



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



“CARACTERIZACION DE GUANABANA
POSTCOSECHA (*Anona muricata* L.) DURANTE
SU MADURACION A TEMPERATURA
AMBIENTE”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A N :

MONICA SANDOVAL DURAN
REBECA HERNANDEZ PALACIOS

ASESORES:

I.B.Q. LETICIA FIGUEROA VILLARREAL
I.A. SANDRA M. RUEDA ENRIQUEZ



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.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Caracterización de guanábana postcosecha (*Anona muricata* L.) durante su maduración a temperatura ambiente".

que presenta la pasante: Mónica Sandoval Durán
con número de cuenta: 9206016-2 para obtener el título de :
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Septiembre de 2003

PRESIDENTE	<u>I.B.Q. Jaime Flores Minutti</u>	
VOCAL	<u>I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal</u>	
SECRETARIO	<u>I.A. Francisco Javier López Martínez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en C. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.A. Julieta González Sánchez</u>	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

" Caracterización de guanábana postcosecha (Anona muricata L)
durante su maduración a temperatura ambiente "

que presenta la pasante: Rebeca Hernández Palacios
con número de cuenta: 9656640-8 para obtener el título de :
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 18 de Septiembre de 2003.

PRESIDENTE I.B.Q. Jaime Flores Minutti

VOCAL I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal

SECRETARIO I.A. Francisco Javier López Martínez

PRIMER SUPLENTE M. en C. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza

SEGUNDO SUPLENTE I.A. Julieta González Sánchez

Agradecimientos

A la I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal y

A la I.A. Sandra M. Rueda Enriquez.

Por brindarnos su disponibilidad y apoyo en la revisión y organización de este trabajo, mil gracias.

A la M.C. Alma Virginia Lara Sagahon.

Por la asesoría y el apoyo en la parte estadística de este trabajo, gracias.

Al Jurado, *por haber contribuido en la evaluación, mejoramiento y depuración de este trabajo, muchas gracias.*

MÓNICA Y REBECA

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por que en ningún momento de mi vida me ha abandonado, por su infinito poder y bondad, por la felicidad que le da a mi vida.

A GUILLERMO por ser un excelente esposo, compañero y amigo, por el ahínco con que me alientas siempre a seguir adelante y alcanzar mis metas. Te amo mucho.

A GRACIELA por darme la vida, por que es la persona de quien estoy orgullosa, por el gran esfuerzo que haces cada día para seguir adelante no importando los obstáculos, porque con ello nos das tu ejemplo de que en la vida todo se puede lograr, pero sobre todo por tu amor y cuidados incondicionales. Te amo mucho.

A HUGO, ADRIÁN Y NACHO por su incondicional cariño y comprensión, por compartir tristezas y alegrías que nos han servido para unirnos más como familia. Los quiero mucho.

A REBECA, mil gracias por tu sincera amistad, cariño y comprensión, por hacerme saber que puedo contar contigo y por que desde que te conocí has sido como una hermana, por tu colaboración para concluir este trabajo. Te quiero amiga.

A TODOS MIS FAMILIARES que han estado cerca de mí apoyándome en todo momento, en especial a Angélica y Abel. Gracias.

MONY.

Agradecimientos

Quiero agradecer a quienes con su incondicional apoyo no hubiera sido posible realizar este trabajo:

A Dios, por haberme dado la fuerza de empezar y dar término a esta etapa tan importante en mi vida. Su gracia y su fuerza me han dado la energía mental, física y espiritual necesaria para dar un paso mas.

A mi Mamá, por su cariño, guía y apoyo, por todas las noches de desvelo preocupada por mis sueños, he llegado a realizar uno de los anhelos mas grandes de mi vida.

A mi Papá, que aunque se halla adelantado en el camino le doy gracias por todo el amor que me dio, por los valores inculcados, por su ejemplo de vida y por que se que donde quiera que este, estará orgulloso de mi.

A Edgardo, Verónica y Rosalía, por su interés, apoyo y por levantar el ánimo cada vez que lo necesité. Quiero que sepan que día y noche pienso en ustedes y que los quiero mucho, gracias hermanos por ser como son.

A Valeria, por su paciencia y entenderme cada vez que no podía ponerle atención cuando me necesitaba, gracias por ser una niña linda, alegre y tierna, espero que este trabajo sirva de ejemplo e inspiración en tu educación.

A Mónica, por brindarme su amistad, confianza y por compartir momentos alegres y difíciles, quiero desearte la mejor de las suertes en todos los aspectos de tu vida, gracias de todo corazón por la lucha constante de alcanzar este objetivo.

Al Quím. Raymundo Navarro H. mi maestro en el aspecto laboral y amigo de muchos años quien me hizo sentir que realizar este trabajo era algo muy sencillo, gracias por el apoyo y la confianza.

No menos importantes a mis familiares y amigos que me han enseñado tantas lecciones valiosas. Su paciencia e interés humano me han estimulado a seguir esforzándome por realizarme en la vida.

Gracias por estar conmigo

*Sinceramente
Rebeca*

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Guanábana. Antecedentes	
1.1.1 Origen.....	1
1.1.2 Producción.....	2
1.1.3 Canales de comercialización.....	4
1.1.4 Descripción botánica y morfología.....	5
1.1.5 Taxonomía.....	7
1.1.6 Variedades.....	8
1.1.7 Regiones aptas para el cultivo.....	8
1.1.8 Cosecha.....	9
1.1.9 Pérdidas postcosecha.....	11
1.1.10 Composición química.....	13
1.1.11 Usos alimenticios.....	15
1.2 Fisiología	
1.2.1 Principales cambios fisiológicos de los frutos durante la maduración.....	16
1.2.2 Desarrollo Fisiológico.....	17
1.2.3 Respiración.....	19
1.2.4 Acción del etileno.....	21
1.2.5 Cambios físicos y químicos.....	22
1.2.5.1 Color.....	22
1.2.5.2 Hidratos de carbono.....	23
1.2.5.3 Ácidos orgánicos.....	23
1.2.5.4 Compuestos nitrogenados.....	24
1.3 Parámetros de calidad en frutos frescos.....	24
1.4 Métodos físicos de medición	
1.4.1 Color.....	26
1.4.1.1 Escalas de color.....	29
1.4.1.2 Sistema Munsell.....	29
1.4.1.3 Sistema Ostwald.....	30
1.4.1.4 Sistema CIE.....	31
1.4.1.5 Espacio de color L, a, b.....	32
1.4.1.6 Escalas de color Hunter.....	32
1.4.2 Textura.....	36
1.4.2.1 Pruebas de penetración.....	38

CAPÍTULO II METODOLOGIA	
2.1 Cuadro Metodológico	41
2.2 Metodología experimental	42
CAPÍTULO III RESULTADOS Y ANÁLISIS	
3.1 Análisis de características sensoriales: olor, sabor, color y textura en estado verde durante seis días	51
3.2 Análisis de características físicas: Pérdida de peso, Tamaño, rendimiento, color y textura en estado verde hasta su maduración	52
3.3 Clasificación de guanábanas en diferentes estados de madurez, tomando como parámetros las características sensoriales.....	61
3.4 Análisis de parámetros químicos: Humedad, carbohidratos, fibra cruda, pectina, sólidos solubles, cenizas, proteínas y grasa.....	62
3.5 Análisis de parámetros físico-químicos: pH y acidez	70
3.6 Análisis de la medición de la intensidad respiratoria	72
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFIA	78
ANEXOS	82

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama general actual de los canales de comercialización de la guanábana.....	4
Figura 2. Arbol de guanábana.....	5
Figura 3. Guanábana.....	5
Figura 4. Flor de guanábana.....	6
Figura 5. Crecimiento poco usual.....	6
Figura 6. Hojas, flor y fruto del guanábano.....	7
Figura 7. Cambios de color, firmeza y respiración de los frutos climatéricos.....	18
Figura 8. Respiración de frutas climatéricas y no climatéricas.....	19
Figura 9. Ciclo respiratorio de productos hortofrutícolas con niveles altos y bajos de oxígeno.....	21
Figura 10. Estructuras de las clorofilas a y b.....	27
Figura 11. Vías de degradación de las clorofilas a y b.....	25
Figura 12. Sistema ajustado de coordenadas de color del sistema Ostwald, basado en el contenido de blanco y negro.....	30
Figura 13. Coordenadas de cromaticidad Y, x, y.....	31
Figura 14. Sólido tridimensional (tono, luminosidad y saturación).....	33
Figura 15. Colorímetro Hunter de la marca Minolta.....	35
Figura 16. Esquema de algunos métodos disponibles para someter los alimentos a una fuerza.....	38
Figura 17. Penetrómetro Humboldt.....	39
Figura 18. Escala de intervalo para la medición de color en la guanábana.....	43
Figura 19. Medición del diámetro ecuatorial y longitudinal de la guanábana.....	44
Figura 20. Zonas de medición de color en la guanábana.....	45
Figura 21. Zonas de medición de penetración en la guanábana.....	46
Figura 22. Forma de corazón alargada de la guanábana.....	54
Figura 23. Distribución de semillas en la guanábana.....	54
Figura 24. Grado de madurez de la guanábana <i>Anona muricata</i> L.....	57
Figura 25. Fotografías tomadas a la pulpa de una guanábana en estado de madurez (semi-verde), con semillas y sin semillas.....	59
Figura 26. Medición con un vernier del diámetro ecuatorial de una nuez.....	83
Figura 27. Esquema del penetrómetro Humboldt.....	87

Índice de tablas

Tabla 1. Estados productores de guanábana a nivel nacional, superficie cosechada y producción anual.....	3
Tabla 2. Recopilación de la composición química de la guanábana.....	14
Tabla 3. Composición de minerales y vitaminas de pulpa madura de guanábana (mg/100g).....	15
Tabla 4. Parámetros de calidad en frutos.....	25
Tabla 5. Registro de análisis sensoriales.....	42
Tabla 6. Registro de datos para color en cáscara.....	45
Tabla 7. Registro de datos de textura de la guanábana.....	47
Tabla 8. Descripción de parámetros químicos.....	49
Tabla 8a. Descripción de parámetros físico-químicos.....	49
Tabla 9. Características sensoriales de la guanábana en diferentes estados de madurez.....	51
Tabla 10. Resultados de pérdida de peso.....	52
Tabla 11. Pesos y dimensiones de la guanábana.....	53
Tabla 12. Diámetros de la guanábana.....	53
Tabla 13. Valores de ΔE en cáscara.....	55
Tabla 14. Porcentaje de variación de ΔE	55
Tabla 15. Valores de ΔE en pulpa.....	58
Tabla 16. Porcentaje de variación de ΔE	58
Tabla 17. Resultados de penetrabilidad en la guanábana.....	60
Tabla 18. Resultados de humedad.....	62
Tabla 19. Resultados de azúcares reductores y totales.....	63
Tabla 20. Resultados de pectina.....	64
Tabla 21. Resultados obtenidos de la determinación de fibra cruda.....	65
Tabla 22. Resultados de la determinación de °Brix.....	66
Tabla 23. Resultados de la determinación de cenizas.....	67
Tabla 24. Resultados de la determinación de proteína.....	68
Tabla 25. Resultados de la determinación de grasa.....	69
Tabla 26. Resultados obtenidos de la determinación de pH.....	70
Tabla 27. Resultados obtenidos de la determinación de acidez.....	71
Tabla 28. Resultados de la medición de la intensidad respiratoria.....	72

Índice de gráficos

Gráfico No. 1. Volumen producido a nivel Nacional.....	3
Gráfico No. 2. Pérdida de peso.....	52
Gráfico No. 3. Color en cáscara.....	56
Gráfico No. 4. Color en pulpa.....	58
Gráfico No. 5. Textura.....	60
Gráfico No. 6. Humedad en pulpa.....	62
Gráfico No. 7. Humedad en cáscara.....	62
Gráfico No. 8. Azúcares reductores.....	64
Gráfico No. 9. Azúcares totales.....	64
Gráfico No. 10. Pectina.....	65
Gráfico No. 11. Fibra cruda.....	66
Gráfico No. 12. °Brix.....	67
Gráfico No. 13. Cenizas en pulpa.....	68
Gráfico No. 14. Cenizas en cáscara.....	68
Gráfico No. 15. Proteínas.....	69
Gráfico No. 16. Grasas.....	69
Gráfico No. 17. pH.....	70
Gráfico No. 18. Acidez.....	71
Gráfico No. 19. Intensidad respiratoria.....	73
Gráfico No. 20. Cambios de color, firmeza y respiración en la guanábana.....	73
Gráfico No. 21. Relación de la intensidad respiratoria con los carbohidratos y la humedad.....	74

RESUMEN

México es un productor de guanábana, la cual es muy preciada por su exquisito sabor, sin embargo tiene el inconveniente de ser un fruto altamente perecedero y muy poco estudiado, por lo que el objetivo de este trabajo fue caracterizar a la guanábana postcosecha (*Annona muricata* L.) para observar los cambios ocurridos durante su maduración a temperatura ambiente.

El presente trabajo se llevó a cabo en varias etapas. Primero se llevó a cabo un análisis sensorial en el que se incluyen aspectos fundamentales de calidad como textura, color, olor y sabor, observándose los cambios importantes en guanábanas en estado verde durante seis días.

Posteriormente se determinaron las características físicas (pérdida fisiológica de peso, tamaño, color y textura, estos dos últimos con la finalidad de corroborar los datos sensoriales anteriores y observar las variaciones de estos parámetros durante la maduración.

Al obtener los resultados tanto del análisis sensorial como las características físicas durante la maduración de las guanábanas, se llevó a cabo la clasificación de un lote de guanábanas en diferentes estados de madurez (verde, semi-verde y maduro) con la finalidad de realizar una evaluación sensorial para confirmar si se realizó una buena clasificación en base a los resultados obtenidos.

Se cuantificaron los parámetros químicos y fisico-químicos, más importantes (humedad, carbohidratos, fibra cruda, pectina, sólidos solubles, cenizas, proteínas, grasa, pH y acidez), los análisis se realizaron cada tercer día para observar su comportamiento en los diferentes estados de madurez.

Se midió la intensidad respiratoria durante su maduración, presentando un patrón respiratorio correspondiente a un fruto climátero, el pico máximo se obtuvo al tercer día de experimentación.

Finalmente se observó gráficamente, la relación que existe entre los parámetros de humedad, carbohidratos, color y textura con la intensidad respiratoria.

INTRODUCCIÓN

La fisiología de los frutos ya recolectados se ha convertido en los últimos años, en una subdivisión importante de la fisiología vegetal. La creciente atención prestada a los aspectos relacionados con la vida de frutos en la etapa posterior a la cosecha, deriva de la constatación de que las manipulaciones defectuosas en estado fresco puedan acarrear pérdidas cuantiosas de productos cuya obtención ha requerido importantes inversiones de capital, maquinaria y mano de obra.

Sabemos que los frutos, al igual que todos los seres vivos, poseen una gama muy amplia de compuestos químicos diferentes y muestran notables variaciones en su composición y estructura. Dejando aparte las diferencias interespecíficas naturales, no se encuentran dos individuos iguales en la misma planta. Más aún una fruta al estar formada por tejidos vivos que son metabólicamente activos, cambia constantemente en su composición con una rapidez e intensidad que depende de su fisiología y estado de madurez.

Al separar las frutas de sus plantas originarias sus tejidos experimentan una interrupción en el suministro normal de agua, minerales y algunos otros productos orgánicos simples del metabolismo. Sin embargo los tejidos continúan siendo capaces de llevar a cabo una gran variedad de transformaciones metabólicas entre los componentes orgánicos que contienen. Son capaces así mismo de perder agua al continuar con normalidad los procesos de transpiración en los órganos aéreos, así como mediante la evaporación a través de superficies que no pierden humedad normalmente. La actividad fisiológica que se desarrolla en las frutas y verduras cosechadas puede conducir en algunos casos a una disminución de su calidad, mientras que en otros resulta esencial para lograr el grado de maduración deseado.

El objetivo final perseguido en este trabajo es de mantener un suministro continuo de estos productos perecederos. Así pues, el papel fundamental del Ingeniero en Alimentos en este campo, es el de establecer procedimientos que restrinjan al máximo la alteración de los frutos durante su periodo de vida tras la recolección. Por lo que en este trabajo es de gran interés conocer las características de la guanábana postcosecha, tanto físicas, químicas y fisico-químicas durante su maduración.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las características físicas, químicas y fisico-químicas de la guanábana postcosecha (*Annona muricata L.*) para observar los cambios ocurridos durante su maduración.

OBJETIVOS PARTICULARES

Objetivo particular 1:

Determinar los parámetros físicos con la finalidad de clasificar a la guanábana en diferentes estados de madurez.

Objetivo particular 2:

Cuantificar los parámetros químicos y fisico-químicos para observar los cambios ocurridos en diferentes estados de madurez.

Objetivo particular 3:

Medir la intensidad respiratoria de la guanábana postcosecha, durante su maduración para observar su posible relación con los cambios físicos y químicos ocurridos.

CAPITULO I.

**ASPECTOS
GENERALES**

CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Guanábana . Antecedentes

1.1.1 Origen

Las anonáceas son originarias del hemisferio occidental y han desempeñado un papel muy importante en la alimentación de las personas de las tierras altas tropicales de América. La guanábana es originaria de la América tropical, pero se ha extendido a las regiones subtropicales, se encuentra silvestre en el Sur de América y en las Indias, en las áreas libres de heladas.

Los exploradores españoles encontraron guanábana (*Annona muricata* L.) en las islas occidentales, lo mismo que en la parte continental de América del Sur. Actualmente se le encuentra distribuida en estado silvestre y cultivada desde el nivel del mar hasta los 1000 m de altitud en el continente Americano desde Cuba y México a través de América Central y las Antillas hasta Brasil; en Estados Unidos únicamente se desarrolla al Sur de Florida, pero con protecciones (Fiscal-Tovar, 1971).

Este exquisito fruto ya se cultivaba en tiempo de los Incas (www.activonet.es/frunet). Es originalmente nativa de los Andes del Norte de Sudamérica. Se le ha cultivado desde las épocas prehistóricas, por los indios en la región que va desde Perú hasta México. Fue introducido al Lejano oriente vía África por los primeros navegantes españoles. (Mortensen, 1975)

La guanábana fue uno de los primeros frutales llevados de América a las regiones tropicales del Viejo Mundo donde se ha distribuido ampliamente desde el Sudeste de China a Australia y a las tierras calientes bajas del Este y Oeste de África.

Cuando llegaron los conquistadores españoles, encontraron que era consumido por los habitantes americanos desde Perú a México (Calderon, 1986). Algunos dicen que la guanábana viene de Guatemala aunque ahora se cultiva comercialmente en el Sudeste Asiático y en las Filipinas.

El árbol de la guanábana prospera en Ceylán a altitudes mayores a 600 m y es cultivada en la India, Polinesia, la Costa Oeste de África y en las Islas del Pacífico, el fruto recibe el nombre común de soursop al Oeste de la India; en México es conocido como Zapote Agrio y más comúnmente como guanábana, nombre más extensamente usado en los países de habla hispana.

1.1.2 Producción

En México la guanábana se encuentra ampliamente dispersa en el Vertiente del Golfo de México, del Caribe, del Pacífico y en algunas áreas cálidas del interior de la República (Calan, 1995). El mercado de la guanábana a nivel nacional es muy restringido tanto en la oferta como en la demanda debido a que no se ha difundido mucho como cultivo, sin embargo se le puede encontrar con cierta importancia comercial en siete estados de la República (Nayarit, Colima, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Morelos, Veracruz y otros). Para observar con mayor detalle en la tabla 1 se muestra tanto la producción como la cosecha de la Guanábana en diferentes años (INEGI 1997; SAGAR, 1998).

Para el año de 1982 CONAFRUT reporta una superficie nacional bajo cultivo de guanábana de 1 600 ha, en donde el estado de mayor superficie es Nayarit con 800 ha, seguido de Colima con 600 ha, Veracruz con 300, Michoacán con 300 ha y un volumen de producción de 9 600 toneladas.

Para los años de 1989 y 1990 se tienen datos de superficie cosechada y producción total, lo que se observa en la tabla 1. Dichas cifras resaltan que los estados productores de guanábana más importantes en 1989 son: Nayarit, Colima, Jalisco y Veracruz ocupando el penúltimo lugar. Notándose nuevamente que Nayarit encabeza la lista en volumen producido.

De acuerdo a la tabla 1, para 1990 la producción nacional se ve disminuida en 187 ha, observándose que Veracruz aumenta la producción cosechada en 9 ton por el aumento de la superficie cosechada (3 ha).

Analizando el año de 1991, se observa que los Estados de Nayarit y Colima aportan un 89% de la producción nacional. Siendo el estado de Veracruz el de menor importancia después de haber ocupado el 5º. lugar de producción en 1980.

Como observamos en el año de 1995 hay dos nuevos estados productores de Guanábana que son Sinaloa y Yucatán, estos no se habían reportado en años anteriores a este, cabe señalar que Sinaloa aporta una producción total por arriba de la producción de Veracruz y Morelos.

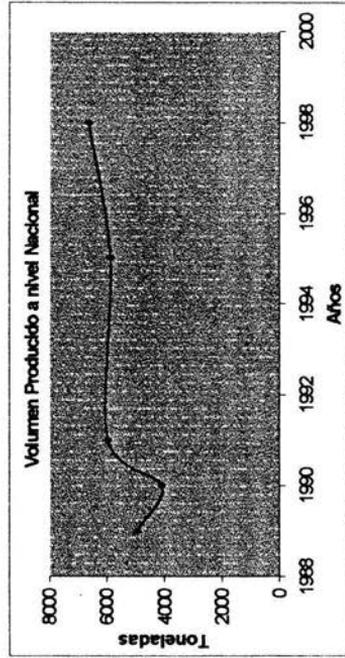
Haciendo una comparación de los años de 1995 y 1998, observamos que hay un aumento en la producción de guanábana por lo que podemos esperar que en años posteriores la tendencia de la producción de guanábana vaya en aumento como lo podemos observar en la gráfica 1, teniendo a la guanábana como una materia prima de excelente potencial en el mercado.

Tabla No. 1 ESTADOS PRODUCTORES DE GUANABANA A NIVEL NACIONAL, SUPERFICIE COSECHADA Y PRODUCCIÓN ANUAL.

ESTADO	1980		1989		1990		1991		1995		1998	
	SUPERFICIE COSECHADA (HA)	PRODUCCIÓN TOTAL (TON/HA)										
CAMPECHE	96	584	0	0	0	0	0	0	0	0	3	18
COLIMA	634	1 194	231	1 086	0	0	294	1 474	299	2 235	263	2 304
GUERRERO	80	384	50	250	50	234	40	152	89	390	99	601
JALISCO	229	3 139	117	339	118	474	117	379	95	361	61	720
MEXICO	54	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MICHOACAN	259	927	0	0	40	162	18	72	25	97	50	276
NAYARIT	788	5 151	383	3 245	383	3 188	383	3 837	380	2 701	255	2 540
OAXACA	81	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TABASCO	70	560	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12
VERACRUZ	103	523	3	20	6	29	2	10	4	22	4	20
MORELOS	0	0	0	0	0	0	2	10	2	14	2	14
SINALOA	0	0	0	0	0	0	0	0	61	51	0	0
YUCATAN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	19	123
TOTAL	2 156	12 666	784	4 940	597	4 087	856	5 954	956	5 874	762	6 628

Fuente : SARH, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, 1980, 1989-91, 1995, 1998.

Gráfica 1



Fuente: SARH, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1980, 1989-91, 1995, 1998.

1.1.3. Canales de comercialización.

Debido a la gran variación en el volumen de producción y el precio al consumidor, las características del mercado para la guanábana, fruta de consumo directo, son muy inestables debiéndose a varios factores, como son: época del año, localidad y la misma presentación de la fruta. Actualmente la guanábana producida en nuestro país, se dedica casi exclusivamente para consumo nacional. Éste está dividido en dos sectores: el consumo local y regional de las regiones productoras y el consumo hecho en el Distrito Federal, siendo el más importante este último (Fiscal-Tovar, 1971). En el caso de la guanábana como en el de todos los productos muy perecederos en los que las mermas y riesgos son mayores, el margen de comercialización es mayor y por lo tanto el precio final o precio para el consumidor también será mayor (Coordinación general de fomento agroindustrial, 1980).

