la Postcosecha.	92
31. Datos de Polifenoles de las Dos Cosechas de Chicozapote Ajustados por Medio de Regresión Lineal Simple.	93
32. Relación entre los Parámetros Físicos, Químicos, Fisiológico y de Conteo.	97
33. Relación entre los Índices de Corte y los Azúcares No- Reductores.	99
34. Relación entre los Índices de Corte y los Azúcares Totales.	100
35. Relación entre los Índices de Corte y los Polifenoles.	101

Resumen.

En México la fruticultura se ha enfocado principalmente a la precosecha al incrementar la áreas de plantación y con la aplicación de métodos para obtener mayores volúmenes de producción; sin embargo, la atención dedicada a los aspectos propios de la postcosecha es escasa o nula a pesar de que en este periodo se generan importantes mermas con las consecuentes pérdidas económicas y reducción en la disponibilidad de alimentos. De aquí que, en estos momentos sea muy necesario contar con técnicas que aumenten la vida útil de los frutos una vez cosechados, para reducir las pérdidas postcosecha mencionadas; para esto se requeriría de la realización de estudios que determinen los mejores métodos para detectar el momento adecuado del corte (índices de cosecha), la operacionalidad del corte, la recepción, el acondicionamiento para la venta al mercado, el almacenamiento, la distribución y la comercialización lo que conllevaría a resolver las actuales deficiencias e insuficiencias que en estos aspectos aquejan al país.

Actualmente se realizan estudios para abordar los problemas de los diversos aspectos mencionados; de los cuales las investigaciones relativas a la determinación de índices de corte (métodos y épocas adecuadas para realizarla) han motivado notablemente el interés de muchos investigadores en el mundo, ya que éstos juegan un papel relevante para que los frutos alcancen su óptima madurez, pues se ha visto que la cosecha en el estado de madurez adecuado de los frutos, principalmente las destinadas al consumo en

fresco, es determinante en su calidad y vida útil postcosecha, razón por la cual es importante contar con indicadores confiables, no destructivos, prácticos y objetivos que permitan identificar el estado de madurez apropiado.

Con esta finalidad, en el presente estudio se llevó a cabo el seguimiento del crecimiento y desarrollo del fruto del chicozapote (Achras sapota Linn.) a través de determinaciones físicas, químicas, fisiológicas y de conteo desde el amarre hasta la cosecha comercial, con el propósito de determinar entre estas el(los) índice(s) de corte para esta especie. Además, durante la postcosecha se determinaron parámetros físicos, químicos, fisiológicos y finalmente se realizó un análisis sensorial con el fin de identificar la calidad de los estados de madurez comestible alcanzados.

Los resultados muestran que el látex escurrido y la fuerza de separación fueron los mejores indicadores, mismos que permitieron identificar claramente dos estados de madurez de corte en los momentos de las cosechas comerciales; lográndose un periodo de almacenamiento de catorce y trece días para la primera y segunda cosecha, respectivamente. El análisis sensorial reflejó que los frutos de ambas cosechas desarrollaron por igual sus atributos de calidad; en cuanto al nivel de agrado, los frutos de la segunda cosecha obtuvieron un punto más alto, en el sabor, que los frutos de la primera cosecha.

Del resto de los parámetros evaluados se encontró que los polifenoles y los azúcares totales y no reductores, constituyeron un fuerte apoyo para seleccionar a los anteriores

pues permiten identificar los estados de madurez de corte sólo que éstos no son parámetros prácticos; mientras que los parámetros de tamaño (diámetro polar y ecuatorial), peso, volumen, color externo e interno, color de semilla, y respiración aún con su relativa facilidad de determinación sólo aportaron información complementaria.

En el caso de los parámetros de conteo se encontró que son útiles, sin embargo, se requiere mayor observación, esto es, verificar su confiabilidad por varios años para decidir si son válidos como indicadores de cosecha para el chicozapote.

I. Introducción.

El momento adecuado para cosechar un producto vegetal depende de la especie, variedad y del uso o destino que se le dará, pues hay productos que necesariamente deben cortarse al alcanzar la madurez fisiológica, otros por su uso se cosechan en pleno estado de crecimiento y algunos más en la madurez requerida para su industrialización; en otras palabras, la madurez de corte no es un estado único.

En el caso particular de las frutas destinadas al consumo en fresco, el estado de madurez bajo el cual se cosecha es uno de los factores principales que afectan su calidad y vida útil; así, la realización de la cosecha en el estado de madurez adecuado es esencial para la conservación de la buena calidad; es decir, si las frutas se cosechan en un estado de madurez en el que se encuentran casi aptas para su consumo inmediato, tienen prácticamente agotada su vida de almacenamiento y además aumentan su susceptibilidad a la pudrición por ataque de microorganismos, daños mecánicos durante su manejo, etc., lo que reduce su calidad y por lo tanto baja su valor comercial en el mercado. Ahora bien, cuando la fruta se cosecha antes del momento adecuado, el producto puede presentar una maduración en la que ya no se alcanzan o desarrollan los atributos óptimos, o bien, la madurez no es uniforme (35, 38, 48, 53), y en el peor de los casos, el corte puede ser tan prematuro que el producto pierde capacidad para madurar.

Así entonces, la importancia de un índice de cosecha radica en el hecho de que permite identificar el estado de madurez en el que debe cortarse un fruto u hortaliza, una vez establecido el destino del mismo ya que por definición el índice de cosecha es una característica física, química, fisiológica o un parámetro de conteo que refleja confiablemente el estado de desarrollo en el que se debe cosechar un producto vegetal.

En la búsqueda de índices o indicadores de cosecha deben elegirse aquellas características que no sufren cambios notables por efectos climáticos o edafológicos y cabe además señalar que el índice específico para cada especie depende no sólo de la variedad, sino también del área de producción y condiciones climáticas (temperatura, luminosidad, precipitación pluvial, etc.), factores que obligan el estudio paralelo del comportamiento de varios parámetros para seleccionar los de mayor potencial al tratar de establecer el índice de cosecha en cuestión.

De acuerdo a lo anterior, un índice de cosecha útil debe, reunir ciertos requisitos para considerarse como tal, estos son: constituir una medida objetiva, no destructiva, práctica, confiable y que además sea consistente, es decir, que cada época de cosecha se presente.

Actualmente existen diversos estudios realizados en diferentes partes del mundo en los que se reportan numerosas características y propiedades (como el color, el peso específico, etc.) que se utilizan como indicadores de la madurez de corte para varias frutas, señalándose además su

factibilidad en el establecimiento de fechas para llevar a cabo la cosecha (1, 2, 4, 10, 22). Sin embargo, la determinación de un indicador que refleje práctica y confiablemente dicha madurez no es fácil en el caso de muchas frutas como el chicozapote (Achras sapota Linn.); por lo que a través del presente estudio se pretende determinar el índice de cosecha para la fruta de esta especie que se destina al consumo en fresco.

II. Antecedentes.

II.1 Antecedentes Generales.

El chicozapote (Achras sapota Linn.) es una especie originaria de Centro América y el sur de México, su nombre proviene del náhuatl "xicotzapotl" que según Pco. Javier Hernández (1765) significa: xicoh(tli), abejerro y; tzapotl, fruta, que en su conjunto significa "fruto de los abejorros" citado por Fourzali (10).

La clasificación botánica del chicozapote según Cronquist (3) es la siguiente:

DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Dilleniidae
ORDEN	Ebenales
FAMILIA	Sapotaceae
GENERO	Achras
ESPECIE	<u>A. sapota</u> Linn.

El árbol es perennifolio que crece desde el nivel del mar hasta alrededor de los 2500 msnm. Los árboles son sensibles al frío cuando son jóvenes y llegan a morir cuando la temperatura es cercana a 1 °C, mientras que los árboles maduros pueden incluso soportar temperaturas de 4.5 °C. Fructifica mejor en clima cálido, libre de frío, con lluvia todo el año y suelo rico en nutrientes y bien drenado. En forma silvestre alcanza a medir hasta 40 m de altura (39, 41). Las hojas son alternas, ovadas a lanceoladas y las flores

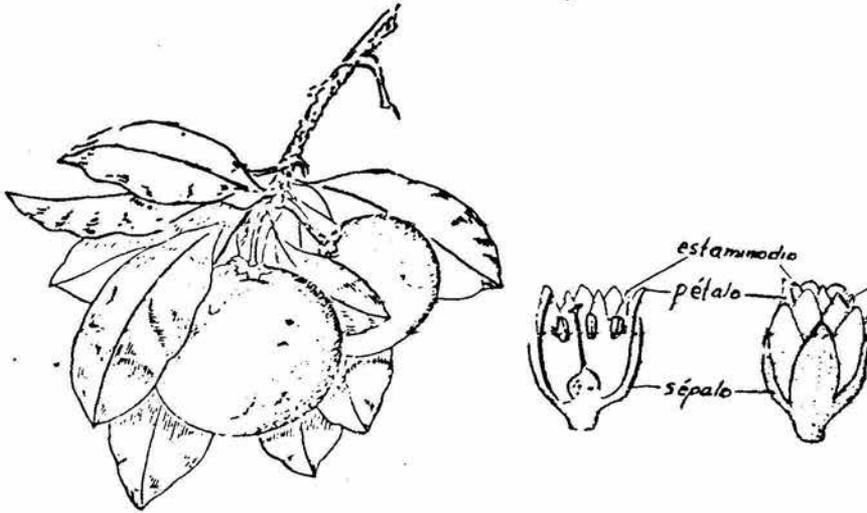


FIGURA 1 : HOJAS, FLOR Y FRUTO DE CHICOZAPOTE.

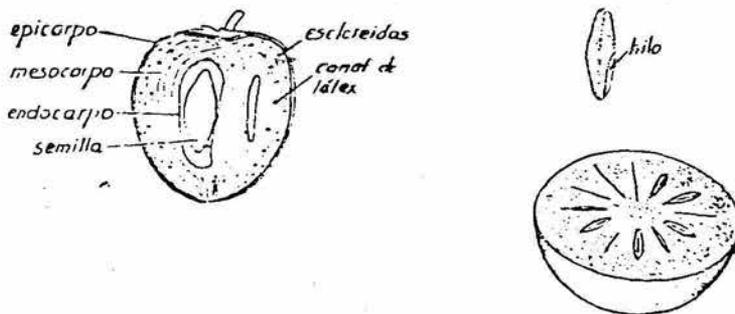


FIGURA 2 : FRUTO Y SEMILLA DE CHICOZAPOTE.

son blancas, solitarias y axilares (26). Ver figura 1.

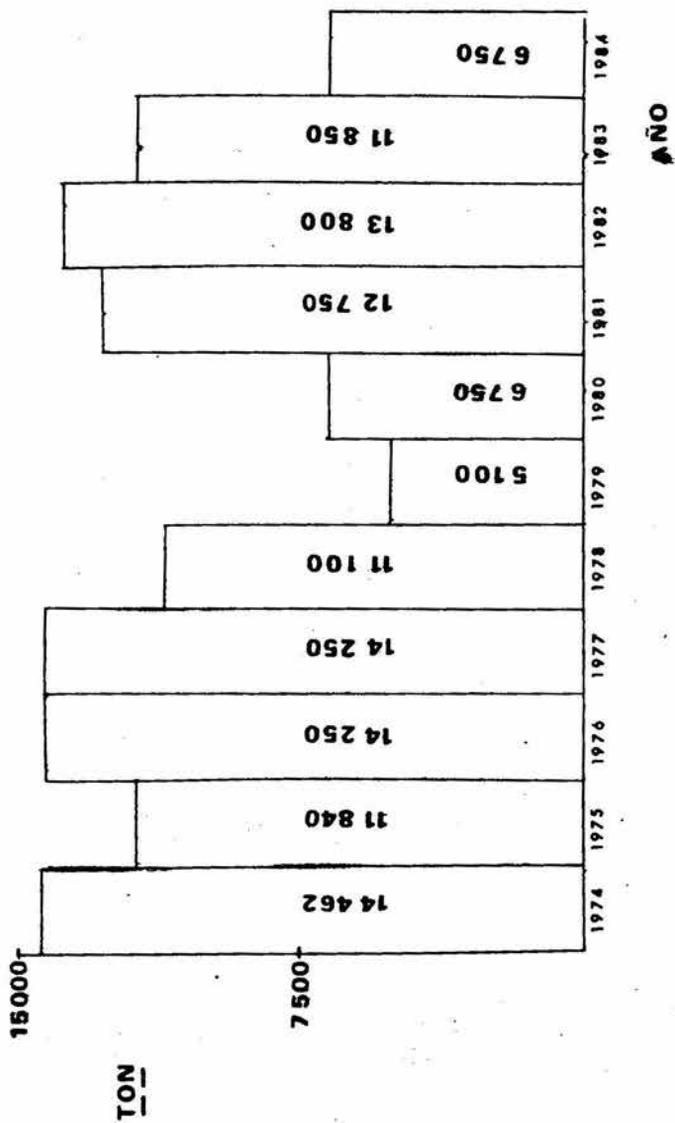
Esta especie es aprovechada para la extracción de látex que sirve para la fabricación de goma de mascar, aunque recientemente se sustituye este producto por sustancias sintéticas (32); en la actualidad se cultiva principalmente por su fruto que es una baya carnosa de forma globosa, ovoide o elipsoide; de exocarpo delgado, arenoso, de color café opaco, con mesocarpo color café rojizo y endocarpo más pálido y fibroso; estos dos últimos son carnosos, succulentos y dulces. En el exterior del mesocarpo hay escleridas que le imparten una textura arenosa al fruto. El fruto llega a contener hasta doce semillas de color negro, cuando el fruto es maduro, brillantes con una franja blanca y opaca (hilo). (26). Ver figura 2.

II.2 Antecedentes Económicos.

El chicozapote es, dentro de las frutas tropicales, una de las que ofrece un gran potencial de aceptación en el mercado nacional; sin embargo, la producción no ha sido constante como observamos en la gráfica 1, debido en parte a su sustitución por cultivos que en algunos estados de la República se ha venido dando, y también por los incrementos de plantación en estados no productores como es el caso de Sonora y San Luis Potosí principalmente.

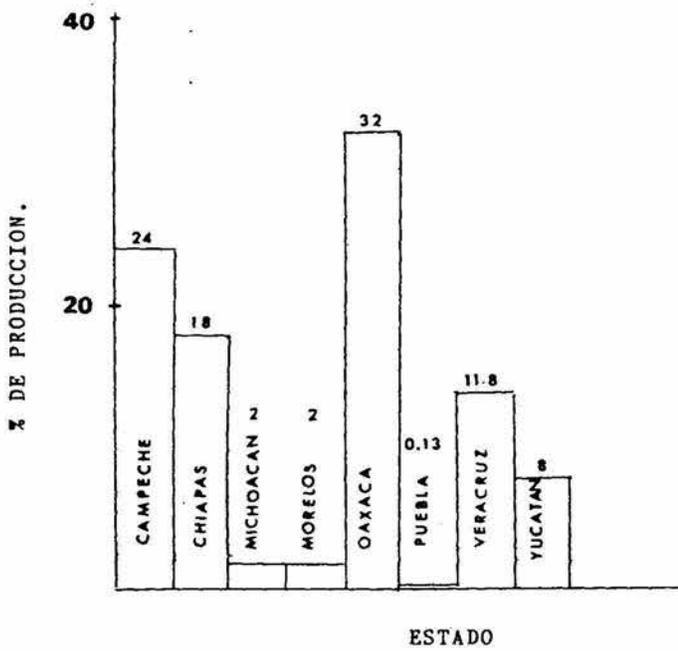
En los últimos años, los estados de la República que se destacan por su producción de chicozapote son: Oaxaca con 32.12 %, Campeche con 24.25 %, Chiapas con 18.26 %, Veracruz con 11.80 %, Yucatán con 8.65 % y 4.92 % entre otros.

GRAFICA 1: PRODUCCION NACIONAL DE CHICOZAPOTE*



* FUENTE: SUBDIRECCION COMERCIAL. CONAFRUT.

GRAFICA 2: % DE PRODUCCION NACIONAL DE
CHICOZAPOTE PARA 1984.*



* FUENTE: SUBDIRECCION COMERCIAL. CONAFRUT.(49).

(49). Ver gráfica 2.

En estos estados no hay variedades oficialmente establecidas, aunque sí existen selecciones propias de la zona; así, en el estado de Campeche se encuentran los tipos: cacao, huevo de chivo, Jesús María, zapote español, entre otros; en Chiapas los tipos: hoja menuda, hoja ancha, entre otros; en Yucatán el tipo selección Mérida y hoja negra; para los estados de Oaxaca y Veracruz no se reportan selecciones hechas por los productores, simplemente se les denomina chicozapote criollo (8). Ahora bien, pocas variedades han sido introducidas en el país, entre éstas la variedad "Betawi" originaria de Indonesia, que ha sido plantada principalmente en Chiapas y Veracruz adaptándose a estas regiones muy bien (8, 33), incluso, se prefiere para cultivarla comercialmente pues el árbol produce frutos de buen tamaño con un peso aproximado de 350 gr, que se caracterizan por su pulpa dulce, textura poco granulosa y por ser resistentes al daño por transportación (41).

Las delicadas características de esta fruta y su corta vida útil restringen su consumo en fresco, sobre todo en la parte norte de la República en donde llega muy poco o no llega y algunas veces hasta se desconoce su existencia; cuando el fruto llega a mercados lejanos de los centros de producción (por ejemplo en tiendas de autoservicio del Distrito Federal) el precio se eleva entre 400 y 600 % con respecto al precio de las huertas en Martínez de la Torre, Veracruz (Enero de 1986). Este problema es debido a que la oferta y la demanda se desequilibra en favor de

esta última, ya que al existir poca fruta y mucha demanda los precios se incrementan. Por otro lado, el hecho de que el fruto sea altamente perecedero, provoca que se coseche en diversos estados de madurez (la mayor parte inmaduro) lo que repercute en el precio, pues la mayoría de los frutos son insípidos y astringentes, una cantidad reducida con buena calidad y otra que por su estado de madurez avanzado resulta inmanejable.

II.3 Antecedentes Técnicos.

II.3.1 Estados de Madurez.

Inmediatamente después del amarre, el fruto, como órgano vivo experimenta una serie de procesos morfofisiológicos y bioquímicos que lo conducen a diversas etapas o fases que durante el crecimiento y desarrollo se manifiestan con características propias factibles de ser identificadas. A continuación se describen las características de las principales etapas.

El presazonamiento: Fase del crecimiento y desarrollo del fruto que comprende al menos la mitad del intervalo entre floración y cosecha. Se caracteriza principalmente por las actividades de división y, la mayor parte, por el alargamiento celular. (20, 53, 55).

El sazónamiento o madurez fisiológica: Fase del crecimiento y desarrollo del fruto que físicamente se caracteriza porque abarca parte del alargamiento celular y además, el producto alcanza su máximo tamaño; mientras que fisiológicamente

camente el fruto está apto para realizar, por sí solo, los cambios bioquímicos que le conducirán a la madurez comestible y de este modo continuar su ontogenia. (20, 53, 55).

Cabe mencionar que, desde el punto de vista técnico y práctico esta es la etapa de mayor interés (en frutas climatéricas) para ser identificada plenamente.

La senescencia: Es la etapa final del desarrollo que conduce al producto a su muerte debido a la pérdida de organización celular y disminución de la resistencia al ataque de microorganismos, insectos, etc.. (20, 53, 55). Ver cuadro 1.

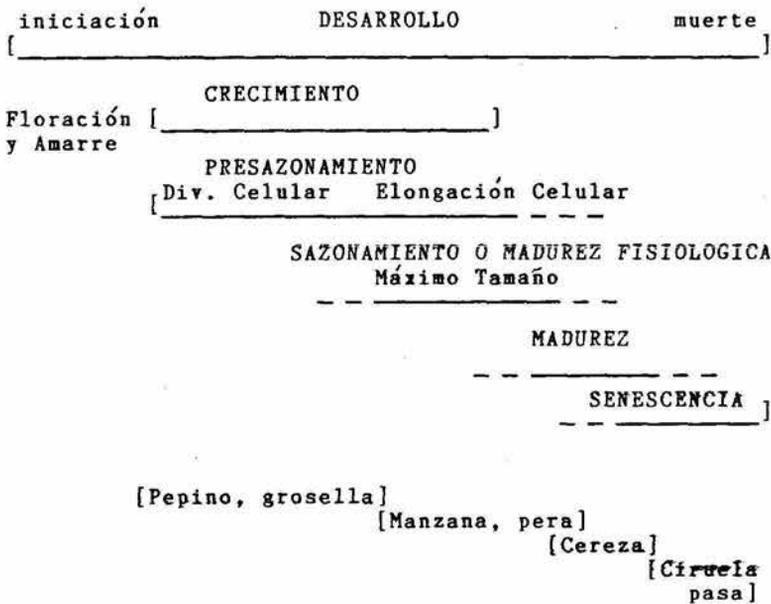
II.3.2 Índice de Cosecha.

El índice de cosecha (IC) es una medida de tipo física, química, de conteo, o fisiológica, que permite identificar el estado de madurez en el que debe cosecharse un producto vegetal, al haber establecido de antemano el destino o uso de dicho producto.

Ahora bien, los requisitos que de preferencia debe reunir el IC son:

1. Que refleje el estado de madurez que se requiera.
2. Que sea de aplicación sencilla.
3. Que el equipo que vaya a ser utilizado sea poco costoso.
4. Que el índice preferentemente sea objetivo (una medición) antes de ser subjetivo (en base a la

CUADRO 1: ESTADOS DE MADUREZ BASADOS EN PROCESOS FISIOLÓGICOS.



experiencia).

5. Finalmente, que sea consistente temporada a temporada (confiable).

Se han desarrollado varias determinaciones para estimar el IC en base a la(s) característica(s) de los productos vegetales (53), éstos se pueden agrupar en los siguientes métodos:

Métodos visuales: son aquellos en los que intervienen principalmente los sentidos (especialmente el de la vista) para evaluar la madurez de corte (20, 35, 38, 53). Son los más utilizados aunque su aplicación depende de la experiencia y habilidad del cosechador, lo cual convierte a esta evaluación en subjetiva. Dentro de estos métodos se ubica, el color del fruto, llenado de la fruta, brillo, etc.. Sin embargo, para algunos casos y con la finalidad de realizar una evaluación más objetiva se han elaborado cartas de color como en el caso del plátano y el jitomate, entre otras.

Métodos físicos: dentro de estos métodos hay algunos que son subjetivos como la facilidad de separación (para el caso del melón) o como el sonido producido con ligeros golpes (por ejemplo, en la sandía); mientras que otros son objetivos ya que cuantifican la(s) característica(s) con instrumentos mecánicos; dentro de éstos se encuentran las propiedades de textura (firmeza, suavidad, fibrosidad), facilidad de separación o de desprendimiento, tamaño, etc. (20, 35, 38, 53, 37).

