



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL
CENTRO DE LA REPÚBLICA (PROPAC)**

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**EVOLUCION DE LA CALIDAD DE LA ALMENDRA
DE GENOTIPOS NATIVOS DE NOGAL PECANERO
[*Carya illinoensis* (Wang) K. Koch] EN CONDICIONES
DE ALMACENAMIENTO ACELERADO.**

T E S I S

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de

**MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

Presenta:

ING. EDMUNDO GUTIERREZ ARIAS

CENTRO UNIVERSITARIO

Santiago de Querétaro, Qro.; Noviembre de 1999.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

**“EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DE ALMENDRA DE GENOTIPOS NATIVOS DE NOGAL
PECANERO [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. KOCH] EN CONDICIONES DE
ALMACENAMIENTO ACELERADO”**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Presenta:

ING. AGR. EDMUNDO GUTIÉRREZ ARIAS

Dirigido por:

DR. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE

SINODALES

DR. RAMÓN ÁLVAR MARTÍNEZ PENICHE

Presidente

DR. JUAN DE DIOS FIGUEROA CÁRDENAS

Secretario

DR. SALVADOR PÉREZ GONZÁLEZ

Vocal

M. en C. JOSÉ LUÍS REYES CARRILLO

Suplente

DR. EDUARDO CASTAÑO TOSTADO

Suplente

Q.M.J. MERCEDES ESPARZA GARCÍA

Director de la Facultad de Química

DRA. MA. GUADALUPE BERNAL SANTOS

Directora de Investigación y Posgrado

No. Adq. H 61558

No. Título _____

Clas. 634.5

G984c

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Bioquímica y Fisiología en Poscosecha del Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (D.I.P.A.) de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Las pruebas de textura se efectuaron en el laboratorio de biomateriales del CINVESTAV Unidad-Querétaro.

DEDICATORIAS

Deseo dedicar esta tesis a mis padres: CARLOS y VIRGINIA por su amor comprensión apoyo y por su ejemplo de superación constante, así como a mi esposa REYNA por su paciencia y solidaridad en las buenas y en las malas llenando de fortaleza mi corazón; de igual manera a mis hijos KARLA y ALONSO, por su sonrisa diaria; a mis hermanos (FABIOLA, MARCELA, URIEL, GERARDO, CORNELIO, ARMANDO, MARU, EDUARDO, ANGELES, JULIAN y ROBERTO) y a todos mis sobrinos.

AGRADECIMIENTOS

A la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

Al Sindicato Nacional de la industria Azucarera por su apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

Al CINVESTAV Unidad Querétaro, por haberme permitido realizar parte experimental en sus instalaciones.

Al Dr. Ramón Martínez Peniche , por aceptarme como parte de su equipo de trabajo y de considerarme su amigo.

Al Dr. Juan de Dios Figueroa Cardenas, por su apoyo en la parte de textura y sus comentarios en la revisión de la tesis.

Al Dr. Gerónimo Arámbula Villa, por tantos comentarios de gran aporte para mi tesis.

Al Dr. Salvador Pérez González, por sus comentarios en la tesis y su gran amistad que motiva a ser mejor cada día.

Al M. C. José Luis Reyes Carrillo, por su amistad y por su valiosa participación en la revisión de la tesis.

Al Dr. Eduardo Castaño Tostado, por sus acertados comentarios en el análisis estadístico.

A los ingenieros Américo Navarro Oliva y Antero Martínez Dorado así como al M. C. Antonio Buen Abad Domínguez, por su valiosa colaboración en la colecta de las nueces.

A mis amigos Julio, Montse, Vinicio, Bere, Alicia, Ulises, Sofía, Rubén, Juanita, Miguel, Nora, Roberto, Carla, Pepe, Polo, Lety Morones, Vanessa, Alfredo Larios, Tita y Paco.

A mis amigos de laboratorio Nelly, Lolita, Bertha, Estela, Carmen, Liz, Paola, Checo, Marlene, Mariela, Betty.

Y todos aquellos que de alguna manera aportaron su granito de arena en este trabajo.

RESUMEN

En el centro de la república mexicana existen zonas con poblaciones de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] criollo que representan una fuente de germoplasma que aún no ha sido explotada. La comercialización deficiente y la producción alterna del nogal propician que los precios que se pagan por la nuez en la región sean bajos. Esta situación podría regularse mediante el almacenamiento del producto, aunque éste puede provocar cambios bioquímicos que van a modificar su sabor, olor y textura. Además de las condiciones de almacenamiento, la vida en poscosecha de la nuez depende del genotipo, de las condiciones de cultivo y de la rapidez con que los frutos se seque al cosecharse. En el presente trabajo se estudió la evolución en almacenamiento en cáscara y en almendra de nuez pecanera de 7 genotipos criollos del centro de la república mexicana y una variedad mejorada, para lo cual se evaluó el color (ΔE), la textura y la rancidez (valores de peróxidos y ácidos grasos libres), y se llevó a cabo un análisis sensorial. Los principales resultados obtenidos en el presente trabajo, fueron los siguientes: Los genotipos de la región presentan colores de almendra relativamente claros. A excepción de la 36 y la 87, las almendras almacenadas en cáscara presentaron menor oscurecimiento que las almacenadas sin cáscara. Las muestras 02 y 82 manifestaron los menores índices de rancidez. En el análisis sensorial, las muestras 02, 23 y 82 fueron las mejor apreciadas en sabor. Inesperadamente, los panelistas prefirieron las nueces de colores relativamente oscuros. Se concluye que la muestra 82 fue la más sobresaliente, ya que presentó un color claro, que es favorable a la exportación, y los menores índices de rancidez durante el almacenamiento.

Palabras clave: Nuez pecanera, genotipo, almacenamiento, poscosecha, rancidez

ABSTRACT

There are in central Mexico some areas established with native pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] populations which represent a germplasm source that has not been exploited yet. Due to deficient commercialization and alternated production of pecan in the region, low prices are paid for pecans. This situation could be improved by storing the product, even though biochemical changes modifying flavor, odor and texture could appear. In addition to storage conditions, shelf life of pecan depends on genotype, culture conditions and time taken to dry harvested fruits. In this research, evolution in storage of inshell and shelled pecans of 7 genotypes from central Mexico and one improved variety was studied. Color (ΔE), texture and rancidity index (peroxide value and free fatty acids) were evaluated, and a sensory analyses was carried. Main results obtained in this study were the following: Central Mexico genotypes showed a relative light kernel colors. Exception made of genotypes 36 and 87, kernels stored inshell darkened less than those stored shelled. Samples 02 and 82 were the best appreciated in flavor. Unexpectedly, panelists preferred kernels showing relatively darker colors. We conclude that genotype 82 was the most performant, because it showed a lighter color, suitable for exportation, and the lowest rancidity index during storage.