Como puede apreciarse en el diagrama el proceso de comercialización de la guanábana (Fig. 1), tiene características especiales como son el carecer de mayoristas urbanos y el que el fruto para industrializarse debe pasar del productor hasta el medio mayorista y el detallista, en lugar de pasar directamente del productor a su industrialización y luego al consumidor. Posiblemente por la escasa oferta existente, el aprovechamiento de la guanábana no se hace en las industrias ya existentes (jugos, pulpas, néctares, refrescos, mermeladas, concentrados, etc.), lo cual a su vez provoca el que los medios mayoristas y los detallistas se dediquen a la preservación y venta de pulpa de guanábana (con semilla y fibra), ya por necesidades del mercado o bien por las ganancias que esto les reditúa.

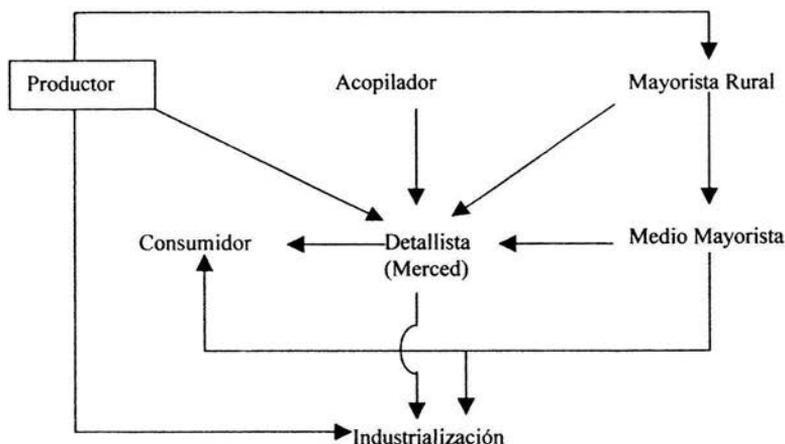


Figura 1. Diagrama general de los canales de comercialización de la guanábana. (Fiscal-Tovar, 1971).

1.1.4 Descripción botánica y morfología.

El género *Annona* de la familia *Annonaceae* incluye 120 especies, la mayoría originarias de la América Tropical.

La guanábana recibe diferentes nombres en cada país, (E. Morlensen), siendo los más usados y conocidos los siguientes:

Inglés	Durian Blanda (Straits Settlements Milsum). Guanobano, Guanábana (Islas Filipinas; Wester). Soursop (Hubert).
Español	Guanábana, Zapote agrio, guanaba (Popenoe)
Holandés	Zuurzak (Ochse)
Francés	Cachiman-épineux (Hubert, Jumelle, Sagot), Corossel, Corosselier (Hubert, Jumelle), Corossol épineux, Sappadille (Hubert)
Alemán	Sauerapfel (Sehrwald), Saure Sobbe (Gerth van Wijk), Stachelanone (Tropical África; Sadebeck), Stachliger Flaschenbaum (Rosenthal).
Portugués	Araticu-ponhé, Coracao de Rainha (Hoehne), Graviola, Jaca de Pará (Brasil)

La guanábana es un árbol de 3 a 8 metros de altura que en algunas ocasiones alcanza a tener hasta 10 metros, generalmente débil y falso de volumen por que sus ramas tienen tendencia a crecer hacia arriba es ramificado cerca de la base y tiene un gran número de ramas secundarias y terciarias (Ver figura 2).



Figura 2. Arbol de guanábana.



Figura 3. Guanábana

Las hojas son biseriadas, de peciolo cortos y forma variable que va de oblongas a elípticas o estrechamente ovaladas alternas y punteadas en

ambos extremos, coriáceas de textura áspera similar a piel o cuero, de color verde amarillento. En la figura 3 se observa la forma de las hojas y una guanábana.

Las flores presentan protoginia, pueden surgir en cualquier parte del tronco y ramas, o ramitas jóvenes, en número de una o dos. Son regulares pediceladas y de olor fuerte, de color verde oscuro al principio cambiando posteriormente a verde-amarillentos o amarillas pálidas, son de 3.5 cm de largo y 2 a 4 cm de ancho. Los tres pétalos internos son más pequeños en la figura 4 se observa la flor de la guanábana, mientras que en la figura 5 se observa el crecimiento poco usual de las guanábanas.



Figura 4. Flor de guanábana.



Figura 5. Crecimiento poco usual

El fruto que es una baya colectiva o sincarpio (compuesto) es el más grande de las anonas, su tamaño va de 15 a 35 cm de largo y de 10 a 20 cm de ancho, habiéndose reportado frutos hasta de 7 kg de peso. De forma ampliamente ovoide a elipsoide, generalmente triangular de forma de corazón oblicua o curvada debido al impropio desarrollo carpelar o a los daños ocasionados por insectos. Está cubierto por una cáscara semejante a una piel la cual es holgada de apariencia caríacea pero delicada incomedible, amarga y de la cual sobresalen espinas elongadas suaves, flexibles y carnosas que miden de 0.3 a 0.5 cm de largo y están volteadas hacia el ápice (Ver figura 6). Las puntas se rompen de afuera fácilmente cuando la fruta esta completamente madura; la cáscara o piel del fruto inmaduro generalmente es de un color verde oscuro, convirtiéndose en ligeramente verde-amarillento poco antes de que el fruto este suave al tacto (momento en el que se considera completamente maduro). La superficie o cara interior de la cáscara o piel es granular y se separa fácilmente de la pulpa. La pulpa es de color blanca y textura cremosa es jugosa, carnosas y fibrosa (con muchas especies de hojuelas semejante a pedacitos de carne de pescado crudo). La fibra es de una textura semejante a la del algodón y su aroma es como una combinación piña y guayaba considerándosele altamente aromático, pero su olor almizclero y su sabor de subácido a ácido que recuerda al de la piña y el mango, es único. La pulpa se encuentra

circundando al corazón suavemente medulado, conteniendo una gran número de semillas (pueden ser hasta 200 en un fruto grande) las cuales se encuentra alojadas en hojuelas, segmentos, secciones apretadas o pequeñas bolsitas ovoides. Son comprimidas, brillantes, de color café oscuro, ligeramente duras y lisas, son de aproximadamente 2 cm de largo por 1 cm de ancho, con albúmen fuertemente ruminado; son semejantes a las de la chirimoya. Los frutos pueden alcanzar un peso de 4 kg o más (Fiscal-Tovar).



Figura 6. Hojas, flor y fruto del guanábano.

1.1.5 Taxonomía

La guanábana, también conocida por anón, pertenece junto con otras especies de fruto comestible, al género *Annona*. Su nombre científico es *Annona muricata* L, que comprende más de 40 géneros que habitan en las regiones tropicales.

Ubicación taxonómica de la guanábana (*Annona muricata* L.):

Reino: vegetal
División: Angiospermae
Clase: Dicotyledoneae
Orden: Magnoliales.
Subclase: Magnolidae.
Familia: Anonaceae
Subfamilia: Annonoidae.
Género: *Annona*.
Especie: *Muricata*

La familia Annonaceae que se caracteriza por crecer principalmente en los trópicos, comprende 130 géneros y aproximadamente 2 300 especies, dentro de esta familia, los tres géneros de mayor importancia económica por su explotación frutícola y potencial farmacéutico son *Annona*, *Rollinia* y *Aberona*. El género *Annona* comprende alrededor de 120 especies de clima tropical y subtropical, principalmente de América, de las que solamente de 8 a 10 especies tienen importancia económica. La especie que ha alcanzado mayor desarrollo es *Annona cherimolla* Mill (Delgado, 2000)

1.1.6 Variedades

Este género, además de la *Annona muricata* L, está formado por unas 120 especies, originarias la mayoría de la región tropical y subtropical de América (Ochse, 1980).

Las cuatro más conocidas como productoras de fruto comestible son las llamadas cuatro verdaderas anonas que son: *Annona colorada* o (*A. reticulata* L.) que es la más variable en calidad la dulce o *annonia blanca* (*A. squamosa* L) que es muy popular como fruto casero en el Caribe y en el Este de la India en donde es considerada la *annonia favorita*; la *chirimoya* (*A. cherimolla* Mill) que es muy celebrada por su sabor y que es originaria de la región andina; y por último la *guanábana* (*A. muricata* L.) que es el objeto de este estudio y es la de más grande fruto.

Otras *annonas* también bastante conocidas: la *llama* (*A. diversifolia* Saff), *Cabeza de Negro* (*A. purpurea* Mac. E. Sessé), *Cayul* (*A. glabra*), y la *guanábana cimarrona* (*A. montana* Macfad) (Velazco, 1971).

1.1.7 Regiones aptas para el cultivo.

Las plantas requieren de condiciones naturales óptimas para que puedan obtener un desarrollo vegetativo y productivo adecuado. Para establecer plantaciones con éxito, es necesario conocer en que tipo de clima, suelo, altitud, latitud, entre otros factores se desarrollan, a continuación se presentan las necesidades del cultivo de *guanábana* (Gobierno Federal de las Naciones Unidas, 1993).

En México se ha determinado que la precipitación adecuada para el cultivo es de 1300 a 1500 mm distribuidos a lo largo del año. En Brasil la precipitación puede ser alrededor de 1 572 mm y en Costa Rica y Puerto Rico la *guanábana* se adapta muy bien a condiciones de humedad moderada. Su rango favorable de temperatura a través del año es de 20 a 25°C. Aunque no existen ensayos de dosis de riego, las necesidades hídricas son superiores a las de los árboles de hoja caduca, pero menores

que las del aguacate, pudiendo estimarse en unos 6.000 - 6.500 m³ por Ha. y año, para árboles adultos.

La guanábana puede crecer en suelos de muy diversos tipos, desde pesados a muy ligeros, aunque los mejores resultados se obtienen con los de textura media a ligera. En cuanto al sustrato, puede tolerar suelos superficiales compactos pero no los suelos calizos como las otras especies de anonas, se desarrolla mejor en suelos superficiales compactos pero no en los suelos con una variación de pH entre 5.5 y 7.0. existen recomendaciones sobre las áreas potenciales para el desarrollo de la guanábana y otras Anonáceas en Venezuela. En México los municipios de Acapulco, Coyuca de Benitez y Atoyac del estado de Guerrero, presentan condiciones aptas para el establecimiento del cultivo de guanábana (Delgado, 2000).

Es muy sensible a vientos fuertes, manifestando quemaduras en las partes tiernas de la planta y durante la etapa productiva presenta caídas de frutos, o bien desprendimientos en ramas por la acción del viento apoyado por el peso de los frutos (Vidal, 1993).

El árbol de la guanábana es susceptible a cualquier clase de heladas, las cuales cuando son acompañadas de agua que constituyen las llamadas aguas nieves que provocan manchas cafés en los frutos. Los fríos ocasionalmente de invierno provocan la caída de hojas e interrupción de la fructificación (Calan, 1995).

La guanábana se desarrolla de manera satisfactoria entre un 70 a 80% de humedad relativa (Fiscal-Tovar, 1971).

1.1.8 Cosecha

Cosechar un fruto de guanábana al punto óptimo de madurez fisiológica es de difícil determinación. Un fruto puede llevarse desde 4.5 hasta 9 meses para llegar a su momento adecuado de corte.

La guanábana tiende a florecer (tiene de dos a tres floraciones) y fructificar más o menos regularmente, pero en cada área de desarrollo hay una época o temporada principal de maduración. En Puerto Rico ésta es de marzo a septiembre, en Queensland empieza en abril, en el Sur de India y Florida se extiende de junio a septiembre y en las Bahamas continúa hasta octubre y en México se puede encontrar durante casi todo el año escaseando en los meses de enero y febrero. En Tlapacoyan, Ver., y la costa chica de Guerrero las cosechas principales se producen en junio, julio y primeros de agosto: en diciembre en Colima y en Oaxaca casi todo el año con intervalos de dos meses. En la región de Tlapacoyan, Ver., se producen dos cosechas al año dándose varios cortes por cosecha, siendo la principal la que florea

en marzo y produce en junio y julio y la secundaria la que se produce en octubre.

Se han tomado algunos parámetros que son fáciles de observar en el árbol para proceder al corte, pero no siempre resulta adecuado aplicar estos conocimientos, pues la fruta puede durar unos días más de lo normal e incluso no alcanzar la madurez comercial. Un fruto cortado a tiempo puede madurar a los 2 o 3 días después del corte, pero otros pueden llevarse hasta 8 o más días y no ser apto para el consumo pues tiende a ponerse negro y muy duro (Laksminarayan, 1977).

La fruta debe cosecharse, una vez que se ha desarrollado completamente y alcanzado su madurez fisiológica esto ocurre cuando toma un color verde amarillento y su textura es aún firme.

Es muy importante cortar la fruta en el momento apropiado, ya que si se cosecha demasiado verde, posteriormente se suavizará apropiadamente pero su calidad desmerecerá ya que carecerá de las características peculiares del sabor y olor de la guanábana; con lo cual la fruta fresca desmerecerá y la fruta usada para la elaboración de néctares proporcionará a éstos un sabor de menor calidad. Por el contrario si se le permite sobrepasar en el árbol el período de madurez comercial se ablandará y caerá del árbol, magullándose o reventándose. Por lo tanto se debe evitar cosechar el fruto muy verde porque la pulpa no madura bien y adquiere sabor amargo (Ibar, 1986).

Por último para garantizar una madurez uniforme del fruto después de la cosecha, se recomienda colocarlo con la parte del pedúnculo hacia abajo (MAG, 1991).

Al ser una fruta muy delicada debe ser tratada con sumo cuidado para evitar golpes, por lo tanto al cosecharse deberá colocarse cuidadosamente en cajas o cajones y canastas, formando apenas una camada de frutos, procurando el evitar romperle la cáscara y magullarla, ya que de lo contrario se deteriorará rápidamente y será atacada por los hongos; una vez realizada esta operación, las cajas deben ser puestas a la sombra y protegidas del polvo provocado por el movimiento de vehículos, vientos fuertes o de la lluvia. Después de terminada la cosecha deben ser mantenidos unos cuantos días a la temperatura de una habitación y estarán listos para consumirse cuando cedan a una ligera presión del pulgar. La cáscara o piel se ennegrecerá y tomará un aspecto desagradable a la vista mientras que la pulpa estará en buen estado (Fiscal-Tovar, 1971).

Los frutos deben ser transportados inmediatamente al lugar de empaque o procesamiento (Delgado, 2000). Para que los frutos lleguen en el mejor estado posible al mercado, es decir sin golpes ni magulladuras, al

empacarse en las cajas de madera (rejas) y canastas, se les pone paja o heno a cualquier producto similar con el fin de amortiguar los golpes.

Se sabe que en el lejano Oriente, en algunas anonas se hace una práctica que tiene por objeto acelerar la maduración de los frutos y mejorar su sabor, para ésto se pintan con cal cerca del tallo a los frutos verdes.

1.1.9 Pérdidas poscosecha.

Todas las frutas, hortalizas y raíces son partes de plantas vivas que contienen de un 65 a 95 % de agua y cuyos procesos vitales continúan después de la recolección. Su vida después de la cosecha depende del ritmo al que consume sus reservas almacenadas de alimentos y del ritmo de pérdida de agua. Cuando se agotan las reservas de alimentos y agua, el producto muere y se descompone (Granola, 1980).

Se examinan a continuación las principales causas de las pérdidas, pero hay que tener en cuenta que en el proceso de comercialización del producto fresco todas están relacionadas entre sí, y en todas influyen condiciones externas tales como la temperatura y la humedad relativa.

♦ Deterioro fisiológico

Las pérdidas causadas por los cambios fisiológicos normales se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro, como temperaturas elevadas, baja humedad atmosférica y daños físicos. Cuando el producto se expone a temperaturas extremas, a modificaciones de la composición de la atmósfera, sufre un deterioro fisiológico anormal, que puede causar sabores desagradables, la detención del proceso de maduración u otras modificaciones de los procesos vitales y puede dejar de ser apto para el consumo.

♦ Daños mecánicos (lesiones físicas).

La manipulación negligente del producto fresco es causa de magulladuras internas que dan lugar a un deterioro fisiológico anormal o a hendiduras y grietas de la piel, que aumentan rápidamente la pérdida de agua y aceleran el proceso normal de modificaciones fisiológicas. Las grietas en la piel también propician las infecciones por los organismos patógenos causantes de la descomposición.

♦ Plagas

En México son escasas las plagas que actualmente se conoce que atacan a la guanábana, ésto es debido quizá a lo poco difundido que se encuentra esta fruta en explotaciones comerciales; en otras regiones del mundo se

tiene conocimiento de varias plagas y existe la posibilidad de que se presenten en nuestro país, las cuales son: (Fiscal-Tovar, 1971).

Polilla de la guanábana: Tecla ortygna (Lepidoptera: Lycaenidae)

Las larvas de esta mariposa se comen las flores y los frutos muy pequeños, por lo que su combate debe hacerse apenas se inicia la Floración

Perforador del fruto: Cerconota annonella spp.

La larva de esta mariposa oviposita en peciolo, ramas y frutos y cuando la larva emerge, emigra y penetra el fruto. El orificio de entrada se distingue fácilmente por los excrementos que expulsa afuera y por la apariencia de aserrín, también destruye las flores. La producción es diezmada por esta plaga, debido a la destrucción de las flores, a la paralización del crecimiento de los frutos afectados y al aumento de la incidencia de antracnosis. Su combate es difícil, por lo que debe hacerse oportunamente para que los resultados sean satisfactorios.

Perforador de la semilla: Bephrata sp.

También se le llama la avispa de la guanábana. Deposita sus huevos bajo la epidermis de los frutos pequeños. Apenas nacidas las larvas comienzan a avanzar hasta alojarse en la semilla, donde terminan el desarrollo, emergen de la semilla y del fruto a través de una serie de orificios que deterioran el fruto, paralizan su crecimiento o se momifica por causa de las enfermedades antracnosis y oidium.

Talador de tallo: Cratosomus sp.

Las larvas de este tipo de gorgojo perforan ramas y tallos y aunque es una plaga secundaria, los árboles jóvenes muy afectados pueden morir. Para su combate, lo más efectivo es realizar una poda de saneamiento, para eliminar las ramas afectadas, que es conveniente quemarlas o enterrarlas.

Chinche de encaje: Corythuca gossipii (Hemiptera: Tingidae)

Los adultos y jóvenes de esta chinche se localizan en el envés de las hojas y se alimentan de la savia que chupan. Actualmente es una plaga de poca importancia.

Escama hemisférica: Saissetia sp. (Homoptera: Coccidae)

Este coccido se encuentra a menudo infestando las hojas, ramas y frutos y su población aumenta en la época de seca.

Mosca del caribe de las frutas.

Esta mosca (Anastrepha suspensa Loew), junto con otras plagas aquí mencionadas, limitan seriamente el cultivo

◆ Enfermedades

Antracnosis causada por:

▪ **Colletotrichum gloesporioides Penz.**

Es la enfermedad más importante de la guanábana en los climas de humedad relativa alta. Causa una pudrición negra en los frutos y ataca en todas las etapas de desarrollo, principalmente los tejidos tiernos. Los frutos se momifican y caen. En el vivero provoca necrosis en el cuello del tallo y en las ramas terminales. Se ha observado que los árboles que crecen en condiciones poco favorables como mal drenaje, plagas, etc., son más afectadas por la antracnosis, por lo que se recomienda un manejo adecuado de la plantación. Se ha determinado una relación estrecha entre el ataque de Cerconota y la antracnosis, principalmente durante la época lluviosa, por lo que combatir la plaga conlleva la disminución de la enfermedad.

▪ **Diplodia sp.**

Esta enfermedad es de poca importancia en este cultivo. Ocasiona necrosis en las ramas terminales y posteriormente secamiento de las mismas.

▪ **Scolecotrichum sp.**

Invade las hojas y producen manchas de color rojizo que se convierten en numerosas áreas necróticas.

Estas dos enfermedades causadas por diplodia y Scolecotrichum, son consideradas de poca importancia económica. Para su manejo fitosanitario se recomienda la recolección de los frutos dañados, las podas sanitarias y la eliminación de árboles muy susceptibles (sunii@ns.mag, 1991).

1.1.10. Composición química

En la tabla No. 2 se muestra una recopilación de los componentes principales de la guanábana, reportados por diferentes autores. Observando que el componente mayoritario es el agua, que constituye entre el 77 y el 84 %, le siguen los azúcares reductores que se encuentran entre el 7 y 15 % mientras que los azúcares totales están entre el 7 y 14%, también se reporta hasta un 7.72 % de sacarosa, lo que vuelve a la guanábana un alimento energético ya que contiene un 64 % de calorías. De los principales polisacáridos reportan la fibra cruda, con un contenido de 0.78 a 2.15 %, celulosa 1.8 % y pectina 2.07 %. De los componentes minoritarios reportados de la guanábana tenemos a la grasa la cual varía de 0.3 a 0.8 %, proteínas de 0.9 a 1.7 % y minerales que se encuentran de 1.4 a 0.9 %. En cuanto a la acidez, que es un parámetro importante de este fruto, se encuentra entre 0.31 a 1.3%, mientras que el pH lo reportan de 3 a 4.8 %.

Tabla 2. Recopilación de la composición química de la guanábana

	AGUA (%)	CARBOHIDRATOS (%)	AZÚCARES REDUCIDORES (%)	AZÚCARES TOTALES (%)	SACAROSA (%)	PROTEÍNAS (%)	GRASA (%)	CENIZAS (%)	FIBRA CRUDA (%)	pH	ACIDEZ TITULABLE (%)	SOLIDOS SOLUBLES	PECTINA (%)	CELULOSA (%)
Axtmayer	81		9.7-13.1	12	0.0-7.72	1.7	0.80	0.4-0.9	0.78		0.7-1.0			
Franco Alvarez, 1960	77.94	18.23	15.8							3.7-4.8	0.8-1.3	16-21.15		
Wenkey Miller, 1965	80.11	18.23				0.69	0.39	0.58	0.95					
Aranque-Adams, 1967-1975	80.2-81.7	16.3		14.1		0.9-1.02	0.7-0.3							
Sánchez, 1970	81.83.8		9.5-11.7	10.4-12.5	0.8-2.1					3.6-3.7	0.9-1.0	15.8-17.4		
Antonio Chávez, 1971	84.8	8.5								3.95	0.94			
Raymundo Alvarez, 1971	82.9	13.01	8.4			1.25		0.69	2.15					
C.N. Río Balsas, 1974	81	1.1(N.A)		12				0.7			0.9			1.8
SAGAR, 1980	79.74		7.04	7.92						4.6	0.31			
Juan J. C. UAM, 1988	83.8		11.7	12.5	2.1					3.65	0.98	17.4		
Marcela S. Chapingo, 1995	80.2	14.1				0.9	0.7							
Idelfonso Calán Moo, 1995	81	1.1(N.A)		12				0.7			0.9		2.07	1.8

N.A. No azúcar

* Pulpa

En la tabla 3 se presenta el contenido de minerales y vitaminas que presenta la guanábana, reportado por diferentes autores.

El fruto de la guanábana aporta una porción importante de minerales (Ca, P, Fe, Na y K) y vitaminas (Vitamina A, Tiamina, Riboflavina, Niacina, Acido ascórbico). Por mencionar algunos, el calcio se encuentra de 8.8 a 22 mg/100g, el Fósforo de 27.1 a 29 mg/100g, el Fe de 0.6 a 0.82 mg/100g. En vitaminas, la vitamina A se reporta hasta 20 mg /100g y la tiamina de 0.067 a 0.07 mg/100g. Comprobándose que la guanábana tiene un potencial nutricional que puede ser fácilmente aprovechable por el cuerpo humano.

Tabla 3. Composición de minerales y vitaminas de pulpa madura de guanábana (mg/100g).