Métodos químicos: en este grupo se encuentran aquellas pruebas en donde se determina la cantidad de algún componente; según el producto en estudio se puede realizar el análisis del contenido de almidón, grasas, carotenos, etc. (20, 35, 38, 53).

Métodos de conteo: en este grupo se encuentran el conteo de los días después de la floración, ya que se ha observado que los días transcurridos entre la floración o el amarre del fruto a la cosecha (edad del fruto) es un tiempo relativamente constante para algunas frutas (como la pera y manzana) dentro de una misma zona geográfica. Se obtiene cierta precisión, sobre todo, si se promedian datos observados durante varios años. (1, 2, 4, 14, 20, 25, 35, 38, 53).

Otro indicador dentro de estos métodos es el número de grados-día acumulados en el intervalo de tiempo entre la floración o el amarre del fruto a la cosecha; los grados-día se calculan sumando diariamente el número de grados de temperatura promedio al día por arriba de una temperatura base (mínima temperatura a la que se detecta crecimiento). (9, 20, 35, 38, 53).

Método fisiológico: este método se refiere principalmente al proceso de la respiración; se cuantifica el bióxido de carbono producido y/o el oxígeno consumido por el fruto; dado que este proceso es un indicador de la actividad fisiológica del fruto, es decir, de los cambios que sufre éste durante su crecimiento y desarrollo, lo que permite establecer con seguridad la edad del mismo (18, 35, 38).

Ahora bien, al tomar como base la actividad respiratoria de las frutas éstas se clasifican en climatéricas y no climatéricas, dicha clasificación obedece al patrón o curva respiratoria que describen, pues en el primer caso se observan valores elevados que conforme avanza el crecimiento y desarrollo disminuyen gradualmente hasta alcanzarse un valor mínimo que coincide con la madurez fisiológica; después del corte se presenta un resurgimiento de la actividad respiratoria asociada con los cambios de la madurez, que finalmente cae al aproximarse a la senescencia.

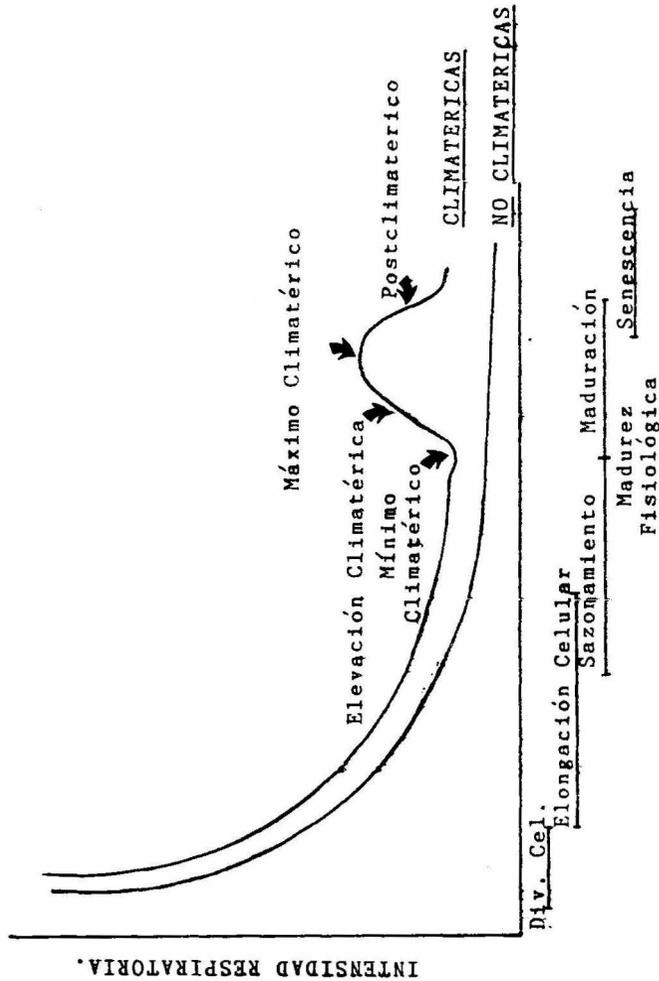
En el caso de las frutas no climatéricas la actividad respiratoria disminuye gradualmente durante todo el periodo de vida del producto. Vease gráfica 3.

La importancia de este método en los estudios de investigación para índices de corte radica principalmente en su aplicación como referencia para conocer la edad fisiológica real del producto ya que no es una determinación práctica y económica para usarlo a nivel de campo.

Los métodos anteriores comparten varias limitantes dadas por factores que influyen en el crecimiento y desarrollo del fruto como podrían ser: condiciones climáticas, edafológicas y culturales.

También estos métodos pueden clasificarse en destructivos o no destructivos; en los primeros se afecta la integridad del fruto (homogenizado, cortado, presionado, etc.) (20, 35, 38, 53). En la tabla 1 se presentan las principales características que se toman como IC, el método de determi

GRAFICA 3: ACTIVIDAD RESPIRATORIA DE FRUTAS CLIMATERICAS Y NO CLIMATERICAS.



FUENTE: DURAN T.S. (1983). (6).

TABLA 1 : METODO PARA DETERMINAR EL INDICE DE CORTE
ASI COMO, SU NATURALEZA.

Características	Método de Determinación	Subje tivo	Obje tivo	Destruc tivo	No des tructivo
Días después de la floración	Computación		X		X
Desarrollo de la capa de abscisión	Visual, o fuerza necesaria para la separación	X	X		X
Estructura de la superficie	Visual	X			X
Tamaño	Varios aparatos para medir tamaño. Varios aparatos para medir peso.		X		X
Gravedad específica	Flotación, técnica Vol/peso		X		X
Forma	Medida, tabla de referencia	X	X		X
Grado de Compactación	Determinación manual Rayos X, Rayos gamma	X	X		X
Propiedades de textura					
Firmeza	Medidas de presión y deformación		X	X	
Terneza	Tenderómetro		X	X	
Fibrosidad	Texturómetro Métodos químicos para la determinación de polisacáridos		X	X	
Color externo	Reflectancia Tablas de color		X	X	
Color interno	Transmitancia *	X	X		X
Composición					
Cont. de Almidón	Pruebas químicas		X	X	
Cont. de Azúcares	Refractómetro de mano otras pruebas		X	X	
Cont. de Acidez	Titulación		X	X	
Cont. de Jugo	Extracción		X	X	
Cont. de Aceite	Extracción		X	X	
Cont. de Taninos	Pruebas químicas		X	X	

* Capacidad del producto para transmitir cierta cantidad de luz de un color determinado.

Fuente: Cosecha y acondicionamiento de frutas y hortalizas. (1984). (38).

nación y su naturaleza (objetivo/subjetivo, destructivo/no destructivo).

II.3.3 Índice de Cosecha para Chicozapote.

En México, el establecimiento del IC para la mayoría de las frutas se realiza de manera subjetiva; para el caso del chicozapote ésta se realiza en forma empírica, la cual se basa en observaciones de ciertas características externas del fruto como lo son la cantidad de polvo en la cáscara (descamación de células corchosas) y/o el raspado del mismo para observar si hay tejido verde; estos parámetros al no ser objetivos dependen de la habilidad y experiencia del cosechador lo que ocasiona que se corten frutos en diferentes estados de madurez. Sin embargo, el interés por esta fruta, ha generado varios estudios que proporcionan interesantes datos acerca de la composición química, características físicas y fisiológicas durante su desarrollo y maduración, sin tener como objetivo el índice de cosecha; dichos estudios constituyen la base que permite seleccionar parámetros potenciales como indicadores de corte para esta especie.

Así, en trabajos que han tenido como objetivo conocer la composición química del chicozapote desde el amarre del fruto a la madurez comestible, destacan como componentes principales los carbohidratos y los compuestos fenólicos (12, 13, 17, 21, 25, 39, 40, 42, 46, 47) (Ver tabla 2.); por lo que podrían utilizarse como indicadores potenciales de corte debido al cambio que muestran en el intervalo de tiempo comprendido entre el corte del fruto y la ma

TABLA 2: CARACTERISTICAS FISICAS Y NUTRICIONALES DEL CHICOZAPOTE.

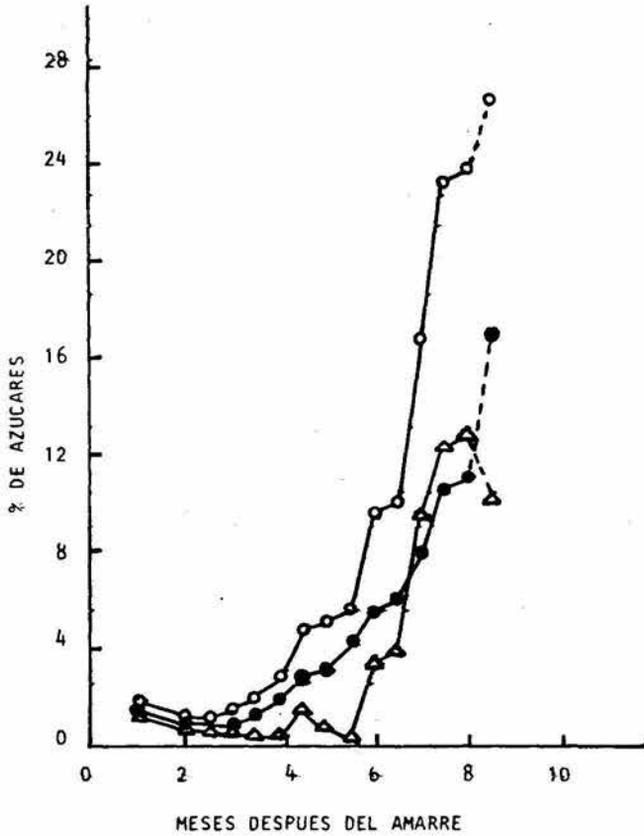
Porción Comestible	83- 86 %		<u>Hernández et al. (1974)</u> <u>Gopalan et al. (1977).</u>
Humedad	69- 75.5 %		<u>Moreno-Rivera et al. (1979)</u>
Fibra	2.6 %		<u>Gopalan et al. (1977)</u>
pH	5.0- 5.3		<u>González et al. (1963)</u> <u>Moreno-Rivera et al. (1979)</u>
SST (°Brix)	17.4- 28.55		<u>Ibíd.</u>
Grasas	1.1 %		<u>Gopalan et al. (1977)</u> <u>Hernández et al. (1974)</u>
Proteínas	0.59- 0.70 %		<u>Pilloo et al. (1982)</u> <u>Gopalan et al. (1977)</u> <u>Hernández et al. (1974)</u>
Carbohidratos	21.4- 26.4 %		<u>Lakshminarayana et al. (1966)</u>
Polifenoles	16.6- 2.0 % (BS) (BH)		<u>Lakshminarayana et al. (1966)</u> <u>Lakshminarayana et al. (1966)</u>
Carotenos	97	ug %	<u>Gopalan et al. (1977)</u>
Vitamina C	6.0- 41.4	mg %	<u>Moreno-Rivera et al. (1979)</u>
Tiamina	0.02	mg %	<u>Gopalan et al. (1977)</u> <u>Hernández et al. (1974)</u>
Niacina	0.2-0.3	mg %	<u>Ibíd.</u>
Riboflavina	0.03	mg %	<u>Gopalan et al. (1977)</u>
Minerales	0.05	%	<u>Ibíd.</u>
Calcio	28- 31	mg %	<u>Gopalan et al. (1977)</u> <u>Hernández et al. (1974)</u>
Fósforo	9- 27	mg %	<u>Ibíd.</u>
Hierro	1.5- 2.0	mg %	<u>Ibíd.</u>

durez comestible. Por lo que respecta a los carbohidratos representados por los azúcares reductores, no reductores y totales, el cambio durante el crecimiento y desarrollo es de la siguiente manera: del amarre al cuarto mes hay poco aumento en la concentración, de dicho punto en adelante hay un incremento donde alcanza porcentajes del 10 %, 13 % y 24 %, respectivamente, como las concentraciones máximas. (21) (Ver gráfica 4). Al alcanzar la madurez comestible los azúcares reductores tienen una concentración entre 14 y 16 %, los no reductores entre 11 y 12 % y los totales entre 26 y 29 %; para la variedad "Calcutta Round" (21).

Los compuestos fenólicos muestran un comportamiento contrario al de los carbohidratos, esto es, disminuyen en concentración durante el crecimiento y desarrollo, así como en la madurez comestible. Al momento del amarre la concentración de estos compuestos es alrededor de 9.3 % y a la madurez comestible de 1.9 % en concentración para la variedad "Calcutta Round" (22, 23, 32) (Ver gráfica 5).

También se han realizado estudios de carácter básico durante el crecimiento y desarrollo para la especie en estudio donde se reportan mediciones de peso, longitud, diámetro y color. Así, se observa que el peso oscila alrededor de los 90 y 200 gr en frutos maduros, de forma redonda, cónica u oval; con longitudes (diámetro polar) entre 5.2 a 9.2 cm y de diámetro (diámetro ecuatorial) entre 4.8 a 9.3 cm. Algunas de estas características son utilizadas para obtener el patrón de crecimiento de esta especie me-

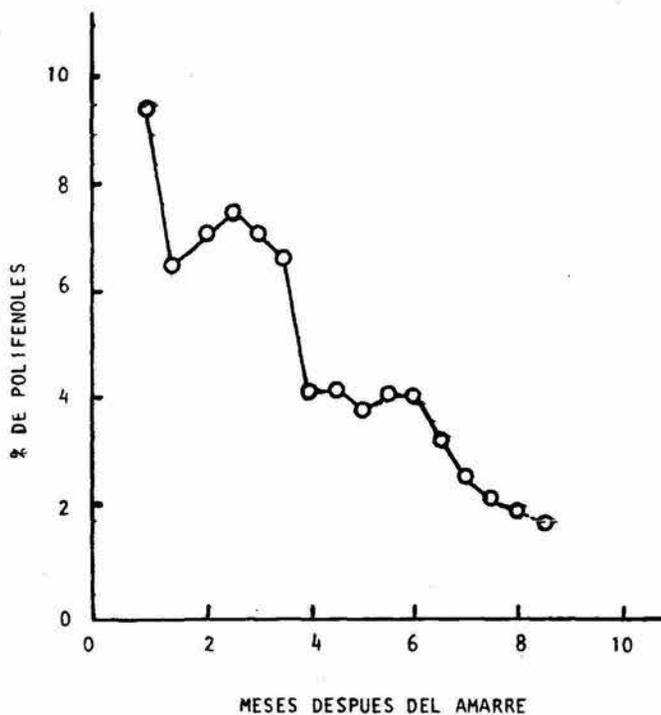
GRAFICA 4 : CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE
AZUCARES.



○ Azúcares totales; ● Azúcares reductores;
▲ Azúcares no reductores. Las líneas puntea
das muestran los cambios en azúcares postco
secha.

Fuente: Lakshminarayana y Subramanyam (1966). (21).

GRAFICA 5 :CAMBIOS EN LOS POLIFENOLES TOTALES
DEL CHICOZAPOTE.



- Las líneas punteadas muestran los cambios en postcosecha.

Fuente: Lakshminarayana y Subramanyam (1966). (21).

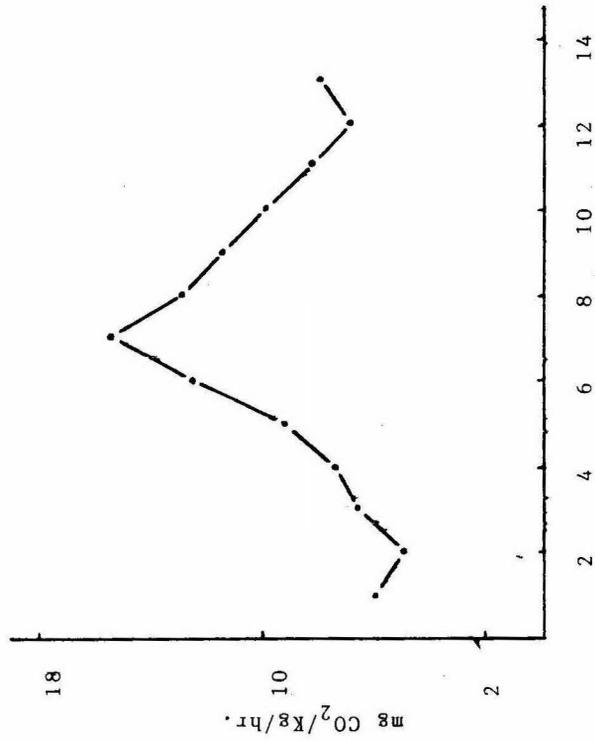
diante el seguimiento de su variación desde flor o fruto amarrado hasta que alcanza su máximo crecimiento; el patrón obtenido por Lakshminarayana y Subramanyam (21) fue una curva en forma de "S" o sigmoide simple, mientras que Sunderarajan y Madhava Rao (52) encontraron que dicho patrón describe una curva doble sigmoide. Sulladmath et al. (51) al medir el peso del fruto apoyan la propuesta anterior; en estas investigaciones no se menciona su posible utilidad como apoyo para determinar un IC.

El color de la pulpa en frutos con madurez comestible varía en función de la variedad y región geográfica; así, se reporta el café amarillento, café rojizo o el ligeramente café (24, 26, 28, 29).

En cuanto a lo reportado sobre el patrón respiratorio del fruto desde el amarre a la senescencia, se señala que no muestra climaterio alguno mientras se encuentra en el árbol; después que es cosechado y almacenado alcanza el mínimo climaterio a los dos días con una producción de bióxido de carbono alrededor de 5 mg/Kg/hr, este punto es importante porque el fruto llega a la madurez fisiológica; el máximo climatérico al octavo día con 15.40 mg de bióxido de carbono/Kg/hr y, la madurez comestible entre los 9 y los 13 días después de cosechado con 11.00 mg de bióxido de carbono/Kg/hr (16, 21). Ver gráfica 6.

Por otro lado, resulta interesante mencionar que algunos parámetros utilizados para determinar estados de madurez en otras especies, y que han dado buenos resultados, podrían

GRAFICA 6: PATRON RESPIRATORIO EN POSTCOSECHA PARA EL
CHICOZAPOTE var. Calcutta Round.



Fuente: Lakshminarayana y Subramanyam (1966).

ser igualmente eficaces para el caso del chicozapote, por ejemplo, se han reportado mediciones de la fuerza requerida para separar el fruto del árbol (en frutas como la guayaba y durazno) en función del grado de desarrollo de la zona de abscisión al aproximarse a la madurez fisiológica (37, 38, 45), este parámetro ofrece la ventaja de ser una prueba objetiva y no destructiva.

Otra opción son los métodos para predecir la fecha óptima de cosecha basada en el conteo del número de días que transcurren desde la floración o fruto amarrado hasta la época de cosecha y los grados-día acumulados en este periodo; estos métodos han resultado ser confiables en frutos caducifolios y sería de interés probarlos en frutos tropicales, como el caso del chicozapote (2, 4, 9, 14).

Con base en lo anterior, el presente trabajo se planteó con los siguientes objetivos:

III. Objetivo General y Específicos.

Objetivo General:

Determinar el índice de cosecha para chicozapote (Achras sapota Linn.) del estado de Veracruz, destinado al consumo en fresco.

Objetivos Específicos:

- Establecer el tipo de relación que guarda la actividad respiratoria y las características físico-químicas que se evaluaron a través del periodo de crecimiento y desarrollo.
- Establecer que tipo de relación existe entre el patrón de crecimiento y la actividad respiratoria.
- Establecer la relación entre el patrón de crecimiento y las características físico-químicas.
- Determinar la calidad de la madurez de consumo desarrollada en frutas cortadas en dos periodos de cosecha.

IV. Materiales y Métodos.

Fruta.

Para el presente estudio se utilizó chicozapote de la variedad "Betawi" de una huerta localizada a ocho kilómetros hacia el noroeste de la ciudad de Martínez de la Torre, Veracruz. La huerta está formada por 47 árboles (31 de 17 años y 16 de 11 años de edad) de los que fueron seleccionados quince árboles; el criterio de selección consistió en excluir aquellos árboles cercanos a los caminos y, los que se encontraran en pendientes. Así, fueron elegidos nueve árboles de 17 años los que formaron un cuadro de 3 x 3 y los seis restantes de 11 años como se observa en el croquis (Figura 3).

Una vez seleccionados, se realizó el 11 de junio de 1985 el marcaje con cintas de plástico de 1500 frutos amarrados identificados por el residuo estigmático seco presente en ellos.

El muestreo de la fruta se inició a partir del marcaje (M) y posteriormente se cosechó a intervalos de un mes durante su crecimiento y desarrollo; al aproximarse la época de cosecha comercial (séptimo mes de crecimiento y desarrollo) dicho intervalo se acortó a quince días; en esta época se realizaron dos cortes de fruta nombrados primera (PC) y segunda cosecha (SC). En la tabla 3 se muestran el número de frutos por corte entre el intervalo del M y la SC.

FIGURA 3:
CROQUIS DE LA HUERTA DE CHICOZAPOTE EN MARTINEZ DE
LA TORRE, VERACRUZ.

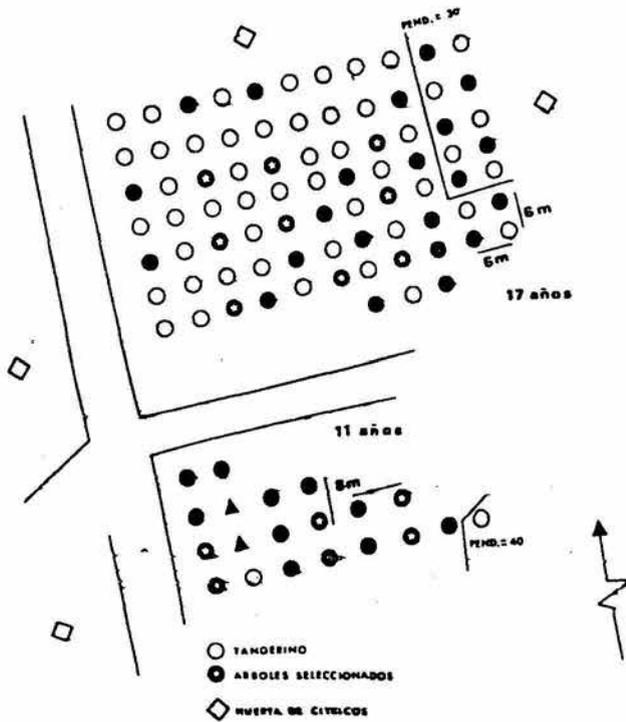


Tabla 3: Número de frutos por muestreo entre el marcaje (M) y la segunda cosecha (SC).

Número de frutos por muestreo	CORTE								PC	SC
	M	1	2	3	4	5	6	7		
	60	60	34	34	19	19	19	19	179	179

Para determinar los estados de madurez se elaboraron intervalos de confianza (5) de los parámetros que se perfilaron como indicadores de corte, se agruparon los datos correspondientes y se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) con el modelo completamente aleatorizado para los estados de madurez de cada parámetro indicador de corte para determinar si existían diferencias entre estados.