Key words: Pecan, genotype, storage, postharvest, rancidity

INDICE

DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
II.1 ANTECEDENTES E IMPORTANCIA DEL NOGAL PECANERO.....	4
II.1.1. ORIGEN	4
II.1.2. ANTECEDENTES DEL CULTIVO.....	4
II.1.3. DISTRIBUCION.....	5
II.1.4. IMPORTANCIA ECONOMICA Y COMERCIAL.....	6
II.1.5. USOS DE LA NUEZ PECANERA.....	8
II.1.6. IMPORTANCIA NUTRICIONAL.....	8
II.2. BOTÁNICA DEL NOGAL PECANERO.....	10
II.2.1. TAXONOMIA	10
II.2.2. MEJORAMIENTO GENETICO.....	11
II.2.3. ANATOMIA.....	13
II.2.4. FISILOGIA.....	15
II.3. COMPOSICIÓN DE LA NUEZ PECANERA.....	17
II.3.1. LIPIDOS.....	17
II.3.2. CARBOHIDRATOS.....	20
II.3.3. PROTEINAS.....	20
II.3.4. HUMEDAD.....	20
II.3.5. VITAMINAS.....	22
II.3.6. MINERALES.....	22
II.3.7. FENOLES.....	22
II.4. DETERIORO DE LÍPIDOS.....	23
II.4.1. RANCIDEZ HIDROLITICA.....	24
II.4.2. OXIDACION ENZIMATICA.....	24
II.4.3. RANCIDEZ OXIDATIVA.....	25

II.4.4. MECANISMOS DE LA REACCIONES DE AUTOXIDACION.....	25
II.5. MANEJO EN POSCOSECHA DE LA NUEZ.....	29
II.5.1. COSECHA.....	31
II.5.2. SECADO.....	31
II.5.3. DESCASCARADO.....	31
II.5.4. CLASIFICACION.....	33
II.5.5. ALMACENAMIENTO.....	33
II.6. ALMACENAMIENTO COMERCIAL.....	34
II.6.1. ALMACENAMIENTO REFRIGERADO.....	34
II.7. ESTÁNDARES DE CALIDAD PARA LA NUEZ PECANERA.....	35
II.7.1. ESTANDARES PARA LA NUEZ ENCARCELADA.....	35
II.7.2. ESTANDARES PARA LA NUEZ DESCASCARADA.....	35
II.7.3. CRITERIO DE CALIDAD USADO POR LA INDUSTRIA	36
II.8 EVOLUCIÓN DE LA NUEZ DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	40
II.8.1. COLOR.....	40
II.8.2. TEXTURA.....	41
II.8.3. OXIDACION DEL ACEITE.....	41
II.8.4. MICROORGANISMOS.....	44
HIPÓTESIS.....	45
OBJETIVOS.....	45
III. MATERIALES Y METODOS.....	46
III.1. MATERIALES	46
III.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO.....	46
III.1.2. MATERIAL DE LABORATORIO	46
III.1.2.1. EQUIPOS.....	46
III.1.2.2. REACTIVOS.....	46
III.2. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO.....	46
III.3. CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS.....	53
III.3.1. CARACTERIZACION FISICA.....	53
III.3.2. CARACTERIZACION QUIMICA.....	54
III.3.2.1. LIPIDOS TOTALES.....	54
III.3.2.2. PROTEINAS.....	54
III.3.2.3. CARBOHIDRATOS.....	55
III.3.2.4. FIBRA CRUDA	55
III.3.2.5. HUMEDAD.....	55
III.3.2.6. CENIZAS.....	55

III.4. EVALUACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	56
III.4.1. DETERMINACIONES FISICAS.....	56
III.4.1.1. COLOR	56
III.4.1.2. TEXTURA.....	56
III.4.1.2.1. ANALISIS DEL PERFIL TEXTURA	57
III.4.1.2.2. RESISTENCA A LA PENETRACION.....	57
III.4.2. DETERMINACIONES BIOQUIMICAS.....	57
III.4.2.1. VALOR DE PEROXIDOS.....	57
III.4.2.2. ACIDOS GRASOS LIBRES.....	58
III.5. EVALUACIÓN SENSORIAL	58
III.6. DISEÑO DEL EXPERIMENTO	59
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
IV.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS GENOTIPOS.....	60
IV.1.1. CARACTERIZACION FISICA	60
IV.1.2. CARACTERIZACION QUIMICA.....	64
IV.2. EVALUACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	67
IV.2.1. DETERMINACIONES FISICAS.....	68
IV.2.1.1. COLOR.....	68
IV.2.1.2. TEXTURA.....	73
IV.2.1.2.1. ANALISIS DEL PERFIL TEXTURA	73
IV.2.1.2.2. RESISTENCIA A LA PENETRACION.....	80
IV.2.2. DETERMINACIONES BIOQUIMICAS.....	83
IV.2.2.1. VALOR DE PEROXIDOS.....	83
IV.2.2.2. ACIDOS GRASOS LIBRES.....	88
IV.2.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	91
IV.3. EVALUACIÓN SENSORIAL	93
IV.4. ANALISIS DE CORRELACION ENTRE VARIABLES EVALUADAS.....	98
V. CONCLUSIONES.....	104
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	109
VII. ANEXO.....	122

No.	INDICE DE TABLAS	Pag.
2.1.	Producción Mundial de la Nuez Pecanera en 1991.....	7
2.2.	Clasificación Taxonómica del Nogal Pecanero.....	12
2.3.	Composición de la Almendra de Nuez Pecanera en base Húmeda.....	19
2.4.	Composición de ácidos grasos del aceite de nuez pecanera.....	21
2.5.	Clasificación de tamaños de piezas de nuez para la industria.....	37
2.6.	Clasificación de mitades intactas de nuez para la industria.....	38
2.7.	Clasificación de características de textura y su relación con nomenclatura popular.....	42
2.8.	Definiciones físicas y sensoriales de parámetros mecánicos de textura	43
3.1.	Genotipos seleccionados.....	48
3.2.	Localización Geográfica, altura sobre el nivel del mar, (a.s.n.m.), y Temperatura media anual de las Zonas Productoras de Nogal Pecanero Nativo en el Centro de la República Mexicana.....	50
4.1 a	Caracterización física del fruto (<i>diámetro, longitud, grosor de la cáscara, resistencia a la fractura, nueces por kilo y porcentaje de almendra</i>) de 8 genotipos de nuez pecanera.....	61
4.1b	Caracterización física de la almendra (<i>coordenadas de color; L, a y b</i>) de 8 genotipos de nuez pecanera.....	61
4.2 a.	Caracterización química (<i>Análisis proximal</i>) de la almendra de 8 genotipos de nuez pecanera.....	65
4.2. b	Caracterización química (<i>Índice de peróxidos y ácidos grasos libres</i>) de la almendra de 8 genotipos de nuez pecanera.....	65
4.3.	Significancia estadística de las <i>coordenadas de color (L, a y b)</i> y el ΔE (<i>cambio total de color</i>) para los distintos factores de estudio y las interacciones.....	69
4.4 a	Comparación de medias para las <i>coordenadas de color (L, a y b)</i> y el ΔE de distintos <i>genotipos</i> nativos de nuez pecanera, con presentación y almacenamiento confundidos.....	70