Concepto	Vialard y otros 1958	Wenkam y Miller 1965	Aranque 1967	Adams 1975
Minerales				
Ca	-----	8.8	22	14.2
P	-----	29.0	28	27.1
Fe	-----	0.82	0.6	0.62
Na	-----	-----	-----	14.08
K	-----	-----	-----	264.9
Vitaminas				
Vitamina A	-----	0.0	20	8.9
Tiamina	0.077	0.067	0.06	0.07
Riboflavina	0.080	0.120	0.07	0.05
Niacina	1.500	1.52	0.9	0.89
Acido ascórbico	-----	16.40	22	20

(Vidal, 1993)

1.1.11. Usos Alimenticios

En México si bien la guanábana es prácticamente desconocida en las regiones donde no se produce, es en cambio popular en el Sur de la República, en donde se usa en cantidad de productos alimenticios, ya como materia principal y como un ingrediente más.

Entre los principales usos tenemos:

Como fruto fresco, bebidas refrescantes, licuados, nieves, helados, paletas, licores, ensaladas de frutas, curados, jugos, dulces y mermeladas.

La guanábana, puede ser usada como fruto fresco considerándosele como de exquisito aroma y agradable sabor, que recuerda o se asemeja a una combinación de piña y mango. La guanábana de textura menos fibrosa es cortada en secciones o rajas y la pulpa comida con cuchara. La pulpa despepitada puede ser cortadas en rebanadas y adicionada de trozos de otros frutos y si además se enfría y se sirve con un poco de azúcar y leche o crema, constituye un delicioso platillo ideal como postre (Fiscal, 1971).

La pulpa es usada también para hacer tartas y gelatinas, jarabes y néctares. La pulpa despepitada ha sido exitosa congelada en Jara en el Colegio de Agricultura de Mayaguey Hawaii.

La pulpa congelada incluso con semillas se vende en los mercados locales o regionales y hasta la Central de abastos en la Ciudad de México en bolsas de nylon de un kg ya sea para aguas, paletas o nieves. También se ha trabajado con la pulverización de la pulpa.

En Puerto Rico para 1952 ya se conocía un método de preparación y enlatado de néctar, siendo el lugar donde más se ha estudiado el procesamiento de la guanábana (Sánchez, 1962).

El néctar y concentrado de guanábana son enlatados en Venezuela destinándose también tanto al mercado interno como a la exportación. La pulpa congelada es exportada a México y Centro América y Estados Unidos (Sánchez, 1995).

1.2 Fisiología

1.2.1. Principales cambios fisiológicos de los frutos durante la maduración.

Por fisiología se entiende el estudio de los procesos que se producen en los seres vivos. Cuando se recolectan los productos frescos, esos procesos vitales continúan, aunque en forma modificada. Teniendo en cuenta que una vez cosechados ya no pueden reponer las sustancias nutritivas ni el agua, los productos han de utilizar sus reservas almacenadas, y cuando éstas se agotan se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la descomposición y a la putrefacción. Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al envejecimiento son la respiración y transpiración. (FAO, 1993).

En el proceso de maduración las sustancias acumuladas durante el desarrollo, se transforman de manera lenta y progresiva, hasta que el fruto alcanza la condiciones de aroma y jugosidad que permiten calificarlo como maduro. Estos fenómenos prosiguen hasta que se alcanza la disgregación

natural (sobremaduración) o hasta que se producen desarreglos funcionales que provocan la muerte de los tejidos y su fácil descomposición.

Estas transformaciones bioquímicas, químicas y físicas, influyen en las características cualitativas del fruto y se manifiestan en su manejo comercialización e industrialización (Arana, 1972).

1.2.2 Desarrollo fisiológico.

La vida de los frutos puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales subsiguientes a la germinación: el crecimiento, la maduración y la senescencia.

El crecimiento implica la división celular y el subsiguiente desarrollo de las células que dan cuenta del tamaño final alcanzado por el producto.

La maduración fisiológica suele iniciarse antes de que termine el crecimiento e incluye diferentes actividades en los distintos productos

La senescencia se define como una fase en la que los procesos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degradativos) conduciendo al envejecimiento y finalmente a la muerte tisular (Ron, 1998).

En el lenguaje común la palabra maduro es sinónimo de madurez, pero en la fisiología postcosecha se consideran distintos para diferentes estados de madurez de la fruta. Los productos maduros son aquellos que han terminado su crecimiento y desarrollo natural y han alcanzado todas sus cualidades organolépticas y gustativas, para el caso de las frutas, cuando han alcanzado el estado que asegure la terminación adecuada del proceso de maduración fisiológica. (Kader, 1992)

La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta en la que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta. La etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento. No siempre es posible distinguir claramente las tres fases del desarrollo del órgano de una planta (crecimiento, madurez y envejecimiento) por lo que las transiciones entre las etapas son a menudo muy lentas y poco diferenciadas.

La madurez comercial son las condiciones de una fruta u órgano de la planta requerido por el mercado. Comúnmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo o envejecimiento. Los términos de inmadurez, madurez óptima y sobremadurez se relacionan con las necesidades del mercado. Sin embargo debe haber comprensión de cada uno de estos términos

fisiológicos, particularmente lo relacionado con la vida de almacenamiento y calidad cuando maduran. (Gallegos, 1997).

Existen dos tipos característicos de maduración que corresponden a formas de respiración distintas:

Maduración climática, que es la de los frutos que puedan cosecharse cuando han alcanzado su pleno desarrollo pero no han empezado a madurar, por ejemplo algunas frutas concretamente, melocotón, manzana, pera, tomate, guanábana, aguacate, plátano, presentan un aumento transitorio en la actividad respiratoria, llamado "pico climático", que en general, coinciden con las principales modificaciones de color y firmeza como se muestra en la figura 7. El pico climático surge en la planta o bien durante la maduración, después de la cosecha y constituye un medio cómodo, aunque incompleto, para valorar el estado de maduración de varias frutas.

Maduración no climática, que es la de los frutos que sólo maduran en la planta. Su calidad como alimento disminuye si se recolectan antes de que maduren plenamente, pues su contenido en azúcares y en ácidos no sigue aumentando. Su ritmo de respiración va reduciéndose gradualmente durante el crecimiento y después de la cosecha. Es decir no presenta el pico climático, como por ejemplo: uvas, cerezas, fresas, higos, piñas, etc. (Cheftel, 1999).

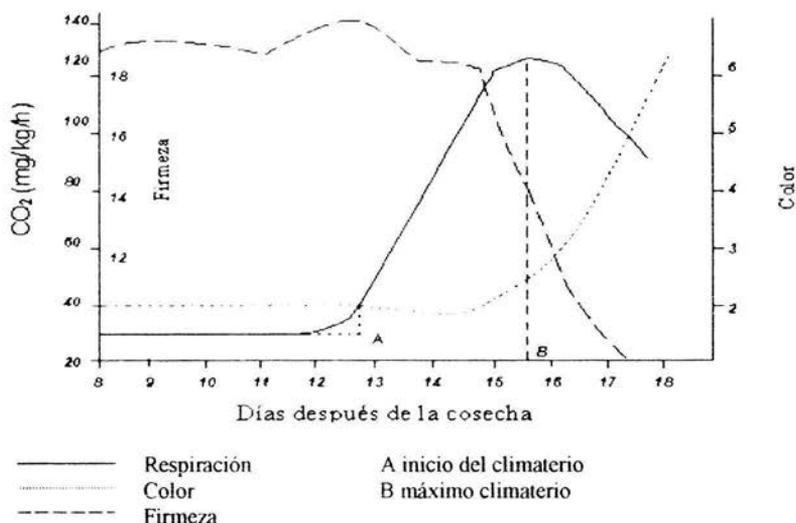


Figura 7 .Cambios de color, firmeza y respiración de los frutos climáticos. (Cheftel, 1999).

En la figura 8 se puede observar en el caso del aguacate, la actividad respiratoria cae a un mínimo, pero luego aumenta rápidamente a un máximo, presentando pico climatérico y por el contrario en el limón, la actividad respiratoria no presenta pico durante la maduración.

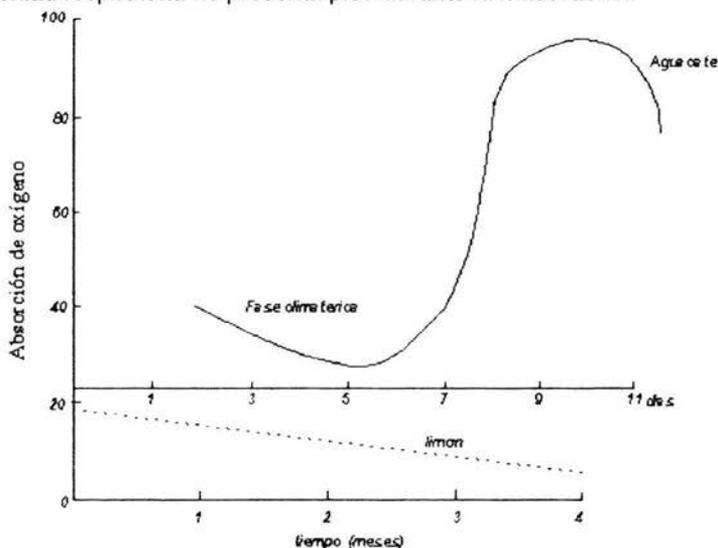


Figura 8. Respiración de frutas climatéricas y no climatéricas. (Berk, 1980).

Las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y el contenido de anhídrido carbónico pueden modificar la actividad respiratoria, estos factores se utilizan para prolongar la conservación de diversas frutas. Los procesos respiratorios juegan un papel muy importante, bajo condiciones aeróbicas, las frutas continúan respirando (absorbiendo O_2 y liberando CO_2), y oxidando sus reservas de carbohidratos. Se producen muchos cambios y la mayoría de ellos influyen en la calidad. Algunos de estos cambios son: desaparición de la astringencia y sabor agrio, cambios en la acidez, desaparición de la clorofila y síntesis de algunos pigmentos, ablandamiento de los tejidos debido a la descomposición de las pectinas, desarrollo de algunos constituyentes del olor, etc. Muchos de estos cambios se hallan interrelacionados con la respiración y depende de ella. (Berk, 1980).

1.2.3. Respiración

Las frutas frescas necesitan respirar con el fin de obtener la energía suficiente para mantener la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando CO_2 . Durante la respiración, la producción de energía

proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos.

La respiración es necesaria para la obtención de energía, pero parte de esa energía produce calor que debe ser disipado de alguna manera, o de lo contrario el producto se calentará, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte.

El ritmo o velocidad a la cual ocurre la respiración se conoce como actividad respiratoria; el conocimiento de éstas en las frutas es fundamental para la conservación de su calidad, ya que se ha encontrado una relación inversa entre actividad respiratoria y vida poscosecha; Es decir, entre mayor sea la primera, menor la segunda. (Gallegos, 1997).

El conjunto de reacciones que determina la maduración, así como la continuidad en la actividad celular, requiere de suministro de energía obtenida mediante la respiración.

Los dos procesos metabólicos relacionados en la obtención de la energía almacenada en los alimentos, son la **fermentación y la respiración**. Mientras que la fermentación origina productos ricos aun en energía, la respiración produce la total descomposición de carbohidratos, formándose los óxidos simples, CO_2 y H_2O , de muy baja energía potencial. Los sustratos para esta descomposición bajo condiciones aeróbicas son hexosas simples, u otros compuestos orgánicos, ácidos, grasas, etc. La reacción global de la respiración, en el caso de las hexosas, puede resumirse en la siguiente forma:



El catabolismo del combustible biológico comienza con la descomposición del material de almacenaje para formar unidades más pequeñas. Los polisacáridos se degradan a hexosas o pentosas simples; las proteínas se descomponen a sus aminoácidos constitutivos; las grasas se hidrolizan a glicerol y ácidos grasos individuales. A lo largo de esta primera etapa, los cambios en el potencial redox del sustrato son nulos y el cambio de energía libre es muy pequeño. En la etapa siguiente, los sustratos simples se degradan a unidades de dos o tres carbonos. La primera etapa y la mayor parte de las reacciones de la segunda etapa, son comunes tanto a la respiración aeróbica como a la fermentación anaeróbica. Aplicado a los azúcares, que son los principales combustibles biológicos, la segunda etapa recibe el nombre de **glucólisis**. La tercera etapa, sólo característica de la respiración, implica la oxidación final de la materia orgánica a bióxido de carbono y agua, a través de un camino cíclico conocido como el ciclo de Krebs o de los ácidos tricarbóxicos. La mayor parte de la energía se libera durante esta última etapa. Durante este ciclo se forman varios ácidos

orgánicos como el ácido málico y ácido cítrico. Al final de este ciclo y bajo condiciones normales se obtiene CO₂, H₂O y calor, así como frutas con aroma y textura normales. En la figura 9 se muestra el ciclo respiratorio de productos hortofrutícolas cuando se lleva a cabo con niveles altos y bajos de oxígeno.

Uno de los aspectos más importantes durante el manejo comercial de los productos frutícolas, en lo referente a respiración, es el desprendimiento de calor, el cual depende de la especie y variedad del fruto.

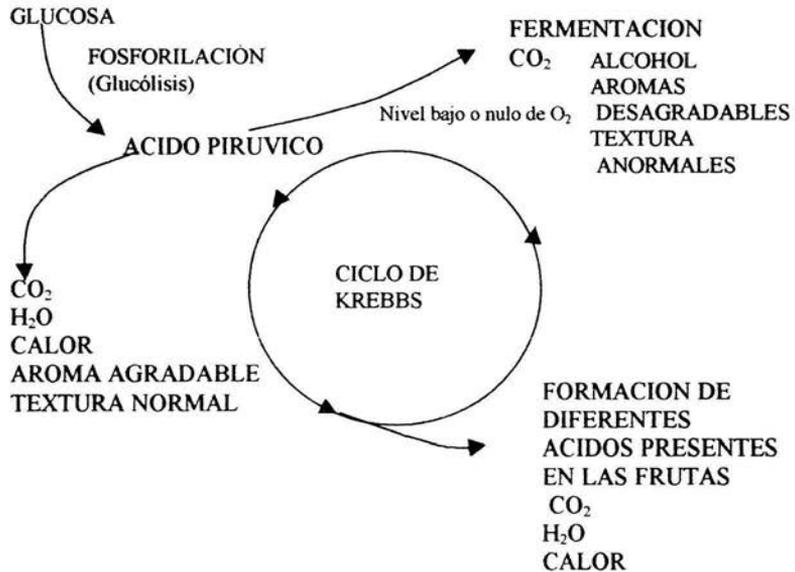


Figura 9.- Ciclo respiratorio de productos hortofrutícolas con niveles altos y bajos de oxígeno (Saucedo, 1984).

1.2.4. Acción del etileno

El etileno es una hormona vegetal que, concertadamente con otras hormonas vegetales (auxinas, giberelinas, quininas y ácido abscísico) controlan el proceso de maduración de las frutas.

El etileno (C₂H₄) es un gas incoloro que se produce en las frutas climatéricas induciendo su maduración. Este gas se acumula en los tejidos y tiene una intervención de tipo hormonal, participando en el proceso de maduración de las frutas. (Saucedo-Veloz, 1984).

También es llamada hormona de la maduración, que se sintetiza a partir de la metionina vía de la S-adenil metionina y el ácido aminociclopropopano-1-carboxílico; aun en concentraciones muy bajas del orden de 0.1 ppm, este gas causa una fuerte alteración a los sistemas genéticos, que provoca la síntesis de un gran número de enzimas, tales como proteasas, lipasas, amilasas, pectinasas, lipoxigenasas, clorofilasas y otras más.

En estas condiciones de actividad enzimática, se establece una complicada red de cambios metabólicos, que se traslapan y se acoplan, que da origen a la conversión del almidón, de las pectinas, de la clorofila, etc; con esto, el fruto verde, duro, astringente, faltar de sabor, etc, se vuelve comestible con características sensoriales aceptables. (r Badui, 1999).

Diversos estudios han comprobado que aplicando etileno a los frutos, es posible acelerar el proceso de maduración, lo que se conoce como maduración artificial (Arana, 1972).

1.2.5. Cambios físicos y químicos ocurridos en los frutos

La maduración de los frutos está ligada a complejas modificaciones físicas y químicas de sus características. Fenómenos especialmente destacados son el ablandamiento, endulzamiento, y los cambios en el aroma y la coloración.

Algunos de estos fenómenos se estudian con más detalle a continuación:

1.2.5.1 Color

El más importante de los criterios por los consumidores para decidir si un fruto está o no maduro, es el color. Las frutas climatéricas pierden su color verde durante la maduración. Muchos frutos ofrecen cambios similares, al tiempo que alcanzan una calidad comestible óptima. El color verde se debe a la presencia de clorofila, que es un complejo orgánico de magnesio. La pérdida de ese color es consecuencia de la degradación de la clorofila. Causas primordiales de esa degradación son los cambios de pH (debidos a la fuga de ácidos orgánicos al exterior de la vacuola), el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de la clorofila. La desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis, o al desenmascaramiento de otros pigmentos, cuyos colores oscilan entre el amarillo y el rojo.

Por lo general la guanábana en estado inmaduro es de color verde oscuro, convirtiéndose en ligeramente verde-amarillento poco antes de que el fruto

este suave al tacto (momento en que se considera completamente maduro). (Fiscal-Tovar, 1971).

En el siguiente capítulo se habla más detalladamente sobre el color y la degradación de la clorofila.

1.2.5.2 Hidratos de carbono

Cuantitativamente el cambio más importante asociado a la maduración de los frutos y hortalizas es la degradación de los hidratos de carbono poliméricos. Especialmente frecuentes la casi total conversión del almidón en azúcares. Estas transformaciones tienen el doble efecto de alterar tanto el sabor como la textura del producto. El aumento del contenido en azúcares los hace más dulces. Incluso en los frutos no climatéricos, el desarrollo de una calidad comestible óptima se halla asociado al acumulo de azúcares, aunque en este caso no procedan de la degradación de sus reservas amiláceas, sino de la savia que llega al fruto. (Ron, 1998).

En la maduración de las frutas climatéricas, el etileno provoca la activación de diversas enzimas que catalizan la síntesis de fructosa, glucosa y sacarosa a partir del almidón; por su importancia destacan la sacarasa sintetasa y la invertasa. En estas transformaciones, se observa que el almidón da origen a la sacarosa, la que a su vez produce la mezcla de los respectivos monosacáridos que la constituyen. (Badui, 1999).

En la pulpa de guanábana el contenido de azúcares aumenta durante el proceso de maduración, de los azúcares que se identificaron en un estudio realizado por (Paull) son la sacarosa, fructuosa y glucosa. (Vidal, 1993).

1.2.5.3 Ácidos Orgánicos

Los ácidos mayoritarios en la fruta son el málico y el cítrico. Durante la maduración, disminuye el contenido en ácidos orgánicos, que son respirados o convertidos en azúcares. Los ácidos pueden considerarse como una reserva energética más de la fruta siendo, por consiguiente, de esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima. (Belitz, 1997).

Los ácidos orgánicos de la guanábana están formados de una mezcla de ácido málico y cítrico en una proporción aproximada de 2:1. (Fiscal-Tovar, 1971)

1.2.5.4 Compuestos nitrogenados

Tanto las proteínas como los aminoácidos libres constituyen componentes minoritarios de las frutas, que no parecen tener papel alguno en la determinación de la calidad comestible. Durante el período climatérico, se produce, en numerosos casos, un descenso en la tasa de aminoácidos libres, que con frecuencia, no es sino el reflejo de la tasa de un incremento de la síntesis proteica (Ron, 1998).

Como muchas frutas, la guanábana concentra propiedades químicas como son las enzimas, que son catalizadores orgánicos, las cuales se encuentran distribuidas irregularmente en los tejidos vegetales; y como son parte de proteínas, son sensitivas al oxígeno, a la humedad, temperatura y cambios en el pH. Así la preservación de la fruta en forma fresca y producto procesado pueden afectar grandemente el equilibrio enzimático. (Sánchez, 1995).

1.3 Parámetros de calidad en frutos frescos.

El término de calidad involucra una serie de factores de gran importancia para la aceptación y valorización del producto en el mercado y de ella depende en gran medida la rentabilidad de un cultivo. Por lo tanto, para cada especie de fruta y hortaliza, existe una reglamentación normalizada y una estandarización de las características de calidad, llamada "Norma de Calidad".

Así los productos agrícolas se pueden clasificar en la siguiente clases:

- Clase 1. Primera, extra o tipo de exportación.
- Clase 2. Segunda, nacional o industrial.
- Clase3. Tercera o mínima.

Para el mercado interno se deben considerar las Normas Oficiales Mexicanas, pero en el caso de un producto para exportación se deberá tomar en consideración las normas establecidas en el país hacia donde se va a comercializar el producto.

En el cuadro 4 se establecen los componentes que deben tomarse en cuenta para realizar una clasificación en función a los parámetros de calidad.

Tabla 4. Parámetros de calidad en frutos.

PARAMETROS	COMPONENTES
A. Apariencia visual.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tamaño: dimensiones, peso, volumen. 2. Forma y geometría: relación de diámetro/profundidad, suavidad, solidez. 3. Color uniformidad, intensidad 4. Brillantez. 5. Defectos externos, internos. <ol style="list-style-type: none"> a) Fisiológicos mecánicos (resequedad daños) b) Fisiológicos (pudriciones). c) Patológicos (causados por hongos, bacterias o virus). d) Entomológicos (causados por insectos)
B. Textura (tacto).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Firmeza, dureza, suavidad. 2. Suculencia, jugosidad. 3. Arenosidad, chiclosidad. 4. Dureza, fibrosidad.
C. Sabor y Olor.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acidez 2. Astringencia 3. Amargura 4. Aroma (compuestos volátiles) 5. Malos sabores y olores.
D. Valor nutritivo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carbohidratos (incluyendo fibra dietética) 2. Proteínas. 3. Lípidos 4. Vitaminas 5. Minerales.
E. Seguridad.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tóxicos naturalmente presentes. 2. Contaminantes (residuos químicos, metales pesados, etc.) 3. Contaminación microbiana.

Fuente: Kader Adel A, "Índice de madurez, factores de calidad, normalización e inspección de cultivos hortícolas". Memorias sobre Fisiología y Tecnología Postcosecha, Hermosillo Sonora, 1992.

Aunque los mejores niveles para cada uno de estos factores resultan de difícil determinación, debido a que pueden ser muy relativos según las apreciaciones subjetivas, desde una perspectiva general puede afirmarse que la guanábana por sus características físicas y fisiológicas, deben de presentar una buena apariencia y firmeza para que tenga una mayor capacidad de conservación.

1.4 Métodos físicos de medición.

1.4.1 Color.

El color de un objeto no es una propiedad del mismo, ni una luz; es el efecto de un estímulo sobre la retina, que el nervio óptico transmite al cerebro donde este último lo integra. Ésto es, la retina del ojo humano tiene tres tipos de moléculas receptoras de color que contienen los conos de las células. Cada pigmento corresponde a un tono primario rojo, azul y verde. Un determinado estímulo de color puede dar respuesta en los tres receptores y el modelo de éste corresponde a una determinada calidad de la sensación, por lo que se puede decir que el color está asociado con las ondas luminosas. Generalmente, el estímulo consiste en una luz reflejada (o transmitida) por el objeto, a partir de una iluminación incidente.

El color es un factor importante para valorar la calidad de un alimento. En efecto, el color frecuentemente está ligado a la maduración, presencia de impurezas, realización apropiada o defectuosa de un tratamiento tecnológico, malas condiciones de almacenamiento, comienzo de una alteración por microorganismos, etc. Por ésto, se basan en el color varios métodos oficiales para valorar la calidad de los alimentos. (Cheftel, 1983)

La amplia gamma en colores de frutas y legumbres se debe a los pigmentos localizados en los plastos, vacuolas y el líquido citoplasmático de la células, muchas veces limitado solo a las células epidérmicas (por ejemplo algunas variedades de uvas). Los pigmentos más característicos pertenecen a tres grandes grupos :

- Las clorofilas, verdes y liposolubles.
- Los carotenoides, amarillo y naranja, también liposolubles.
- Las antocianinas son rojas o azules e hidrosolubles (flavonoides)

Para este estudio nos enfocamos solamente a la clorofila que es la responsable de dar el color verde a la cáscara de la guanábana.