Para los datos obtenidos entre el M y la SC, así como, a los datos obtenidos en postcosecha se aplicaron modelos de ajuste, esto dependió del tipo de gráfica obtenida.

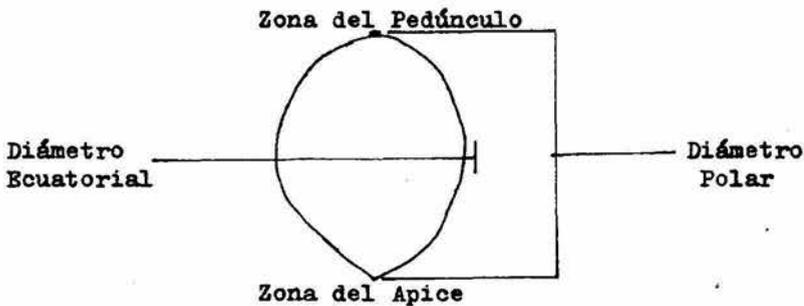
IV.1 Determinaciones Físicas.

Los parámetros físicos evaluados en el fruto durante el estudio fueron tamaño, peso, volumen, color externo e interno, fuerza requerida para separar el fruto del árbol y la cantidad de látex escurrido del fruto; así como, el peso y el color de la semilla.

Tamaño.

El tamaño se cuantificó a través de las mediciones de los diámetros polar y ecuatorial con ayuda de un vernier (Scala Mod. 222) como a continuación se muestra en la figura 4.

Figura 4: Mediciones de los Diámetros Polar y Ecuatorial.



Estos datos se reportan en centímetros (cm). Los datos se ajustaron con el modelo de la función sigmoide de Robertson, asimismo, se calculó el coeficiente de determinación (11).

Peso.

Los cambios de peso que sufrió el fruto fueron medidos utilizando una balanza analítica (Sauter Feirwaage Typ. 414/13) desde el amarre hasta el séptimo mes, y a partir del octavo mes y las dos cosechas se registraron con una balanza granataria (Sauter Typ. SM 2000). Los datos se reportan en gramos (gr). Los datos se dividieron en dos etapas ajustadas cada una con el modelo de la función de Ro-

bertson y se calculó el coeficiente de determinación (11).

Volumen.

El volumen se estimó al medir el agua desplazada por el fruto al sumergirlo en un recipiente con agua destilada. Los datos obtenidos se expresan en mililitros (ml). Los datos recibieron el mismo tratamiento que los obtenidos en el peso.

Color.

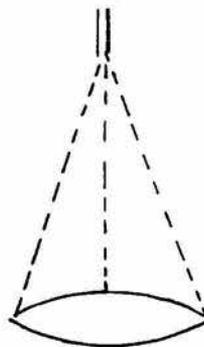
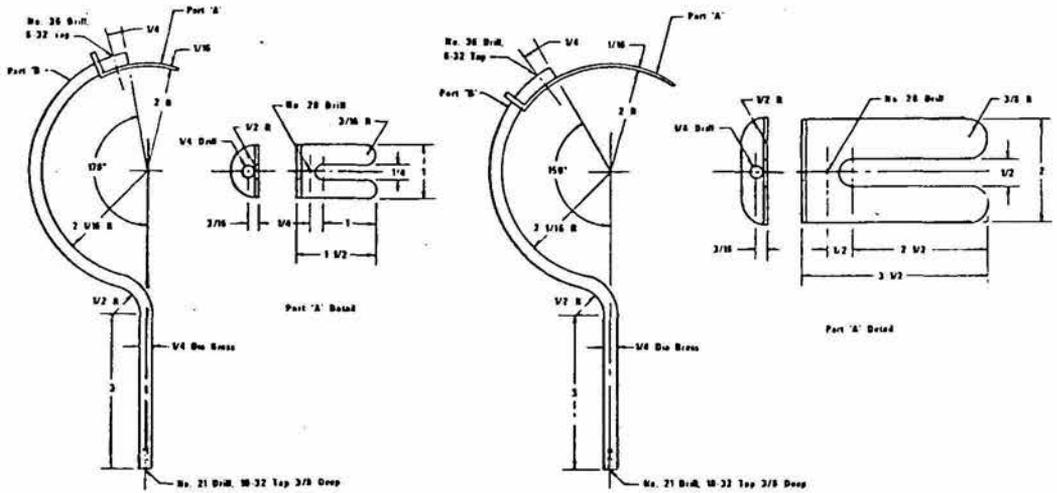
La evaluación del color externo del fruto se realizó con la ayuda de las cartas para color de suelos Munsell (31) y para la pulpa (color interno) se utilizaron las cartas de color Pantone (36).

Fuerza de Separación o Desprendimiento.

La fuerza de separación en algunos frutos (como la guayaba y durazno) ha sido utilizada para establecer estados de desarrollo en virtud de ser práctico y objetivo (37, 45). En el presente estudio se intentó cuantificar esta fuerza con la ayuda de un dispositivo como el utilizado en las frutas arriba mencionadas con la diferencia de que en lugar de un dinamómetro se empleó un plato con cadenas y varias pesas. Ver figura 5.

El procedimiento fue el siguiente: al fruto que se pretende separar se le coloca el gancho en la zona peduncular, el cual sostiene el plato en donde se colocan las pesas que se consideren convenientes y las que ejercen la fuer-

FIGURA 5: DISPOSITIVO PARA CUANTIFICAR LA FUERZA DE SEPARACION.



CADENAS

PLATO

FUENTE: REID et al. (1975). (45).

za para separar el fruto del árbol. Los datos así obtenidos se reportan en newtons (N). El modelo de la función sigmoide de Gompertz fue el ajuste que se aplicó y, además se calculó el coeficiente de determinación (11).

Látex.

El chicozapote es una especie que produce látex, de tal manera que, cuando se desprende un fruto hay una cierta cantidad de este producto que escurre (26, 32, 46), por esto se consideró interesante y conveniente tratar de cuantificarlo después de desprender el fruto, con el objetivo de conocer si este parámetro variaba significativamente entre los estados de madurez. Para ello, inmediatamente después de haber desprendido el fruto, se le colocaba por la zona peduncular en la boca de una probeta y así se obtuvo la velocidad de flujo del látex. Estos datos se reportan en mililitros por minuto (ml/min). Los datos se ajustaron con el mismo modelo que para la fuerza de separación.

Semilla.

Peso.

Los cambios en el peso de la semilla fueron medidos con ayuda de una balanza analítica (Sauter Feirwaage Typ. 414/13) del M a la SC. A los datos obtenidos se les aplicó el modelo de la función sigmoide de Robertson y se calculó el coeficiente de determinación (11).

Color.

El color se evaluó a través de las cartas de color Pantone (36), durante el crecimiento y desarrollo.

IV.2 Determinaciones Químicas.

Las determinaciones químicas realizadas fueron:

$^{\circ}$ Brix.

$^{\circ}$ Brix, que indican el porcentaje de sólidos solubles totales, especialmente de compuestos químicos como azúcares (la mayor parte), grasas, y otros materiales orgánicos. Esta medición se realizó con el refractómetro de Abbe (Erma, Tokio). Los datos se reportan en $^{\circ}$ brix. (7).

Azúcares.

La cuantificación de los azúcares se realizó por el método de Ting S.V. (54) en el que los azúcares reductores oxidan al ferricianuro transformándolo en ferrocianuro y al añadir el reactivo de arsenomolibdato se produce un complejo de color verde azulado cuya intensidad es directamente proporcional a la cantidad de azúcar.

Se prepararon las curvas estándar de glucosa y fructosa; para glucosa, se utilizó la temperatura de ebullición del agua durante 20 min y, para la fructosa se utilizó una temperatura de 55°C con un tiempo de 30 min. En ambas se ebulló con 5 ml de la solución de ferricianuro alcalino. Realizado esto, se enfrió con agua corriente y se neutra-

lizó con ácido sulfúrico 2 N, se agitaron y después se les añadieron 4 ml de la solución de arsenomolibdato, se agitaron y se aforaron a 100 ml con agua destilada dejándolos reposar durante 20 min, pasado ese tiempo se cuantificó el color al tomar las lecturas de absorbancia a 515 nanómetros (nm), previamente se ajustó el espectrofotómetro (Coleman Modelo 6) con el blanco a cero de absorbancia.

La muestra de chicozapote se trabajó de la siguiente manera: se pesaron 10 gr de pulpa en un matraz en donde se agregó una cantidad conveniente de alcohol al 80 % y se hirvió por 20 min con el fin de conservar la muestra (inactivación enzimática).

Hecho esto, se colocó la muestra (sólida y líquida) en el extractor Soxhlet entre 6 y 8 hrs, transcurrido ese tiempo se realizó la prueba de Molish (29), la que permite conocer si ha concluido la extracción. Si es así entonces, se concentra el extracto a un volumen menor de 90 ml; se traslada a un matraz aforado de 100 ml al que previamente se le añadieron 10 ml de clarificante (34) (el cual sirve para eliminar impurezas del extracto) se afora, y deja reposar por 30 min y se filtra. Hasta aquí se ha obtenido la solución madre (SM).

De la SM se tomaron 10 ml y se aforó a 100 ml, de esta dilución 1 ml es utilizado para cuantificar la glucosa y fructosa como se dijo para la curva estándar.

La determinación de los azúcares no reductores se realizó al hidrolizar la sacarosa que contiene la muestra y se

cuantificó de la siguiente manera: a 5 ml de la SM se les agregó 5 ml de ácido clorhídrico 1:1 con el fin de invertir la sacarosa, este contacto se mantiene durante 18 hrs., al transcurrir dicho tiempo la dilución se ajustó a pH entre 5 y 7 con ayuda de las concentraciones de hidróxido de sodio (0.1, 1.0, y 10 N); y se continuó el procedimiento como se describió para la glucosa.

Finalmente, se realizaron los cálculos como a continuación se indican:

De las curvas estándar se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración de azúcar en las muestras} = \frac{\text{Absorbancia de la muestra Ordenada al origen de la curva}}{\text{Pendiente de la curva}}$$

De la concentración obtenida se le aplicó la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de azúcares:

$$\% \text{ de Azúcar} = \frac{\text{Concentración de la curva estándar} \times \text{Factor de dilución} \times 100}{\text{Peso de la muestra} \times \text{Alicuota}}$$

Para continuar los cálculos:

$$\text{Glucosa Verdadera (G.V.)} = \text{Azúcares reductores aparentes (\%)} - \text{Fructosa aparente (\%)} \times 1.12512.$$

$$\text{Fructosa Verdadera (F.V.)} = \text{Azúcares reductores aparentes} - \text{G.V.}$$

$$\text{Azúcares Reductores Totales Verdaderos (A.R.T.V.)} = \text{G.V.} + \text{F.V.}$$

$$\text{Sacarosa Verdadera (S.V.)} = \text{Azúcares Totales aparentes} - \text{A.R.T.V.} \times 0.95$$

$$\text{Azúcares Totales Verdaderos} = \text{G.V.} + \text{F.V.} + \text{S.V.}$$

Así se obtuvieron los datos de azúcares reductores (glucosa y fructosa), azúcares no reductores (sacarosa) y azúcares totales; estos se reportan como por ciento (%). El análisis de datos para el intervalo entre el M y la SC (crecimiento y desarrollo) se realizó a través del modelo de la función exponencial, además se calculó el coeficiente de determinación (11). Para los datos de postcosecha se realizó un análisis de tipo longitudinal para cada una de las cosechas, el cual se basó en el cálculo de tasas de cambio para los azúcares.

Compuestos Fenólicos.

Los compuestos fenólicos se cuantificaron por el método de Folin-Denis (34, 44), que permite hacer una estimación colorimétrica con base en el color azul formado por la reducción del reactivo ácido fosfotungstamolíbídico por los polifenoles en solución alcalina. Inicialmente se preparó una curva estándar al tomar alícuotas de una solución de ácido tánico (100 mg/litro de agua) agregándoles 5 ml del reactivo de Folin-Denis y 10 ml de la solución de carbonato de sodio saturado; se agitó muy bien y se cuantificó el color al tomar la lectura de la absorbancia después de 30 min a 760 nm, el espectrofotómetro se ajustó previamente con el blanco a cero de absorbancia.

Para la determinación de los polifenoles en la muestra de

chicozapote se tomaron 5 gr de pulpa, se ebulleron por 30 min con 400 ml de agua destilada y después de transcurrido ese tiempo se enfrió con agua destilada y después de transcurrido ese tiempo se enfrió con agua corriente, se agitó, filtró y aforó a 500 ml. De este filtrado se tomó un ml y se procedió como se mencionó para la curva estándar. Las absorbancias así obtenidas se interpolaron en la curva estándar y se obtuvieron los miligramos de ácido tánico presentes en la muestra, los cuales fueron utilizados para calcular los porcentajes de polifenoles de la siguiente manera:

$$\% \text{ Polifenoles como Acido Tánico} = \frac{\text{mg de ác. tánico} \times \text{Dilución} \times 100}{\text{ml de muestra tomada para el desarrollo de color} \times \text{Peso de la muestra} \times 100}$$

Estos datos se reportan como porciento de polifenoles. A los datos obtenidos durante el crecimiento y desarrollo se aplicó el modelo de la función potencial, y a los obtenidos en postcosecha una regresión lineal simple; para los dos modelos se calculó el coeficiente de determinación (11).

IV.3 Determinaciones de Conteo.

Días transcurridos del amarre del fruto a la cosecha.

El método consiste en sumar los días transcurridos durante dicho intervalo de tiempo y el total representa los días que requirió el fruto para crecer y desarrollarse,

hasta alcanzar la madurez de corte (14).

Grados-Día.

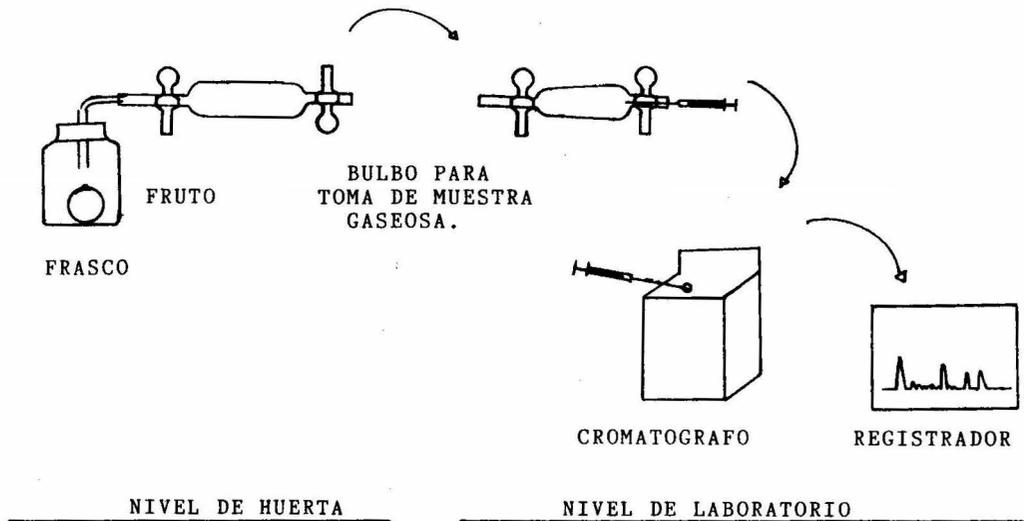
Este método se basa en el hecho de que la velocidad de crecimiento depende fundamentalmente de la temperatura ambiente de la zona de cultivo; y consiste en sumar el número de grados de temperatura promedio al día por arriba de una temperatura base (10 °C para frutas tropicales y 5.6 °C para frutas de clima templado). Estos datos se registraron en la huerta con la ayuda de un higrómetro y con los datos registrados por la estación meteorológica de la región. A los datos obtenidos se les aplicó el modelo de regresión lineal simple y también se calculó el coeficiente de correlación con su prueba de hipótesis a un nivel del 5 % (11).

IV.4 Determinación Fisiológica.

Actividad Respiratoria.

La respiración fue el parámetro fisiológico medido durante el estudio a través del CO₂ producido por el fruto desde el M a la SC y durante el almacenamiento. A nivel de huerta, el fruto cosechado se colocó en el interior de un frasco de volumen conocido y cerrado con un tapón de hule, de tal manera que pasada una hora permitiera succionar el CO₂ producido con ayuda de bulbos para toma de muestras gaseosas, a los que previamente se les provocó vacío. Ver figura 6. Así, el CO₂ contenido en el bulbo se cuantificó por medio de un cromatógrafo de gases (Varian Mod. 2100);

FIGURA 6 : PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRA DE CO₂, ASI COMO
SU CUANTIFICACION A NIVEL DE LABORATORIO.



las condiciones de operación del cromatógrafo se muestran en el anexo 1.

Para calcular el CO_2 producido por los frutos se procedió de acuerdo con el siguiente razonamiento:

Se aplicó la fórmula general de los gases:

$$PV = nRT \quad \text{donde: } n = g/(PM) \quad \text{entonces}$$

$$PV = g/(PM) RT; \quad g = PV (PM)/RT; \quad g/1000 \text{ mg} = \text{mg}$$

Donde:

P = Presión del lugar en donde se cuantifica el CO_2 en atm.

V = Volumen del recipiente en litros.

PM = Peso molecular del CO_2 (gr/mol).

R = Constante de los gases (atm x lit/ $^{\circ}\text{K}$ x mol).

T = Temperatura a la que se cuantifica el CO_2 ($^{\circ}\text{K}$).

g = gramos del gas.

Los datos se reportan como mg de $\text{CO}_2/\text{Kg}/\text{hr}$. El modelo de la función potencial fue el aplicado a los datos del M a la SC y se calculó el coeficiente de determinación (11) y durante el almacenamiento los datos se ajustaron con la ecuación cuadrática para las dos cosechas, en estas también se calculó los coeficientes de determinación para ambas (27).

IV.5 Determinación Sensorial.

La aceptabilidad de un fruto destinado al consumo en fresco está relacionado con el estado de madurez en que se co

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

las condiciones de operación del cromatógrafo se muestran en el anexo 1.

Para calcular el CO_2 producido por los frutos se procedió de acuerdo con el siguiente razonamiento:

Se aplicó la fórmula general de los gases:

$$PV = nRT \quad \text{donde: } n = g/(PM) \quad \text{entonces}$$

$$PV = g/(PM) RT; \quad g = PV (PM)/RT; \quad g/ 1000 \text{ mg} = \text{mg}$$

Donde:

P = Presión del lugar en donde se cuantifica el CO_2 en atm.

V = Volumen del recipiente en litros.

PM = Peso molecular del CO_2 (gr/mol).

R = Constante de los gases (atm x lit/ $^{\circ}\text{K}$ x mol).

T = Temperatura a la que se cuantifica el CO_2 ($^{\circ}\text{K}$).

g = gramos del gas.

Los datos se reportan como mg de CO_2 /Kg/hr. El modelo de la función potencial fue el aplicado a los datos del M a la SC y se calculó el coeficiente de determinación (11) y durante el almacenamiento los datos se ajustaron con la ecuación cuadrática para las dos cosechas, en estas también se calculó los coeficientes de determinación para ambas (27).

IV.5 Determinación Sensorial.

La aceptabilidad de un fruto destinado al consumo en fresco está relacionado con el estado de madurez en que se co

secha y, la manera de conocer dicha aceptación es a través de evaluaciones sensoriales en el momento que la fruta alcanza la madurez comestible (15, 25, 43), este aspecto es importante sobre todo para aquellos frutos que, como el chicozapote, no presentan cambios en apariencia externa.

Al tener como objetivo principal conocer esta aceptación a través de la evaluación de las características sensoriales del chicozapote al alcanzar la madurez comestible (fin del almacenamiento) se aplicó la prueba descriptiva con ayuda de un cuestionario en donde se evaluaron las características externas del fruto como suave, rugosa, lisa, etc., y la descripción de atributos al momento de degustarlo como la granulosidad, fibrosidad, jugosidad y textura de la pulpa. Además, se incluyó en el cuestionario la escala hedónica en la que se anotó el nivel de agrado con respecto a los atributos de apariencia interna, color, olor, sabor y textura. Ver anexo 2.

La evaluación se efectuó con jueces entrenados para conocer la descripción de los atributos alcanzados durante el almacenamiento del chicozapote. De esta información se seleccionó la de mayor frecuencia.

V. Metodología.

Seleccionados los quince árboles de la huerta y marcados un total de 1500 frutos amarrados se inició el muestreo de los frutos.

Para el periodo de crecimiento y desarrollo, las colectas se iniciaron a partir del M, así, para este y el primer

mes se colectaron 60 frutos; en éstos se cuantificaron en forma individual los cambios físicos y, para la medición de los cambios químicos se formaron dos lotes (de 30 frutos cada uno) debido a lo pequeño del fruto: 4 frutos de los 60 se destinaron para cuantificar el CO_2 producido durante la respiración (este número se mantuvo durante el crecimiento y desarrollo); también se inició el registro de temperatura (lo que permitió calcular los grados-día) a nivel de huerta; paralelamente se llevó la cuenta del número de días que transcurrían.

Para el segundo y tercer mes se colectaron 34 frutos, en éstos se cuantificaron los cambios físicos en igual forma que a los frutos del M y primer mes. Los frutos del segundo mes se agruparon en 17 lotes de dos frutos cada uno para la medición de los cambios químicos; en los frutos del tercer mes estas mediciones se realizaron individualmente.

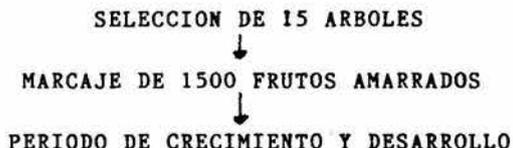
A partir del cuarto mes y hasta el séptimo mes de crecimiento y desarrollo los cambios físicos y químicos se realizaron en forma individual en 19 frutos colectados. En el cuarto mes se dió inicio a la cuantificación de los parámetros físicos de: fuerza de separación o desprendimiento y a la cantidad de látex escurrido.

Durante la época de cosecha comercial se realizaron dos colectas nombradas: primera cosecha (PC), a quince días del séptimo mes y, segunda cosecha (SC) a quince días de la PC; de 179 frutos cada una. De éstos, 19 se destinaron para cuantificar los cambios físicos, químicos y fisiológico al momento del corte. Los 160 frutos restantes se alma

cenaron en una cámara de maduración en condiciones de 20 ± 1 °C y 80 - 90 % de humedad relativa; de éstos, 100 frutos se utilizaron para determinaciones diarias (7 frutos al día seleccionados al azar) de la actividad respiratoria, cambios físicos (color externo e interno), cambios químicos (polifenoles, azúcares, °brix). Cuando los otros 60 frutos alcanzaron la madurez comestible se utilizaron para el análisis sensorial en términos de: textura (jugosidad, granulosidad, fibrosidad y aspereza de la cáscara), color, sabor, olor y apariencia. Vease cuadro 2.

CUADRO 2:

DIAGRAMA DE FLUJO DEL ESTUDIO DE INDICE DE COSECHA DEL CHICOZAPOTE.