4.4 b	Comparación de medias para <i>coordenadas de color (L, a y b)</i> y el ΔE para distintos tiempos de <i>almacenamiento</i> de nuez pecanera, con genotipos y almacenamiento confundidos.....	70
4.4 c	Comparación de medias para <i>coordenadas de color (L, a y b)</i> y el ΔE de distintas <i>presentaciones</i> de nuez pecanera, con genotipos y almacenamiento confundidos.....	70
4.5.	Significancia estadística del <i>Perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)</i> para los distintos factores de estudio y las interacciones.....	76
4.6.	Comparación de medias para el <i>Perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)</i> distintos <i>genotipos</i> nativos de nuez pecanera, con presentación y almacenamiento confundidos.....	76
4.7.	Comparación de medias para <i>Perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)</i> en distintos tiempos de <i>almacenamiento</i> de nuez pecanera, con genotipos y presentación confundidos.....	78
4.8.	Comparación de medias para <i>Perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)</i> de distintas <i>presentaciones</i> de nuez pecanera, con genotipos y almacenamiento confundidos.....	78
4.9.	Significancia estadística de la <i>Resistencia a la penetración (punción)</i> para los distintos factores de estudio y las interacciones.....	81
4.10 a	Comparación de medias para la <i>Resistencia a la penetración (Punción)</i> distintos <i>genotipos</i> nativos de nuez pecanera, con presentación y almacenamiento confundidos.....	82
4.10 b	Comparación de medias para <i>Resistencia a la penetración (Punción)</i> para distintos tiempos de <i>almacenamiento</i> de nuez pecanera, con genotipos y almacenamiento confundidos.....	82
4.10 c	Comparación de medias para <i>Resistencia a la penetración (Punción)</i> de distintas <i>presentaciones</i> de nuez pecanera, con genotipos y almacenamiento confundidos.....	82

4.11.	Significancia estadística para <i>índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad</i> de distintos genotipos de nuez pecanera sometidos a almacenamiento acelerado en dos presentaciones.....	84
3.12	Comparación de medias para <i>índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad</i> en distintos genotipos de nuez pecanera, con presentación y almacenamiento confundidos.....	84
4.13	Comparación de medias para <i>índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad</i> para distintos tiempos de <i>almacenamiento</i> de nuez pecanera, con genotipos y almacenamiento confundidos.....	86
4.14.	Comparación de medias para <i>índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad</i> para distintas <i>presentaciones</i> de nuez pecanera, con genotipos y almacenamiento confundidos.....	86
4.15 a	<i>Significancia estadística</i> de las <i>Pruebas de apreciación</i> de variables consideradas en los análisis sensorial, para los distintos factores de estudio y las interacciones.....	94
4.15 b	<i>Significancia estadística</i> de las <i>pruebas de preferencia</i> de variables consideradas en los análisis sensorial, para los distintos factores de estudio y las interacciones.....	94
4.16 a	Comparación de medias para las <i>Pruebas de Apreciación (color textura y sabor)</i> variables sensoriales de distintos <i>genotipos</i> de nuez pecanera, con formas de almacenamiento confundidas.....	95
4.16 b	Comparación de medias para las <i>Pruebas de Preferencia (color, textura, sabor y aceptabilidad general)</i> de variables sensoriales de distintos <i>genotipos</i> de nuez pecanera, con formas de almacenamiento confundidas.....	95
4.17 a	Comparación de medias para las <i>Pruebas de apreciación (color, textura y sabor)</i> variables sensoriales en diferentes formas de <i>almacenamiento</i> , con genotipos confundidos.....	97
4.17 b	Comparación de medias para las <i>Pruebas de Preferencia (color, textura, sabor y aceptabilidad general)</i> variables sensoriales en diferentes formas de <i>almacenamiento</i> , con genotipos confundidos.....	97
4.18	Coefficientes de correlación simple ente 21 variables registradas de 8 genotipos de nuez pecanera.....	99

No.	INDICE DE FIGURAS	Pag.
2.1.	Composición de 14 Fuentes Lipídicas.....	9
2.2	Flores de Nogal Pecanero.....	14
2.3.	Sección Longitudinal Perpendicular al Plano de la Nuez	16
2.4.	Etapas de Desarrollo de la Nuez Pecanera.....	18
2.5.	Mecanismos de Oxidación de Lípidos.....	26
2.6.	Manejo en Poscosecha de la Nuez Pecanera.....	30
2.7.	Apariencia externa de la Nuez Pecanera.....	32
3.1	Mapa de la República Mexicana mostrando los tres estados participantes en los concursos regionales (Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí).....	49
3.2	Mapa del estado de Guanajuato, mostrando la zona de recolección de muestras correspondientes al municipio de Victoria.....	51
3.3	Mapa del estado de Querétaro, mostrando la zona de recolección de las muestras correspondientes al municipio de Peñamiller.....	52
4.1 a	Evolución del ΔE en nueces almacenadas con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.....	72
4.1 b	Evolución del ΔE en nueces almacenadas sin cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.....	72
4.2	Comparación del ΔE final de las almendras de nuez almacenadas con y sin cáscara a 21°C y 65% HR.	74
4.3 a	Comportamiento de la dureza (T.P.A.) de almendras de nuez pecanera almacenada sin cáscara a 21°C y 65% H.R. durante a meses.....	79
4.3 b	Comportamiento de la dureza (T.P.A.) de almendras de nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% H.R. durante a meses.....	79

4.4 a	Índice de peróxidos en nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.....	87
4.4 b	Índice de peróxidos en nuez pecanera almacenada sin cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.....	87
4.5 a	Porcentaje de ácidos grasos libres del aceite de nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.....	90
4.5 b	Porcentaje de ácidos grasos libres del aceite de nuez pecanera almacenada sin cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.....	90
4.6 a	Contenido de humedad en almendras de nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.	92
4.6. b	Contenido de humedad en almendras de nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.	92

I. INTRODUCCIÓN

El nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangengh) K. Koch] es originario de los márgenes de los ríos del Sudeste de los Estados Unidos de América y del Norte de México. Es por ello que en sitios bien localizados de estas regiones, crecen los llamados tipos criollos o nativos, los cuales, a diferencia de las variedades mejoradas, contienen un porcentaje de almendra relativamente bajo, cáscara mas o menos gruesa y, sin embargo, suelen poseer altos contenidos de aceite (Walters *et al.*, 1991) y cualidades sensoriales distintas a las de las variedades mejoradas, que resultan muy interesantes.