La **clorofila** es tal vez el pigmento vegetal que más abunda en la naturaleza, ya que en la mayoría de las plantas la contienen en diversas concentraciones. Una molécula de clorofila tiene cuatro grupos pirroles, cada uno con un anillo de cinco miembros formado por cuatro átomos de carbono y uno de nitrógeno. Los cuatro grupos pirroles se unen para formar un anillo de porfirina como en la mioglobina. En lugar del átomo de hierro en la molécula de mioglobina, la clorofila contiene magnesio. El alcohol fitól está unido por un enlace éster a uno de los grupos pirroles y el alcohol metílico a otro. El residuo fitil con 20 átomos de carbono en la cadena, es la parte de la molécula que confiere a la clorofila su solubilidad en

compuestos grasos. Dos son las formas de clorofila, la clorofila **a**, que tienen un color verde intenso y la clorofila **b**, de color amarillo verdoso más opaco, se encuentran en las plantas de la tierra. Las dos clorofilas están presentes en una proporción aproximada de tres partes de clorofila **a** con una parte de clorofila **b**. La diferencia entre ambas clorofilas es tan sólo de un grupo formil en la **b** en el lugar en que se encuentra un grupo metil en la variedad **a** (Figura 10).

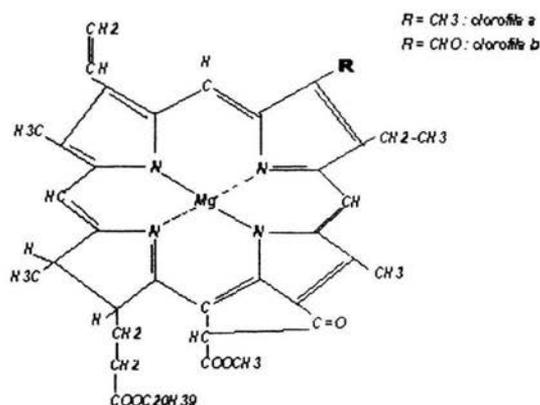


Figura 10. Estructuras de las clorofilas a y b. (Cheftel, 1999).

La pérdida de color verde es consecuencia a la degradación de la clorofila. Las causas principales de esta degradación son los cambios de pH, el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas.

El modo de degradación de la clorofila sólo se conoce parcialmente; parece que puede seguir varios caminos ver figura 11.

La salida del magnesio, según la vía 1, está catalizada por los iones H⁺, así como por el calor; ésto se observa durante la cocción (en agua o vapor) y esterilización. El calor provocaría la coagulación de una lipoproteína, a la cual la clorofila está normalmente fija y por la que estaría protegida. El hidrógeno al reemplazar al magnesio da un compuesto verde grisáceo pálido conocido como feofitina **a** o bien se obtiene una feofitina **b** color verde oliva.

La eliminación de fitol, según la vía 2, está catalizada por la clorofilasa; esta enzima, bastante resistente al calor, sólo se encuentra en algunos vegetales; estaría localizada en los cloroplastos y únicamente se activaría durante la maduración.

Las oxidaciones según la vía 3 se harían por foto-oxidación (oxígeno + luz), ya sea por contacto de lípidos oxidados o por la acción de una lipoxidasas. También puede producirse estas oxidaciones con vegetales deshidratados, almacenados a una humedad relativa inferior al 30%; por el contrario, cuando la humedad relativa de la atmósfera ambiente es superior, lo que ocurre es la transformación en feofitinas (vía 1). (Cheftel, 1999).

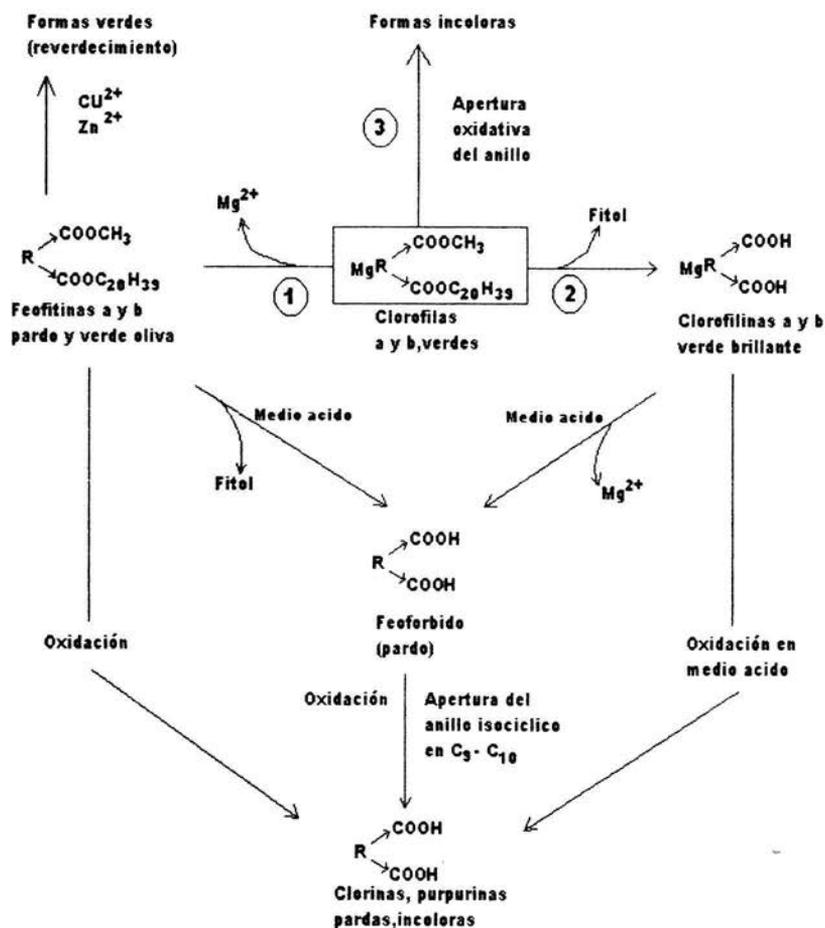


Figura 11. Vías de degradación de las clorofilas a y b. (Cheftel, 1999).

1.4.1.1 Escalas de color.

La importancia del color es decisiva en la evaluación sensorial de los alimentos. Si pretendemos describir el color con palabras nos encontramos con que el lenguaje es pobre en vocablos poco nos dicen para que nos hagamos una idea de la variada gama de colores que pueden apreciarse bajo estas palabras. Puesto que el color se capta con el sentido de la vista, la mejor forma de imaginárselo es visualizándolo.

La visualización del color se realiza por comparación de estándares de color, atlas, cartas, abanicos o comparadores especiales de color, en donde la muestra es comparada; todos estos desarrollados para estudiar las propiedades básicas del color. Entre los más sobresaliente se encuentran los realizados por Munsell (1929), Oswald (1931), CIE (1931) y Hunter (1942).

1.4.1.2 Sistema Munsell.

El sistema Munsell se encuentra basado en el principio de la percepción visual de pequeñas diferencias de color, el sistema Munsell a la vez muestra una colección de pinturas que representan intervalos iguales en la percepción de color para diferenciar entre muestras adyacentes, y el sistema describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas Tono Munsell (H), Valor Munsell (Intensidad luminosa) y Cromo Munsell. Estas coordenadas corresponden a tres variables comúnmente usadas para describir el color: Tono, Cromo y Luminosidad. Las muestras del libro de color de Munsell están usualmente dispuestas o arregladas en planos o bien páginas de tono, (matiz) constante. En cada página las muestras están arregladas por Valor Munsell en dirección vertical y por Cromo Munsell en la dirección horizontal. Una escala de grises, con el blanco en la cima y el negro en el fondo. El espacio Munsell se representa con un árbol con ramas de diferente longitud. El espacio se construye según coordenadas cilíndricas. Cada muestra porta una *Notación Munsell* que denota su posición; esta notación consiste en tres símbolos que representan el Tono, Valor y Cromo Munsell en este orden. El Tono Munsell es expresado por la combinación de un número y una letra 5Y ó 2GY donde las letras son tomadas de los diez nombres del tono (Rojo, Amarillo, Verde, Azul, Púrpura, y de las cinco parejas adyacentes a estos, ejemplo Verde -Amarillo) y los números corren del uno al diez. El valor y Cromo Munsell son escritos después de la designación del tono y están separados por una línea diagonal (/). Un típico Munsell completo designado es 5 Y 5/6 .

Dos características sobresalientes del sistema Munsell contribuyen a su provecho y amplia aceptación. La primera es que iguala la percepción visual dentro de los límites de croma, las muestras se encuentran tabuladas

en el libro Munsell de Color . No hay otro sistema tan bueno en este aspecto, el sistema Munsell es el estándar de todos los demás sistemas. El segundo mayor avance es la notación ya que cualquier color existente puede ser ajustado dentro del sistema y de esta forma ser reproducido con colorantes.

En un principio la denominación Munsell estuvo determinada por una maraña, por lo que el sistema requirió de ajustes para evitar errores al reproducir el color. La nueva denominación es conocido como el sistema rotacional Munsell. El sistema Munsell es usado como la base del sistema ISCC-NBS para designarle nombre a los colores el cual se desarrollo para estandarizar la descripción verbal del color por nombres.

1.4.1.3 Sistema Ostwald.

En el sistema Ostwald los colores son descritos como "saturación de color", "contenido de blanco" y " contenido negro", basados en términos de idealización de curvas espectrométricas que se obtienen a partir del estudio de los colores. La organización del sistema Ostwald enfatiza en las escalas de color, teniendo un contenido constante el tono, contenido constante de negro y contenido constante de blanco, éste sistema es particularmente importante para pintores, artistas, fabricantes de tinta y todos los que trabajan con mezclas de pigmentos coloreados con negro y blanco, en la figura 12 se muestra como son tabulados los colores, la gráfica esta determinada por la longitud de onda de las partes verticales de la curva espectral de reflectancia.

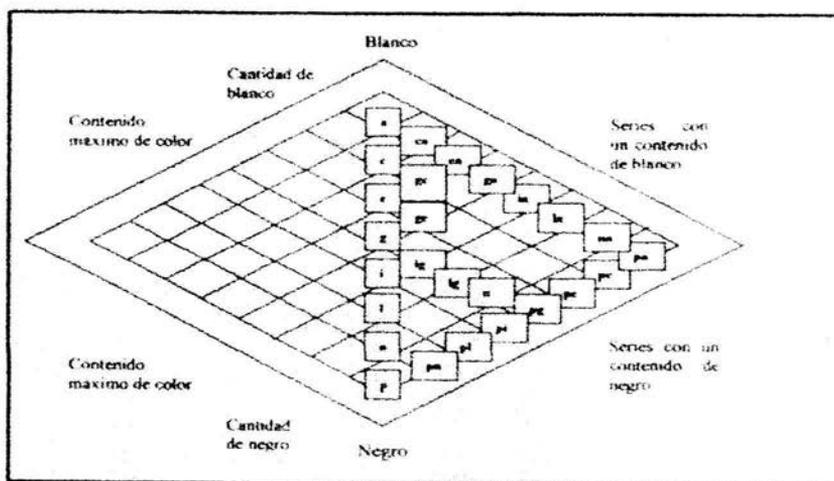


Figura 12. Sistema ajustado de coordenadas de color del sistema Ostwald, basado en el contenido de blanco y negro.

Una colección de muestras arregladas con los principios del sistema Ostwald es conocida como Manual de Armonía del color, en donde se encuentran más de 900 muestras con tonos brillantes y tonos moteados, se arreglan en grupos por tono de Ostwald. Cada grupo contiene un pigmento aproximado a un "semicroma" Ostwald (color que no contiene blanco o negro) y mezclas de él con negro y blanco, formando escalas de saturación de negro, saturación de blanco y saturación de color. (Little, 1977)

1.4.1.4 Sistema CIE (Comisión Internacional de Iluminación).

El sistema CIE (Comisión Internacional de l'Eclairage o International Commiison on Illumination), desarrollo el sistema más influyente para la descripción del color. En 1931 CIE realizó una descripción numérica de la respuesta del color al ojo humano, estas expresiones son "x", "y" y "z". Este sistema se basa en el uso de fuentes estándar de iluminación y de observación. Este usa los valores triestímulos obtenidos por la CIE ("x", "y" y "z") , basándose en el espectro visible .Todo el color es así únicamente especificado para este grupo de tres primarios imaginarios: rojo (x), verde (y) y azul (z), dando datos de color más intuitivos y fáciles de interpretar, estos valores triestímulos son usados para convertir a otras escalas de color.

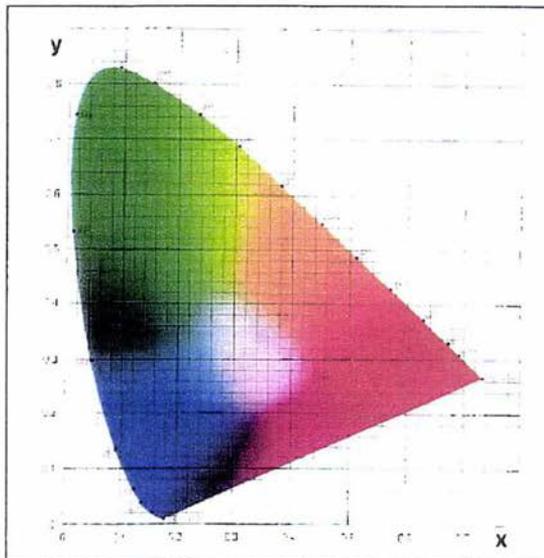


Figura 13. Coordenadas de cromaticidad Y, x, y. (Manual, Minolta)

El valor triestímulo "x", "y" y "z" se utiliza para definir el color, pero los resultados no son fáciles de visualizar, por lo que la CIE definió el espacio de color en 1931 por una gráfica de color en dos dimensiones, independientes de luminosidad; este es el color de espacio Y, x, y, en el cual Y es la luminosidad (y es igual al valor triestímulo Y) y x y y son las coordenadas de cromaticidad calculadas a partir del valor triestímulo.

El diagrama de cromaticidad CIE x, y para el espacio de color se muestra en la figura 13. En este, los colores acromáticos se encuentran alrededor del centro del diagrama y la cromaticidad aumenta hacia el filo. Si se hace una medición utilizando el espacio de color Y, x, y, se obtienen los valores x, y como coordenadas de cromaticidad (Manual, Minolta).

1.4.1.5 Espacio de color L, a, b.

Es actualmente uno de los más populares espacios de color para medir el color del objeto y es muy utilizado en todos los campos virtuales, lo definió la CIE en 1976 para reducir uno de los mayores problemas del original espacio de color Y, x, y. Las distancias iguales sobre x, y del diagrama de cromaticidad no corresponden a la percepción de las diferencias de color. El espacio de color L indica la luminosidad, a y b la cromaticidad.

La relación entre el espacio de color L, a, b y los valores triestímulos se presentan por ecuaciones, las cuales son:

$$L = 10 \sqrt{Y}$$

$$A = \frac{17.5 (1.02 X - Y)}{\sqrt{Y}}$$

$$B = \frac{7.0 (Y - 0.847 Z)}{\sqrt{Y}}$$

En el espacio de color L, a, b las diferencias de color pueden expresarse como un solo valor numérico, ΔE_{ab} , el cual indica las diferencias de color, pero no hacia donde varía el color. La ΔE_{ab} se define como:

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

1.4.1.6 Escalas de color Hunter

Hunter desarrolló colorímetros que leen directamente el reflejo de la luz, los cuales están basados en las coordenadas de la escala CIE. A partir de este estudio se desarrollaron la escala de CIE L^* , a^* , b^* (Figura 14) y la Hunter L, a, b. Cualquiera de las dos escalas proporciona información significativa,

aunque la mayor parte de los investigadores, utiliza el sistema CIE L^* , a^* , b^* para la medición de color. Las escalas de color Hunter L , a , b y CIE L^* , a^* , b^* son dos sistemas que miden el grado de luminosidad (L), y a y b la cromaticidad. En el diagrama de cromaticidad, el valor de a y b indican las direcciones de color: $+a$ es la dirección roja, $-a$ es la dirección verde, $+b$ es la dirección amarilla y $-b$ es la dirección azul. El centro es acromático, cuando los valores a y b se incrementan y el punto se mueve fuera del centro, la dispersión de color se incrementa.

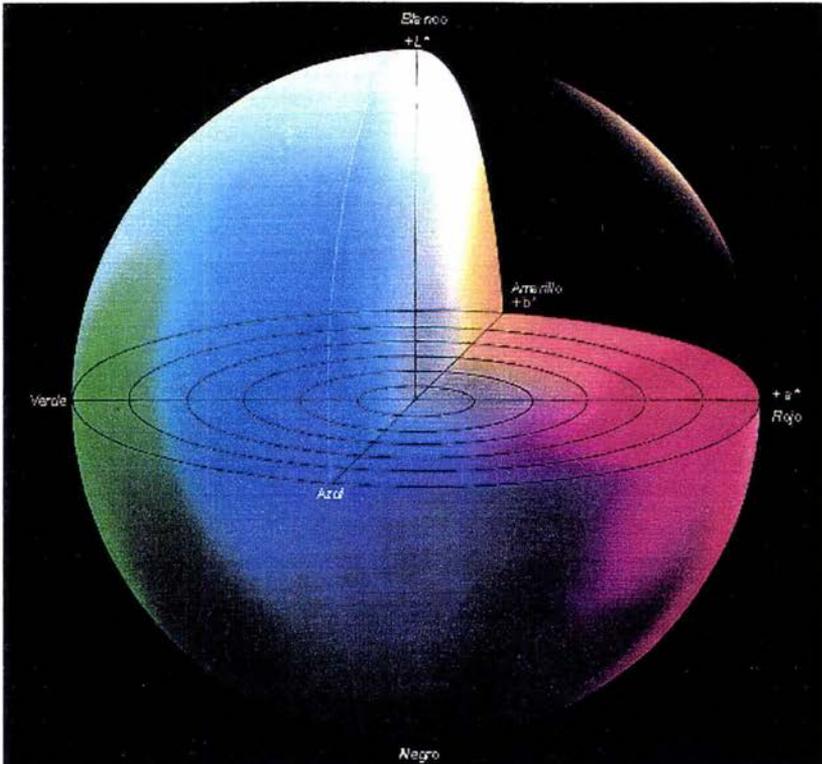
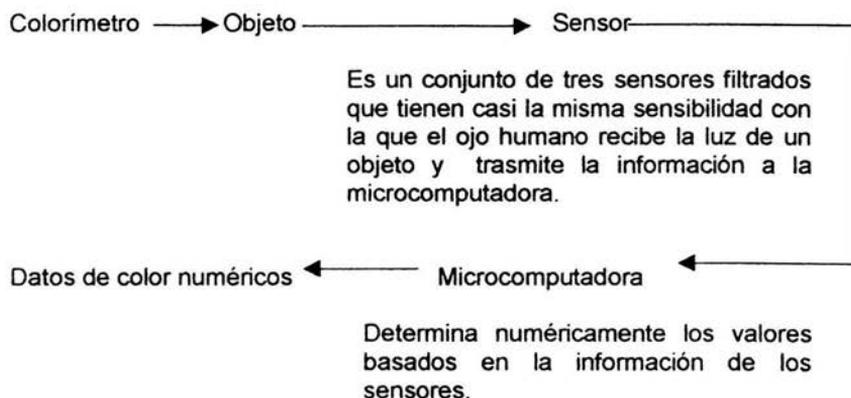


Figura 14. Sólido tridimensional (tono, luminosidad y saturación). (Manual Minolta).

El humano y los colorímetros ven de forma diferente el color. El ojo humano ve el color en términos de claridad "valor", esta cualidad del color se describe por las palabras luminosidad, oscuridad, oscuro, etc., tono (nombre de color, rojo, azul, etc.) y croma (hasta cierto punto describe la pureza del color), estos integran algunas de varias señales complejas

dentro de estos tres componentes. Los colorímetros no tienen la capacidad de integrarse directamente y así tienen que romper lo señalado descendiendo dentro de una construcción simple. Los instrumentos ven en términos de claridad o luminosidad L, se representa en una escala de 0 a 100, y varía de negro (0) a blanco (100), mientras que a y b expresan cromaticidad, así a varía de verdes a rojos y b de azul a amarillos. El lenguaje del instrumento mide L, a, b, puesto que tono croma y claridad son términos relacionados a la percepción humana. Se puede convertir el lenguaje del colorímetro por medio de unos simples cálculos matemáticos, a números que tienen relevancia para los humanos. (Morales - Salazar, 2001).

Aunque el ojo humano no puede cuantificar los colores, existen colorímetros que hacen simple la medición, ya que expresa numéricamente colores de acuerdo a estándares internacionales. El funcionamiento de un colorímetro es el siguiente:



Las mediciones que se obtienen de un colorímetro son las siguientes:

Valor triestímulo	X, Y, Z
Espacio de color	Y, x, y
Espacio de color	L, a, b
Espacio de color	L, C, h
Espacio de color del laboratorio Hunter	HL, a, b

Aunque la percepción de una persona de un solo color puede cambiar dependiendo del fondo o de la fuente de luz que ilumina el color, los colorímetros tienen una sensibilidad que corresponde a la del ojo humano, ya que siempre toman mediciones utilizando la misma fuente de luz y el método de iluminación; las condiciones de medición pueden ser las mismas a pesar del clima, si es de día o de noche, una

habitación cerrada o abierta. En la figura 15, se observa el colorímetro empleado en este trabajo.

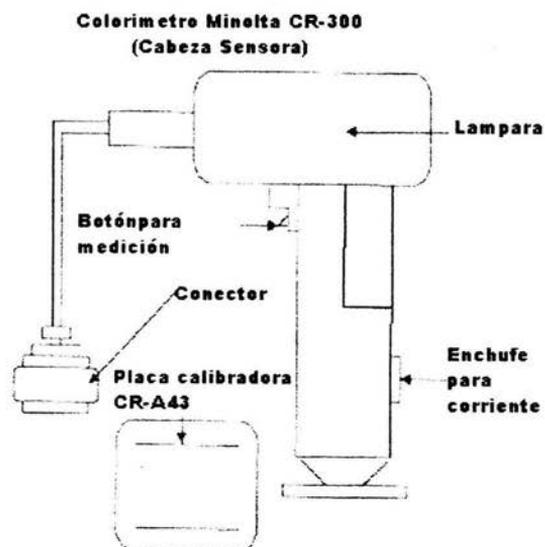
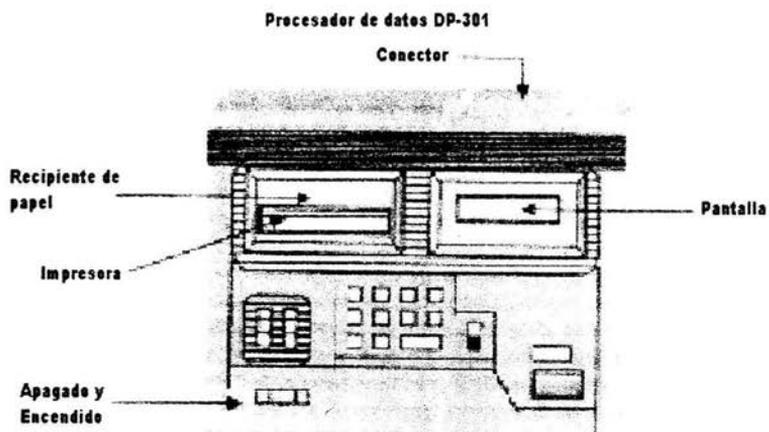


Figura 15. Colorímetro Hunter de la marca Minolta.