**MUESTREO MENSUAL DE
19 a 60 FRUTOS**

A) Patrón Respiratorio
4 frutos para la determinación de la actividad respiratoria

B) Patrón de Crecimiento

19 a 60 frutos para mediciones de:

- Diámetro polar y ecuatorial.
- Volumen y Peso.

C) Cambios composicionales

- ° Brix
- Polifenoles
- Azúcares: Totales, reductores y no-reductores

**INDICADORES DE
CONTEO**

C) Cambios Físicos

- Color del fruto
- Color de semilla
- Látex escurrido
- Fuerza de separación.

Registro en la huerta y datos de la estación metereológica de la región, temperatura y HR durante todo el período de desarrollo, incluyendo la época de cosecha.

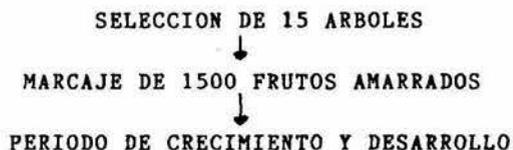
Días - grado

Número de días desde amarre a la cosecha.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CUADRO 2:

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL ESTUDIO DE INDICE DE
COSECHA DEL CHICOZAPOTE.**



**MUESTREO MENSUAL DE
19 a 60 FRUTOS**

**INDICADORES DE
CONTEO**

A) Patrón Respiratorio
4 frutos para la
determinación de la
actividad respiratoria

C) Cambios Físicos
- Color del fruto
- Color de semilla
- Látex escurrido
- Fuerza de separación.

Registro en
la huerta y
datos de la
estación me
tereológica
de la region,
temperatura
y HR durante
todo el perío
do de desarro
llo, incluyen
do la época
de cosecha.

B) Patrón de Crecimiento

19 a 60 frutos para mediciones de:

- Diámetro polar y ecuatorial.
- Volumen y Peso.

Días - grado

Número de días
desde amarre
a la cosecha.

C) Cambios composicionales

- ° Brix
- Polifenoles
- Azúcares: Totales, reductores y no-reductores

COSECHA

PRIMERA

SEGUNDA

De cada cosecha se tomaron 179 frutos

ANALISIS INICIAL

19 frutos se destinaron para evaluar los parámetros indicados en A, B, C y D.

- 100 frutos se utilizaron para determinaciones diarias de :

- Act. respiratoria.
- Color externo
- Color interno
- Polifenoles
- Azúcares
- °Brix.

MADURACION

De los 160 frutos restantes a 20 ± 1 °C y 80 - 90 % HR.

- 60 frutos al alcanzar la madurez comestible se utilizaron para:

ANALISIS SENSORIAL
(Descriptivo)

- Textura:
 - Jugosidad
 - Granulosidad
 - Fibrosidad
 - Aspereza de la cáscara
- Color.
- Sabor.
- Olor.
- Apariencia.

VI. Resultados y Discusión.

VI.1 Parámetro Fisiológico. Respiración.

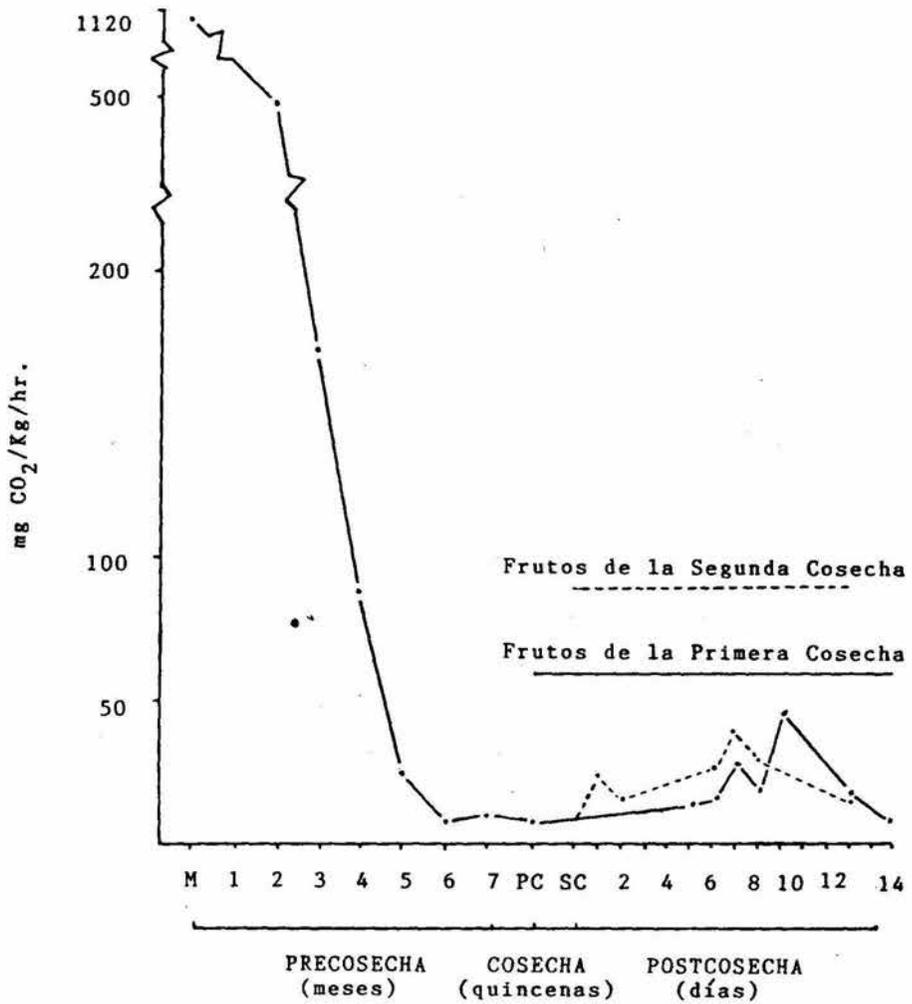
El patrón respiratorio que describe el chicozapote es típicamente climatérico; al detectar en el M 1118.04 mg CO₂/Kg/hr \pm 644.64 ; para el segundo mes la producción fue de 498.25 mg CO₂/Kg/hr \pm 390.57; estas altas producciones de bióxido de carbono se deben a la rápida actividad metabólica involucrada en la división y diferenciación celular para posteriormente pasar al alargamiento celular. Siempre hubo un decremento en la producción de bióxido de carbono de tal forma que para el séptimo mes (febrero) se detectaron 9.49 mg CO₂/Kg/hr \pm 1.04 y para la PC (7.9 meses) 7.84 mg CO₂/Kg/hr \pm 3.95. Ver gráfica 7.

En el intervalo de tiempo arriba mencionado se aplicó el modelo de la función potencial, con lo que se corroboró el comportamiento en dicho intervalo al obtener un coeficiente de determinación de 0.9673 como se advierte en la gráfica 8, en la que también se muestra la ecuación que explica el comportamiento de los datos.

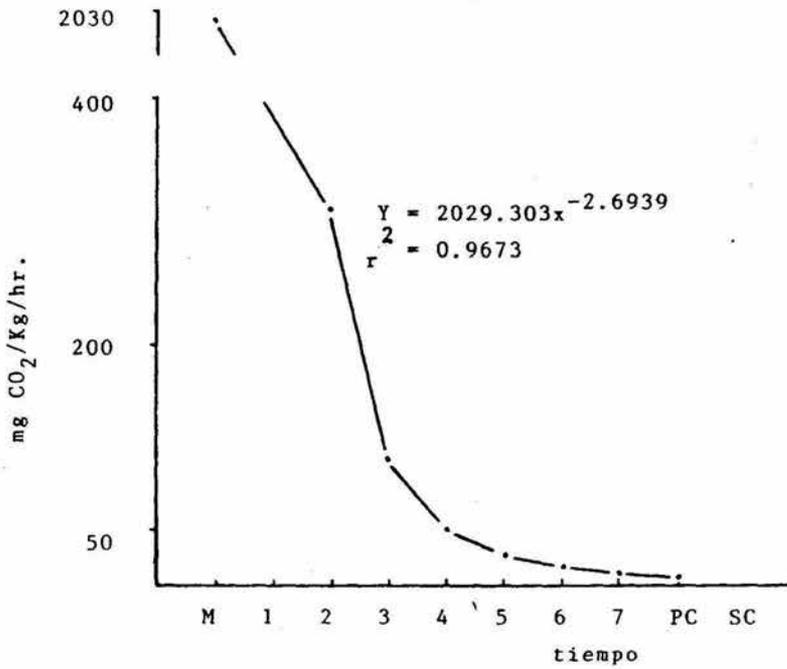
Después, ya en el almacenamiento, no se definió el mínimo climatérico como se esperaba (ver gráfica 7) antes de la elevación climatérica; sin embargo, este momento se toma como un intervalo de tiempo que en el presente estudio

El error asociado es la desviación estándar.

GRAFICA 7: PATRON RESPIRATORIO DEL CHICOZAPOTE
(*Achras sapota* L.) Var. "Betawi".



GRAFICA 8: CURVA DE RESPIRACION PARA EL CHICOZAPOTE DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO; AJUSTANDO LOS DATOS CON EL MODELO DE LA FUNCION POTENCIAL.



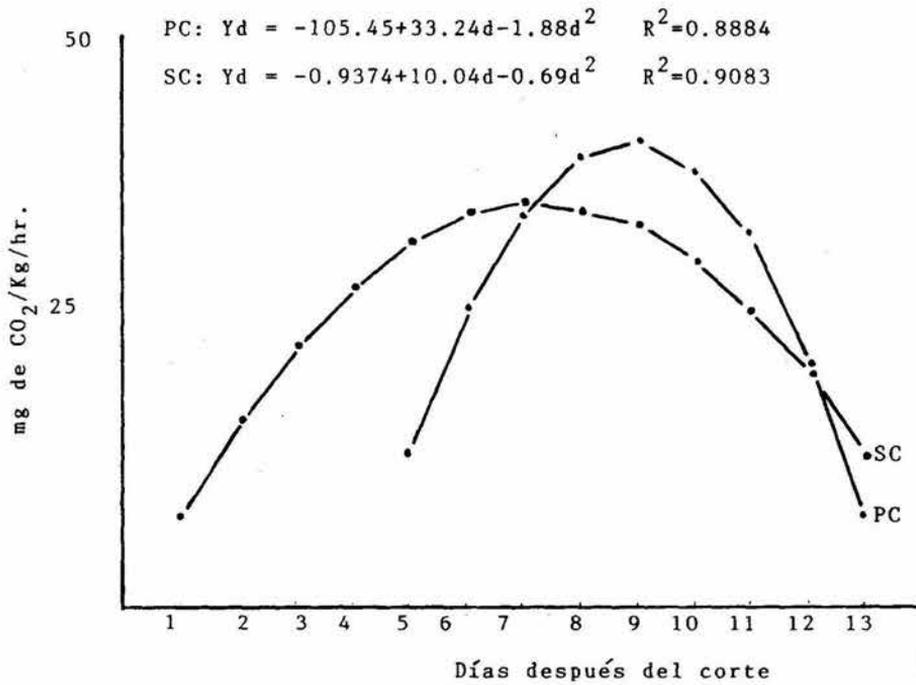
inicia en las cosechas como se aprecia en la gráfica 7; debido a esto no se consiguió la ayuda que se esperaba de este parámetro. No obstante, la elevación climatérica se inició y comprendió nueve días para la PC y siete días para la SC, en ese tiempo se presentó el máximo climatérico con una producción de $47.22 \text{ mg CO}_2/\text{Kg/hr} \pm 7.49$ para la PC y $40.33 \text{ mg CO}_2/\text{Kg/hr} \pm 9.07$ para la SC y, de dicho momento en adelante el postclimatérico para subsecuentemente llegar a la madurez comestible a los 14 y 12 días después del corte para los frutos de la PC y la SC, respectivamente. Ver gráfica 7.

Durante la postcosecha el modelo de la ecuación cuadrática fue el realizado, con el que se obtuvo coeficientes de determinación de 0.8884 y 0.9083 para la PC y SC, respectivamente como se señala en la gráfica 9.

Los resultados obtenidos durante el almacenamiento indican que los frutos de la PC requirieron más tiempo para alcanzar el máximo climatérico y tuvieron más producción de bióxido de carbono con respecto a los frutos de la SC. Ahora bien, si tomamos en cuenta que las frutas con altas producciones de bióxido de carbono son más percederas que aquellas con bajas producciones de este gas y, esto lo trasladamos al presente estudio, entonces los chicozapotes de la PC son relativamente más percederos que los frutos de la SC.

De acuerdo a lo previamente mencionado, Lakshminarayana et al. (21) reportaron que el patrón respiratorio del chicozapote variedad "Calcutta Round" era un comportamiento

GRAFICA 9: CURVA DE RESPIRACION PARA LAS DOS COSECHAS DE CHICOZAPOTE; CON DATOS AJUSTADOS POR MEDIO DE LA ECUACION CUADRATICA.



típico de frutas climatéricas, al iniciar con altas producciones de CO_2 cercanas a $750 \text{ mg CO}_2/\text{Kg/hr}$ las que disminuyeron hasta alcanzar 38 mg al momento de la cosecha (ocho meses después del amarre del fruto) y a los dos días se alcanzó el mínimo climatérico con 5 mg y, el máximo climatérico al octavo día posterior al corte con 15.40 mg . Las diferencias observadas podrían deberse principalmente a la variedad, así como, a las condiciones climáticas y culturales de la India donde se realizó el trabajo antes mencionado.

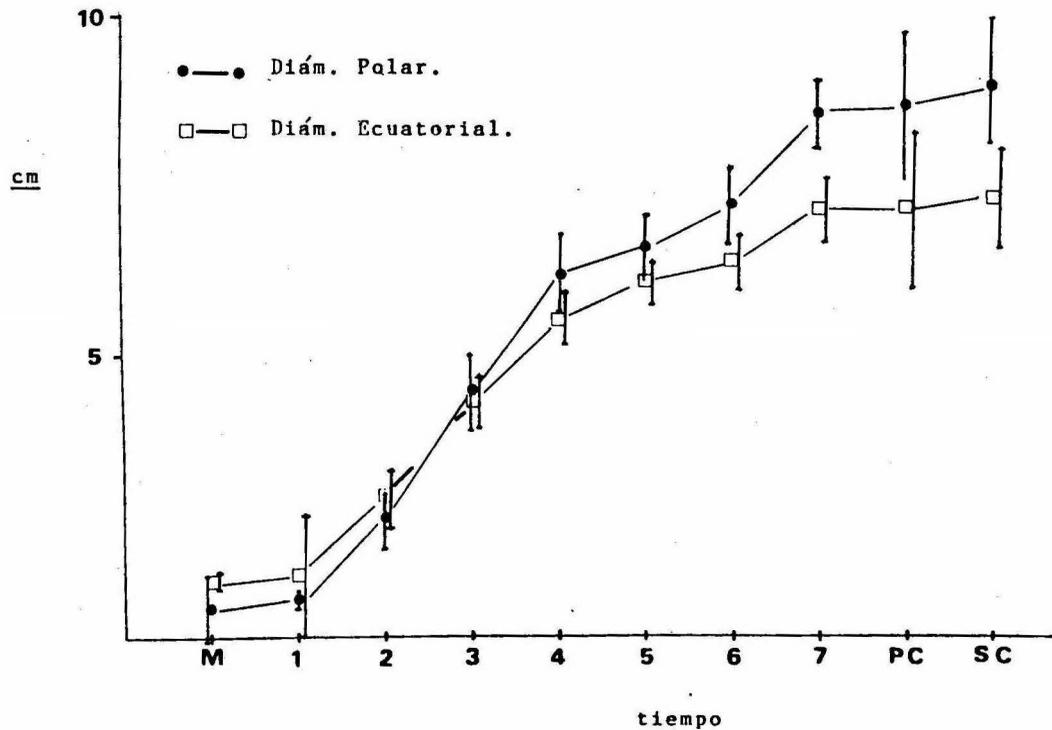
Ahora bien, la producción de CO_2 es un parámetro que no es práctico y resulta económicamente muy alto para ser empleado a nivel de campo.

VI.2 Cambios Físicos Durante el Crecimiento y Desarrollo.

VI.2.1 Tamaño. Diámetros Polar y Ecuatorial.

Los diámetros polar y ecuatorial graficados contra el tiempo describieron curvas sigmoides simples como se observan en la gráfica 10. Al momento del M, el diámetro polar de los frutos medía $0.54 \text{ cm} \pm 0.15$, mientras que el diámetro ecuatorial era de $0.97 \text{ cm} \pm 0.15$, esto es, el fruto era de forma achatada. Para el quinto mes de crecimiento y desarrollo el diámetro polar fue de $6.45 \text{ cm} \pm 0.51$ y el ecuatorial de $5.85 \text{ cm} \pm 0.36$, en este momento el fruto se alargó ligeramente. En el séptimo mes los frutos alcanzaron su tamaño máximo con $8.57 \text{ cm} \pm 0.56$ y $7.07 \text{ cm} \pm 0.52$ de diámetros polar y ecuatorial, respectivamen-

GRAFICA 10: DIAMETRO POLAR Y ECUATORIAL DEL CHICOZAPOTE DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO.



te; con lo cual se definió la forma alargada con un 18 % más grande el diámetro polar que el ecuatorial. Por lo que respecta a los valores de los diámetros de los frutos muestreados durante la PC y la SC, éstos oscilaban en los obtenidos en el séptimo mes, con desviaciones estándar de 1.22 para el diámetro polar y 0.68 de diámetro ecuatorial en la PC, mientras que para la SC las desviaciones fueron de 1.07 de diámetro polar y 0.79 de diámetro ecuatorial.

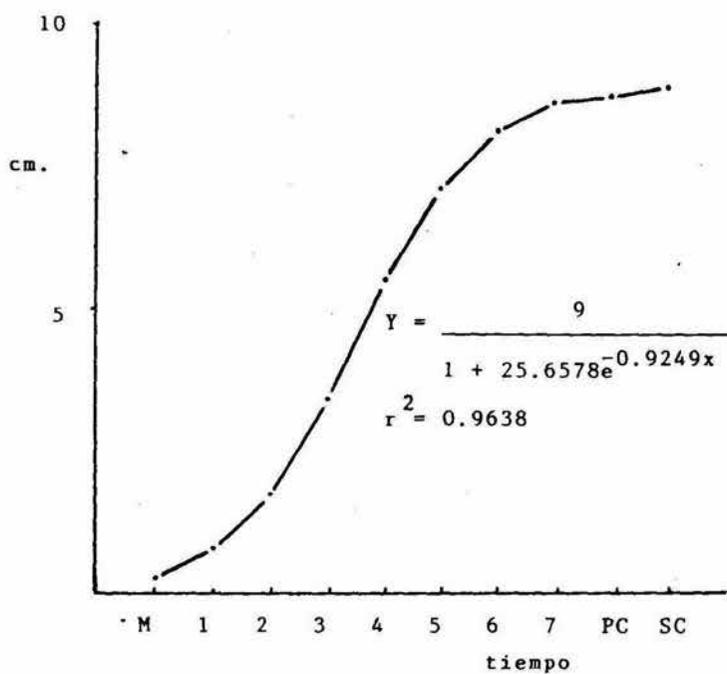
Los coeficientes de determinación obtenidos (0.9638 para el diámetro polar y 0.9731 para el ecuatorial) corroboraron que el comportamiento de estos parámetros durante el crecimiento y desarrollo fue sigmoide simple. Véanse las gráficas 11 y 12 en las que también se muestran las ecuaciones que explican el comportamiento de los diámetros.

Ahora bien, por lo que respecta a la literatura se tiene que Ingle et al. (19) para la variedad "Kalipatti" y Lakshminarayana et al. (21) para la variedad "Calcutta Round" reportaron incrementos continuos al acercarse a la madurez de los diámetros, sin observar el comportamiento sigmoide simple.

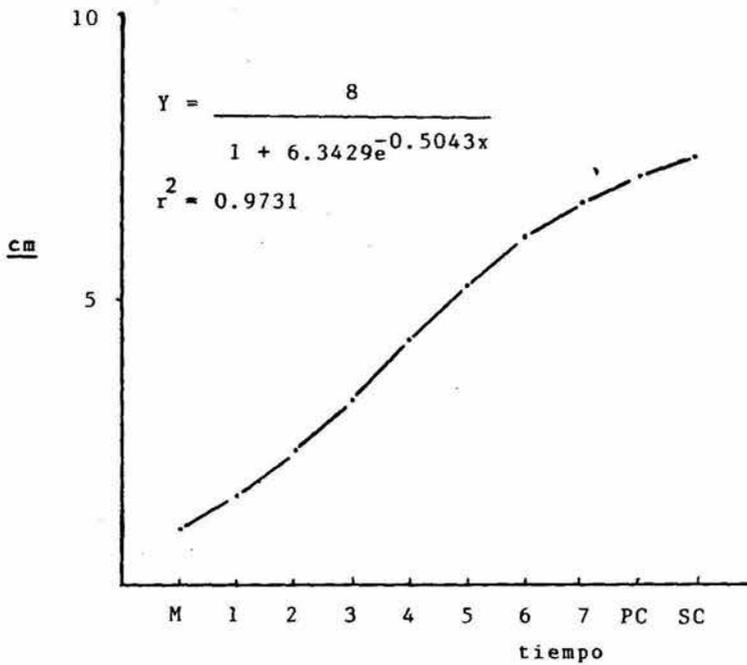
VI.2.2 Peso y Volumen.