En el centro de la república mexicana existen zonas bien delimitadas con presencia de poblaciones de nogal criollo que se encuentran bajo semi-cultivo o manejo nulo, tal es el caso de las vegas del río Santa María en el estado de San Luis Potosí y del río Extoraz y algunos de sus afluentes, tales como el río Victoria, que abarca parte de los estados de Querétaro y Guanajuato. Al haberse propagado por semilla, estos nogales manifiestan una fuerte heterogeneidad genética que representa una fuente interesantísima de germoplasma, que hasta la fecha no ha sido explotada.

La buena calidad de la nuez pecanera está relacionada con el tamaño, el porcentaje de almendra, el color, la eficiencia en el descascarado y la uniformidad, siendo lo ideal un buen llenado, un tamaño aceptable y un color claro en la almendra. En efecto, el color de la almendra es usado en el comercio como un criterio de calidad, ya que un color oscuro se asocia con un deterioro bioquímico, principalmente desarrollo de rancidez, lo cual reduce la calidad sensorial. Kays (1977) ha enfatizado que esta relación no siempre es válida, ya que las diferencias de color en la nuez dependen principalmente de la variedad, de la fecha de cosecha y de las condiciones de secado. Sin embargo, por la facilidad para determinar la calidad de las nueces en función de su color, éste es el principal criterio práctico de la calidad y se le encuentra asociado a la aceptabilidad del consumidor.

La comercialización de la nuez en el centro de México se lleva en cabo de manera deficiente y anárquica, ya que no se cuenta con centros de acopio donde se descascare, clasifique y almacene el producto; es por ello que su precio generalmente es fijado arbitrariamente por los intermediarios, lo que redundará en un bajo ingreso para los productores.

Además, como la mayoría de los frutales, el nogal se caracteriza por presentar una producción alterna, la cual consiste en una elevada variación del rendimiento de un año a otro, lo que va también a originar cambios importantes en los precios fijados por el producto a nivel nacional e internacional, debido a las leyes de la oferta y la demanda. La alternancia en la producción puede ser reducida parcialmente en el huerto por medio de programas complejos de fertilización y de poda, lo cual difícilmente puede concebirse en la región.

Otra forma de evadir los bajos precios que se establecen en condiciones de una elevada oferta del producto, es por medio del almacenamiento de la nuez a bajas temperaturas, ya que, siendo la nuez un fruto seco, puede ser conservada por meses y años. Sin embargo, durante su almacenamiento, van a presentarse una serie de fenómenos físicos y bioquímicos que van a producir cambios paulatinos en el sabor, el olor y la textura. La calidad y la vida en poscosecha de la nuez dependen, además de la aplicación de bajas temperatura y una humedad relativa adecuada que impidan el desarrollo de microorganismos, del genotipo, de las condiciones ecológicas y de cultivo, así como de la rapidez con que ésta se seque al cosecharse.

Actualmente se realiza en la región un programa de selección de los genotipos criollos más sobresalientes basada en características agronómicas (rendimiento, comportamiento dicogámico, etc.) y de calidad del producto (porcentaje de almendra, tamaño de la nuez, color de la almendra, rendimiento de mitades intactas, contenido de lípidos, resistencia al ataque de microorganismos, etc.), contándose hasta la fecha con materiales sobresalientes, provenientes de Victoria, Gto. y de Peñamiller, Qro. No obstante, se desconoce cual podría ser su comportamiento durante un almacenamiento prolongado, en función de la presentación (ya sea en cáscara o en almendra).

Para evaluar la capacidad de almacenamiento de la nuez a nivel experimental y a corto plazo, se ha propuesto el almacenamiento acelerado, técnica que consiste en

someter a la nuez a 21°C y una humedad relativa de 65%, con el fin de poder evaluar a corto plazo los cambios en la calidad que el producto sufriría en un almacenamiento normal (Senter *et al.*, 1980).

Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la evolución en almacenamiento acelerado de dos formas de presentación de 7 genotipos criollos de nuez pecanera provenientes del centro de la república mexicana.

Los resultados obtenidos permitirán contar con genotipos seleccionados de buena calidad y capacidad de almacenamiento, y que a mediano plazo podrán establecerse en huertos comerciales, mejorando así la economía del productor.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II.1. ANTECEDENTES E IMPORTANCIA DEL NOGAL.

II.1.1. ORIGEN

El nogal pecanero o encarcelado [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch], es originario del sudeste de los E.U.A. y el noreste de México. Las tribus indígenas de esta región utilizaban la nuez pecanera como parte importante de su dieta desde antes de la llegada de los españoles (Madden y Malstrom, 1975; Woodroof, 1979; Castro 1983). Los primeros frutos reconocibles del género *Carya* se encontraron en muestras fósiles del periodo oligoceno, hace aproximadamente 34 millones de años (Thompson y Grauke, 1992).

II.1.2. ANTECEDENTES DEL CULTIVO

En 1941, Cabeza de Vaca, el gran explorador español, había descrito en su obra "Relaciones", que los nativos de América vivían de nueces durante dos meses del año, sin ningún otro alimento y que venían cada dos años al río de las nueces a recoger éstas y que eran mas grandes que las de España. Cabeza de Vaca quedó de tal manera cautivado por la nuez, que por 9 años viajó a través de la región nogalera y fue atacado por el infortunio, soportando penalidades; en vez de abatirse por tanta adversidad, pensó positivamente y optó por escribir acerca de algo constructivo, convirtiéndose en el primer autor que contribuyó a la literatura sobre el nogal (Brison, 1976 a).

Penicaut reportó que los nativos de Natchez, un pueblo indio en el río Mississippi, tenían tres clases de nogales. Describió uno de ellos como productor de nueces tan grandes como el puño, de las cuales hacían el pan para su sopa; una segunda clase tenía nueces que apenas eran del tamaño del dedo pulgar y que se llamaban "pecanes", la tercera clase no la describió. El nombre "pecane" fue adoptado por los colonizadores franceses de Lousiana para una nuez específica, la nuez pecanera. Más recientemente, *Carya* ha sido aceptado como el género al cual pertenecen los nogales pecaneros (Brison, 1976 a).

No obstante su utilización, apreciación y dispersión por los grupos indígenas, los colonizadores no comenzaron a cultivar el nogal, sino hasta finales del siglo XVIII. A mediados del siglo XIX, se inició el mejoramiento y selección de los árboles nativos a partir de semilla, y después por hibridación (Madden y Malstrom, 1975; Lagarda-Murrieta, 1978).

Al inicio del presente siglo, se desarrollaron gran parte de las plantaciones comerciales actuales en el sudeste de los Estado Unidos de América; en los últimos años se han ido renovando estos huertos y estableciendo nuevas plantaciones en los estados del oeste. En México, el nogal comenzó a plantarse a principios del presente siglo; sin embargo, fue hasta los años 60's que se registró un incremento significativo en la superficie cultivada. Para 1993, se habían alcanzado 37,000 ha en producción, con un rendimiento aproximado de 42,000 toneladas (INEGI, 1993).