1.4.2 Textura

Consumimos los alimentos básicamente por la necesidad del organismo de sus nutrientes, pero el comer es también entendido por el hombre como un placer, de hecho, la masticación proporciona sensaciones placenteras que satisfacen una necesidad humana básica. En este sentido, el hombre juzga sensorialmente la calidad de los alimentos que consume en base a los atributos que percibe por medio de los sentidos individualmente, los cuales son procesados en el cerebro como una impresión global de calidad. Con el sentido del gusto y el olfato se percibe el olor y sabor de los alimentos, con la vista su color, tamaño y forma (percepción visual de las características de la superficie: lisa o rugosa), con el tacto (manos lengua y paladar, etc.) la manifestación física de la estructura interna, con el oído se puede percibir el sonido emitido al morder una manzana, una galleta, el sonido al liberarse el CO₂ en dulces, etc. (Morales - Salazar,2001)

En lo referente a las propiedades mecánicas, éstas se refieren a la manera en que los materiales responden a la aplicación de fuerzas, a consecuencia de las cuales se deforman o fluyen en función del tiempo. La medición de esta respuesta constituye el campo de la reología y la textura. La textura se puede considerar como la respuesta integrada de los estímulos del tacto (oral o no oral), como resultado de la aplicación de un esfuerzo, en este caso a un alimento; no se refiere a una sola propiedad sino al conjunto de varios atributos. La textura se refiere a sólidos; en los semisólidos es consistencia y en los líquidos viscosidad (Badui, 1988).

La firmeza es el principal atributo de la textura que es medida a las frutas y hortalizas. La firmeza se conoce como la resistencia a la deformación, usualmente es medida por destrucción, con un instrumento que presiona con un punzón en forma de aguja a la muestra, el punzón puede penetrar o compactar la muestra. Un indicador de la firmeza es obtenido por la fuerza necesaria para realizar la penetración al sondear una forma geoméricamente definida estándar a una distancia específica. Estas pruebas pueden ser remplazadas por pruebas de deformación no destructivas. La prueba de deformación se realiza en forma directa y tiene la ventaja sobre la prueba del punzón de poder ser repetida en algunos frutos durante todo el estudio del almacenamiento. Es materia de discusión si esta prueba de deformación es verdaderamente no destructiva, esto es debido a que precisamente pequeñas deformaciones pueden provocar pequeños daños en la membrana de la prueba o en general al alimento (Galeana, 1995).

La medida de la textura se ve afectada por el tamaño del área superficial para la deformación del producto por el punzón, la geometría de la muestra, los medios de soporte y la interacción del instrumento así como la muestra.

El instrumento de penetración o de deformación puede dar los datos de firmeza en fuerza.

Para expresar el comportamiento mecánico existen dos procedimientos; el primero es el método sensorial que consiste en tocar, estrujar, morder o masticar el alimento y describir las sensaciones. Estas apreciaciones varían ampliamente con el individuo que las efectúa, por lo que se necesita un tratamiento estadístico para poder evaluarlas adecuadamente. El segundo grupo de procedimientos de evaluación utiliza métodos físicos, en este caso el valor no depende del individuo que lo realiza, estos métodos suelen ser considerados como "objetivos". (Muller, 1973)

Muchos alimentos sólidos (carne, pescado, frutas y hortalizas) son estructuralmente muy complejos y casi siempre anisótropos. No cumplen con la ley de Hooke, salvo si acaso, dentro de un rango de tensiones reducidas. Por ejemplo las peras blancas pueden contener algunas células con cristales inorgánicos; algunos guisantes de carne blanda contienen semillas y piel más dura, los espárragos y la carne pueden ser fibrosos (Muller, 1973).

La determinación experimental de las propiedades reológicas en alimentos sólidos se pueden realizar por tres tipos de mediciones:

1.- **Pruebas fundamentales**, son aquellas en las cuales se determinan funciones materiales bien definidas, tales como el módulo de elasticidad, la viscosidad, los módulos dinámicos, etc. Por lo que, en todos los casos el comportamiento reológico del alimento puede ser descrito matemáticamente.

2.- **Pruebas de imitación**, diseñadas para simular las condiciones de proceso o condiciones prácticas de esfuerzo y deformación relativa, en casos especiales miden propiedades reológicas bajo condiciones geométricas similares a las que se dan en la práctica, por ejemplo, simulación de la masticación en la boca.

3.- **Pruebas empíricas**, en las cuales se determinan parámetros que no pueden ser expresados en términos de unidades reológicas fundamentales, pero que son útiles pues se correlacionan con uno o más atributos texturales y de este modo pueden emplearse como medida indirecta de tales atributos. Además los equipos utilizados son simples, rápidos y reproducibles. Por otra parte exhiben facilidad de operación y no son comparativamente caros. Con frecuencia estos parámetros dependen de la geometría de la muestra y de la condiciones de prueba. La fuerza puede aplicarse en varias formas como los mostramos en la figura 16.

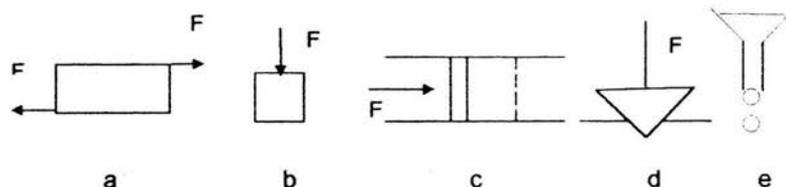


Figura 16. Esquema de algunos métodos disponibles para someter los alimentos a una fuerza a) cizalla; b) compresión; c) extrusión; d) penetración; e) flujo. (Lewis, 1993)

La ventaja de los procedimientos empíricos estriba en que son mucho más rápidos y simples que las determinaciones fundamentales; el inconveniente de los mismos consiste en que los resultados son específicos del instrumento usado. Las pruebas empíricas tienen que ser correlacionadas estrictamente con el comportamiento del producto, de lo contrario su valor es muy dudoso.

Entre los dos tipos principales de instrumentos de medición por métodos empíricos se encuentran los que miden la fuerza y los que miden la distancia. Los primeros miden la fuerza requerida para penetrar, comprimir, deformar o extruir un alimento. La fuerza empleada causa en el alimento una compresión irreversible, la profundidad de penetración se mantiene constante y se mide la fuerza ejercida. En el equipo medidor de distancia, el alimento se somete a una fuerza constante y se mide la deformación.

1.4.2.1 Pruebas de Penetración.

Para el control de calidad y el desarrollo de productos en las áreas farmacéuticas (cremas, cosméticos, polvos, tabletas), química (grasas, ceras, lubricantes) y de alimentos (grasa, mantequillas, queso, geles, pan, frutas, chocolate, etc.), las pruebas de textura son comúnmente utilizadas para evaluar propiedades texturales de los alimentos, se encuentran las pruebas de penetración o punción.

La penetrometría se refiere a la penetración o sumergimiento de un dispositivo o cuerpo en el material de prueba. Si las condiciones de prueba se estandarizan es posible obtener importante información acerca de la consistencia de un producto. Para tal fin, existen instrumentos comerciales conocidos como penetrómetros, diseñados específicamente para diferentes productos (frutas, grasa, etc.). Por ser equipos de sencillo manejo de bajo costo y por la rapidez de las pruebas, los hacen aparatos muy utilizados en la industria para fines de control de calidad y desarrollo de productos. Su

aplicación es más amplia en geles y en materiales plásticos como grasa, chocolates, etc. En la figura 17 se observa el penetrómetro empleado en este trabajo (Casas, 1997).

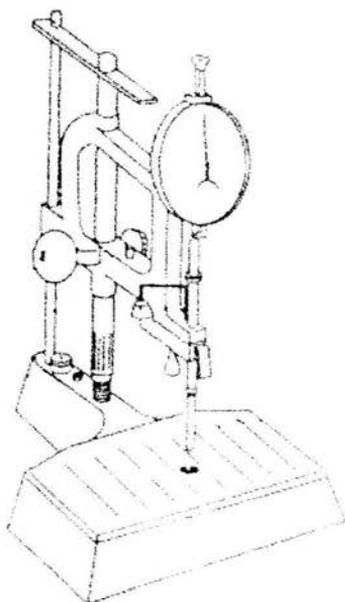


Figura 17. Penetrómetro Humboldt.

En las pruebas de penetración el material es sometido a una combinación de compresión y cizallamiento. Como resultado puede producirse un flujo en materiales sólidos o semisólidos debido a la debilidad de la estructura y en materiales de estructura más fuerte el material se cizalla y se comprime además del flujo. Mientras tanto, en materiales sólidos la prueba es generalmente de tipo destructivo.

El origen de las pruebas de penetración se remonta a la necesidad de la industria enlatadora de tener medidas objetivas de la madurez de frutos y hortalizas en base a la textura. Los penetrómetros para frutas constan de un dispositivo cilíndrico de diferente diámetro unido a un soporte calibrado y un indicador de carátula que registra en lb o kg la fuerza ejercida manualmente para que el dispositivo penetre hasta cierta distancia determinada por un tope, ver anexo 2.

A continuación se mencionan los principales tipos de penetrómetros

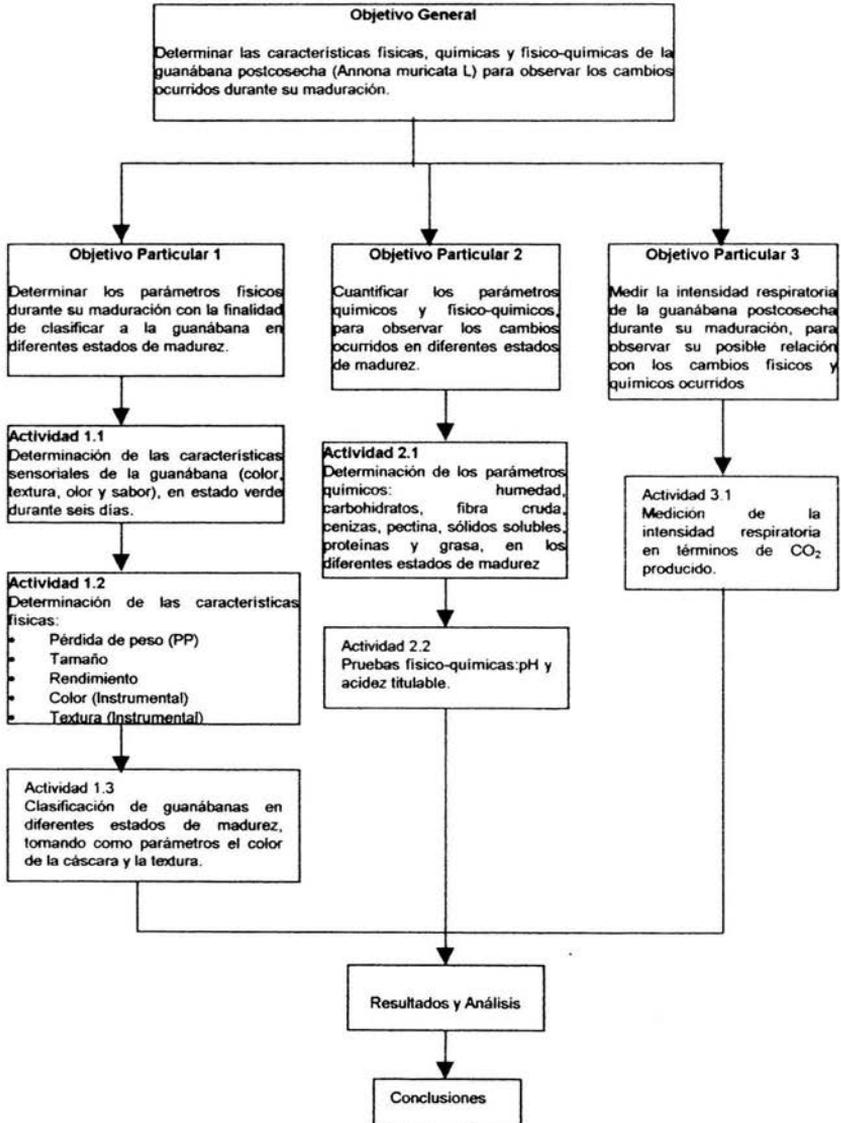
- Penetrómetros de peso constante. Son los más sencillos y operan por medio de la acción de la gravedad en donde la velocidad a la que se introduce el dispositivo al alimento es variado.
- Penetrómetros de velocidad constante (el dispositivo se introduce a velocidad controlada)
- Penetrómetros con indicador digital de distancia y/o tiempo.
- Penetrómetros que miden fuerza (dinamómetro)
- Penetrómetros con registradores para curvas fuerza-tiempo.
- Texturometros que entre otras pruebas realizan penetración. (Giese, 1995)

CAPITULO II.

METODOLOGIA

CAPITULO II. METODOLOGIA.

2.1 CUADRO METODOLOGICO



2.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Objetivo 1. Determinar los parámetros físicos con la finalidad de clasificar a la guanábana en diferentes estados de madurez.

Muestra: Para el desarrollo de este objetivo se adquirieron en la Central de Abastos Iztapalapa dos lotes de guanábanas del genero Anonna, de la especie muricata, estos lotes fueron de 15 guanábanas en estado verde, éstas se mantuvieron a temperatura ambiente (22-25°C) con una humedad relativa del 85-90%. Es importante mencionar que se utilizaron diferentes lotes, ya que se realizaron análisis destructivos.

Actividad 1.1 Determinación de las características sensoriales de la guanábana (color, textura, olor y sabor), en estado verde durante seis días.

Al no existir una Norma de Calidad para la guanábana, se procedió a realizar un análisis sensorial en el que se incluyen aspectos fundamentales de calidad como, textura, color, olor y sabor.

El análisis se realizó a través de una prueba descriptiva a partir del primer día de compra, el cual consistió en tocar, oler, degustar y observar, describiendo todas las características y cambios ocurridos durante seis días, este seguimiento fue realizado por cuatro personas, reportando los datos como se muestra en el cuadro 5 (Anzaldúa, 1994).

Tabla 5. Registro de análisis sensoriales.

Fecha	No. de Guanábana	Textura	Color	Olor	Sabor
	1				
	2				
	•				
	•				
	•				
	15				

Para la evaluación de color fue necesario consultar una escala de color que se muestra en la figura 18.

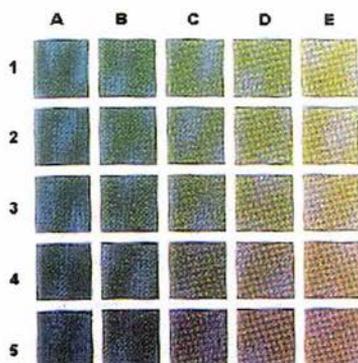


Figura 18. Escala de intervalo para la medición de color en la guanábana.

Para llevar a cabo la clasificación del fruto se consideró que el color debería de cubrir como mínimo el 70% de la epidermis del fruto. Este es un parámetro que han considerado varias personas que se han dedicado al estudio de las frutas.

Actividad 1.2 Determinación de las características físicas: Pérdida de peso, tamaño, rendimiento, color y textura, en estado verde hasta su maduración.

1.2.1 Pérdida de peso

Material y Equipo:

-Balanza granataria.

Esta prueba se realizó diariamente durante seis días, tomando como parámetro de calidad un límite de pérdida de peso del 10%, este valor es considerado en la mayoría de los frutos, ya que pasando este rango, los frutos pierden turgencia y los tejidos se vuelven blandos.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA).

1.2.2 Tamaño

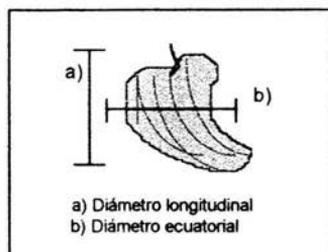
Material y Equipo:

-Calibrador vernier.

Esta prueba se basa en determinar el crecimiento de la fruta que es proporcional al aumento de su diámetro ecuatorial, midiendo éste se tiene un índice del tamaño (ver anexo No. 1).

Se midió el diámetro ecuatorial y longitudinal, mediante un vernier (ver figura No. 19). De los datos obtenidos se reporta un rango del mínimo, máximo y promedio del tamaño del fruto (NMX-FF-9-1982).

Figura 19. Medición del diámetro ecuatorial y longitudinal en la guanábana.



1.2.3 Rendimiento

Material y Equipo:

-Balanza granataria.

Para esta actividad se abrieron las guanábanas pesando por separado, el corazón, la pulpa, la cáscara, y las semillas; calculando el porcentaje de rendimiento de cada una de las partes tomando como base el peso de la guanábana entera (NMX-FF-007-1982).

1.2.4 Color

Material y Equipo:

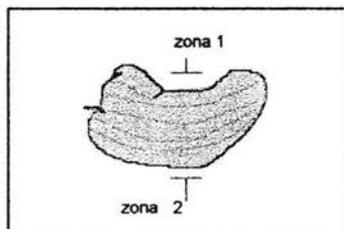
-Colorímetro Minolta CR-300 (ver anexo No. 2).

La determinación de color se midió en la cáscara y en la pulpa de la guanábana, con la finalidad de ver los cambios de éste a través del tiempo, hasta alcanzar su madurez.

a) Cáscara

Para la medición de color en cáscara, todas las guanábanas fueron marcadas en dos zonas diferentes, con el fin de observar los cambios de color en el mismo punto (ver figura 20).

Figura 20. Zonas de medición de color en la guanábana.



Los datos obtenidos se registraron en el siguiente cuadro:

Tabla 6.Registro de datos para color en cáscara.

Fecha:

Estado de madurez	zona	L	a*	b*
1	1			
	2			
2	1			
	2			
3	1			
	2			

La medición se llevo a cabo directamente sobre la cáscara del fruto, durante seis días obteniendo el resultado en forma directa de la escala CIE con los valores L, a y ,b, que corresponden a la luminosidad, croma y tono respectivamente.

Como parámetro de análisis se calculó ΔE en el cual se integran tanto la luminosidad (L) como la cromaticidad (a y b), este parámetro indica el rango de la diferencia de color, pero no hacía donde varía el color y se calcula a partir de la siguiente fomula:

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta b^2 + \Delta a^2)^{1/2}$$

Donde :

ΔE = Diferencia total de color

L = luminosidad

a = croma

b = tono

Una vez obtenido el ΔE se calculó el porcentaje de variación de la diferencia de color.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA).

b) Pulpa

Para la determinación de color en la pulpa de la guanábana, se midió color con el mismo colorímetro usado en la determinación de color en cáscara, obteniendo los parámetros antes mencionados, con la diferencia de que las lecturas se tomaron cada hora, en pulpa con semillas y sin semillas.

1.2.5 Medición de textura.

Material y Equipo:

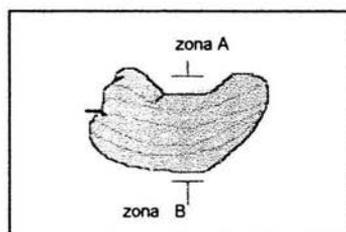
-Penetrómetro Norrig de 60655 marca Humboldt MFG con punzón (ver anexo No. 2).

La textura de la guanábana se evaluó mediante una prueba de penetrabilidad (guanábana entera).

Para realizar esta prueba las guanábanas fueron marcadas en dos zonas con el fin de observar su comportamiento, se cuidó de que fuera en la zona más carnosa y que el punzón no tocara las venas que se marcan en la cáscara del fruto, así como la penetración en las semillas.

Cada guanábana fue colocada sobre el instrumento en forma horizontal como se observa en la figura 21, se determinó la distancia penetrada por el punzón a través de la guanábana, la cual fue reportada en 1/10 mm que es la precisión que posee el equipo empleado.

Figura 21. Zonas de medición de penetración en la guanábana.



Los datos obtenidos se reportaron de la siguiente forma:

Tabla 7. Registro de datos de Textura de la guanábana.

Fecha:

Estado de madurez	Lectura	zona A mm	zona B mm
1	1		
	2		
	3		
2	1		
	2		
	3		
3	1		
	2		
	3		

Actividad 1.3 Clasificación de guanábanas en diferentes estados de madurez, tomando como parámetros las características sensoriales.

Al finalizar la actividad 1.2 se analizaron los datos, obteniendo diferentes características de la guanábana, con el comportamiento que se observó, se consideraron tres estados de madurez a lo largo de los seis días que duró el proceso de maduración.

Cabe mencionar que tanto el color como la textura son parámetros característicos ligados al proceso de maduración, los cuales permiten clasificar al fruto en diferentes estados de madurez.

Una vez clasificadas las guanábanas, se llevó a cabo una evaluación sensorial, con la ayuda de un grupo de 15 personas y un lote de 9 guanábanas, (tres de cada estado de madurez), para confirmar las características que se observaron en la actividad 1.2.

Para llevar a cabo la evaluación sensorial se elaboró el siguiente formato, donde se encuentran los rangos establecidos para cada una de las características sensoriales, a diferencia de color se utilizó la escala de color que se encuentra en figura 18.

Características Sensoriales		Muestra								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
TEXTURA	Muy firme									
	Firme									
	Ligeramente firme									
	Moderadamente firme									
	Ligeramente blando									
	Muy blando									
COLOR	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
OLOR	Muy pronunciado									
	Moderadamente pronunciado									
	Ligeramente pronunciado									
	Perceptiblemente									
	Moderadamente perceptible									
	Ligeramente perceptible									
	No perceptible									
SABOR	Dulce	Muy fuerte								
		Moderado								
		Ligero								
	Acido	Ligero								
		Moderado								
		Pronunciado								
		Muy fuerte								
	Astringente	Fuerte								
		Ligero								

De los datos obtenidos solo se reportan aquellos que presenten calificación por arriba de un 80% para cada uno de los diferentes estados de madurez

Objetivo 2. Cuantificar los parámetros químicos y físico-químicos, para observar los cambios ocurridos en diferentes estados de madurez.

El objetivo particular 2 comprende dos actividades, las cuales están divididas en análisis químicos y análisis físico-químicos.

Muestra: Para el desarrollo de este objetivo se compró un lote de 15 guanábanas en diferentes estados de madurez (verde, semi-verde y maduro), fue necesario secar la muestra para conservarla y realizar los análisis que requerían de más tiempo. Los análisis se realizaron tanto en pulpa como en cáscara. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), con sus respectivos gráficos.

Actividad 2.1 Determinación de los parámetros químicos: humedad, carbohidratos, fibra cruda, cenizas, pectina, sólidos solubles, proteínas y grasa, en los diferentes estados de madurez.

Tabla 8. Descripción de parámetros químicos.

ANÁLISIS	PARÁMETRO	TÉCNICA	MATERIAL Y EQUIPO
QUÍMICOS	Humedad (pulpa y cáscara)	Secado por estufa NMX-F-83-1986	-Estufa, marca Mapsa modelo HDP 334 -Balanza analítica
	Carbohidratos (pulpa)	Lane y Eynon AOAC.923.09	-Material de vidrio para titulación. -Parrilla eléctrica
	Fibra cruda (pulpa y cáscara).	NMX-F.090-S-1978	-Digestor de fibra cruda. -Material de vidrio -Balanza analítica -Estufa
	Pectina (pulpa y cáscara)	NMX-F-347-1980	-Parrilla eléctrica -Material de vidrio -Estufa
	Sólidos solubles (pulpa)	AOAC.20.024	-Refractometro
	Cenizas (pulpa y cáscara)	Kjeldahl NMX-F-066-S-1978	-Mufla Blue M Modelo C-3946Q
	Proteínas (pulpa y cáscara)	Micro Kjeldahl AOAC.960.52	-Microdigestor -Microdestilador
	Grasa (pulpa y cáscara)	Soxhlet AOAC.942.15	-Mantillas con reostato -Trampa de destilación Soxhlet -Estufa -Balanza analítica

Actividad 2.2 Pruebas fisico-químicas: pH y acidez titulable.

Tabla 8a. Descripción de parámetros fisico-químicos.

ANÁLISIS	PARÁMETRO	TÉCNICA	MATERIAL Y EQUIPO
FISICO-QUÍMICOS	pH (pulpa)	Directo AOAC.32.010	-Potenciometro Corning modelo 10
	Acidez (pulpa)	Titulación AOAC.942.15	-Material de titulación -Balanza analítica

Objetivo 3. Medir la intensidad respiratoria (IR) de la guanábana postcosecha durante su maduración, para observar su posible relación con los cambios físicos y químicos ocurridos.

Actividad 3.1 Medición de la intensidad respiratoria en términos de CO₂ producido.

Material y Equipo:

- Dispositivo de Pettenkoffer
- Bomba de vacío

Se midió la intensidad respiratoria de la guanábana por el dispositivo de Pettenkoffer (Anexo 3), con la finalidad de observar su comportamiento por día, ya que la guanábana es un fruto climatérico que respira rápidamente por lo que se considera altamente perecedera.