El peso y el volumen son los parámetros que definen el patrón de crecimiento; estos datos describen curvas doble sigmoideas como se muestra en las gráficas 13 y 14, en las que se lograron observar tres periodos definidos en el crecimiento y desarrollo del chicozapote:

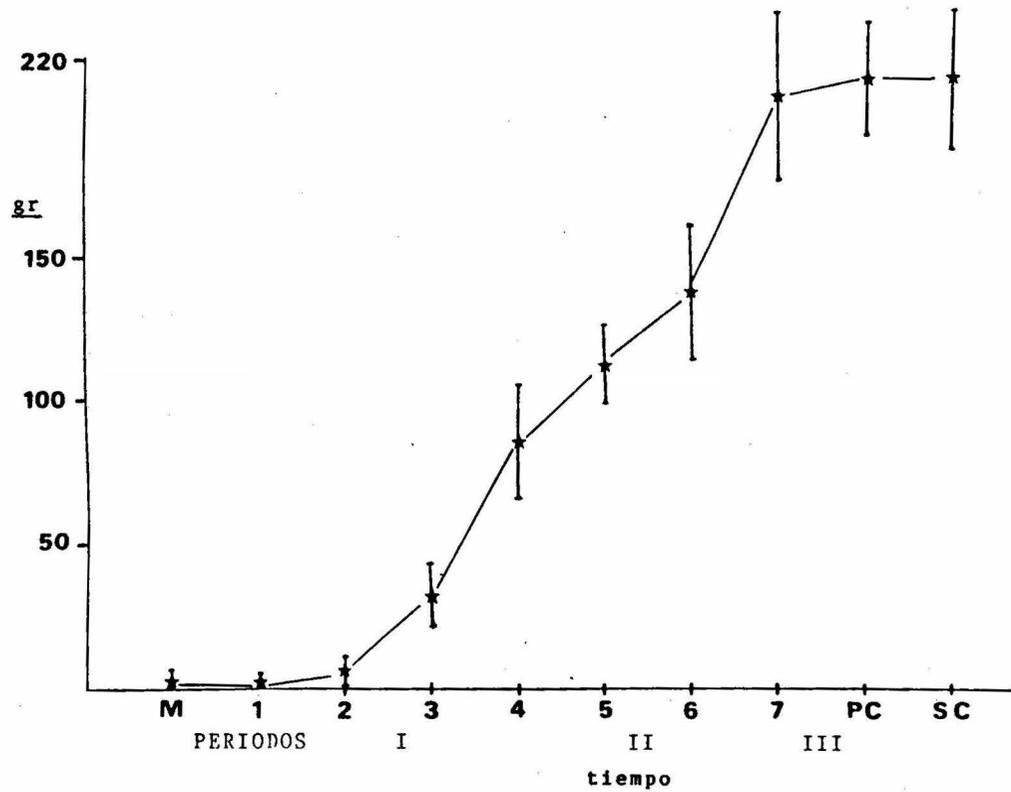
GRAFICA 11: CAMBIOS EN EL DIAMETRO POLAR DEL CHICO ZAPOTE; DATOS AJUSTADOS CON EL MODELO DE LA FUNCION SIGMOIDE DE ROBERTSON.



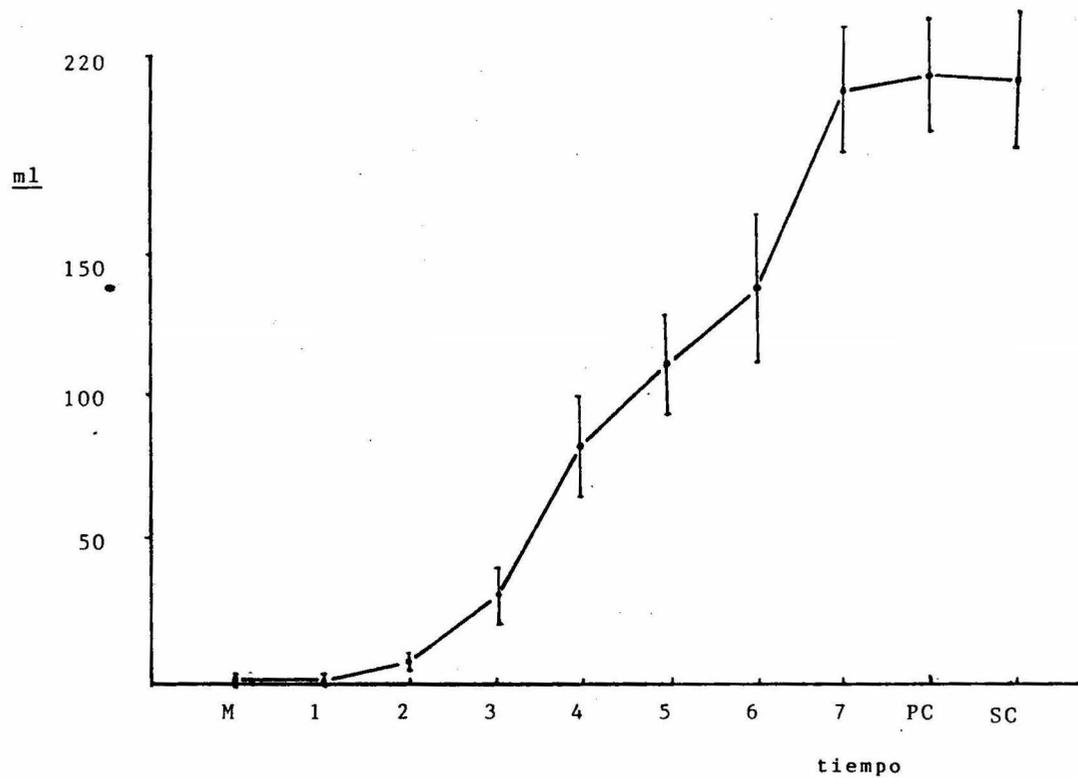
GRAFICA12: DIAMETRO ECUATORIAL DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CHICOZAPOTE; DATOS AJUSTADOS CON EL MODELO DE LA FUNCION SIGMOIDE DE ROBERTSON.



GRAFICA 13: CAMBIOS DE PESO DEL CHICOZAPOTE DURANTE SU CRECIMIENTO Y DESARROLLO.



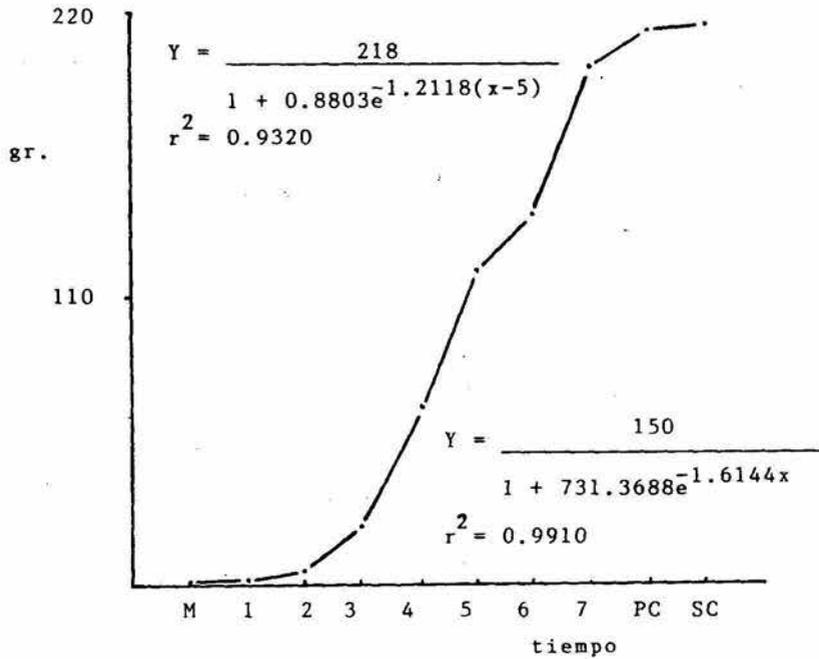
GRAFICA 14: CAMBIOS EN VOLUMEN DURANTE EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DEL CHICOZAPOTE.



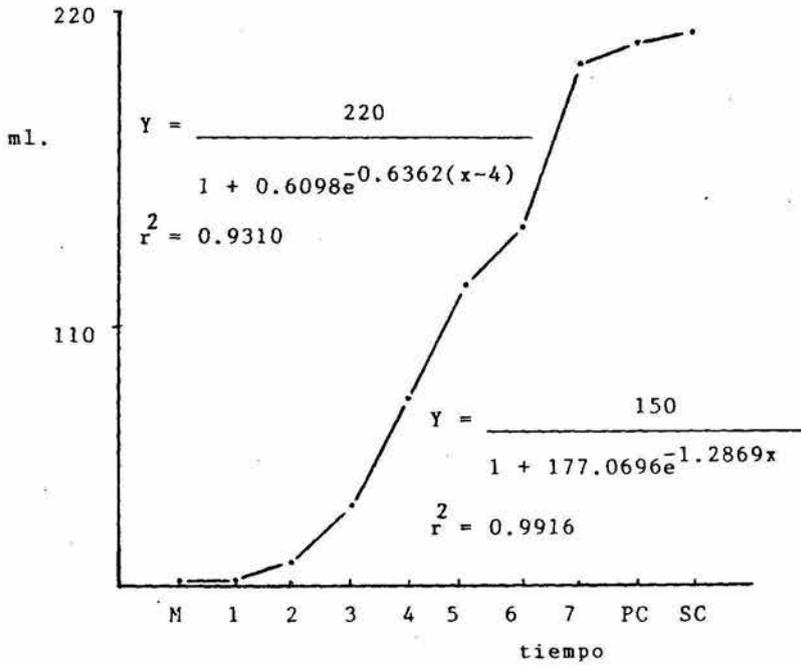
- Periodo I. Comprendido entre el M hasta el quinto mes caracterizado por un crecimiento rápido; el fruto al momento del M presentó un peso de $0.22 \text{ gr} \pm 0.11$ y volumen de $1.48 \text{ ml} \pm 0.53$. Al final de este periodo el fruto alcanzó valores de $115.71 \text{ gr} \pm 14.06$ de peso y $113.79 \text{ ml} \pm 18.28$ de volumen.
- Periodo II. Del quinto al sexto mes. En donde se observó un crecimiento lento; con valores al sexto mes de $141.31 \text{ gr} \pm 24.79$ y $140.57 \text{ ml} \pm 26.27$ de peso y volumen, respectivamente.
- Periodo III. Del sexto mes a la SC. Periodo de crecimiento rápido, donde el fruto alcanzó sus dimensiones finales que fueron: $214.83 \text{ gr} \pm 24.31$ de peso y $210.58 \text{ ml} \pm 24.06$ de volumen.

Dado que la duración y el grado de crecimiento para cada periodo depende en mucho de la variedad en estudio, así como de la zona geográfica en donde se encuentre el cultivo (46), se aplicó el modelo de Robertson para confirmar el comportamiento del peso y volumen para cada una de las curvas sigmoides simples; y se encontró para el peso un coeficiente de determinación de 0.9910 y 0.9320 para la primera y segunda curva, respectivamente, ver gráfica 15 en la que también se muestran las ecuaciones calculadas para dichas curvas. Para el caso del volumen, los coeficientes de correlación fueron de 0.9916 para la primera curva y 0.9310 para la segunda como se indica en la gráfica 16.

GRAFICA15: PESO DEL FRUTO DEL CHICOZAPOTE DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO; DATOS AJUSTADOS CON EL MODELO DE LA FUNCION SIGMOIDE DE ROBERTSON.



GRAFICA 16. CAMBIOS EN VOLUMEN DEL CHICOZAPOTE DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO; DATOS AJUSTADOS CON EL MODELO DE LA FUNCION SIGMOIDE DE ROBERTSON.



Por otro lado, Sulladmath (50) reportó que durante el periodo I hay una rápida división celular seguida por el alargamiento de las mismas en el pericarpio del chicozapote variedad "Kalipatti". Mientras que, Sunderarajan et al. (52) y Sulladmath et al. (51) reportaron que el periodo II se caracterizaba por ser de crecimiento lento para la variedad "Kalipatti"; para este mismo periodo Sulladmath (50) reportó para la misma variedad una reducción en concentración de minerales (N, P, K y Mg) en la pulpa, no así para el calcio que mantuvo su concentración. Este mismo autor reporta para el tercer periodo un aumento del tamaño celular y de espacios intercelulares, además de que hay una acumulación de nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio.

Así entonces, los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los presentados por Sunderarajan et al. (52) y Sulladmath et al. (52) en lo que se refiere al patrón de crecimiento observado para esta especie, esto es, que describe una curva doble sigmoide.

VI.2.3 Cambios de Color Externo e Interno del Fruto.

Color Externo.

El color externo del fruto se presenta en la tabla 4 donde se observa una etapa inicial en el que el fruto presenta tonalidades de café (del M al quinto mes). Para los meses sexto y séptimo el color rojo se hizo presente al tornarse el color de la cáscara al café rojizo y finalmente para las cosechas el fruto es de color amarillo rojizo.

TABLA 4: COLOR EXTERNO (CASCARA) DEL CHICOZAPOTE

MOMENTO DE LA EVALUACION	CODIGO CARTA MUNSELL*	DENOMINACION
M	4/4	CAFE OSCURO
1	4/4	CAFE OSCURO
2	4/6	CAFE OSCURO
3	4/6	CAFE OSCURO
4	5/4	CAFE
5	5/4	CAFE
6	5/6	CAFE ROJIZO
7	5/6	CAFE ROJIZO
PC	6/6	AMARILLO ROJIZO
SC	6/6	AMARILLO ROJIZO

* La carta utilizada fue: HUE 7.5 YR.

Color Interno.

La pulpa presentó los colores verde, la transición de verde a café, café y café rojizo a través del crecimiento y desarrollo del chicozapote. La presentación de los códigos y colores de las tablas Pantone están en base a la zona en la que aparecieron; así, el primer valor corresponde a la zona inmediata por debajo de la cáscara, seguida por el color del mesocarpo y finalmente por el endocarpo el cual es dividido en las subzonas apical y peduncular.

Ahora bien, podemos apreciar en la tabla 5 que para los tres primeros meses el interior del fruto es completamente verde con el endocarpo más claro que la del mesocarpo. Para el cuarto mes el fruto conserva el color por debajo de la cáscara verde y el resto del mesocarpo se torna a verde claro, aquí aparece el color café rojizo en la zona apical y los colores de transición inician para terminar hasta el séptimo mes. Ya para el séptimo mes el fruto es café en mesocarpo y el endocarpo con un color café tenue. Para la época de cosecha el mesocarpo fue café y la parte apical conservó el café rojizo. A lo largo de todo el crecimiento y desarrollo siempre estuvo presente en la parte central (cilindro central) del fruto un color blanquecino, principalmente en la zona peduncular.

En la literatura no se reportan los cambios que sufre el color del fruto tanto externos como internos a través del crecimiento y desarrollo.

TABLA 5: COLOR INTERNO (PULPA) DEL CHICOZAPOTE

MOMENTO DE LA EVALUACION	CODIGO PANTONE*	COLOR
M	377, 367	●
1	377, 367	
2	377, 367	
3	382, 379	
4	390, 587 145, 461	●
5	390, 149 152, 142	●
6	149, 152 143	● ●
7	139, 152 143	●
PC	146, 144	● ●
SC	146, 144	

* Las tablas utilizadas corresponden a sección de
"coATED STOCK".

Por otro lado, se ha visto que en la mayoría de los frutos la primera señal de maduración es la pérdida gradual del color verde (35) lo cual está asociado con la degradación de clorofila y la síntesis de carotenoides, si esto lo convenimos al presente estudio vemos que el fruto conserva el verde hasta el quinto mes y para el sexto mes dando paso a los tonos de color café.

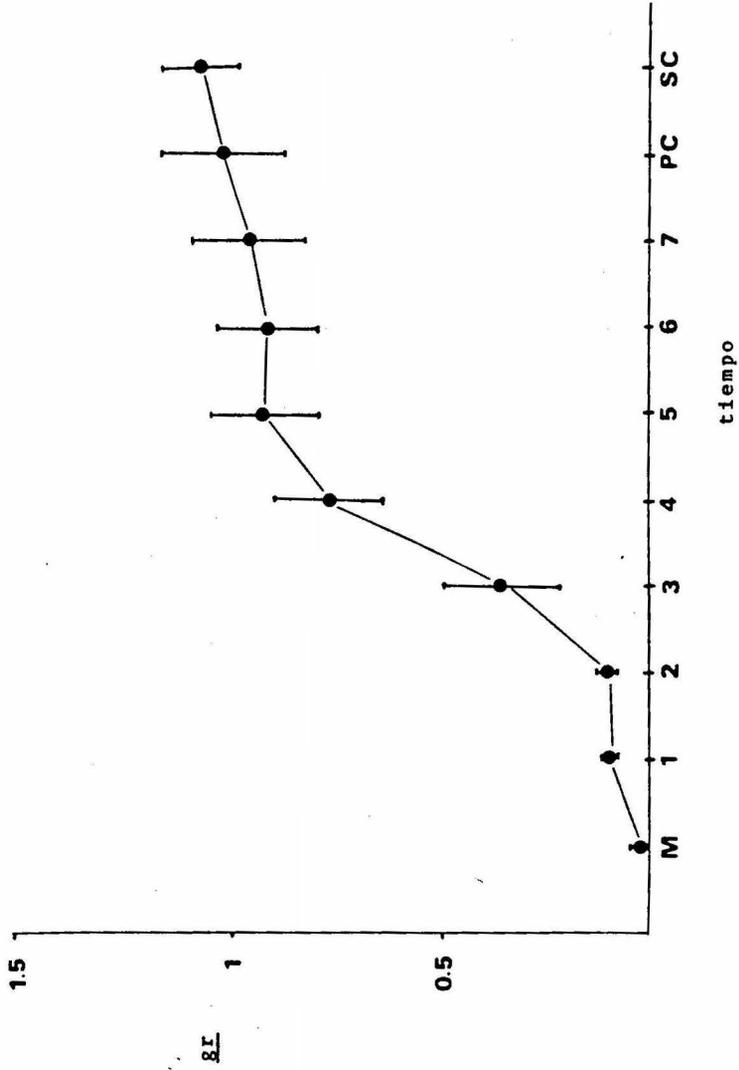
VI.2.4 Semilla.

VI.2.4.1 Peso de la Semilla.

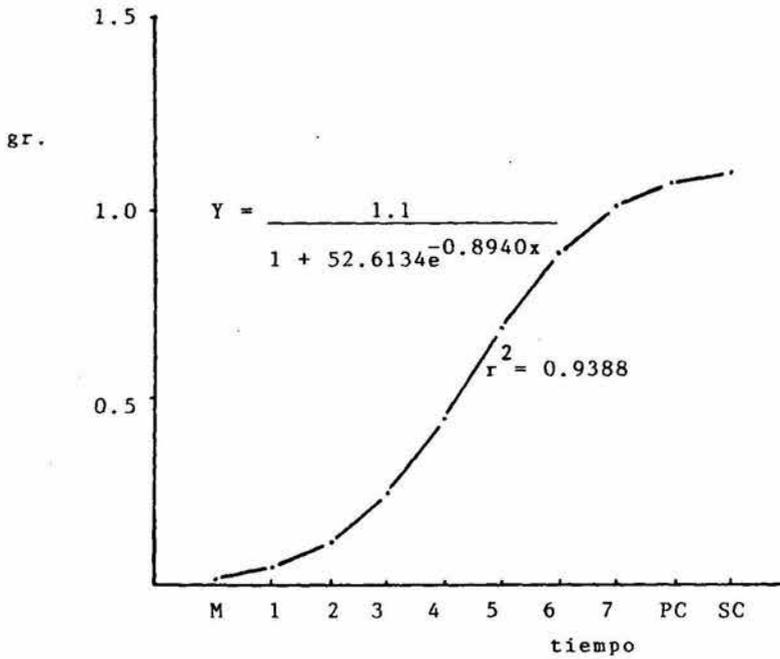
Los cambios de peso que le ocurrieron a la semilla a través del crecimiento y desarrollo se presentan en la gráfica 17, en la que se observa una curva sigmoide simple; los primeros dos meses fueron de crecimiento lento con valores de $0.0983 \text{ gr} \pm 0.01$ de peso; a partir del segundo mes se detectó un crecimiento rápido al conseguir $0.925 \text{ gr} \pm 0.13$. Del quinto mes a la SC la semilla sufrió poco cambio al aumentar 0.142 gr para finalmente llegar a un peso de $1.07 \text{ gr} \pm 0.11$.

Sulladmath (50) también obtuvo una curva sigmoide simple en los cambios de peso que sufrió la semilla del chicozapote variedad "Kalipatti", observó que durante el periodo I del patrón de crecimiento la semilla, la nucela y los tegumentos crecían de igual manera que el pericarpio. Mientras que durante el periodo II detectó un rápido proceso de lignificación y crecimiento de la semilla. La diferencia notable entre dicha variedad de chicozapote y la variedad del presente estudio radica en el peso final al-

GRAFICA 17: CAMBIOS DEL PESO DE SEMILLA DURANTE EL
CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CHICOZAPOTE.



GRAFICA18: PESO DE LA SEMILLA DE CHICOZAPOTE,
 CON DATOS AJUSTADOS CON EL MODELO DE
 LA FUNCION SIGMOIDE DE ROBERTSON.



canzado por la primera que fue de 2.67 gr.

Con el modelo de Robertson se ratificó el comportamiento de este parámetro al obtener 0.9388 de coeficiente de determinación, ver gráfica 18 donde también se encuentra la ecuación que ilustra el comportamiento del peso de la semilla.

VI.2.4.2 Color de la Semilla.

El color de la semilla obtenido durante el crecimiento y desarrollo del chicozapote se muestra en la tabla 6 que a continuación se muestra.

Tabla 6: Cambios de Color en la semilla del Chicozapote Durante su Crecimiento y Desarrollo.

	Códigos	Color
M	472c/380c	●
1	"	
2	"	
3	141c/380c	
4	141c/142c	
5	141c/154c	●
6	141c/470c	●
7	141c/469c	●
PC	476c	●
SC	476c	●

En la tabla anterior se observa que del marcaje al tercer mes el color de la semilla es principalmente verde claro; del cuarto al sexto mes el color café se hace presente para finalmente (para la PC y SC) tornarse a color negra-café.

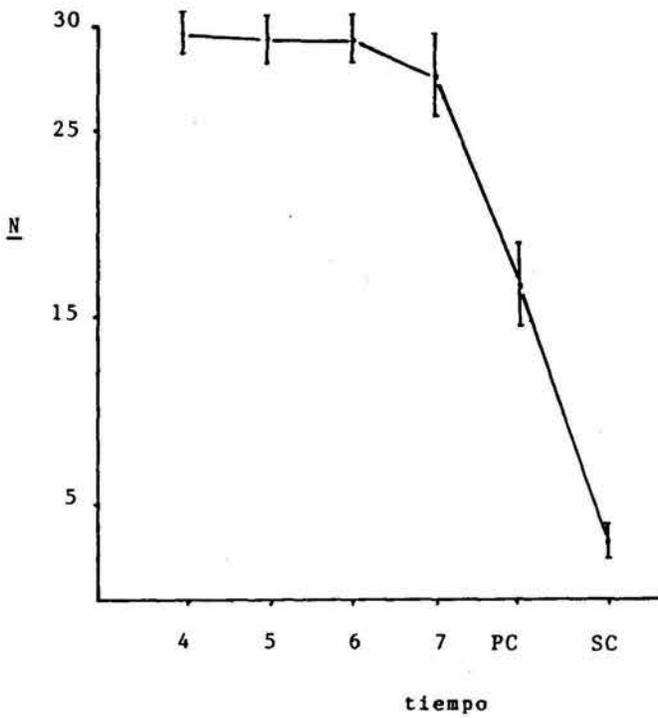
VI.2.5 Fuerza de Separación.

El cambio de la fuerza requerida para separar el fruto del árbol a partir del cuarto mes de crecimiento y desarrollo se muestra en la gráfica 19; en la que se observa que para el cuarto mes la fuerza para desprender el fruto fue de $29.73 \text{ N} \pm 1.07$; para las siguientes tres evaluaciones la fuerza fue menor pero no significativa; así, para el séptimo mes la fuerza cuantificada fue de $27.34 \text{ N} \pm 2.06$. El paso de este último mes a la PC (7.5 meses) la fuerza disminuyó en 10.73 N para obtener $16.61 \text{ N} \pm 2.09$ en la PC; y finalmente para la SC se obtuvo una fuerza de $3.07 \text{ N} \pm 0.94$.