II.1.3. DISTRIBUCIÓN

Los E.U.A. son el primer productor mundial de nuez encarcelada, con una producción anual promedio de 120,000 toneladas (Heaton *et al.*, 1977). Los principales estados productores son Georgia, Texas, Oklahoma, Alabama y Arizona (Woodroof, 1979; Hancock, 1997).

El reciente incremento en el área cultivada de nogal se ha basado en variedades mejoradas y genotipos nativos de buena calidad, de modo que la producción proveniente de nuez criolla (de baja calidad) va disminuyendo. Los estados de mayor producción son: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Sonora (Castro, 1983).

Sin embargo, gracias a sus características agroclimatológicas, en el centro de la República Mexicana existen zonas bien delimitadas con presencia de nogales nativos, los cuales se encuentran en cultivo, semicultivo o manejo nulo. Tal es el caso de la vega del río Santa María en el estado de San Luis Potosí; y la vega del río Extoraz y algunos de sus afluentes, que abarca los estados de Querétaro y Guanajuato. En el estado de San Luis Potosí, la zona nogalícola se encuentra localizada fundamentalmente en el municipio de Santa María del Río; en Guanajuato, en los municipios de Victoria, Santa Catarina, Tierra Blanca y Xichú; y en el Estado

de Querétaro en los municipios de Tolimán, Colón, Cadereyta y principalmente en Peñamiller, que cuenta quizás, con el mayor potencial para la explotación del nogal. Para 1994, sobre 7 km de vega, existían en Peñamiller, Qro. 10,946 arboles nativos, 6,703 en producción y 4,243 en desarrollo en comparación con los 10 y 20 km. de vega en Santa María del Río, SLP. y Victoria Gto., respectivamente (Navarro, 1998 CP).

II.1.4. IMPORTANCIA ECONÓMICA Y COMERCIAL

La industria de la nuez pecanera se inicia en este siglo. De 1960 a 1980 se tuvo el mayor impulso con el desarrollo de variedades de alto rendimiento y resistentes a enfermedades. La industria descascaradora incluye actualmente la compra de nueces en cáscara y su procesado para la obtención de las almendras. Antes de 1920, esta industria se basaba principalmente en las nueces sin descascarar, las cuales llegaban al consumidor final en esta forma (Brisson, 1976 b). En los Estados Unidos, la producción de cultivares mejorados se ha incrementado, de manera que en 1988 se produjeron 84 millones de kilogramos de nuez pecanera (Thompson y Grauke, 1992).

La producción mundial de nuez pecanera para 1991 fue de 145,718 toneladas (Tabla 2.1.) correspondiendo 111,358 toneladas a Estados Unidos de Norteamérica y 27,000 toneladas a México, el resto a Australia, Africa del Sur, Israel, Brasil y Egipto (FIRA, 1993).

Desde el punto de vista económico, el precio pagado por la nuez varía grandemente debido a que está sujeto a la ley de la oferta y la demanda, registrándose en E.E.U.U. precios que van desde U\$ 0.6/libra en 1975, a U\$ 0.7/libra en 1989, cotizándose las nueces mejoradas hasta en U\$ 1.44/libra en 1991 y U\$1.52 en 1992. Con respecto a las variedades criollas, se observó un precio de hasta U\$1.11/ libra en 1991, y de 1.42 dólares /libra en 1992 (Shafer, 1993).

Tabla 2.1. Producción Mundial de Nuez Pecanera en 1991.

País	Hectáreas cultivadas	Producción (toneladas)	Total (%)
Brasil	736	1,319	1.00
Australia	728	2,039	1.40
Sudáfrica	2,499	1,995	1.40
Israel	809	995	0.60
Egipto	202	112	0.10
México	42,000	27,900	19.10
E.U.A.	182,000	111,358	76.40
TOTALES	229,883	145,718	100.00

Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.A.) y Secretaría de Agricultura y recursos Hidráulicos (S.A.R.H.) tomado de FIRA, 1993.

II.1.5. USOS DE LA NUEZ PECANERA

La nuez pecanera tiene una gran variedad de usos como son en repostería, galletas, pasteles de fruta, dulces, nieves, malteadas, postres, botanas, chocolates lo mismo que con carnes y verduras (Woodrof, 1979).

Otra forma importante de industrialización de la nuez es la extracción de su aceite, el cual se obtiene como subproducto de la industria descascarada, que recupera un 60% de almendra, aproximadamente el 3% de almendra no recuperado se maneja como basura de la que se obtiene el aceite (Brison, 1976 b).

El aceite de la nuez refinado es de excelente calidad; presenta una apariencia clara y sin olor; desde el punto de vista nutricional compite con otros aceites como el de cacahuete, de maíz, de girasol, de algodón, de soya, y de oliva (fig.2.1). Éste puede ser usado para la elaboración de aderezos, margarinas, mayonesas y como sustituto de otros aceites para la cocina (Woodrof, 1979).

La cáscara de la nuez anteriormente desechada, ha alcanzado en los últimos años una gran importancia; en la actualidad es usada como pulidor de alta presión, debido a su baja descomposición, es empleada como material de cobertera, ya que conserva la humedad del suelo, el carbón prensado de la cáscara muestra un gran futuro. Otras posibilidades de uso pueden ser: rellenos para moldes de hule, ladrillos, compuestos plásticos, sustancias adhesivas y abrasivas. Existen posibilidades de elaborar filtros que ayuden a resolver el problema de contaminación ambiental (Avants y Pressev, 1973).

II.1.6. IMPORTANCIA NUTRICIONAL

La nuez pecanera es un alimento saludable, ya que al incluirla en la dieta, puede disminuir los riesgos de arteriosclerosis y enfermedades del corazón (Storey, 1995). Desde el punto de vista nutricional, una dieta alta en grasas saturadas se relaciona con la aterosclerosis; en esta enfermedad, las sustancias grasas, especialmente el colesterol y los triacélgliceridos, se depositan en las paredes internas de las arterias (Storey, 1991 a).