Para esta prueba se adquirieron 5 guanábanas en estado verde, a las que se les midió el consumo de CO₂ de cada una por un tiempo de 30 min.

La intensidad respiratoria se calculó de la siguiente manera:

$$IR = (T_b - T_m) \times 2.2 \times 1000 / p \times t = \text{mg. CO}_2 / \text{Kg. hr}$$

Donde:

IR = Intensidad respiratoria

T_b = ml de HCl 0.1 N gastados en el blanco.

T_m = ml de HCl 0.1 N gastados en la muestra.

2.2 = mg. CO₂ /ml de HCL 0.1 N.

p = peso del fruto

t= tiempo en hrs.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con sus respectivos gráficos.

CAPITULO III.

**RESULTADOS Y
ANALISIS**

**CAPITULO III.
RESULTADOS Y ANALISIS.**

Objetivo Particular 1.

3.1. Actividad 1.1 Determinación de las características sensoriales de la guanábana (color, textura, olor y sabor), en estado verde durante seis días.

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial fueron los siguientes:

Tabla No. 9. Características sensoriales de la guanábana en diferentes estados de madurez.

Día	Textura	color	olor	sabor	Edo. de madurez
1	firme	verde limón brillante (C1)	No perceptible	*Astringente ligero	1
2	firme	verde limón brillante (C1)	No perceptible	*Astringente ligero	1
3	ligeramente firme	verde oscuro opaco (C3)	Ligeramente perceptible	Ácido pronunciado	2
4	ligeramente firme	verde oscuro opaco (C3)	Ligeramente perceptible	Ácido pronunciado	2
5	ligeramente blando	verde oscuro con tonos grisáceos (D4)	Característico Muy pronunciado	ligeramente ácido y moderadamente dulce	3
6	ligeramente blando	verde oscuro con tonos grisáceos (D4)	Característico Muy pronunciado	ligeramente ácido y moderadamente dulce	3

De lo anterior podemos decir que se encontraron tres estados de madurez en base a lo observado durante los seis días; del 1º. al 2º. día, se observó que las guanábanas mantuvieron un color verde limón brillante que corresponde a C1 de la escala de color, la textura es muy firme, el sabor es ligeramente astringente y olor no perceptible (olor característico a un fruto inmaduro, olor a verde o a planta), por lo que estas características se consideraron para un estado de madurez 1 (verde); en cuanto al 3º. y 4º. día se presentó un cambio importante en el fruto, el color cambió a verde oscuro (C3) desvaneciéndose el brillo que tenía en los días anteriores, la textura es ligeramente firme, el sabor cambió a un ácido pronunciado y el olor percibido fue ligeramente característico a guanábana, por lo tanto estas características representan un estado de madurez 2 (semi-verde); finalmente el 5º. Y 6º. día dieron las

* Astringente. Se denomina astringencia a la sensación compleja resultante de la contracción de las mucosas de la cavidad bucal, que se percibe como resecaimiento parcial y que producen ciertas sustancias, como los taninos y polifenoles (Sancho, 1999).

características de un estado de madurez 3 (maduro), donde se observó un color verde grisáceo oscuro (D4), con una textura ligeramente blanda, de olor muy pronunciado característico a la guanábana y el sabor permaneció ligeramente ácido, pero acompañado de un dulzor moderado.

3.2. Actividad 1.2. Determinación de las características físicas: Pérdida de peso, tamaño, rendimiento, color y textura, en estado verde hasta su maduración.

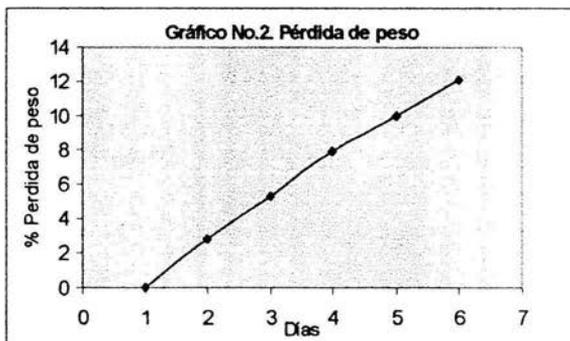
3.2.1 Determinación de Pérdida de peso.

Se determinó el porcentaje de Pérdida de peso (PP) durante seis días, los resultados obtenidos se observan en la tabla No. 10.

Tabla No. 10 Resultados de pérdida de peso.

Días	1	2	3	4	5	6
% PP	0	2.77	5.3	7.92	9.97	12.1

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza ANOVA (ver anexo No. 4) en el cual se observó que sí existe diferencia significativa entre los diferentes días, ver gráfico No. 2 de PP, tomando como variable el tiempo.



En la gráfica 2, se observa que la PP es directamente proporcional al tiempo.

Lo que es evidente es que conforme el fruto madura sigue respirando y oxidando sus carbohidratos aumentando la pérdida de agua por transpiración lo que repercute en el peso.

3.2.2 Determinación de tamaño y peso.

En la Tabla No.11 se observa que la guanábana que se produce en México no presenta uniformidad en sus características físicas, ya que podemos encontrar guanábanas alargadas, de forma de corazón y otras más redondas, por lo que sus dimensiones varían. Cabe señalar que la medición de estos parámetros (diámetro ecuatorial y diámetro longitudinal), son de vital importancia para establecer un índice de tamaño para una posible Norma de calidad.

Tabla 11. Pesos y dimensiones de la guanábana.

Peso (grs.)	Diámetro Longitudinal (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)
350.4	14.5	7.9
435.04	12.3	7.0
451.8	11.7	8.5
467.2	12.7	8.9
542.64	14.1	9.2
785.3	15.2	9.5
823.1	16.2	9.5
842.95	16.9	9.7
875.3	18.5	9.8
920.3	18.7	10.0
978.1	19.5	8.4
1123.9	20.9	11.2
1170.2	20.3	10.0
1215.5	20.7	10.8
1282.7	21.0	10.8

Del lote analizado tenemos que el 33% presentan un peso por arriba de los 1000 g. mientras que el porcentaje restante tiene una gran variación en cuanto al peso oscilando de 300 a 800 g., por lo que es más factible encontrar frutos grandes a pequeños en los centros comerciales. De la misma forma los diámetros ecuatorial y longitudinal varían de acuerdo al peso de la guanábana. Ver tabla 11.

Tabla No. 12. Diámetros de las guanábanas.

	Peso (g)	Diámetro longitudinal (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)
Máximo	1,282	21.0	10.8
Mínimo	350	11.7	7.0
Promedio	827.4	17.3	9.28

Resultados obtenidos de medir un lote de 15 guanábanas.

En la tabla No.12 se observa, el tamaño de las guanábanas analizadas que presentaron un rango de variación muy grande, ésto se puede atribuir a las condiciones en que se desarrolla el fruto (suelo, riego y climatológicos).

La forma predominante que encontramos en este análisis fue la de corazón alargada (ver figura 22).

Figura No.22 Forma de corazón alargada de la guanábana.



3.2.3 Determinación de rendimiento.

Se determinó el rendimiento en un lote de 15 guanábanas obteniéndose lo siguiente:

cáscara	19.08 %
pulpa	70.69 %
corazón	4.11 %
<u>semillas</u>	<u>6.12 %</u>
	100.00 %

La guanábana cuenta con un porcentaje alto de pulpa y en ella se encuentran aproximadamente de 30 a 90 semillas según el peso del fruto. Estas se encuentran dispersas en todo el fruto, ver figura 23.

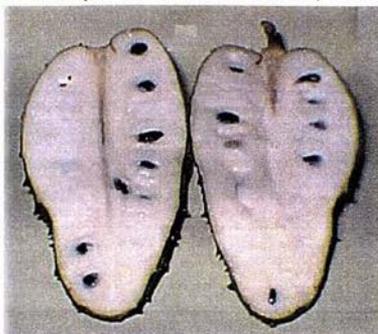


Figura 23. Distribución de semillas en la guanábana.

3.2.4. Determinación de Color (Minolta)

a) Cáscara

Como se indicó en la metodología las mediciones de color se hicieron empleando el colorímetro minolta del cual se registraron los datos de espacio de color L, a* y b*.

Al realizar el análisis de color con el colorímetro (Minolta) se corroboró la clasificación de los estados de madurez hecha con el análisis sensorial.

Recordando que la luminosidad tiene un valor de 100 para el blanco y de cero para el negro y que la cromaticidad de -a* indica verde y +b* indica amarillo, a simple vista estos valores nos indican que las guanábanas utilizadas en la experimentación tienen una coloración verde limón brillante en el caso del estado de madurez 1, mientras que en el estado de madurez 2 el color cambia a verde oscuro opaco y en el estado de madurez 3 se mantiene una coloración verde oscura opaca con tonos grisáceos.

Para incorporar tanto la luminosidad L como la cromaticidad a y b se obtuvo ΔE , los cuales fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA (ver anexo No. 4), el cual indica que si hay una diferencia significativa entre los días analizados.

En la tabla 13, se reportan los promedios de los valores de ΔE obtenidos de los diferentes estados de madurez durante una semana, mientras que en la tabla 14 se muestra el porcentaje de la variación de color que existe entre cada día de experimentación.

Tabla No. 13. Valores de ΔE en cáscara.

día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6
30.14	42.37	72.6	71.91	72.56	73.13

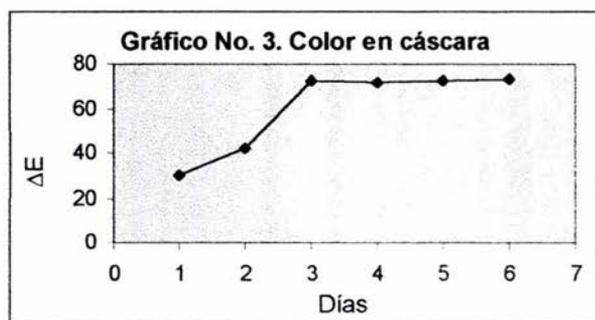
Tabla No.14 Porcentaje de variación de ΔE .

Del día 1 - 2	Del día 2 - 3	Del día 3 - 4	Del día 4 - 5	Del día 5 - 6
28.86	41.63	0.95	0.89	0.78

Con lo que respecta a los valores de ΔE , observados en la tabla 13, se tiene que el cambio brusco de color se da al tercer día y posteriormente se mantiene casi constante. El comportamiento se puede ver más claramente en la gráfica 3.

Esto quiere decir que si hay un cambio en cuanto al brillo y color de la guanábana conforme va madurando el fruto. El cambio de color verde en la cáscara, va asociada a la maduración, ya que conforme se acerca la senescencia, cambia de tono, de un verde claro a un verde oscuro con la aparición de manchas cafés, debido a que la clorofila se va degradando por los procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas, formándose la feofitina.

En la tabla 14 se muestra la diferencia máxima de color en la guanábana, que se presentó del segundo al tercer día de experimentación, donde tenemos un 41.63 % de variación mientras que del tercero al sexto día la variación es mínima manteniéndose casi constante.



En la figura 24 se presentan las fotografías que muestran los cambios sufridos en el color de la guanábana durante 6 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

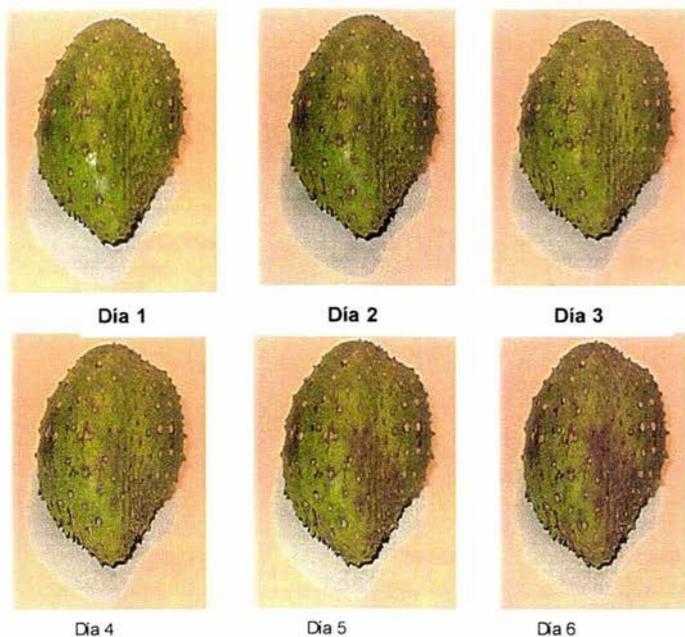
b) Pulpa

Al igual que en cáscara, esta medición se realizó con el colorímetro minolta en el que se registraron los datos de L, a y b cada hora, durante seis horas con los cuales se obtuvo el ΔE , sometiendo los resultados a un análisis de varianza (ANOVA).

Al localizar los valores de L, a y b en el diagrama de cromaticidad encontramos que inicialmente la pulpa tiene un color blanco ligeramente amarillento en los dos casos (con semillas y sin semillas) y conforme avanza el tiempo en el caso de la pulpa sin semillas tiende a hacerse más oscuro, éste es a un color beige, cabe señalar que este color es solo en la superficie que está expuesta al oxígeno del aire. Estos cambios se deben a la oxidación de los compuestos fenólicos de la fruta. Los

compuestos fenólicos son sustratos para las fenoloxidasas, las cuales hidroxilan tanto monofenoles a o-difenoles como o-difenoles a quinonas (Badui, 1999). Mientras que en la pulpa donde se conservaron las semillas mantuvo el color blanco ligeramente amarillento casi por 6 horas, tiempo que duro el análisis.

Figura 24. Grado de madurez de la guanábana *Annona muricata* L.



Las fotografías dan un seguimiento de los cambios de color, en la maduración de una guanábana a temperatura ambiente (22°C).

En la tabla 15, se reportan los promedios de los valores de ΔE obtenidos a diferentes tiempos en la pulpa con y sin semillas, mientras que en la tabla 16 se muestra el porcentaje de la variación de color, lo cual indica el cambio que existe entre cada hora de experimentación.

Tabla No. 15. Valores de ΔE en pulpa.

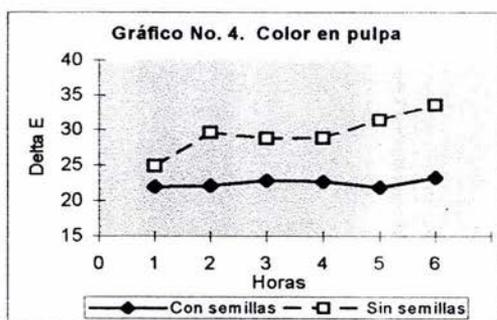
Horas	Con semillas	Sin semillas
1	21.920	24.83
2	22.04	29.56
3	22.76	28.73
4	22.66	28.83
5	21.82	31.38
6	23.17	33.61

Los resultados son el promedio de tres repeticiones

Tabla No. 16. Porcentaje de variación de ΔE .

Horas	Con semillas	Sin semillas
1-2	0.54	16
2-3	3.26	2.88
3-4	0.44	0.34
4-5	3.70	8.84
5-6	6.18	7.10

El análisis estadístico mostró que si hay diferencia significativa en cuanto a la pulpa con semillas y sin semillas. En la gráfica No. 4 se observa que al determinar los porcentajes de variación desde la primera hasta la sexta hora la pulpa sin semillas tuvo un incremento del 26.12 % de la diferencia total de color, mientras que la pulpa que se mantuvo con semillas alcanza sólo un 5.4 % a la sexta hora, estos datos se obtuvieron de los valores obtenidos del ΔE de la primera con la última hora.



En la figura 25 se muestran las fotografías de la pulpa con y sin semillas, cabe señalar que visualmente se perciben ligeramente los cambios de

color, durante las seis horas que duro el análisis, por lo que podemos decir que el colorímetro posee una gran sensibilidad a los cambios de color que el ojo humano no puede percibir.

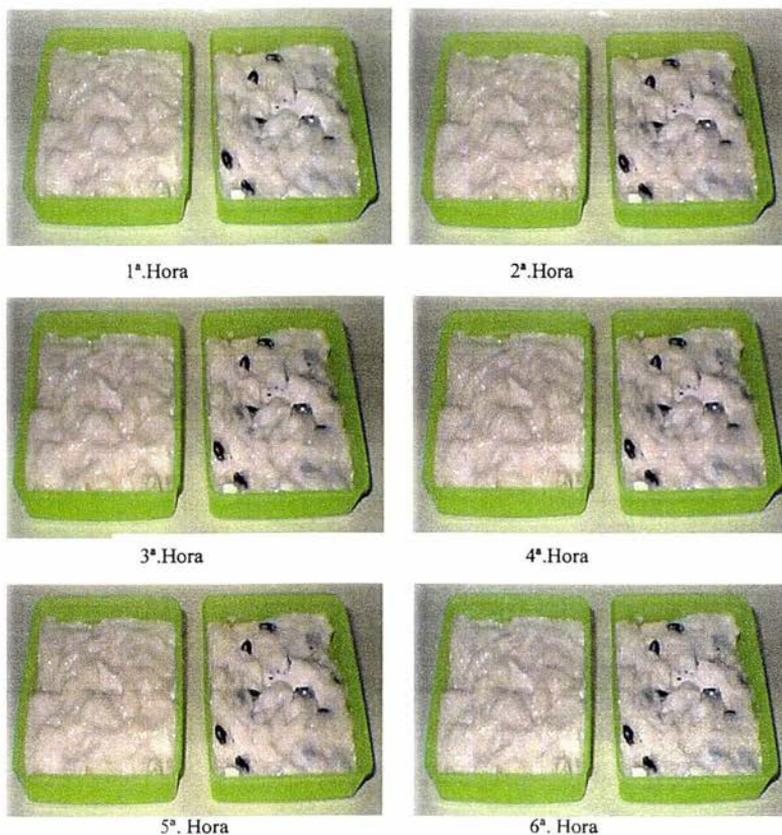


Figura 25.Fotografías de la pulpa de una guanábana en estado de madurez 2 (semi-verde) con y sin semillas.

3.2.5. Medición de la Textura (Penetrómetro)

Se realizó la determinación de textura por medio de una prueba de penetración, con la finalidad de averiguar si existe una diferencia

significativa y determinar el efecto de la madurez sobre la textura de la guanábana.

Se aplicó un análisis de varianza ANOVA (ver anexo No.4) encontrándose un efecto significativo con respecto al tiempo, es decir conforme avanza la maduración, como era de esperarse.

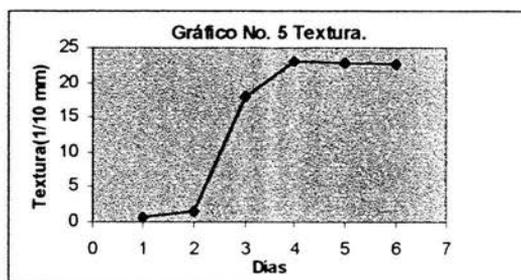
En la tabla 17 se muestran los valores obtenidos en esta determinación.

Tabla 17. Resultados de penetrabilidad en la guanábana (mm de penetración).

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
0	1.43	17.92	23.11	22.81	22.75

*Los datos reportados son un promedio de 3 replicas de 15 guanábanas cada una.

En el gráfico No. 5, se puede observar que en el primer día los datos obtenidos ponen de manifiesto valores bajos de penetración, sin embargo al tercer día hay un cambio brusco en los mm de penetración de la aguja, esto sucedió conforme va avanzando la madurez del fruto y a partir de este día mantuvo casi constante la distancia de penetración hasta el sexto día.



Este comportamiento se atribuye a que hay mayor retención de agua en las células por el fenómeno de ósmosis, pero también se debe a la disminución de la textura en los frutos ya que a medida que adquiere madurez el fruto, se está llevando a cabo una hidrólisis enzimática de la pectina en la pulpa lo que da como resultado un ablandamiento del mismo, mientras que la cascara se va secando al perder humedad.

3.3. Actividad 1.3 Clasificación de guanábanas en diferentes estados de madurez, tomando como parámetros las características sensoriales.

Los resultados obtenidos de la evaluación fue la siguiente:

Características Sensoriales		Muestra								
		Edo. II			Edo. III			Edo. I		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
TEXTURA	Muy firme							13.33	20	13.33
	Firme							86.66	80	86.66
	Ligeramente firme	93.33	86.66	86.66						
	Moderadamente firme	6.66	13.33	13.33						
	Ligeramente blando				100	100	100			
	Muy blando									
*COLOR	1 (A,B,C,D,E)							C1-80	C1-86.66	C1-100
	2 (A,B,C,D,E)							C2-20	C2-13.33	
	3 (A,B,C,D,E)	C3-80	C3-93.33	C3-86.66						
	4 (A,B,C,D,E)	C4-20	C4-6.66	C4-13.33	D4-100	D4-86.66	D4-80			
	5 (A,B,C,D,E)					C5-13.33	C5-20			
OLOR	Muy pronunciado				80	100	86.66			
	Moderadamente pronunciado				13.33		13.33			
	Ligeramente pronunciado				6.66					
	Perceptiblemente			6.66						
	Moderadamente perceptible	6.66		6.66						
	Ligeramente perceptible	93.33	100	86.66				13.33	20	6.66
	No perceptible							86.66	80	93.33
SABOR	Dulce	Muy fuerte								
		Moderado				86.66	80	93.33		
		Ligero				13.33	20	6.66		
	Acido	Ligero	13.33	6.66	13.33	93.33	100	66.66		
		Moderado	6.66	13.33	6.66	6.66				
		Pronunciado	80	86.66	86.66					
	Astringente	Muy fuerte								
		Fuerte								
		Ligero							100	100

Los resultados son el porcentaje de 15 personas que llevaron a cabo la evaluación sensorial.

* Los resultados de esta característica se obtuvieron de la escala de color que se encuentra en la figura 18.

Con los resultados obtenidos en la tabla anterior se corroboró que los estados de madurez seleccionados (verde, semi-verde y maduro) si corresponden a las características de la evaluación sensorial obtenidos en la actividad 1.1. Con esta clasificación se llevó a cabo la determinación de las características químicas y físico-químicas de la guanábana.

Objetivo Particular 2.

3.4. Actividad 2.1 Determinación de los parámetros químicos: Humedad, carbohidratos, fibra cruda, pectina, sólidos solubles, cenizas, proteína y grasa en los diferentes estados de madurez.

3.4.1 Determinación de Humedad (Secado por estufa) NMX-F-83-1986.

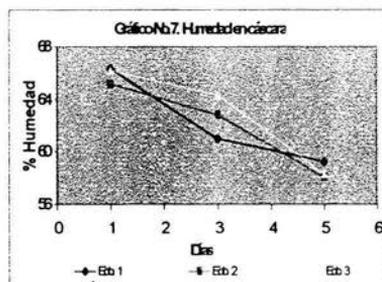
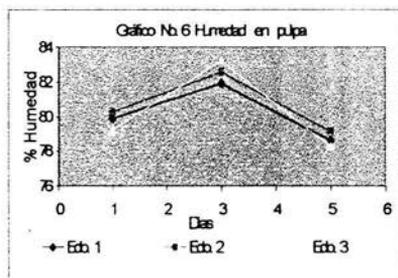
Los resultados obtenidos en este análisis se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Resultados de humedad (%)

Edo. de madurez	Pulpa día 1	Pulpa día 3	Pulpa día 5	Cáscara día 1	Cáscara día 3	Cáscara día 5
1	79.88	81.94	78.63	66.36	60.97	59.24
2	80.25	79.03	79.12	65.14	62.8	58.07
3	79.25	83.22	78.3	66.2	64.3	58.29

*Los datos reportados son un promedio de 3 replicas de 15 guanábanas

Se realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos de humedad (ver anexo No.4) encontrándose que si existen efectos significativos entre las variables estado de madurez y días, además de una diferencia al comparar la pulpa y la cáscara.



Los gráficos 6 y 7 nos reportan que existe mayor contenido de humedad en la pulpa que en la cáscara en los 3 diferentes estados de madurez, donde se presentan valores de 78 a 80% de humedad en el caso de pulpa y en cáscara se encuentran por abajo de un 58 al 68%.