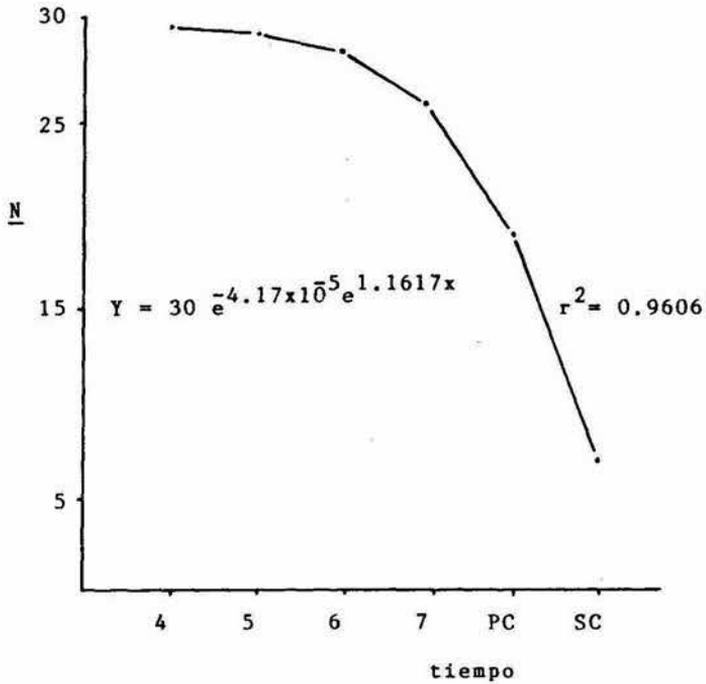
Al aplicar el modelo de Gompertz se calculó un coeficiente de determinación de 0.9864 como se muestra en la gráfica 20, en la que se halla la ecuación del comportamiento detectado para la fuerza de separación.

El desprendimiento del chicozapote siempre ocurrió en la zona de unión entre el fruto y el pedúnculo, nunca se desprendió con parte alguna de este último. Ahora bien, el desarrollo natural de dicho desprendimiento ~~en~~marca cambios en el metabolismo de las estructuras celulares iniciadas por hormonas vegetales, aunque también podrían de-

GRAFICA 19: FUERZA DE SEPARACION DEL CUARTO MES
A LA SEGUNDA COSECHA.



GRAFICA 20: FUERZA DE SEPARACION A PARTIR DEL CUARTO MES; AJUSTE DE DATOS CON LA MODELO DE LA FUNCION SIGMOIDE DE GOMPERTZ.



berse a factores como son las condiciones climáticas, la aplicación de compuestos químicos o a varios tipos de heridas.

Por lo que respecta a la literatura, ésta no reporta trabajos acerca de la medición de la fuerza para desprender el fruto del árbol de chicozapote a través de su crecimiento y desarrollo.

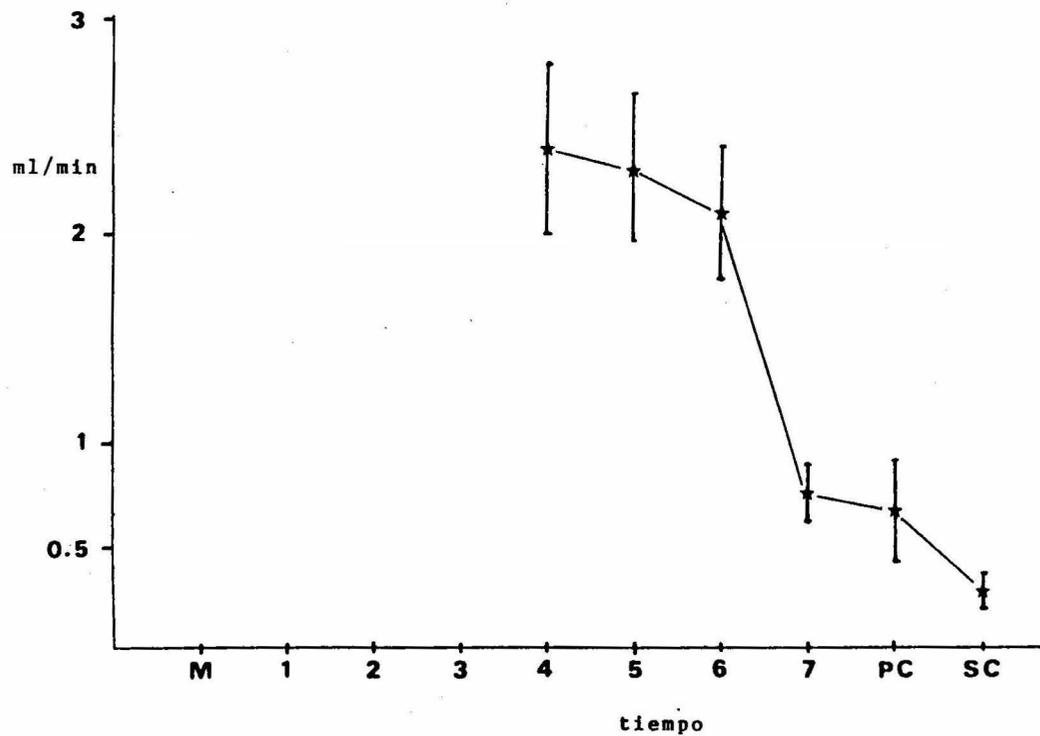
VI.2.6 Látex.

Como se mencionó anteriormente este parámetro se cuantificó a partir del cuarto mes y, como puede observarse en la gráfica 21, la velocidad de flujo del látex disminuyó gradualmente; de tal manera que para la primera determinación se detectaron $2.4 \text{ ml/min} \pm 0.64$ y para la cuarta determinación (séptimo mes) de $0.74 \text{ ml/min} \pm 0.13$. Finalmente, se cuantificaron $0.67 \text{ ml/min} \pm 0.24$ y $0.29 \text{ ml/min} \pm 0.09$ para la PC y SC, respectivamente.

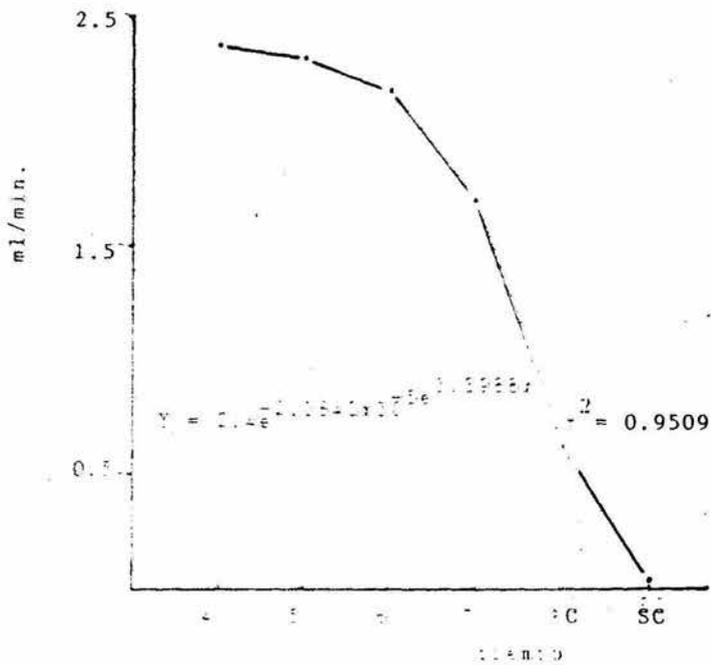
Al aplicar el modelo de Gompertz se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.9509 con lo que se corroboró que el comportamiento del látex escurrido describía una curva sigmoide simple como se aprecia en la gráfica 22 donde se señala la ecuación que describe el comportamiento de este parámetro.

Ahora bien, la producción de látex para el chicozapote es una de las varias características propias de esta especie, sin embargo, no se encontró trabajo alguno que reportara los cambios en producción o volúmenes de este componente

GRAFICA 21: LATEX ESCURRIDO DEL CUARTO MES A LA SEGUNDA COSECHA.



GRAFICA22: LATEX ESCURRIDO A PARTIR DEL CUARTO
 MES DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO; DA
 TOS AJUSTADOS CON EL MODELO DE LA
 FUNCION SIGMOIDE DE GOMPERTZ.



en el fruto durante el crecimiento y desarrollo de esta especie.

Varias hipótesis se han propuesto para explicar la importancia del látex para el chicozapote y otras especies que sintetizan productos similares, así por ejemplo, se sugiere que el sistema laticífero actúa como protector de la planta ante ataques de animales y/o como órgano de almacenamiento o transporte de nutrientes (30); aunque se han realizado trabajos experimentales que no apoyan por completo dichas hipótesis.

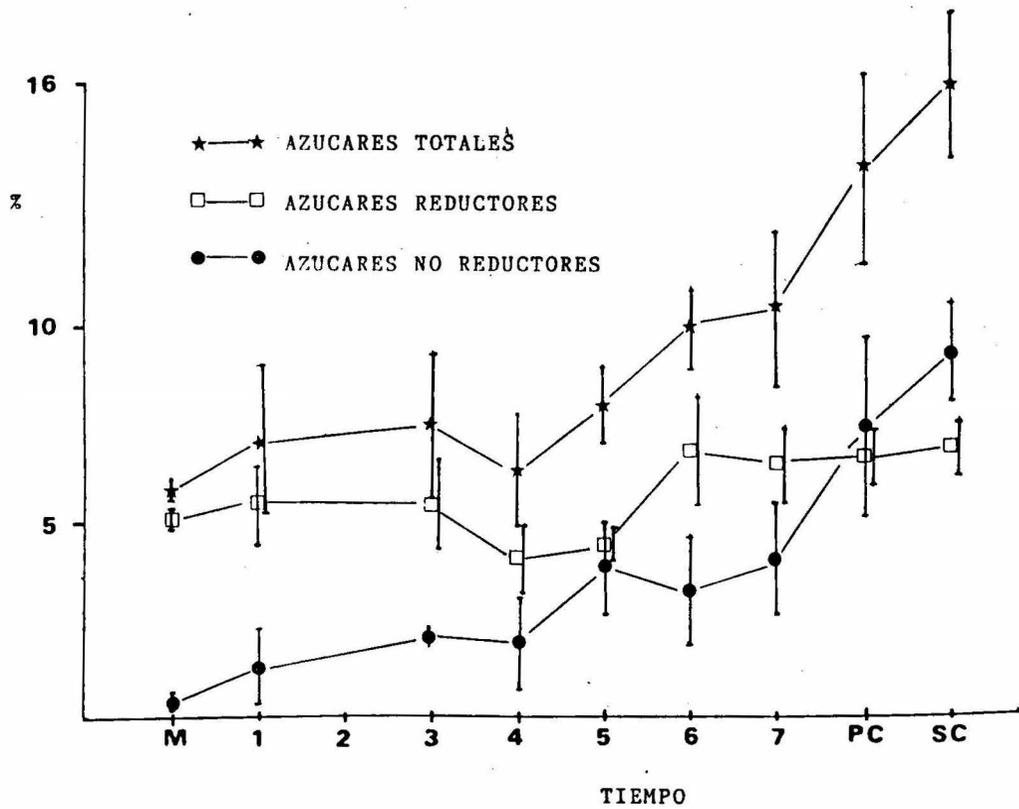
VI.3 Cambios Químicos Durante el Crecimiento y Desarrollo.

VI.3.1 Azúcares Reductores, No reductores y Totales.

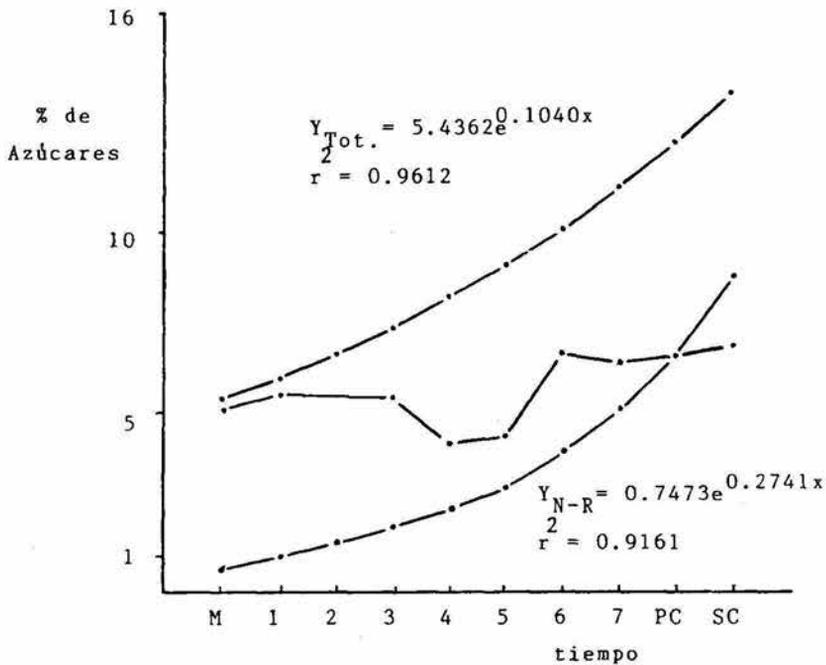
Los cambios de azúcares a través del crecimiento y desarrollo del chicozapote se muestran en la gráfica 23, donde se observa que al momento del M los azúcares reductores, no reductores y totales se encontraron en concentraciones de $5.14 \% \pm 0.23$, $0.74 \% \pm 0.13$ y $5.88 \% \pm 0.40$, respectivamente. Los azúcares siempre fueron en aumento, aunque los reductores mostraron el menor incremento de los tres al momento de las cosechas.

Para la PC los reductores tomaron valores del orden de $6.57 \% \pm 0.78$, los no reductores de $7.39 \% \pm 2.38$ y los totales de $13.94 \% \pm 2.46$; y para la SC estos valores se incrementaron a $6.93 \% \pm 0.71$ para los azúcares reductores, $9.17 \% \pm 1.35$ para los no reductores y $16.10 \% \pm 1.96$ para los totales.

GRAFICA 23: AZUCARES DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CHICOZAPOTE.



GRAFICA24: AZUCARES TOTALES, REDUCTORES, NO REDUCTORES DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CHICOZAPOTE, AJUSTANDO LOS DATOS CON EL MODELO DE LA FUNCION EXPONENCIAL.



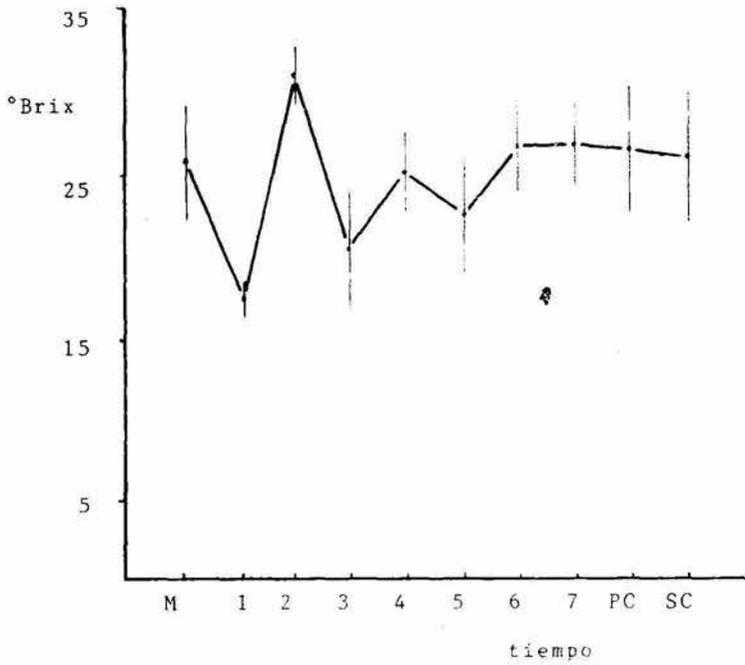
Al aplicar el modelo de la función exponencial se calcularon los coeficientes de determinación que fueron de 0.9161 para los azúcares no reductores y 0.9612 para los totales, con lo cual se confirma que estos compuestos se comportan como lo indica el modelo. Ver gráfica 24, en la que se muestran las ecuaciones que explican el comportamiento de los datos.

En cuanto a la literatura se tiene que los estudios realizados por Lakshminarayana et al. (21) en la variedad "Calcutta Round", e Ingle et al. (19) en la variedad "Kalipatti" obtuvieron gráficas semejantes, esto es, siempre ascendentes; con diferencia en las concentraciones finales de los azúcares totales, reductores y no reductores, donde la variedad "Calcutta Round" alcanza valores del orden de 23.5 %, 9.7 % y 12.2 %, respectivamente. Mientras que la variedad "Kalipatti" de 6.33 % para los totales y 4.78 % para los reductores. Estas diferencias pueden ser debidas principalmente a la variedad y a las condiciones climáticas que prevalecen en las regiones en que se encuentran estos cultivos.

VI.3.2 °Brix.

El contenido de sólidos solubles totales, reportados como °brix, a lo largo del crecimiento y desarrollo se muestran en la gráfica 25, en ésta se observa que al momento del M los °brix eran de 25.8 ± 3.8 , en el intervalo comprendido de este último y hasta el sexto mes se manifestó un comportamiento cíclico; de éste en adelante el valor se mantuvo alrededor de los 26 °brix de tal forma que pa-

GRAFICA25: °BRIX DURANTE EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DEL CHICOZAPOFE.



ra la SC se cuantificaron $26^{\circ}\text{brix} \pm 4.0$.

En lo que se refiere a la literatura, Ingle et al. (19) reportó para la variedad "Kalipatti" un comportamiento ligeramente ascendente con valores iniciales de 15°brix y a los ocho meses y medio 25°brix .

VI.3.3 Polifenoles.

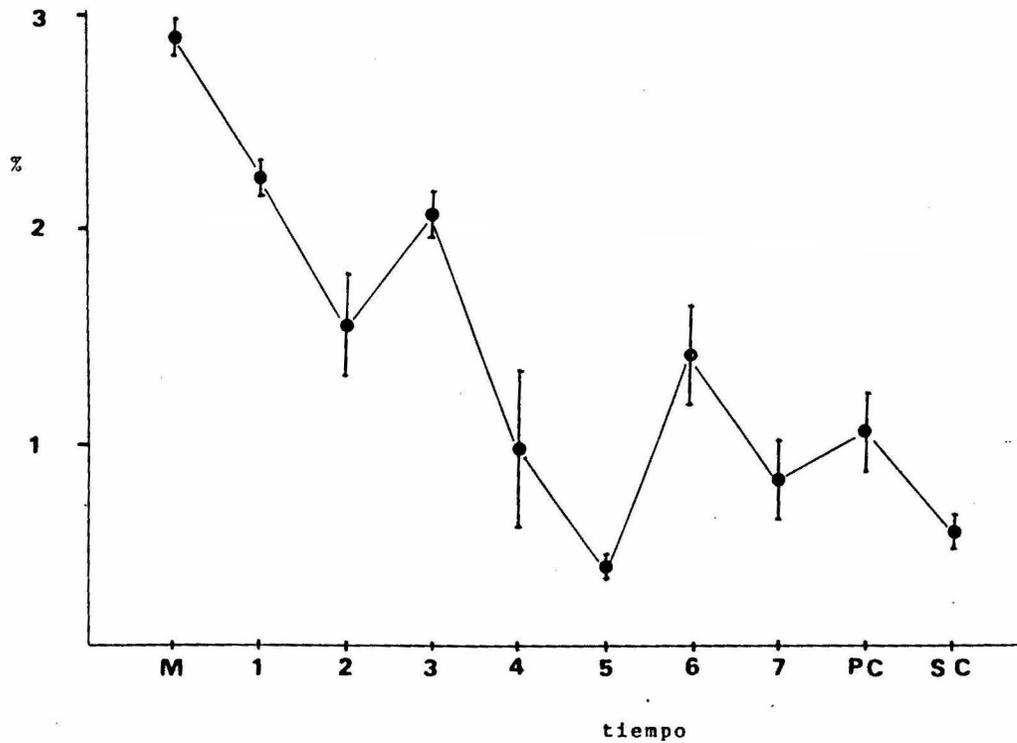
El comportamiento detectado en estos componentes a través del crecimiento y desarrollo del fruto del chicozapote fue el esperado, es decir, presentaron una tendencia a disminuir, como se aprecia en la gráfica 26; la concentración inicial (marcaje) fue de $2.9\% \pm 0.8$ y los detectados en la PC y SC fueron de $1.06\% \pm 0.19$ y $0.56\% \pm 0.08$, respectivamente.

En la gráfica 27 se muestra que al aplicar el modelo de la función potencial se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.7630, asimismo se indica la ecuación calculada.

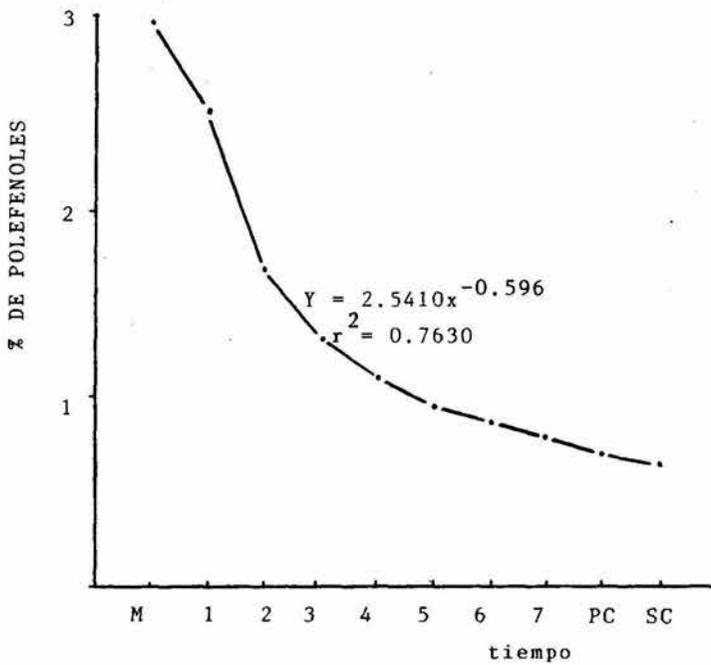
De la literatura se tiene que Lakshminarayana et al. (21) obtuvieron una curva semejante pero los valores son más altos para la variedad que estudiaron ("Calcutta Round"). Posteriormente, Lakshminarayana et al. (23) en su trabajo sobre los cambios en polifenoles del chicozapote, nuevamente obtuvieron gráficas parecidas a las presentadas en el presente trabajo.

Por lo que respecta al seguimiento en los cambios de polifenoles individuales (ácido trans-clorogénico, ácido cis-clorogénico, ácido gálico, flavonol, (-)-epicatequina,

GRAFICA 26: POLIFENOLOS DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CHICOZAPOTE.