Existe mucha controversia en cuanto al efecto de los ácidos grasos en el organismo, pues mientras algunos autores opinan que los ácidos grasos

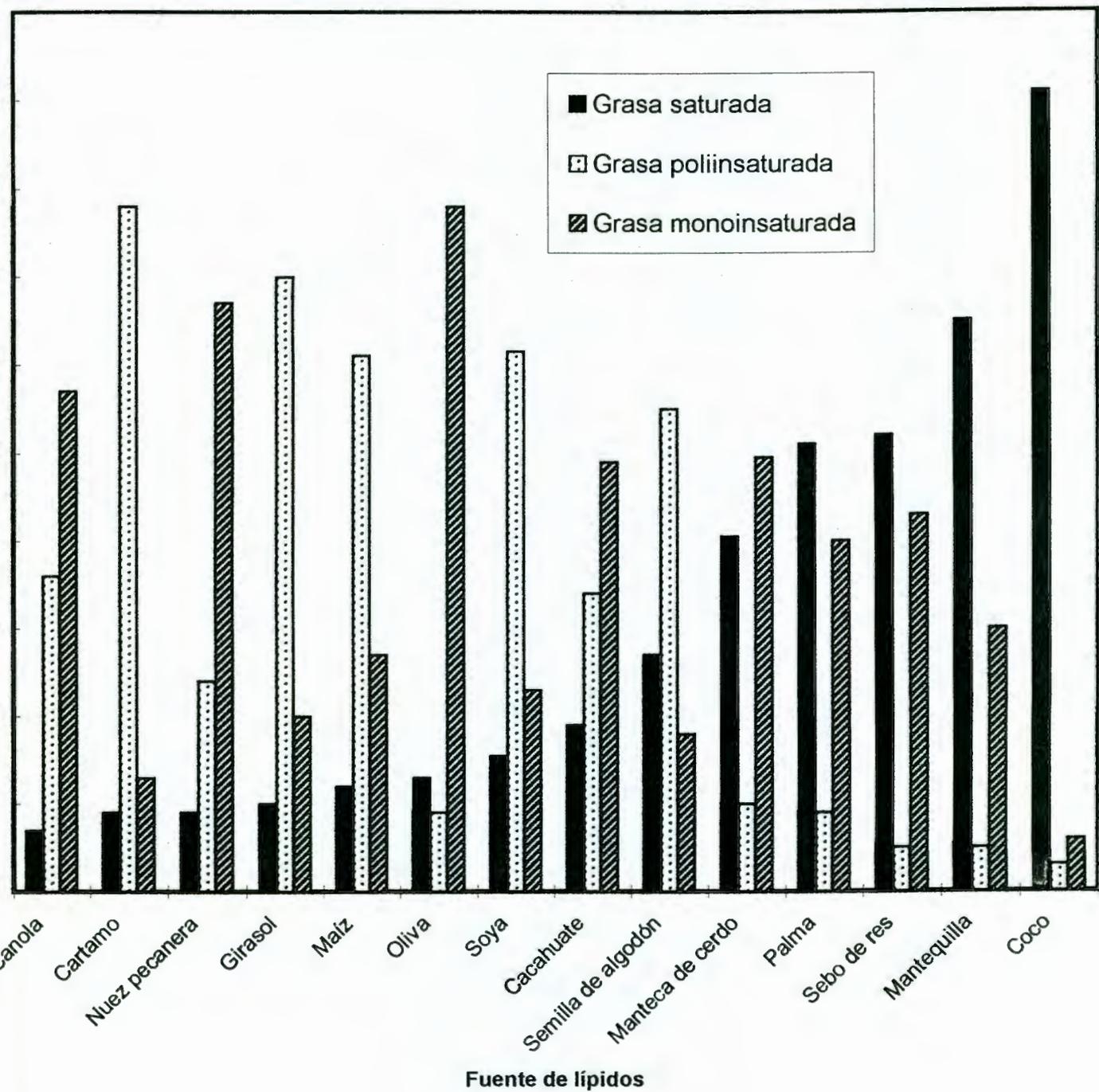


Fig.2.1 Composición de 14 fuentes lípidicas (adaptado por la USDA)

Santerre, 1994

monoinsaturados presentan un efecto neutro en la reducción de los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL), (Hegted *et al.*,1965),. Otros autores afirman que el consumo de ácidos grasos monoinsaturados tiende a reducir solo las LDL, sin modificar los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL), cuya concentración presenta una relación inversa con la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Storey, 1991 a). Por este motivo, pudiera pensarse que mientras mas insaturado sea el ácido, será mas saludable, ya que reduce el colesterol en la sangre, sin embargo, un consumo elevado de ácidos grasos poliinsaturados, tiende a reducir tanto los niveles de LDL como los niveles de HDL. Estas últimas lipoproteínas son las que transportan el colesterol al hígado donde es catabolizado, por lo que no es recomendable la disminución de HDL en la sangre (Bruckner,1992). De ser cierta la afirmación anterior, es importante el consumo de aceites con una alta concentración de ácidos grasos monoinsaturados, siendo una buena alternativa el consumo de aceite de nuez pecanera, dada su elevada concentración de este tipo de ácidos grasos.

II.2. BOTÁNICA DEL NOGAL PECANERO

II.2.1. TAXONOMIA

El género *Juglans*, que se encuentra dentro de la familia *Juglandacea*, agrupa a la nuez de Castilla, a la nuez de China, a la nuez de cáscara arrugada, a la nuez Persa y a la nuez Inglesa. (Grauke y Thompson, 1995). El género *Carya* incluye a la nuez pecanera y a los Hickories.

El nogal pecanero, ha recibido numerosos nombres y clasificaciones, Marshall (1785), en su obra "Arbustum Americanum" designó al nogal pecanero como *Juglans pecans* colocándolo en el género de la nuez de Castilla. En 1787, el capitán Wagenhejm le dio el nombre de *Juglans illinoensis*. En 1819, Thomas Nuttal separó los nogales de los hickories y colocó a los primeros en un nuevo género *Carya*. En 1888 Britton le dio nombre de *Hicoria Pecan*. En 1942 Engler y Graebn lo nombraron *Carya pecan*. Posteriormente, Koch la nombró *Carya illinoensis* (Tapia, 1974; Aguilar, 1981).

Este nombre fue aceptado por el Comité Asesor de Nuez Encarcelada de los Estados Unidos; en 1985, Grauke indicó que también sería aceptado por el Congreso Internacional de Botánica en 1987. Actualmente, el nombre para su identificación es [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] (Manaster, 1994; Wood, *et al.*, 1994). (Tabla 2.2)

II.2.2. MEJORAMIENTO GENETICO

México es un país donde el nogal pecanero presenta una gran diversidad genética (Cortés *et al.*, 1993). Éste crece en las riberas de los arroyos y ríos, por lo que es susceptible de ser eliminado cuando se hacen aclareos para establecer otro tipo de cultivos, o cuando las riberas son inundadas por los ríos (Grauke y Thompson, 1995).

El mejoramiento de cultivos es una disciplina empleada desde hace muchos años que involucra cruzas controladas y técnicas de selección para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos (Erickson y Frey, 1994). Para la obtención de variedades mejoradas, se seleccionan los progenitores para su propagación en base a características sobresalientes, tales como el tamaño de la nuez, el grosor de la cáscara, brotación temprana o alto rendimiento de los arboles. Las variedades de nuez pecanera usadas comercialmente se han originado a partir de la selección de nueces criollas, semillas de variedades criollas o mejoradas, o a partir de cruzas controladas (Hancock, 1987). En este tipo de cruzas se combinan las características deseables de dos progenitores, y las plantas sobresalientes se propagan en viveros y se monitorean por un año. Posteriormente, los arboles son transferidos a sitios infectadas por enfermedades, particularmente la roña producida por el hongo *Fusiladium efusum* (Wint.) donde se seleccionan aquellos resistentes, propagándolos después en ambientes diferentes (Thompson, 1993).