Analizando el gráfico 6 que corresponde a los valores de porcentaje de humedad en la pulpa, en el primer día se tiene un porcentaje de humedad del 80% en los tres estados de madurez, mientras que al tercer día el porcentaje de humedad se incrementa entre un 82 y 83% y al quinto día los tres estados de madurez disminuyen a un 79%. Esto es debido al proceso metabólico de respiración que produce la descomposición del material de almacenaje formándose los óxidos simples, CO₂ y H₂O, por lo que la humedad va en aumento al ir madurando el fruto, mientras que en un estado 3 la humedad disminuye.

Observando el gráfico No. 7, que es el caso de la cáscara la humedad va disminuyendo, debido a que conforme avanza el tiempo, las moléculas de agua que se encuentran a nivel celular en la cáscara se han evaporado, ya que está más en contacto con el ambiente, lo que le da a la guanábana una apariencia de sequedad.

3.4.2. Determinación de azúcares reductores directos y azúcares totales (Lane y Eynon) AOAC.923.09.

Los resultados obtenidos en este análisis se muestran en la tabla 19.

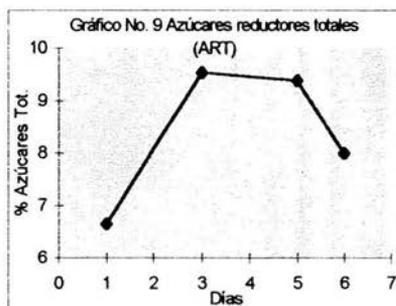
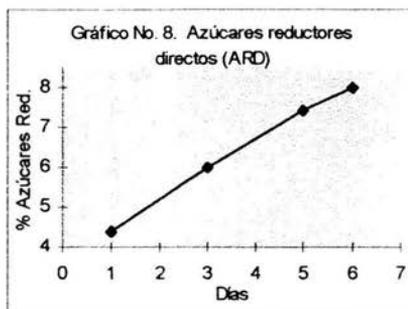
Tabla 19. Resultados de azúcares reductores directos y totales.

Días	% Azúcares reductores directos	% Azúcares reductores totales
1	4.37	6.65
3	6.015	9.53
5	7.43	9.37
6	8.0	7.99

A los datos obtenidos en azúcares reductores directos y totales se les aplicó un análisis de varianza ANOVA (ver anexo No. 4) encontrándose que existe un efecto significativo con respecto a los días, conforme transcurre el tiempo los azúcares reductores directos van en aumento, lo que se traduce en un incremento en los azúcares simples provocando un mayor endulzamiento, esto quiere decir que a medida que avanza la maduración los carbohidratos complejos como el almidón se transforman en azúcares más simples (glucosa, fructosa y sacarosa), por lo que hay una gran acumulación de glucosa y fructosa en los tejidos incrementándose así el contenido de azúcares.

Comparando las gráficas 8 y 9 podemos observar que la concentración de azúcares reductores totales es mayor que los azúcares reductores

directos, esto se mantiene hasta el tercer día. Posteriormente los valores se mantienen casi constantes hasta el día 5, para luego disminuir hasta un 8% en el 6° día.



Esto se debe invariablemente a la hidrólisis que experimentan los polisacáridos, desdoblando así más azúcares, ya que se sabe que las frutas contienen mayor cantidad de almidón al ser recolectadas, el cual se va reduciendo al ir madurando el fruto. Por el proceso metabólico de respiración al 6° día, ya presenta características de fermentación, lo cual es debido a que el tejido del fruto ha envejecido y la descomposición de su estructura ha disminuido la permeabilidad para el oxígeno atmosférico. Como se puede observar en la gráfica 8 y 9 en el día 6 el porcentaje de azúcares es casi el mismo para los dos gráficos.

3.4.3. Determinación de Pectina (NMX-F-347-1980).

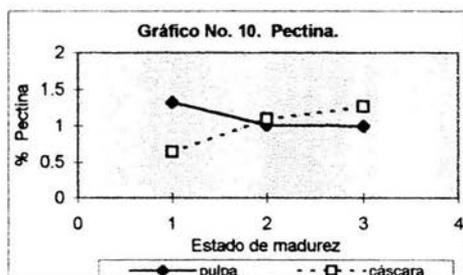
Se determinó pectina, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Resultados de Pectina (%).

Edo. de madurez	Pulpa	Cáscara
1	1.32	0.649
2	1.01	1.099
3	0.995	1.26

En la determinación de pectina se encontró, en el análisis de varianza (ver anexo No.4), que si existe un efecto significativo entre los diferentes estados de madurez, cáscara y pulpa.

Ésto se puede observar claramente en el gráfico No. 10, ya que los cambios más tangibles que experimentan las frutas al madurar consiste en su reblandecimiento, que va asociado con la solubilización progresiva y despolimerización de las sustancias pécticas. En el gráfico se muestra como la pectina en el caso de la pulpa se va degradando conforme avanza la madurez, ésto es debido a que la protopectina, forma insoluble nativa de la pectina se torna soluble bajo la acción enzimática, mientras que en la cáscara el contenido de pectina soluble va aumentando conforme avanza la maduración, de modo que en el estado de madurez 2, los contenidos de pectina tanto en cáscara como en pulpa llegan a un equilibrio por el mismo reblandecimiento del fruto al avanzar la madurez.



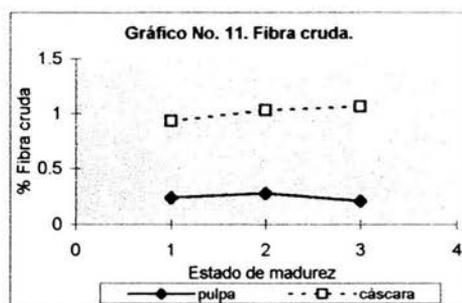
3.4.4. Determinación de fibra cruda (NMX-F-090-S-1978).

Los resultados obtenidos en la determinación de fibra cruda, fueron obtenidos de un lote de 6 guanábanas, por estado de madurez en pulpa y cáscara, se muestran los promedios en la tabla 21.

Tabla 21. Resultados obtenidos de la determinación de fibra cruda (%).

Estado de madurez	Pulpa	Cáscara
1	0.24	0.93
2	0.28	1.033
3	0.216	1.06

Se graficaron los promedios de los datos obtenidos en la determinación de fibra cruda para cada uno de los diferentes estados de madurez, (gráfico 11).



Se puede observar claramente en el gráfico que el contenido de fibra cruda no presenta cambios significativos, los valores son casi constantes, tanto en pulpa como en cáscara, desde el estado de madurez 1 al estado de madurez 3. Ya que las fibras de celulosa sufren pocas modificaciones durante el periodo de vida del tejido vegetal, al menos de que éste sea atacado por hongos. (Braverman, 1967).

Sin embargo se puede observar que entre la pulpa y la cáscara existen diferencias en el contenido de fibra cruda, ya que la cáscara presenta casi el triple de lo que presenta la pulpa. Esta diferencia se debe a que las células vegetales están rodeadas por una pared más o menos rígida (cáscara), compuesta de fibras de celulosa y otros polímeros como sustancias pecticas, hemicelulosa y ligninas, por lo que aquí se encuentra el mayor contenido de fibra cruda que la que encontramos en la pulpa.

3.4.5. Determinación de sólidos solubles (°Brix) AOAC.20.024.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 22.

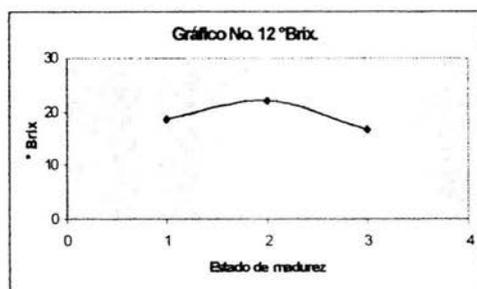
Tabla 22. Resultados de la determinación de °Brix.

Edo. de madurez	°Bx
1	18.66
2	22.05
3	16.81

*Los datos reportados son un promedio de 3 replicas de 15 guanábanas.

En el gráfico No. 12 se puede observar el comportamiento de los grados brix, donde nos muestra como va aumentando el contenido de sólidos solubles en los primeros estados de madurez, mientras que en el estado de madurez 3 (maduro) disminuye, ésto se debe a que la mayoría de los sólidos solubles corresponden a los azúcares y éstos a su vez van

aumentando a partir de que el almidón presente en el fruto verde se transforma en azúcares simples y va progresando la maduración.



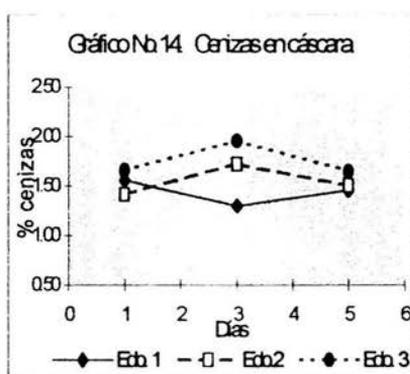
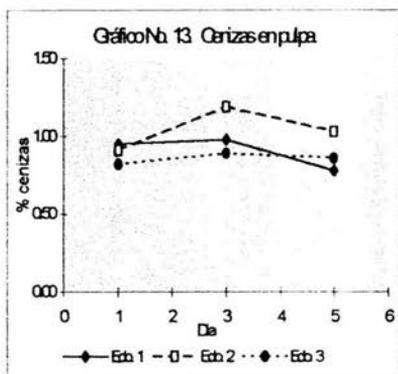
3.4.6. Determinación de cenizas (Klemm) NMX-F-066-S-1976.

En la tabla 23 se muestran los promedios de la determinación de cenizas en pulpa y cáscara, los cuales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) ver anexo 4, donde se muestra que si hay diferencia significativa entre la pulpa y la cáscara.

Tabla 23. Resultados de la determinación de cenizas (%).

Edo. de madurez	Pulpa día 1	Pulpa día 3	Pulpa día 5	Cáscara día 1	Cáscara día 3	Cáscara día 5
1	0.956	0.984	0.786	1.566	1.308	1.461
2	0.910	1.197	1.03	1.428	1.728	1.513
3	0.824	0.894	0.864	1.66	1.963	1.654

El contenido de cenizas varía debido a las prácticas de cultivo o fertilización. Se sabe que la distribución de determinados elementos minerales varía en ciertos tejidos, por lo tanto en nuestro análisis estadístico nos da diferencias significativas entre la pulpa y la cáscara como podemos observar en la gráfica No. 13 y 14. Encontrándose que la cáscara presento mayor contenido de cenizas que en pulpa, por lo que se recomienda un estudio minucioso para saber que minerales se encuentran tanto en la pulpa como en la cáscara



3.4.7. Determinación de proteínas (Microkjeldahl) AOAC.960.52.

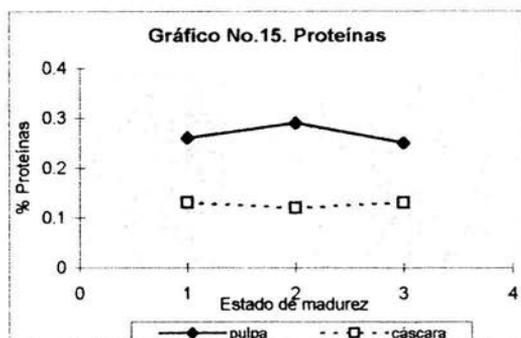
Aunque el contenido de proteínas en los frutos no es muy significativo, se determinó con la finalidad de conocer su contenido tanto en la pulpa como en la cáscara.

En la tabla No. 24 se reportan los promedios de los datos obtenidos de un lote de 6 guanábanas en los tres diferentes estados de madurez cada uno con tres replicas.

Tabla 24. Resultados de la determinación de proteína.

Edo. de madurez	Pulpa	Cáscara
1	0.26	0.13
2	0.29	0.12
3	0.25	0.13

Se gráfico el contenido de proteína en los tres diferentes estados de madurez, ver la gráfica No. 15, la pulpa resultó con mayor porcentaje de proteína que la cáscara. En la pulpa se ve que hay un ligero incremento en el estado de madurez 2, descendiendo en el estado de madurez 3, pero prácticamente no se presenta un cambio en el contenido de proteína en los diferentes estados de madurez ya que parece que existe una exigencia absoluta de síntesis proteica continua cuando las frutas están madurando.



3.4.8. Determinación de grasas (Soxhlet) AOAC.932.02.

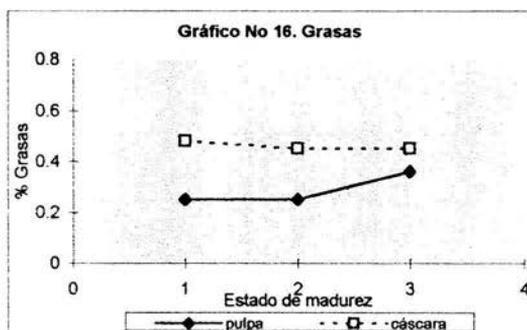
A continuación se muestra la tabla No. 25 los valores obtenidos en esta determinación.

Tabla 25. Resultados de la determinación de grasa.

Edo. de madurez	Pulpa	Cáscara
1	0.21	0.488
2	0.25	0.454
3	0.367	0.451

*Los datos reportados son un promedio de 3 replicas de 15 guanábanas.

Aunque son relativamente bajas las concentraciones de lípidos en los frutos, podemos determinar en base al análisis estadístico ANOVA (ver anexo 4), que hay una diferencia significativa en el contenido de lípidos que se encuentran en la cáscara y la pulpa, lo cual se observa en la gráfica No. 16, mientras que avanza la madurez tanto en pulpa como en cáscara, la cantidad de grasa casi se mantiene constante.



La diferencia del contenido de grasa entre la pulpa y cáscara es casi del doble, la cual está dada en que el contenido lipídico se encuentra en mayor proporción en los tejidos de protección que recubren la superficie de las frutas, cutícula y epidermis (cáscara), donde también se incluyen las sustancias de tipo céreo, mientras que en la pulpa la grasa se encuentra en menor proporción en citoplasmas y en membranas celulares.

3.5. Actividad 2.2. Determinación de parámetros fisico-químicos: pH y acidez.

3.5.1. Determinación de pH (Potenciómetro) AOAC.32.010.

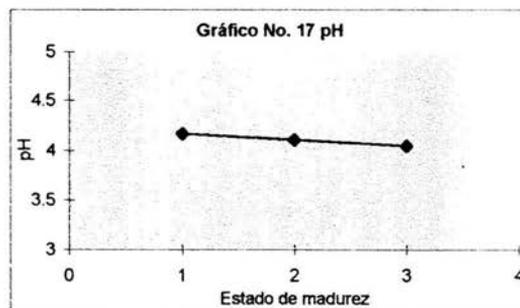
Se determinó el pH con la ayuda de un potenciómetro en un lote de 20 guanábanas, los datos obtenidos se reportan en la tabla No. 26.

Tabla No. 26 Resultados obtenidos de la determinación de pH.

Edo. de madurez	pH
1	4.16
2	4.1
3	4.04

*Los datos reportados son el promedio de 3 replicas de 15 guanábanas cada una

A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA), el cual indica que no existe efecto significativo en los diferentes estados de madurez (ver anexo 4), pero en el gráfico No. 17, se puede observar que hay un ligero descenso conforme avanza la maduración. Esto lo podemos relacionar con el sabor de la guanábana ya que en los diferentes estados de madurez no se pierde el sabor ácido característico de la fruta.



3.5.2. Determinación de acidez (Titulación) AOAC.942.15.

En la tabla No. 27 se reportan los promedios de los resultados obtenidos de la determinación de acidez titulable, en base al ácido predominante en la guanábana, en este caso es el ácido málico.

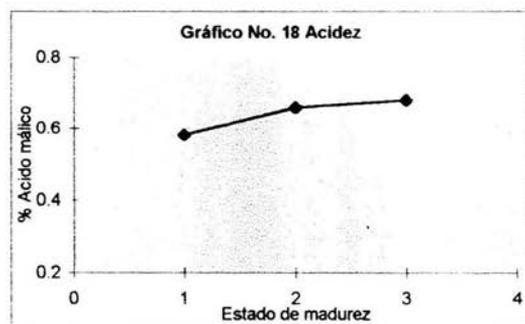
Tabla 27. Resultados obtenidos en la determinación de acidez.

Edo. de madurez	% Acidez
1	0.587
2	0.66
3	0.68

*Los datos reportados son el promedio de 3 replicas de 15 guanábanas cada una

A los datos obtenidos de acidez, se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA), el cual indica que no existe efecto significativo entre los diferentes estados de madurez y el tiempo (ver anexo 4).

Como se puede observar en la gráfica No. 18 existe un pequeño incremento en el contenido de acidez de 0.58% en el estado de madurez 1 a un 0.68% en el estado de madurez 3. Esto quiere decir que no sigue el comportamiento de un fruto maduro, ya que los ácidos orgánicos son considerados como una reserva energética, por consiguiente se espera que su contenido decline durante la maduración del fruto, la relación que guarda con el pH es lógica, debido a que mientras la concentración de acidez tiene un ligero aumento, el pH desciende también ligeramente. Esto confirma que la guanábana mantiene un sabor ácido desde un estado de madurez 1 a un estado de madurez 3, acompañado del aumento de carbohidratos que dan el sabor característico del fruto.



Objetivo Particular 3.

3.6. Actividad 3.1. Medición de la Intensidad Respiratoria en términos de CO₂ producido.

Se midió la intensidad respiratoria por el método del dispositivo de Pettenkoffer en guanábanas en estado de madurez 1, durante cinco días esto es hasta alcanzar el estado de madurez 3 (ver anexo 3), en la tabla No. 28 se pueden observar los promedios de los datos obtenidos.

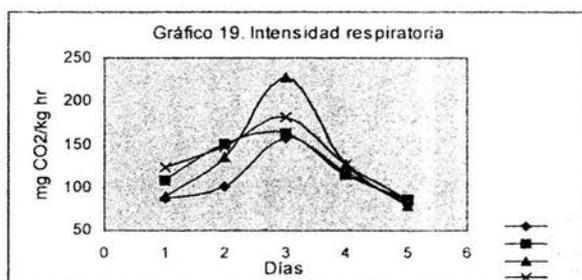
Tabla No. 28. Resultados de la medición de la intensidad respiratoria.

Hora	mg de CO ₂ /kg hr				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
11:00	87.84	101.56	157.49	117.76	80.56
14:00	107.65	150.85	162.19	115.38	85.69
15:30	89.80	135.57	227.18	126.76	78.656
17:00	124.21	147.12	182.45	126.09	85.59

*Los datos reportados están dados en mg de CO₂/kg hr

En la tabla 28 se observa que los valores más altos de intensidad respiratoria se presentan entre las 14:00 y 17:00 hrs. Tomando de referencia los valores registrados a las 15:00 hrs., se observa que la intensidad respiratoria se incrementó de 89.80 a 227.18 mg de CO₂/kg hr. en el tercer día, para descender en el cuarto día. La intensidad respiratoria depende del grado de desarrollo del fruto. El incremento en la producción de CO₂ se debe a la producción de energía que proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos, los cuales van disminuyendo lentamente hasta alcanzar el estado de madurez 3.

En el gráfico No.19 se puede observar claramente el comportamiento de respiración de la guanábana, que corresponde a un patrón de respiración climatérica, por presentar un pico en el desarrollo de producción de CO₂.

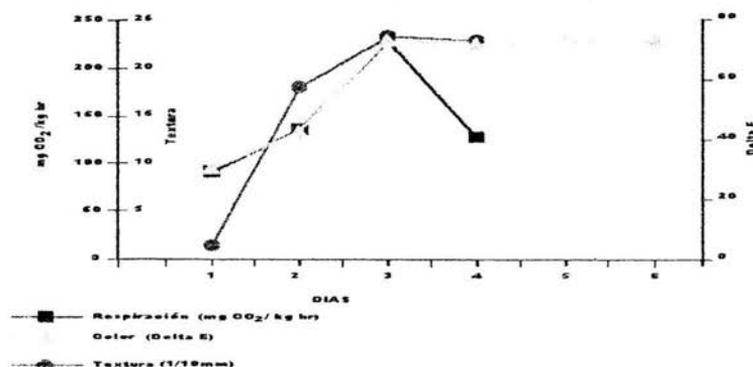


La guanábana es por lo tanto un fruto muy perecedero, ya que tiene una rápida producción de CO_2 .

Existen muchos cambios que se encuentran interrelacionados con la respiración y la maduración, la mayoría de estos cambios influyen en la calidad del fruto. Algunos de estos son: el cambio de color, el ablandamiento de los tejidos, desaparición de astringencia, etc.

En el gráfico 20 se puede observar como en el día 3 de experimentación, que corresponde a un estado de madurez 2 (semi-verde), la producción de CO_2 se incremento, con lo cual la guanábana alcanza su máximo climatérico, en este punto coinciden con los cambios más bruscos en los parámetros de textura, color, humedad y azúcares (gráfica 21).

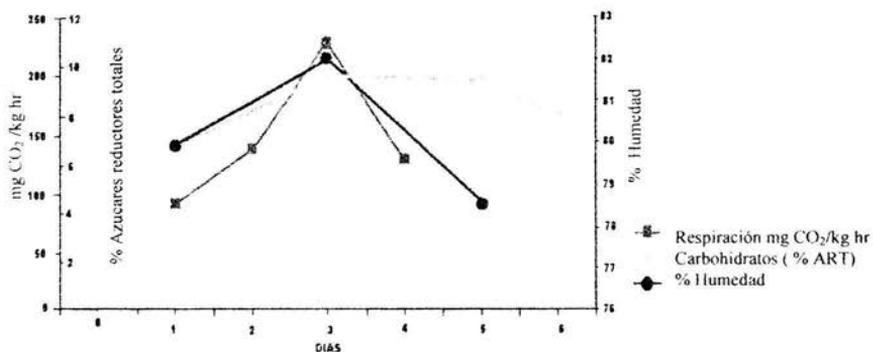
Gráfico 20. Cambios de color, firmeza y respiración en la guanábana.



Como ya se menciono los valores máximos alcanzados se encuentran en el tercer día de experimentación, donde se puede confirmar que tiene las características óptimas para su consumo tanto físicas como químicas.

Finalmente podemos decir que la vida útil de la guanábana fue de 5 a 6 días, pasando de este tiempo la guanábana inicia un estado de descomposición.

Gráfica 21. Relación de la intensidad respiratoria con los carbohidratos y la humedad.



**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES

Con el estudio realizado se llegó a las siguientes conclusiones:

La evaluación sensorial (textura, color, olor y sabor) nos permitió identificar tres diferentes estados de madurez, concluyendo que para el estado de madurez 1 (verde) corresponde al primer y segundo día de experimentación después de la compra, mientras que para el estado de madurez 2 (semi-verde), se presenta entre el tercero y cuarto día, y el estado de madurez 3 (maduro) se mantiene al quinto y sexto día. Las características encontradas en cada estado de madurez, las consideramos como parámetros indicadores para el desarrollo del fruto.

La determinación de parámetros físicos proporciono datos importantes, en la cual se observó que existe una gran diversidad de tamaños, pesos, y formas en la guanábana, donde podemos encontrar de 7 a 10 cm de diámetro ecuatorial y de 11 a 21 cm de diámetro longitudinal, con pesos de 350g a 1,280g y formas desde oblicuas, alargadas y acorazonadas, encontrándose mayor porcentaje las de forma de corazón alargada.

Por las dimensiones encontradas en este fruto se considera como un fruto de alto rendimiento ya que el 70.69 % esta constituida por pulpa y el resto lo conforma la cáscara, semillas y corazón.

En cuanto a la composición química, se encontró que aporta un valor energético considerable en la dieta diaria, por sus azúcares ya que podemos encontrar un 9.5% del contenido de azúcares.

También es importante mencionar que la guanábana esta constituida por un 83% de agua, fibra cruda de 0.28%, pectina 1.26%, cenizas de 1.19% y de los componentes minoritarios encontramos que grasa tiene 0.36% y proteína 0.29%. Cabe señalar que estos componentes cambian según el estado de madurez en que se encuentre el fruto.