GRAFICA 27: POLIFENOLES DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO, CON DATOS AJUSTADOS CON EL MODELO DE LA FUNCION POTENCIAL.



(+)-leucocianidina, flavanes y proantocianidina polimérica) realizada por estudios cromatográficos, se observó que los diferentes compuestos disminuyen y desaparecen al acercarse a la madurez, esto quizá debido a que se incorporan al metabolismo celular (transporte de electrones) o disminuyen en concentración y los enmascaran otros componentes como podrían ser los azúcares. (18, 23).

VI.4 Cambios en los Parámetros de Conteo Durante el Crecimiento y Desarrollo.

VI.4.1 Días Transcurridos.

A partir del M y hasta la época de las cosechas se contaron los días transcurridos; así, para la PC del fruto habían pasado 238 días (7.9 meses) y para la SC 251 días (8.4 meses).

En cuanto a lo reportado, Sulladmath et al. (51) y Sulladmath (50) para la variedad "Kalipatti" indican que el fruto entre la antesis a la madurez se lleva de 10 a 10.5 meses; mientras que Lakshminarayana et al. (21) reportó que el fruto de la variedad "Calcutta Round" requiere entre 8 y 10 meses para desarrollarse desde el amarre hasta la ma durez de corte.

VI.4.2 Grados-Días Acumulados.

Los grados-día acumulados durante los 238 días transcurridos (PC) fueron 2407 y para los 251 días (SC) se acumularon 2506 grados-día; cabe mencionar que el mes en el que se acumularon más grados-día fue el primero (agosto) con

418.5 y el de menor acumulación el séptimo mes (enero) con 153.5 grados-día. Ver gráfica 28.

Al aplicar el modelo de regresión lineal simple a los grados-día registrados mensualmente se obtuvo un coeficiente de correlación de -0.8837 significativo al 5 %, ver gráfica 29 en la que también se aprecia que disminuyeron por evaluación 36.1 grados-día.

En cuanto a la literatura revisada, no hay reportes que den a conocer el número de grados-día que utiliza este fruto para su crecimiento pleno.

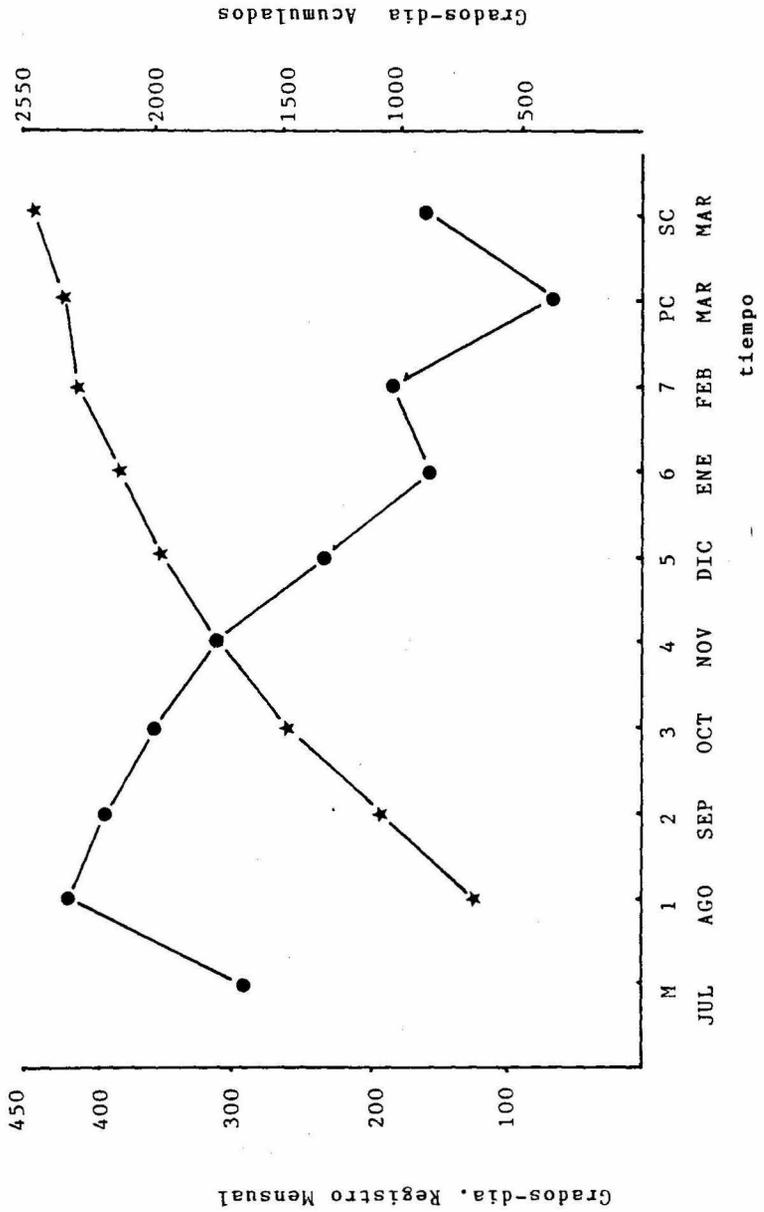
VI.5 Parámetros Físicos Durante la Postcosecha.

VI.5.1 Color Externo e Interno del Fruto.

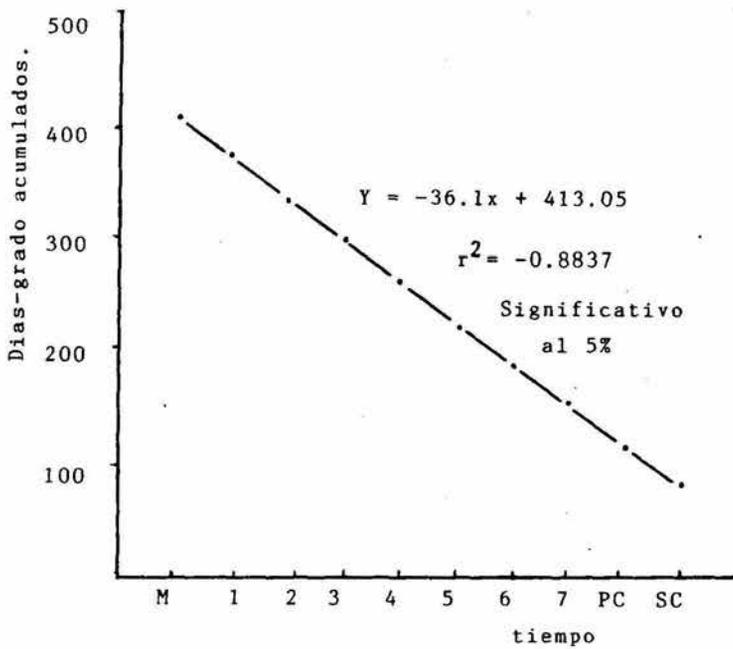
El color externo del fruto no sufrió cambios durante la postcosecha, esto es, se conservó el amarillo rojizo (código 6/6 de la carta HUE 7.5 YR de las cartas para color de suelos Munsell) para ambas cosechas.

En el caso del color interno, se detectaron dos cambios notables como se muestra en la tabla 7. En dicha tabla se aprecia que el color interno de los frutos de chicozapote de las cosechas cambiaron en intensidad de los colores café y café rojizo de tenue a medio a los doce y diez días después del corte para la PC y SC, respectivamente. El segundo cambio se observó a los catorce días después del corte para la PC y trece días para la SC, presentándose nuevamente otra variación en la intensidad al pasar de medio a fuerte de los colores antes mencionados; cabe men-

GRAFICA 28: GRADOS-DIA REGISTRADOS MENSUALMENTE Y ACUMULADOS DURANTE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CHICOZAPOTE.



GRAFICA29: DIAS-GRADO ACUMULADOS DURANTE
EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL
CHICOZAPOTE.



Falta página

N° 88

cionar que en este segundo cambio los frutos alcanzaron la madurez comestible.

Además, el primer cambio de intensidad ocurrió a los tres días después del máximo climatérico para los frutos de ambas cosechas; mientras que el segundo cambio sucedió a los cinco y seis días después del máximo climatérico, en los frutos de la primera y segunda cosecha, respectivamente.

Tabla 7: Cambios de Color Interno del Fruto Durante la Postcosecha.

COSECHA		Inicio	1 ^{er} Cambio	2 ^{ndo} Cambio
Primera	Código Pantone	146, 144	464, 471(12)	464, 470(14)
	Color	● ●	● ●	● ●
Segunda	Código Pantone	146, 144	464, 471(10)	464, 470(13)
	Color	● ●	● ●	● ●

Nota: En los paréntesis se indica el día después del corte en el que se detectó el cambio de color.

VI.6 Parámetros Químicos Durante la Postcosecha.

VI.6.1 Azúcares.

Se realizó un análisis de tipo longitudinal para este parámetro del que a continuación se presentan los resultados en la tabla 8.

Tabla 8: Tasa de Cambio de Azúcares a partir del Corte al Final del Almacenamiento para la PC y SC.

Azúcares(%)	Primera Cosecha			Segunda Cosecha		
	Corte	Alm.	Tasa	Corte	Alm.	Tasa
Reductores	6.57	6.64	1.01	6.93	6.99	1.01
No Reductores	7.39	5.51	0.75	9.17	4.45	0.49
Totales	13.96	12.15	0.87	16.10	11.44	0.71

En los datos se aprecia que las tasas de cambio de los azúcares reductores fueron los mismos al final del almacenamiento en ambas cosechas; mientras que los azúcares no reductores y totales disminuyeron más al final del almacenamiento de la SC con respecto a la PC, como lo indican las tasas.

Por otro lado, tenemos que para ambas cosechas los azúcares no reductores (sacarosa) son más altos al momento del corte y, durante el almacenamiento parte de estos azúcares se invierten, es decir, sufren una hidrólisis dando como resultado azúcares reductores (glucosa y fructosa), por esto, al final del almacenamiento los reductores son más altos que los no reductores.

Estos indica que los estados de madurez alcanzados son distintos en los frutos de ambas cosechas, esto señala que los frutos de la SC requirieron más tiempo para su maduración.

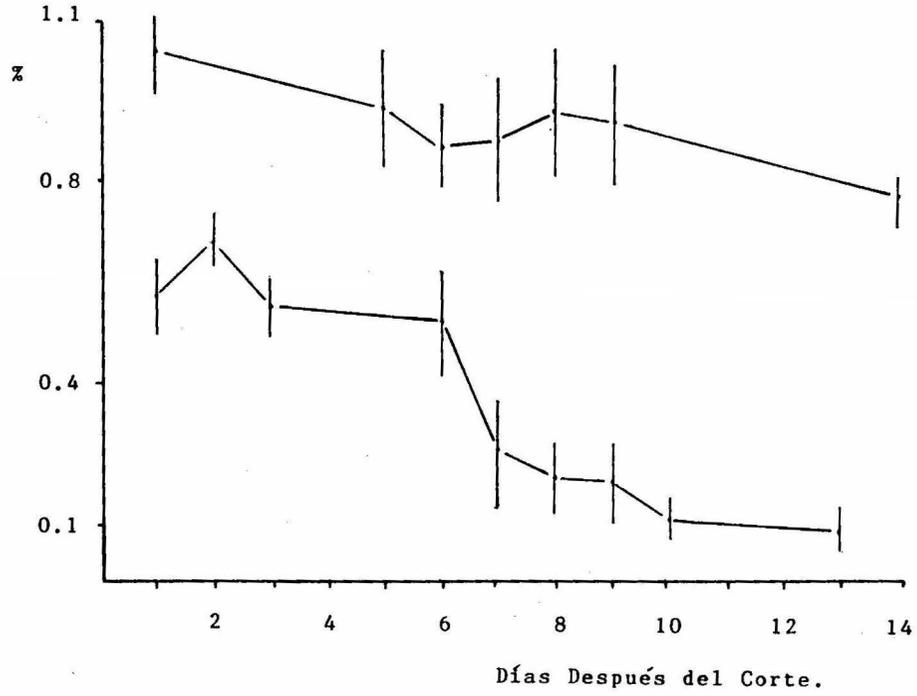
VI.6.2 Polifenoles.

El comportamiento de los polifenoles durante el almacenamiento se muestran en la gráfica 30, en la que se observa una tendencia siempre descendente en los frutos de ambas cosechas. El día que iniciaron el almacenamiento los frutos de la PC contenían una concentración de $1.06 \% \pm 0.20$ y al final del almacenamiento (catorce días después del corte) $0.76 \% \pm 0.04$; los frutos de la SC al inicio del almacenamiento tenían $0.56 \% \pm 0.08$ y $0.10 \% \pm 0.03$ al final del almacenamiento (trece días después del corte).

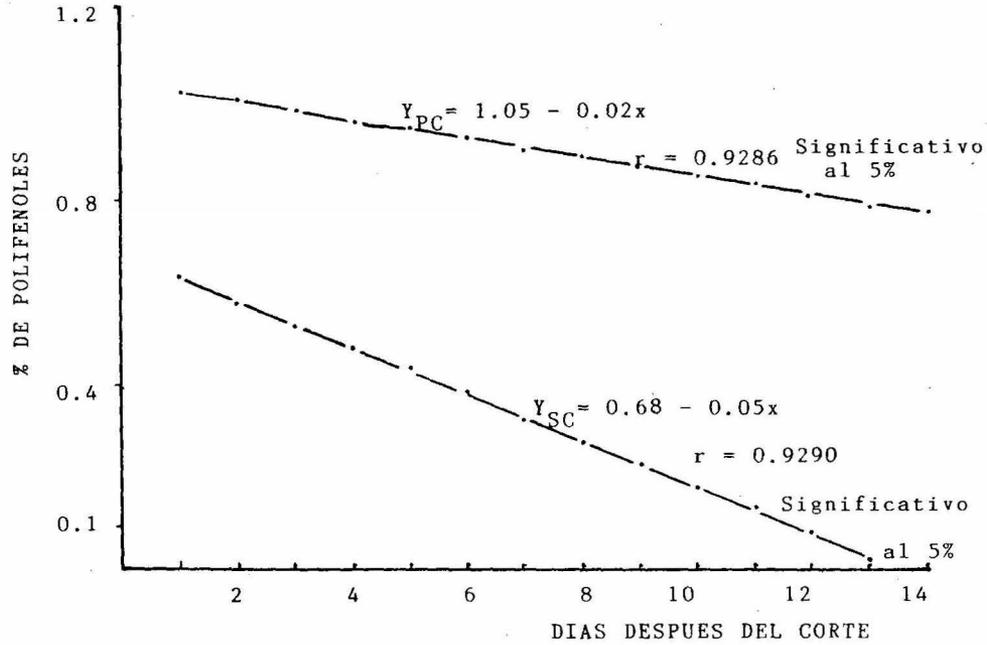
Al analizar el comportamiento de los polifenoles con el modelo de regresión lineal simple se obtuvieron los siguientes resultados: de las ecuaciones calculadas se tiene que la concentración de los frutos de la PC disminuyeron por día 0.02% con un coeficiente de correlación de -0.9286 y los de la SC descendieron 0.05% por día con un coeficiente de -0.9290 como se indica en la gráfica 31. De aquí se desprende que el cambio de concentración en los polifenoles sufrieron una disminución mayor en los de la SC, es decir, fué más del doble (2.5). Los resultados del análisis de varianza muestran que la regresión es significativa al 5% para ambas cosechas, esto es, que hay poco riesgo de que no haya regresión.

La diferencia del cambio de polifenoles para las cosechas podría deberse por un lado, a que los frutos de la SC permanecieron más tiempo (quince días) unidos a la planta madre que los frutos de la PC y esto se llevara a cabo en un estado de madurez más avanzado lo que permitió que di-

GRAFICA 30: COMPORTAMIENTO DE LOS POLIFENOLES DURANTE LA POSTCOSECHA.



GRAFICA 31: DATOS DE POLIFENOLES DE LAS DOS COSECHAS DE CHICOZAPOTE
AJUSTADOS POR MEDIO DE REGRESION LINEAL SIMPLE.



chos compuestos tuvieran una mayor incorporación al metabolismo celular (cadena respiratoria). (18).

Con lo anterior se indica que los frutos de cada cosecha alcanzaron distintos estados de madurez, como se esperaba.

VI.7 Análisis Sensorial.

Los frutos de las dos cosechas presentaron características sensoriales semejantes al alcanzar la madurez comestible; en este punto los frutos son ligeramente firmes, la superficie poco granulosa con más del 50 % lisa y de textura agradable.

La cáscara es delgada al punto que es masticable y se desprende fácilmente, lo que permitió dejar desnuda la pulpa.

La pulpa presenta una granulosidad muy fina que no molesta durante la masticación, ni en las fases de postdeglución. Las fibras que se observan, fácilmente se desmenuzan en la masticación por lo que pasan desapercibidas. La pulpa es dulce y muy jugosa de manera que en el momento de la mordida el jugo escurre.

Así, durante la fase de masticación, la pulpa formó una pasta blanda y masticable de sensación agradable, jugosa, que permite se maneje y facilite su deglución.

Los resultados de la escala hédonica se presentan a continuación en la tabla 9.

Tabla 9: Resultados del Nivel de Agrado al Utilizar la Escala Hédonica.

COSECHA	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Textura
Primera (19/Mar/86)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Segunda (31/Mar/86)	7.0	7.0	7.0	8.0	7.0

Nota: Entre parentésis se indica la fecha en la que se realizó el Análisis Sensorial.

En la tabla anterior se observa que la calificación en general para los atributos de apariencia, color, olor, y textura es de siete que corresponde a "Gusta Moderadamente". Y fué en el caso del sabor en donde se registró la única diferencia de sólo un punto en la escala hédonica; así, la calificación obtenida para los frutos de la PC es de 7.0 y de 8.0 para los frutos de la SC que corresponde a "Gusta Mucho".

Esta diferencia en sabor denota un grado de madurez diferente en los frutos de cada cosecha, ya que como lo manifestaron los parámetros químicos durante la postcosecha, en los frutos de la SC la concentración de los polifenoles fue menor y la concentración de azúcares mayor, reflejándose en la calificación asignada por los jueces para el atributo de sabor.

Así entonces, con base en los resultados (químicos y sensoriales) obtenidos durante la postcosecha se puede decir que los estados de madurez alcanzados en las cosechas son

distintos y en particular los frutos de la PC se encontraban en un estado de madurez menor que los frutos de la SC.

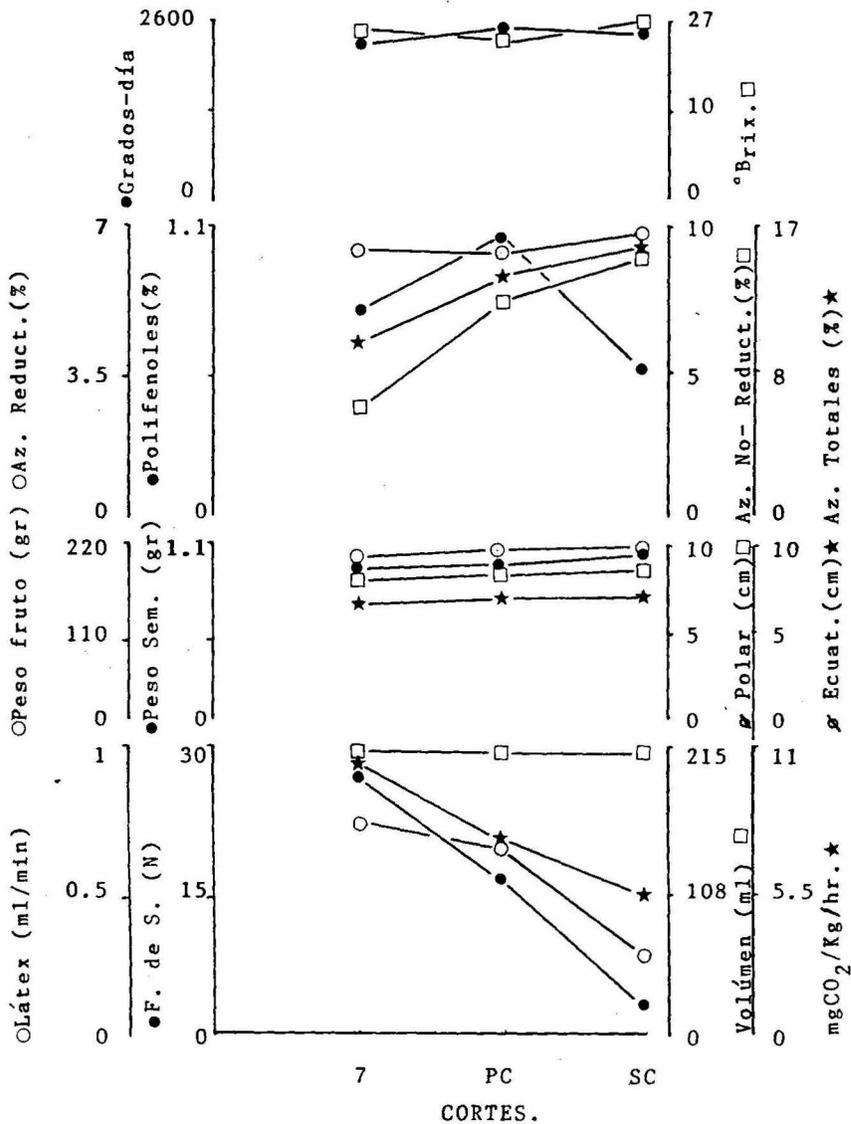
VI.8 Índice de Cosecha para el Chicozapote.

Si consideramos que un buen índice de cosecha para un fruto, esta representado por alguna(s) característica(s) que sufre(n) un cambio notable per se al aproximarse el época de corte, se relacionaron los parámetros que se evaluaron en el presente estudio como se indica en la gráfica 32; en la que se puede apreciar que entre los parámetros que se perfilan como indicadores de la madurez de corte para el chicozapote destacan los parámetros de:

Físicos	Fuerza de separación
	Látex Escurrido
Químicos	Azúcares:
	No reductores
	Totales
	Polifenoles

Estos parámetros muestran cambios fuertes durante los cortes, lo que permite diferenciar las cosechas de las cuantificaciones anteriores a estas. Sin embargo, dentro de los indicadores observamos que se pueden utilizar tanto algunos índices físicos como químicos, aunque al considerar como criterio para la elección decisiva los requisitos que debe reunir el índice de corte se tiene que entre ellos se encuentra que el parámetro debe ser práctico y además, que de preferencia no sea destructivo; así, los parámetros que cumplieron con lo anterior fueron la fuer-

GRAFICA 32: RELACION ENTRE LOS PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS, FISIOLÓGICO Y DE CONTEO.



za de separación y el látex escurrido. Ahora bien, los azúcares (no reductores y totales) y los polifenoles quedarían contemplados como parámetros de apoyo a los índices cuando estos últimos no aclaren alguna situación.