En 1870 se seleccionaron los primeros cultivares de nuez a partir de un árbol seleccionado llamado "San Saba Madre" (Brison, 1976 a). Actualmente se cuenta con un sinnúmero de variedades mejoradas cuyas características fundamentales son, independientemente de su productividad, el poseer un alto porcentaje de almendra y una cáscara sumamente delgada (Worley, 1994). Entre las variedades

Tabla 2.2 Clasificación taxonómica del nogal pecanero.

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Spermatofitae</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledoneae</i>
Familia	<i>Juglandaceae</i>
Género	<i>Carya</i>
Especie	<i>Carya illinoensis</i>

Tapia, 1974; Brison, 1976 a; Grauke, 1985.

mejoradas se encuentran: Stuart, Desirable, Schley Western, Gloria grande, Cape Fear Summer, Elliott, Wichita, Curtis, Maramek, Woodart, Moneymarker, Frutscher. Cada variedad tiene un tamaño y un sabor característico (Worley, 1980) De reciente obtención son las variedades Pawnee y Navaho (Thompson y Grauke, 1995; Thompson, 1997).

II.2.3. ANATOMIA

El nogal es un árbol que puede alcanzar hasta 51 metros de altura, con un tronco de hasta 2 m de diámetro. De acuerdo a Andrice (1951) el árbol mas grande del mundo se encontraba en México, cerca de Allende en el Estado de Durango.

Los órganos del nogal son las raíces, tallos, ramas, hojas, flores y frutos. El primer órgano que emerge de la nuez cuando ésta germina es la radícula del embrión. Su continuo crecimiento da lugar a la raíz principal, que es pivotante y crece en forma vertical mas del doble que el follaje, el primero y segundo años de crecimiento. Del tercer año en adelante la raíz se vuelve semifibrosa y se extiende en un radio que se ensancha horizontalmente, hasta que las laterales abarcan un área en proyección de $1\frac{1}{2}$ veces mayor a la alcanzada por el follaje, formando así un sistema de absorción completo.

El tallo surge de la plúmula del embrión, emerge del suelo, crece hacia arriba y la raíz se comunica con el sistema foliar por medio del tallo y las ramas que forman la estructura del árbol y la base de las hojas. Los tallos son rectos, con corteza de color ceniciento, gruesa y agrietada. Las ramas jóvenes son lisas y de color rojo oscuro, mientras que las viejas son agrietadas y de color pardo. Todos los nogales maduros presentan follaje espeso con copa semi-redondeada, sus hojas son caedizas, compuestas, emparipinadas con 5 a 19 foliolos (hojillas) grandes ovales, lanceoladas, dentadas y al tallarlas despiden un olor típico.

El nogal es una planta monoica, ya que presenta flores unisexuales que se encuentran en el mismo árbol (fig. 2.2). Las flores son pequeñas y apétalas. Las masculinas se localizan agrupadas en inflorescencias llamados amentos que son cilíndricas, colgantes de 6 a 8 cm. de longitud, axiales, nacen en madera del año anterior de las yemas formadas en la base del crecimiento de las ramas.

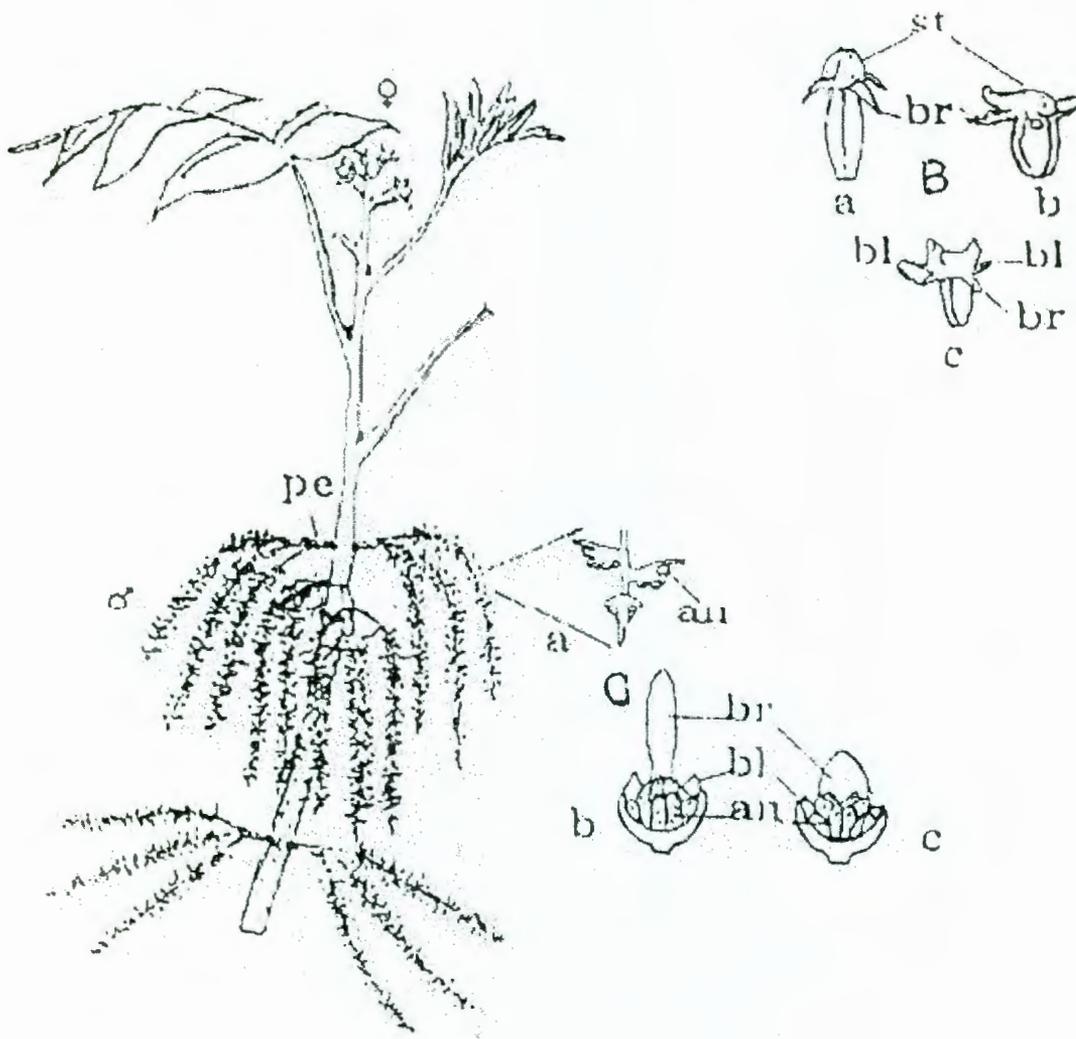


figura 2.2 Flores del nogal pe=pedúnculo; La fig. B muestra la variación en el estigma en flores pistiladas del nogal, mostrando tres variaciones (a) Pawne (b) 74-4-3 (c): 74-10-42 donde br= bractea, bl= bracteolo, st= estigma. La fig. muestra la variación de flores estaminadas de donde (a): muestra las flores alternas en el pedúnculo;(b) flores estaminadas de cultivares protogínicos con bráctea larga y (c) flores estaminadas de cultivares protándricos con bráctea corta; donde an=antera