La medición de pH, °Bx y acidez fueron determinantes ya que se tomaron como parámetros de calidad en la madurez del fruto, observándose que el pH se mantuvo casi constante de 4.16 a 4.04, por otro lado la acidez se comporto de la misma manera aunque con tendencia a subir de 0.58% a 0.68%, lo cual indica que la guanábana no pierde su sabor ácido característico con el aumento en el dulzor, como se observó en la determinación de °Bx (Sólidos solubles). La relación que existe entre los sólidos solubles y la acidez puede ser indicativo para establecer el índice de madurez del fruto en los diferentes estados de madurez ya que no existe una norma que lo establezca.

Por último se demostró con la medición de intensidad respiratoria que la guanábana tiene una rápida producción de CO₂, encontrando valores de 157 a 227 mg de CO₂ /kg hr producidos, lo que la hace altamente perecedera y presentando un pico climatérico en el tercer día de experimentación.

El comportamiento respiratorio de la guanábana pudo relacionarse finalmente con algunos parámetros determinados en este trabajo, encontrándose los más importantes: color, textura, carbohidratos, y humedad, que coinciden con el pico climatérico que influyen en la maduración del fruto, lo cual nos llevo a determinar la vida útil del fruto que corresponde a seis días máximo y manteniendo sus características organolépticas para ser consumido (esto es en estado maduro), no más de dos días.

Con todo esto podemos mencionar que de los tres estados de madurez identificados, el estado de madurez 2 que corresponde al semi-verde consideramos que es el óptimo, ya que es en este estado donde las características físicas y químicas son las adecuadas para una posible transformación.

Finalmente es de gran importancia mencionar que la caracterización de guanábana poscosecha, puede ser de gran utilidad para el desarrollo de una norma de calidad la cual indique que características deberá de cumplir para ser exportada o simplemente para controlar el manejo poscosecha, ya que este es uno de los principales problemas que presenta la mayoría de los frutos.

RECOMENDACIONES

Dado que es difícil establecer los diferentes estados de madurez de la guanábana, debido a que sus cambios físicos son demasiado rápidos por el alto índice de respiración, se recomienda comprar las guanábanas en estado verde y utilizarlas dentro de los días señalados en este trabajo, con la finalidad de obtener las características del estado de madurez que se requiera.

También es importante recalcar que para que un análisis sea completo habrá que tener en cuenta las características organolépticas del fruto (color, olor, sabor, aroma y textura), así como las condiciones de almacenamiento, la suma de estos componentes permitirá hablar de la calidad de fruto.

De los parámetros más importantes que consideramos dar seguimiento de investigación, es la respiración y la oxidación del fruto: Primero se recomienda trabajar con diferentes temperaturas de refrigeración, con la finalidad de establecer la temperatura óptima de almacenamiento y segundo trabajar con diferentes inhibidores enzimáticos para controlar las reacciones de oxidación del fruto y poder procesarla, ya que la pulpa de guanábana presenta actividad oxidativa al estar expuesta al oxígeno, lo cual influye en la calidad del fruto.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Anzaldúa M., A. (1994). La evaluación de los alimentos en la teoría y en la práctica. Ed. Acribia, Zaragoza.
2. Association of official analytical chemists. (1990). Official Methods of Analysis. 15ª ed., Ed. Kenneth, USA..
3. Arana E., R. (1972). Atmósferas controladas en la conservación de frutas y hortalizas. Ed. Revisión tecnológica de alimentos. México.
4. Badui D., S. (1999). Química de los alimentos. 3ª. ed., Ed Alhambra Mexicana, México.
5. Balderas G., A., Vera R., I. (2001). Cambios de color y textura de manzanas escaldadas utilizando microondas. I.A. FESC. UNAM.
6. Belitz W., G. (1997). Química de los alimentos. 2ª. ed., Ed. Acribia, S. A. Zaragoza España.
7. Berk Z. (1980). Introducción a la bioquímica de los alimentos, Ed. El Manual Moderno, S. A. México, D.F.
8. Calan M., I. (1995). Identificación de las áreas potenciales para el establecimiento de la guanábana (*Annona Muricata* L) en el estado de Guerrero. Ing. Agrícola, Chapingo, México.
9. Calderón A., E. El esfuerzo del hombre. UTHA Editores.
10. Casas A., N. (Agosto 1997). Textura de alimentos, Curso: Medición de Alimentos con Máquina Universal de Deformación (Texturometro). Sección LEM.
11. Cheftel J., C. (1983). Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Ed. Acribia Vol. 2, Zaragoza.
12. Cheftel J., C. (1999). Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos, Ed. Acribia Vol. 1, Zaragoza.
13. Coordinación general de fomento agroindustrial. (Noviembre 1980). Estudio de la factibilidad técnica, económica y financiera para la instalación de pulpas de tamarindo y guanábana.

14. Cruz Castillo Juan G. (1988). El cultivo de la guanábana: su manejo agronómico. UAM Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. 1ª. ed. Ed. Universidad Veracruzana.
15. Duckworth R. B., B. Sc., PH. D. (1968). Frutas y verduras. Ed. Acribia, España.
16. Delgado M., J., C. (Marzo 2000). La guanábana (*Anona Muricata* L) su manejo agronómico avances recientes. Ing. Agrónomo, Chapingo.
17. FAO (1993). Frutas tropicales y subtropicales.
18. Fiscal T., R., A. (1971). Estudio agroindustrial de la guanábana. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo, México.
19. Fisher J. (1986). Análisis moderno de los alimentos. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
20. Galeana M., P. (1995). Cambios de textura y color en fresa y brocoli sometidos a diferentes procesos de congelación y descongelación. I.A. FESC. UNAM.
21. Gallegos G., D. (1997). Manejo de cosecha y postcosecha para la comercialización de frutas y hortalizas en fresco. I.A., UNAM, FESC.
22. Giese J. (1995). Measuring Physical Propieters of Foods, Food Technology, Vol.49, No.2.
23. Gobierno Federal de las Naciones Unidas. (Junio 1993). Industrialización de la guanábana. Estudio de prefactibilidad, Edo. de Colima, Guerrero, Jalisco. Plan Lerma, Asistencia Técnica, Fideicomiso en Nacional Financiera, S. A.
24. Granola C. (1980). La industria de la fruta fresca en almíbar y confitada. 2ª. ed., Ed. Paraninfo. España.
25. Ibar A., L. (1986). Cultivo de aguacate, chirimoyo, mango y papaya. 3ª ed., Ed. AEDOS. Barcelona, España, 1986.
26. INEGI. (1997). Anuario estadístico del Edo. de Colima.
27. INEGI. (1998). Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados Unidos Mexicanos por cultivo.

28. Kader A., A. (1992). Índice de madurez, factores de calidad, Normalización e Inspección de cultivos. Memoria sobre fisiología postcosecha, Hermosillo, Sonora.
29. Lakshminarayan S. (1977). Investigación preeliminar sobre fisiología postcosecha de la guanábana. CONAFRUT, México.
30. Manual del color.
31. Little C., A. (1977). Colorimetry of Anthocyanin Pigmented Products. Journal of Food Science. Vol.42 No. 6.
32. Lewis M. J. (1993). Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. Ed Acribia, Zaragoza.
33. MAG. (1991). Aspectos técnicos de 45 cultivos de Costa Rica.
34. Morales Z. J., Salazar R. N. (2001). Estimación del efecto antifúngico de una película de quitosán sobre los parámetros de calidad y grado de madurez de la fresa *Fragaria Vesca* variedad solana durante su vida útil. I.A. FESC. UNAM.
35. Morlensen E., B., E. (1975). Horticultura Tropical y Subtropical. 3ª. ed. Ed. Pax, México.
36. Muller H., G. (1973). Introducción a la reología de los alimentos. Ed. Acribia, Zaragoza.
37. Norma Oficial Mexicana. NMX-FF-007-1982. Productos alimenticios, para uso humano -Fruta fresca- determinación de rendimiento. Secretaría de comercio y fomento industrial.
38. Norma Oficial Mexicana. NMX-FF-9-1982. Productos alimenticios, para uso humano -Fruta fresca- Determinación del tamaño en base al diámetro ecuatorial. Secretaría de comercio y fomento industrial.
39. Norma Oficial Mexicana. NMX-F-83-1986. Determinación de humedad. Secretaría de comercio y fomento industrial.
40. Norma Oficial Mexicana. NMX-F.009-S-1978. Determinación de fibra cruda. Secretaría de comercio y fomento industrial.
41. Norma Oficial Mexicana. NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas. Secretaría de comercio y fomento industrial.

42. Norma Oficial Mexicana. NMX-F-312-1997. Determinación de azúcares reductores directos y azúcares totales. Secretaría de comercio y fomento industrial.
43. Norma Oficial Mexicana. NMX-F-347-1980. Determinación de pectina. Secretaría de comercio y fomento industrial.
44. Ochse J., J., Soule, Jr. (1980). Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. 1ª. ed., Ed. Limusa, México.
45. Ron W., Barry M., Doug G. (1998). Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Ed. Acibia, Zaragoza, 1998.
46. SAGAR. (1998). Centro estadístico agropecuario.
47. Sánchez N., F. (1962). Nuevos procedimientos para la elaboración de los néctares de mango, guanábana y guayaba. Ed. P.M.G., Univ. Of de Puerto Rico, Río piedras.
48. Sánchez R., M. (1995). Mercado de la guanábana Annona Muricata L en la zona centro del estado de Veracruz. Ing. Agrónomo especialista en economía agrícola. Chapingo, México.
49. Sancho J., Bota J., J. (1999). Introducción al análisis sensorial de los alimentos. 1ª. Ed., Ed. Universidad de Barcelona, España.
50. Sanson J., A. (1991). Fruticultura tropical. 1ª. ed., Ed. Limusa, México.
51. Saucedo V., C. (1984). Sistemas y métodos de enfriamiento para frutas y hortalizas. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo, México.
52. Velazco L. (1971). La familia Anonaceae. Trabajo de la cátedra de fruticultura tropical. ENA, Chapingo, México.
53. Vidal, H.L. (1982). El cultivo de la guanábana en México. CONAFRUT, México.
54. Vidal H., L. (1993). La guanábana. Xalapa Veracruz, México.
55. <http://www.activonet.es/frunet/chirimoyas.html>.
52. <http://www.economia.gob.mx/normas>.

ANEXOS

ANEXO 1 NORMAS

SECRETARIA DE COMERCIO
Y FOMENTO INDUSTRIAL
NORMA MEXICANA
NMX-FF-9-1982

PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS, PARA USO
HUMANO - FRUTA FRESCA -DETERMINACION DEL TAMAÑO EN BASE
AL DIAMETRO ECUATORIAL.

NON INDUSTRIALIZED FOOD PRODUCTS FOR HUMAN USE-FRESH
FRUIT-DETERMINATION OF SIZE BASED ON UNITARIAN WEIGHT

PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron los siguientes Organismos:

SUBSECRETARIA DE SALUBRIDAD DIRECCION GENERAL DE
LABORATORIOS DE SALUD PUBLICA.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA LABORATORIOS DE
INVESTIGACION.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método para determinar el tamaño de la Fruta Fresca en base al diámetro ecuatorial.

2 REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las vigentes de las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

- NOM-FF-6 Productos alimenticios no industrializados para uso humano.
Fruta fresca- Terminología.
- NOMZ-12 Muestreo para la inspección por atributos.

3 FUNDAMENTO

Este método se basa en determinar el crecimiento de la fruta que es proporcional al aumento de su diámetro ecuatorial, y midiendo éste se tiene un índice de tamaño.

4 APARATOS Y EQUIPO

4.1 Calibradores de tamaños especiales para cada especie frutícola.

4.2 Calibrador con vernier (Pié de Rey)

5 MUESTREO

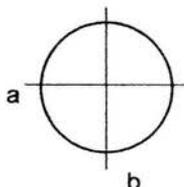
Para llevar a cabo un muestreo durante alguna inspección, esté puede ser establecido de común acuerdo entre vendedor y comprador. De no, haber ningún acuerdo, se recomienda seguir el procedimiento indicado en la Norma NOM-Z-12.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Cuando se utiliza un calibrador especial para la especie frutícola el tamaño se determina de la siguiente manera: se introduce la fruta en el orificio del calibrador con la medida que se considera que tiene la fruta; si dicho orificio es más pequeño que la fruta, se prueba en el tamaño inmediato superior y así sucesivamente, hasta que la fruta atraviese alguno de los orificios, pero si ésta atraviesa holgadamente dicho orificio, se toma la medida de inmediato inferior como tamaño de la fruta.

6.2 Cuando se determina el tamaño con un calibrador vernier o Pié de Rey se medirá la fruta por su diámetro ecuatorial tomándose la lectura directamente en la escala del "vernier".

Figura 26. Medición con un vernier del diámetro ecuatorial de una nuez.



- a) Diámetro ecuatorial.
- b) Diámetro polar.

7 EXPRESION DE RESULTADOS

Los resultados deben expresarse en centímetros en ambos casos.

8 INFORME DE LA PRUEBA

El resultado final será la media aritmética de las determinaciones realizadas.

9 BIBLIOGRAFIA

NOM-Z-13-1977 Guía para la redacción, estructuración y presentación de las Normas Oficiales Mexicanas.

SECRETARIA DE COMERCIO
Y FOMENTO INDUSTRIAL
NORMA MEXICANA
NMX-FF-007-1982

PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS, PARA USO
HUMANO - FRUTA FRESCA - DETERMINACION DE RENDIMIENTO

NO INDUSTRIALIZED FOOD PRODUCTS FOR HUMAN USE FRESH
FRUIT- DETERMINATION OF YIELDING

PREFACIO

En la elaboración de esta norma, participaron los siguientes Organismos:

- SUBSECRETARIA DE SALUBRIDAD, DIRECCION GENERAL DE LABORATORIOS DE SALUD PUBLICA.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
- COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA
- LABORATORIOS DE INVESTIGACION

PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS, PARA USO
HUMANO- FRUTA FRESCA- DETERMINACION DE RENDIMIENTO

NO INDUSTRIALIZED FOOD PRODUCTS FOR HUMAN USE FRESH
FRUIT- DETERMINATION OF YIELDING

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método para determinar el rendimiento en frutas frescas.

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las vigentes de las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

NOM-FF-6 Productos alimenticios no industrializados para uso humano
Fruta Fresca - Terminología.

NOM-Z-12 Muestreo para la inspección por atributos.

3 DEFINICION

Rendimiento

Es la cantidad que, del total de la fruta, se puede consumir en estado fresco.

4 FUNDAMENTO

Este método se basa en la obtención del peso de la parte comestible de una fruta, relacionándolo con el peso de la fruta entera.

5 MATERIAL Y EQUIPO

5.1 Balanza granataria con resolución de 0.1 g.

5.2 Cuchillo, navaja o cascanueces.

5.3 Material común de laboratorio.

6 MUESTREO

Para llevar a cabo un muestreo durante alguna inspección, este puede ser establecido de común acuerdo entre vendedor y comprador. De no haber ningún acuerdo, se recomienda seguir el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-Z-12.

7 PROCEDIMIENTO

7.1 Lavar y secar la muestra

7.2 Pesar la muestra

- 7.3 Separar las proporciones no comestibles de la muestra
- 7.4 Pesar la porción comestible
- 7.5 Realizar al menos dos determinaciones de muestras obtenidas del mismo lote.

8 EXPRESION DE RESULTADOS

Los resultados se expresan en por ciento (%) de rendimiento, usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de rendimiento} = M/M_1 \times 100$$

donde:

M= masa de la porción comestible en gramos.

M1 = masa de la muestra entera en gramos.

9 INFORME DE LA PRUEBA

El resultado final será la media aritmética de las determinaciones realizadas.

10 BIBLIOGRAFIA

NOM-Z-13-1977 Guía para la redacción , Estructuración y Presentación de las Normas Mexicanas.

ANEXO 2 PRUBAS FISICAS

Determinación de color

En la prueba de color se utilizó un Colorímetro minolta CR-300, como el que se observa en la figura No 14 del texto. La medición se realizó directamente sobre el tejido de la guanábana, las muestras se colocaron en el tubo proyector.

El colorímetro es calibrado previamente con la placa CR-A43, que tiene los valores de $Y = 97.7$, $x = 0.3136$, $Y = 0.3201$, las mediciones obtenidas fueron Luminosidad (L) y las Coordenadas a^* y b^* .

Determinación de textura

Fundamento: Este método se basa en la medición del esfuerzo necesario para vencer la resistencia que presenta la pulpa a la introducción de un émbolo de metal.

Material y equipo

Penetrómetro Humboldt

La textura de los frutos se medirá mediante la prueba de penetración, para ello se utilizará un penetrómetro Norridge 60655, marca Humboldt, con una varilla cilíndrica de acero inoxidable de 3.2 mm.

Descripción: Es un equipo sencillo para medir la distancia a la que un cono o varilla penetra en un alimento a un determinado tiempo. En su forma más simple el cono se coloca sobre la superficie del alimento y se descarga durante un tiempo determinado. Al final de dicho tiempo el cono se fija con una mordaza y se mide la profundidad de penetración con una escala, figura 27.

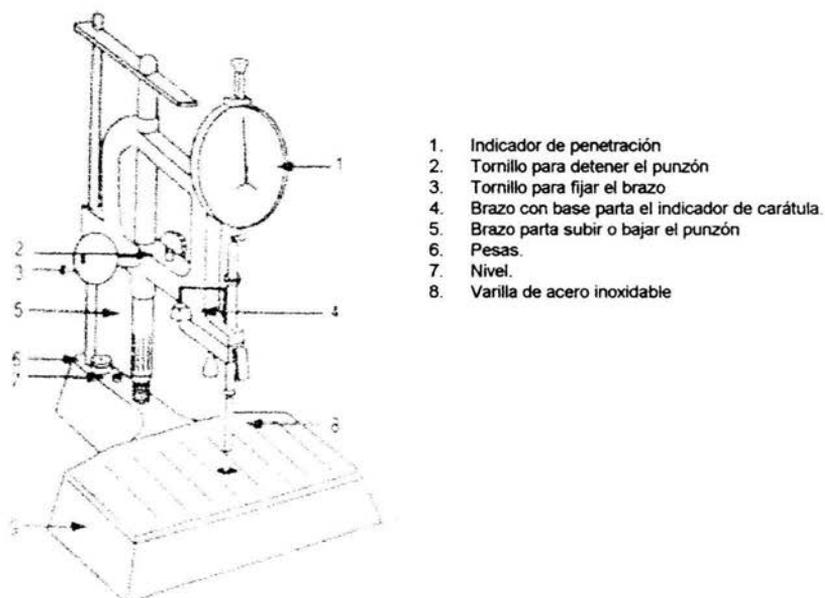


Figura 27. Esquema del penetrómetro de Humboldt.

La profundidad de penetración dependerá del peso del cono y del ángulo, el tipo de material, su temperatura y el tiempo de penetración.

Los datos se reportan en 1/10mm que es la precisión que posee el equipo.

ANEXO 3

Determinación de Intensidad respiratoria

Método: Dispositivo de Pettenkoffer

Material:

Balanza granataria
Matraces erlenmeyer
Tubo de pettenkoffer
Burbujeadores
Bomba de vacío

Reactivos

Hidróxido de Bario $Ba(OH)_2$ al 0.1 N
Fenolftaleína al 1%
Acido Clorhídrico al 0.1 N
Hidróxido de potasio al 40 %
Hidróxido de sodio

Procedimiento: Se toma el peso de la fruta, se coloca la fruta en el respirometro conectado a la bomba de vacío, se miden 50 ml. de solución de Hidróxido de bario al 0.1N, se conectan los burbujeadores y se enciende la bomba durante 30 minutos controlando la velocidad de las burbujas.

Transcurrido el tiempo se titula el hidróxido de bario con solución de cloruro de sodio 0.1N hasta un vire blanco. Siguiendo el mismo procedimiento se corre un blanco.

Calculo

$$\frac{(T_b - T_m) \times 2.2 \times 1000}{P \times t} = \frac{\text{mg } CO_2}{\text{kg. hr}}$$

Donde:

T_b = ml gastados de HCl 0.1 N en el Blanco
 T_m = ml gastados de HCl 0.1 N en la muestra
 P = peso de la muestra
 t = tiempo en horas
2.2 = mg de CO_2 / ml de HCl 0.1 N

ANEXO 4 ANALISIS ESTADISTICOS

Parámetros Físicos, Químicos y Físico-químicos.

a) Perdida de peso.

Variables: 1-Estado de madurez, 2 - Días						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2	8.772	12	15.449	0.567	0.581
2	4*	234.259*	48*	2.206*	106.178*	0.000*
12	8	1.233	48	2.206	0.599	0.773

b) Color en cáscara (Minolta).

Variables: 1-Estado de madurez, 2 - punto, 3-Días.						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2	155.475	2	23.188	6.705	0.129
2	1	0.861	2	23.188	0.371	0.849
3	5*	5649.621*	10*	31.847*	177.398*	0.000*
12	2	1.060	2	23.188	0.045	0.956
13	10*	105.883*	10*	31.847*	3.324*	0.357*
23	5	31.606	10	31.847	0.992	0.468
123	10	31.486	10	31.847	0.988	0.507

c) Color en pulpa (Minolta).

Variables: 1-Horas, 2 - con semillas /sin semillas						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	5*	15.764*	12*	4.569*	3.449*	0.365*
2	1*	454.471*	12*	2.238*	203.013*	0.000*
12	5*	11.093*	12*	2.238*	4.955*	0.108*

d) Textura.

Variables: 1-Estado de madurez, 2- Zonas, 3-Días						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2	379.349	9	705.256	0.537	0.601
2	1	382.721	9	101.994	3.752	0.084
3	3*	1261.548*	27*	160.899*	7.840*	0.000*
12	2	270.442	9	101.994	2.651	0.124
13	6	70.387	27	160.899	0.437	0.847
23	3	36.468	27	51.869	0.703	0.558
123	6	14.854	27	51.869	0.286	0.938

e) Humedad.

Variables : 1-Estado de madurez, 2- pulpa y cáscara , 3-Días						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2*	12.784*	5*	0.887*	14.402*	0.008*
2	1*	3465.586*	5*	0.729*	4750.834*	0.000*
3	2*	84.653*	10*	4.401*	19.232*	0.000*
12	2*	6.617*	5*	0.729*	9.072*	0.021*
13	4*	16.622*	10*	4.401*	3.776*	0.040*
23	2*	34.614*	10*	4.224*	7.827*	0.009*
123	4	5.654	10	4.422*	1.279	0.341

f) Azúcares Reductores.

Variable: 1-Días						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	3*	4.892*	3*	0.203*	24.072	0.013

g) Azúcares Totales.

Variable: 1-Días						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	3*	3.262*	3*	0.205*	15.880*	0.024*

h) Pectina

Variable: 1-Estado de madurez, 2- Pulpa y cáscara						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2*	0.029*	6*	0.0009*	30.267*	0.000*
2	1*	0.052*	6*	0.0009*	55.853*	0.000*
12	2*	0.375*	6*	0.0009*	397.620*	0.000*

i) Sólidos solubles (°Brix).

Variable: 1-Estado de madurez, 2- Pulpa y cáscara						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2	4.905	37	11.08111	0.442	0.645

j) Cenizas.

Variables: 1-Estado de madurez, 2- Pulpa y cáscara, 3-días						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2	0.066	3	0.009	6.928	0.075
2	1*	3.783*	3*	0.000*	4235.855*	0.000*
3	2	0.062	6	0.135	4.611	0.061
12	2*	0.141*	3*	0.000*	158.151*	0.001*
13	4	0.452	6	0.135	3.351	0.090
23	2	0.000	6	0.004	0.28	0.972
123	4*	0.028*	6*	0.005*	5.886*	0.028*

i) Sólidos solubles (°Brix).

Variable: 1-Estado de madurez, 2- Pulpa y cáscara						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	2	0.004	6	0.037	0.128	0.881
2	1*	0.135*	6*	0.017*	7.777*	0.316*
12	2*	0.009	6	0.017	0.549	0.603

i) Respiración.

Variable: 1-Horas, 2-Días.						
Efecto	Grados de libertad (efecto)	Cuadrado Medio (efecto)	Grados de libertad (error)	Cuadrado Medio (error)	F calculada	P-nivel
1	4	1733.43	4	912.502	1.899	0.274
2	2*	111101.27+	2*	207.771*	53.430*	0.018*
12	8	621.30	8	764.615	0.8125	0.612

* Efectos significativos.