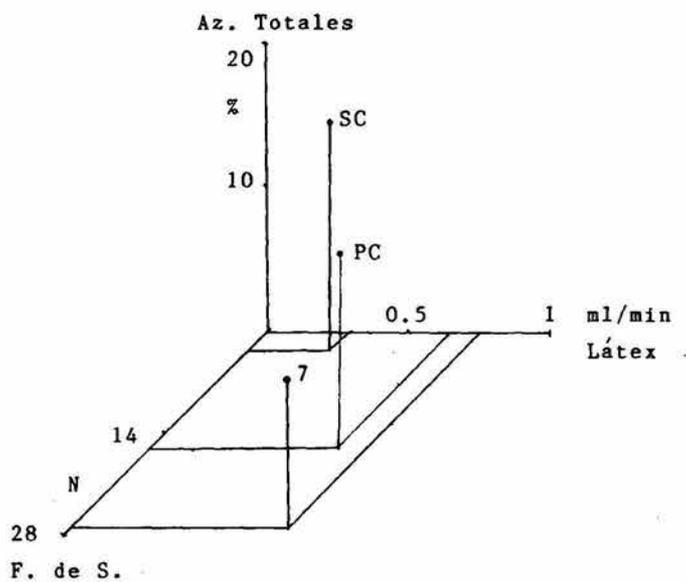
Por último, los parámetros que a continuación se listan resultan ser de poca utilidad ya que durante las cosechas no mostraron variación, aunque si distinguen a estas de los cortes anteriores por lo que se les llamo parámetros complementarios a los índices de corte. Estos son:

Físicos	Tamaño (diámetro polar y ecuatorial)
	Peso
	Volumen
	Color Externo e Interno
	Color de Semilla
Conteo	Días Transcurridos
	Grados-Día Acumulados
Fisiológico	Respiración.

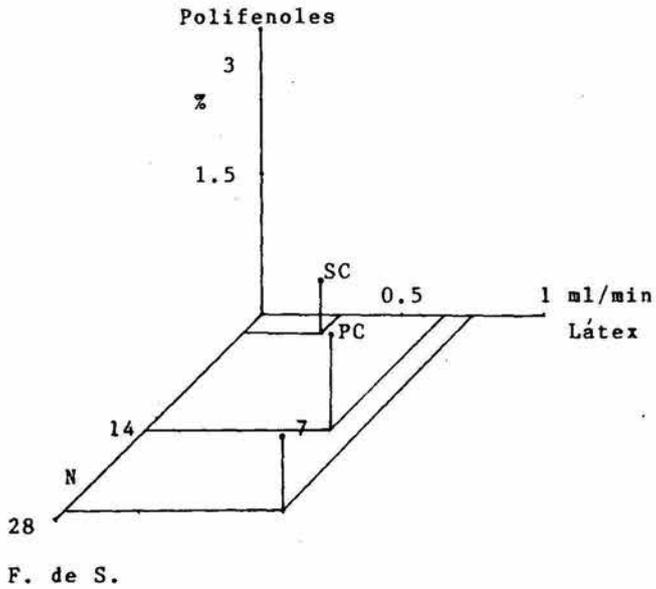
Cabe señalar que los parámetros de conteo no se tomaron como posibles indicadores debido a que se requiere un mayor número de datos para verificar su confiabilidad y así decidir si son válidos como indicadores de cosecha para el chicozapote.

En base a lo anterior y con la finalidad de resaltar la estrecha relación entre los parámetros látex escurrido y fuerza de separación con los de apoyo se elaboraron las gráficas 33, 34 y 35.

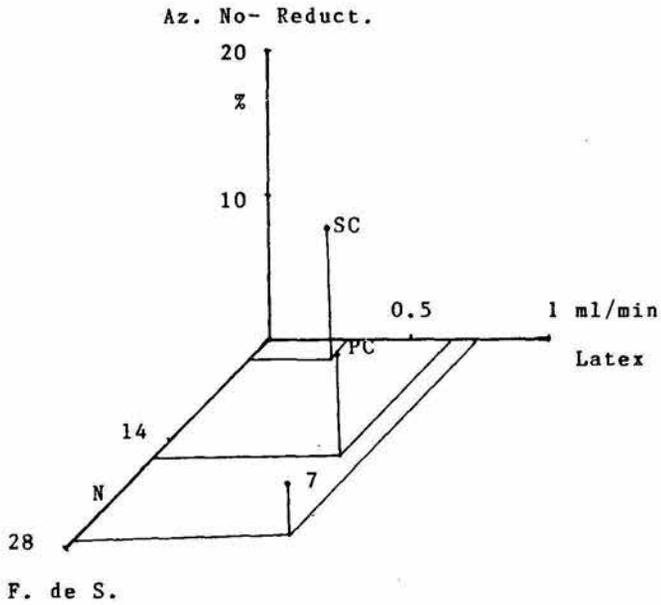
GRAFICA 33. RELACION ENTRE LOS INDICES DE CORTE Y
LOS AZUCARES TOTALES.



GRAFICA 35: RELACION ENTRE LOS INDICES DE CORTE Y
LOS POLIFENOLES.



GRAFICA 34 : RELACION ENTRE LOS INDICES DE CORTE Y
LOS AZUCARES NO- REDUCTORES.



En la gráfica 33, se observa que a medida que disminuye la fuerza de separación y el látex escurrido, los azúcares no reductores aumentan a través del tiempo (del séptimo mes a la SC); esta tendencia se aprecia para los azúcares totales, ver gráfica 34. Este comportamiento indica la relación inversamente proporcional entre estos parámetros y los índices de corte.

Los polifenoles, muestran un aumento del séptimo mes a la PC y una disminución de éstos hacia la SC lo que habla de la relación directamente proporcional entre este parámetro y los índices de corte, ver gráfica 35.

Para determinar si los diferentes parámetros, de apoyo como los indicadores, pueden identificar los grados de madurez de corte, se efectuó un análisis de varianza con los datos promedio de cada parámetro agrupados en los dos estados de madurez de corte encontrándose diferencias significativas a un nivel del 5 %. De aquí se desprende que los dos estados de madurez de corte son diferentes lo que indica que a través de las mediciones de los indicadores y los parámetros de apoyo es posible diferenciar los estados de madurez de corte.

Así entonces, una vez determinados los índices y los parámetros de apoyo, es necesario conocer los intervalos de confianza o reglas de clasificación que presentan los frutos para considerarse de la primera o de la segunda cosecha. Dicha regla, se muestra en la tabla 10 para los parámetros de apoyo como para los índices de corte.

Tabla 10: Regla de Clasificación de los Índices de Corte y de los Parámetros de Apoyo para el Chicozapote var. Betawi.

Índices de Corte	Primera Cosecha	Segunda Cosecha
Látex Escurrido (ml/min)	0.5 - 0.9	0.2 - 0.3
Fuerza de Separación (N)	13.58 - 19.64	2.62 - 3.52
Parámetros de Apoyo		
Azúcares (%):		
No reductores	6.24 - 8.54	8.52 - 9.82
Totales	12.75 - 15.13	15.16 - 17.04
Polifenoles (%)	0.96 - 1.15	0.53 - 0.60

Como se aprecia en la tabla 10, el único parámetro que presenta traslape es el de azúcares no reductores; mientras que los cuatro parámetros restantes no se traslapan entre las cosechas. Obsérvese que entre los intervalos de látex escurrido hay 0.2 ml/min de diferencia, en la fuerza de separación, 12.08 N; en los azúcares totales 4.28 % y en los polifenoles 0.36 %. Con esto se indica que estos parámetros realmente marcan diferencias entre los frutos de la primera y segunda cosecha.

Por otro lado, al aplicar la regla de clasificación a los frutos de las dos cosechas se obtuvieron los resultados que se señalan en la tabla 11.

Tabla 11: Aplicación de la Regla de Clasificación a los Frutos de las Dos Cosechas.

	Núm. de Frutos	<u>DC</u>	<u>BC</u>	<u>AC</u>
Primera Cosecha	19	3	12	4
Porcentaje de Clasificación		16	63	21
Segunda Cosecha	19	1	16	2
Porcentaje de Clasificación		5	84	11

Nota: DC Núm. de frutos y porcentaje con valores por debajo de la Regla de Clasificación.

BC Núm. de frutos y porcentaje que entran en la Regla de Clasificación, es decir, de Buena Clasificación.

AC Núm. de frutos y porcentaje con valores arriba de la Regla de Clasificación.

En la tabla anterior, se aprecia que el porcentaje que tiene los índices de clasificar correctamente un fruto es de 63 % y 84 % para la primera y segunda cosecha, respectivamente. Mientras que el porcentaje de mala clasificación es de 37 % en los frutos de la primera cosecha y 16 % para los de la segunda cosecha, esto es, que la clasificación de los frutos de la primera cosecha tienen 21 % de mala clasificación con respecto a la segunda cosecha.

Finalmente, la vida postcosecha de los frutos colectados en la PC es de 14 días con lo que se aseguraría una calidad degustativa moderada; mientras que los frutos de la SC tienen 13 días de vida postcosecha con una calidad degustativa alta. En base a esto el destino de los frutos puede ser a mercados lejanos y locales, además de intermedios de los centros de producción.

VII. Conclusiones y Recomendaciones.

1. Se determinaron dos índices de corte y tres parámetros de apoyo a éstos. Los primeros fueron el látex escurrido (ml/min) y la fuerza de separación (N); los segundos fueron el porcentaje de azúcares (no reductores y totales) y polifenoles.
2. Otros parámetros se consideraron como complementarios debido a que distinguen a los cortes anteriores de las cosechas pero no entre éstas y que, al aplicarse consolidan a los indicadores de corte. Dichos parámetros fueron: el diámetro polar y ecuatorial, peso, volumen, color externo e interno, color de la semilla, respiración, los días transcurridos y los grados-día acumulados.
3. Los momentos del corte del chicozapote destinado al consumo en fresco fueron: (1) cuando han transcurrido 238 días desde el amarre del fruto y se han acumulado 2407 grados-día; (2) cuando 251 días transcurrieron a partir del amarre del fruto acumulándose 2506 grados-día.
4. No se identificó el mínimo climatérico con claridad; sin embargo, el máximo climatérico si se manifestó con una producción de bióxido de carbono del 64 % más alto en los frutos del presente estudio que lo reportado en la literatura; posiblemente debido a la diferencia de variedad, condiciones climáticas y condiciones en las cuales se determinó este gas.

5. Los resultados de polifenoles fueron bajos al inicio del estudio en relación a lo que se reporta para esta especie, aunque su comportamiento fue siempre descendente.
6. El comportamiento postcosecha de la actividad respiratoria, color de cáscara, color de pulpa, cambios en la concentración de azúcares y polifenoles concuerdan con los reportados en la literatura; lo que indica que el chicozapote maduró normalmente.
7. Los resultados obtenidos en el presente estudio, permiten afirmar que se cumplieron los objetivos propuestos; aunque hay que probar la consistencia de los parámetros que se perfilaron como índices de corte para la zona donde se realizó el estudio y, después, tratar de hacerlos extensivos para otras zonas donde se cultiva chicozapote.
8. Estudios como el presente son la base para investigaciones posteriores en el área de la Fisiología de Postcosecha de frutas, especialmente para estudios donde se persiga como objetivo la conservación de frutas tropicales que presentan variados comportamientos en postcosecha, lo que depende del estado de madurez en el que se realicen los estudios.

Bibliografía.

- 1.- Blanpied G.D. y B. Ben-David. 1970. A New York of 'McIntosh' Apple Optimum Harvest Dates. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(2): 151- 154.
- 2.- Blanpied G.D. 1982. Observations of the Ripening and Harvest Indices at Commercial Harvest Dates of 'Delicious' Apple at its Extreme Northern Latitudes. HortScience 17(5): 783- 785.
- 3.- Cronquist A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia Un. Press; New York, USA. pág. 2- 1262.
- 4.- Chen P.M. y W.M. Mellenthin. 1981. Effects of Harvest Date on Ripening Capacity and Postharvest Life of 'd'Anjou' pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(1): 38- 42.
- 5.- Daniel W.W. 1982. Bioestadística. Edit. Limusa; México, D.F., Cap. 6, 8 y 9.
- 6.- Durán T.S. 1983. Frigoconservación de la Fruta. Edit. AEDOS; Barcelona, España.
- 7.- Erma Optical Works LTD. 1978. Manual de Uso del Refractómetro de Abbe. Tokio, Japón.
- 8.- Figueroa Uribe R.G. 1988. "Selección de Tipos Criollos de Chicozapote (Achras sapota L.) y Mamey (Calocarpum mammosum L.) en Base a sus Características Físicas y Químicas para Consumo en Fresco". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias- UNAM.

- 9.- Fisher D.V. 1962. Heat Units and Number of Days Required to Mature Some Pome and Stone Fruits in Various Areas of North America. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 80: 114- 124.
- 10.- Fourzali M.R. 1982. Comportamiento de Arboles Frutales de Chicozapote (Achras sapota L.) Tipo Ovoide en la Costa del Estado de Chiapas. Symposium, CONAFRUT; México, D.F.
- 11.- Gerszenowies R. 1985. Manual del Taller de Matemáticas I. Funciones en Biología. ENEP Iztacala- UNAM. En Prensa.
- 12.- González O.N., J.G. Palad y A. Brillante. 1963. Comparative Analytical Data of Some Philippine Fruits. The Philippine Jour. of Sci. 92(1): 17- 34.
- 13.- Gopaland C., B.V.R. Sastri y S.C. Balasubramanian. 1977. Nutritive Value of Indian Foods. Natl. Inst. Nutr. Ind. Counc. Med. Res.
- 14.- Hammett L.K., H.J. Kirk, H.G. Todd y S.A. Hale. 1977. Association Between Soluble Solids/Acid Content and Days from Full Bloom of 'Golden Delicious' Apple Fruits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(4): 429- 431.
- 15.- Heintz C.M. y A.A. Kader. 1983. Procedures for the Sensory Evaluation of Horticultural Crops. HortScience 18(1): 18- 22
- 16.- Henriquez J.M. 1973. Patrones de Respiración de Algunas Frutas Tropicales. Proc. Tropical Región Amer. Soc. Hort. Sci. 17:166- 175.

- 17.- Hernández M., A. Chávez, H. Bourges y E. Mendoza.
1974. Valores Nutritivos de los Alimentos.
Natl. Inst. Nutr.; México, D.F.
- 18.- Hulme A.C. 1970. The Biochemistry of Fruits and Their Products. Vol. I. Academic Press; Londres, Inglaterra.
- 19.- Ingle G.S., D.M. Khedkar y R.S. Dabhada. 1982. Physi-
co- Chemical Changes During Growth of Sapo-
ta Fruit (Achras sapota Linn.). Indian Food
Paker 36(4): 86- 94.
- 20.- Kader A.A., R.F. Kasmire, M.F. Gordon, M.S. Reid, N.
F. Somer y J.F. Thompson. 1985. Postharvest
Technology of Horticultural Crops. Univ. de
California, División de Agricultura y Recur-
sos Naturales EUA; Cap. 3, pág. 8- 13.
- 21.- Lakshminarayana S. y H. Subramanyam. 1966. Physical,
Chemical and Physiological Changes in Sapo-
ta Fruit During Development. J. Food Sci.
Technol. 3: 151- 154.
- 22.- Lakshminarayana S. y A.G. Mathew. 1967. Leucoanthocy-
anidins of sapota Fruit. J. Food Sci. 32:
451- 453.
- 23.- Lakshminarayana S., A.G. Mathew y H.A.B. Parpia. 1969.
Changes in Polyphenols of Sapota Fruit
(Achras sapota L.) During Maturation. J.
Sci. Food Agric. 20: 653- 659.
- 24.- Lakshminarayana S. y Moreno-Rivera. 1979. Proximate
Characteristic and Composition of Sapodi-
lla Fruit Grown in Mexico. Proc. Fla. State
Hortic. Soc. 92: 303- 305.

- 25.- Lee S.K., R.E. Young, P.M. Shiftman y C.W. Coggins Jr.
1983. Maturity Studies of Avocado Fruit Based on Picking Dates and Dry Weight. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(3): 390- 394.
- 26.- Leon J. 1968. Fundamentos Botánicos de los Cultivos Tropicales. I.I.C.A. OEA. Sn. José, Costa Rica.
- 27.- Little M.T. y F.J. Hills. 1985. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ed. Trillas; México, D.F. Cap. 4 y 14.
- 28.- Mathew A.G. y S. Lakshminarayana. 1969. Polyphenols of Immature Sapota Fruit. Phytochemistry 8: 507- 509.
- 29.- Meyer L.H. 1978. Food Chemistry. AVI Publishing Company. Westport, Connecticut, USA.
- 30.- Moyer L.S. 1937. Recent Advances in the Physiology of Latex. Bot. Rev. 3: 522- 544.
- 31.- Munsell Soil Color Charts. 1975. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. Baltimore, Maryland, USA.
- 32.- Nagy S. y P.E. Shaw. 1980. Tropical and Subtropical Fruits. AVI Publishing, INC. Connecticut, USA. Cap. 12.
- 33.- Ochse J.J., M.J. Soule Jr., M.J. Dijkman y C. Wehlburg. 1965. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales. Ed. Limusa-Wiley; México, D.F., Vol. I.
- 34.- Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 1970. Washington, D.C., USA.

- 35.- Pantástico ER. B. 1975. Fisiología de la Postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Edit. CECSA; México, D.F., Cap. 4.
- 36.- Pantone Color Specifier. 1963. Printed USA.
- 37.- Paull R.E., y T. Goo. 1983. Relationship of Guava (Psidium guajava L.) Fruit Detachment Force to the Stage of Fruit Development and Chemical Composition. HortScience 18(1): 65-67.
- 38.- Pelayo Z.C. y G.E. Pedraza. 1984. Cosecha y Acondicionamiento de Frutos y Hortalizas. Sistema Nacional para el Abasto; México, D.F., pág. 59- 63.
- 39.- Pennigton T.D. y J. Sarukhan. 1968. Arboles Tropicales de México. INIF, FAO.
- 40.- Pilloo S.B. y M.L. San Diego. 1982. Essential Amino Acid Analysis of Selected Philippine Vegetables and Fruits. The Philippine Jour. of Sci. 111(1,2): 45- 55.
- 41.- Popenoe W. 1948. Manual of Tropical and Subtropical Fruits. Hafner Press; New York, USA.
- 42.- Pradyuma S.M. 1951. Grade and Quality of Chikoo Fruit. Ind. J. Hort. 8(1): 11- 17.
- 43.- Primo E., J.M. Sala, R. Romero y C. Giner. 1971. Calidad de las Variedades de Naranja. X. Índice de Madurez Mínima y Optimos y Calendarios de Maduración de las Distintas Variedades. A.T.A. 11(4): 549- 561.

- 44.- Rangana S. 1972. Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products. McGraw Hill, pág. 56- 71.
- 45.- Reid J.T. y J.W. Daniell. 1975. A Device for Measuring the Removal Force of Peaches. HortScience. 10(2): 131- 132.
- 46.- Salunkhe D.K. y B.B. Desai. Postharvest Biotechnology of Fruits. C.R.C. Press; Vol. II, pág. 59- 64.
- 47.- Siddappa G.S. y B.S. Rhatia. 1954. The Identification of Sugar in Fruits by Paper Chromatography. Ind. J. Hort. 11: 19- 23.
- 48.- Simposio Sobre Manejo, Calidad, Cosecha y Postcosecha de Frutas y Hortalizas. Publicaciones Miscelaneas Agrícolas núm. 9. Mayo de 1975; Santiago de Chile, pág. 59- 64.
- 49.- Subdirección Comercial; CONAFRUT/ SARH; México, D.F. 1984.
- 50.- Sulladmath V.V. 1983. Accumulation of Mineral Elements of Different Stages in Developing Sapodilla Fruit. Scientia Horticulturae. 19: 79- 83.
- 51.- Sulladmath V.V., M.M. Rao y M.R. Advani. 1979. Studies on the Pattern of Growth of Developing 'Kalipatti' sapota (Manilkara achras (Mill) Forsberg) Fruit. Jour. of MAU. 4(1): 55- 60.
- 52.- Sunderarajan S. y M.V.N. Rao. 1967. Studies on Fruit Development and Fruit Quality in Some Varieties of Sapota (Achras sapota L.). S. Indian Hort. 15: 52- 57.

- 53.- Syllabus. 1979. Short Course: "Current Advances in Postharvest Technology of Horticultural Crops. Cap. 18, pág. 1- 6.
- 54.- Ting S.V. 1957. Rapid Colorimetric Methods for Simultaneous Determination of Total Reducing Sugars and Fructose in Citrus Juices. Agric. and Food Chem. 4(3): 263- 266.
- 55.- Watada A.E., R.C. Herner, A.A. Kader, R.J. Romani y G.L. Staby. 1984. Terminology for the Description of Development Stages of Horticultural Crops. HortScience 19(1): 20- 21.

ANEXO 1: CONDICIONES DEL CROMATOGRAFO.

CROMATOGRAFO	VARIAN 2100
DETECTOR	CONDUCTIVIDAD TERMICA
COLUMNA	ACERO EN FORMA DE "U" DE 1.4 m DE LARGO POR 3 mm DE DIAMETRO.
SOPORTE	CARVOSIEU, MALLA 100/120
FASE ESTACIONARIA	NO TIENE
TEMP. INYECTOR	200 °C
TEMP. DETECTOR	200 °C
TEMP. COLUMNA	150 °C
TIPO DE PROGRAMA	ISOTERMICO
GAS ACARREADOR	HELIO 30 ml/min
VELOCIDAD DE LA CARTA	0,25 cm/min
TIEMPO DE RETENCION	3 min 40 seg.

ANEXO 2: ANALISIS DESCRIPTIVO DE CHICOZAPOTE.

Nombre: _____ Fecha: _____

Tome un fruto y deslice los dedos por su superficie.
 Describa su sensación, puede usar terminos como suave, rugosa, lisa, granulosa, etc.. Diga si le gusta.

Clave	Muestra
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Deguste el fruto y describa los siguientes atributos, asi mismo diga cuanto le agrada.

GRANULOSIDAD

Clave	Descripción
_____	_____
_____	_____
_____	_____

FIBROSIDAD

Clave	
_____	_____
_____	_____
_____	_____

JUGOSIDAD

Clave

Descripción

_____	_____
_____	_____
_____	_____

TEXTURA DE LA PULPA

Clave

_____	_____
_____	_____
_____	_____

Describe también la cáscara al intentar desprenderla con los dedos y diga que tan gruesa es:

Clave

_____	_____
_____	_____
_____	_____

Usando la escala hedónica, anote su nivel de agrado con respecto a los siguientes atributos.

Escala hedónica	Apariencia interna	Color	Olor	Sabor	Textura
Gusta extremadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Gusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Gusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Gusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Ni gusta ni disgusta	_____	_____	_____	_____	_____
Disgusta ligeramente	_____	_____	_____	_____	_____
Disgusta moderadamente	_____	_____	_____	_____	_____
Disgusta mucho	_____	_____	_____	_____	_____
Disgusta extremadamente	_____	_____	_____	_____	_____