Por su parte, las flores femeninas nacen en yemas mixtas (hojas y flores) en la punta de la rama que se desarrolla al crecer el brote en primavera, las yemas florales se forman en junio o julio de cada año y lo hacen junto con las nueces en desarrollo.

Los frutos desarrollados de las flores femeninas (nueces) forman racimos con agrupaciones por lo general de 3 a 8. La nuez pecanera (fig. 2.3) es un fruto considerado dentro del grupo conocido como drupas, de forma ovoide u oblonga que se caracterizan por tener el mesocarpio carnoso y el endocarpio duro leñoso, el cual envuelve a la semilla. El mesocarpio forma el hollejo o "ruezn" que se seca, se abre y deja caer la nuez al madurar; el endocarpio forma la cascara de la nuez y la semilla, que es la parte comestible tiene dos cotiledones con alto contenido de aceite que son protegidos por la cáscara cuyo grosor depende de la variedad (Woodroof, 1979; Ruíz-Oronoz *et al.*, 1967).

II.2.4. FISIOLÓGÍA

El nogal pecanero es una planta perenne en su crecimiento y producción. Comúnmente empieza a producir nueces a partir de 6 a 10 años y continúa produciendo anualmente, en mayor o menor grado, durante largo tiempo (Duarte, 1967).

El nogal es un árbol de hojas caedizas, por lo que requiere un período de reposo en el invierno. Para romper dicho reposo requiere una temperatura de 5 a 10°C, durante un mes y medio a dos meses, no siendo necesario un período más prolongado, como lo exige el manzano y otros frutales; en cambio, hay variedades que resisten las temperaturas bajas que se presentan en el centro de los E.U.A., como Illinois (Duarte, 1967).

Una gran variación ocurre en la fecha de floración y en la duración del desarrollo del fruto; la nuez pecanera requiere de días calientes y noches moderadas para que desarrolle y madure bien (Wolstenholme, 1979). Picchioni (1981) estudió durante 5 años las variedades Western y Wichita en Arizona en distintos años y encontró que la fecha de floración del nogal varía hasta en 2 semanas, pero la fecha de cosecha (apertura del ruezno), varía en más de 5 semanas.

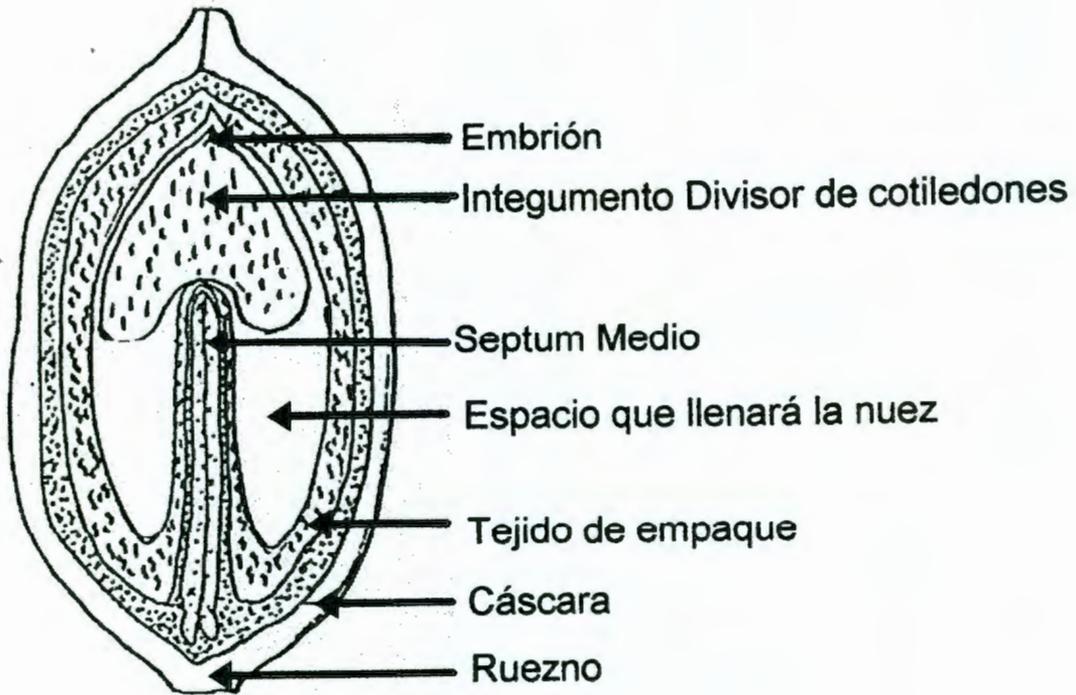


Figura 2.3 Sección Longitudinal Perpendicular al plano.
Apariencia Interna de la Nuez Pecanera en Desarrollo.
Modificada de Woodroof, 1927.

El nogal no es muy exigente en altas temperaturas del verano, desarrollándose normalmente entre los 25 y 35° C. Los árboles que se encuentran en México, evidentemente se han adaptado al medio ambiente y deben emplearse como patrones de las variedades que se desee introducir.

Cosechas demasiado abundantes pueden ocasionar desequilibrios nutricionales en el árbol y producir nueces de tamaño muy reducido y no completamente llenas, al tener demasiada floración comparada con un pobre crecimiento vegetativo.

Se requiere una larga estación de crecimiento para obtener una buena cosecha de nueces, y la fertilidad del suelo, junto con otros factores, determinan la regularidad de la producción de un huerto de nogales (Duarte, 1967).

De este modo el periodo de desarrollo de la nuez pecanera (fig. 2.4.), fluctúa de 111 a 142 días para Western y de 142 a 136 días para Wichita, respectivamente. Mucha de esta variación se atribuye a cambios climatológicos. Sin embargo, las prácticas de cultivo, en particular el riego y la fertilización, influyen en la calidad final de la nuez. El manejo del agua afecta la producción, tamaño y llenado de la nuez, el contenido de aceite y el color. Altos niveles de nitrógeno repercuten en un cambio en la proporción de los ácidos grasos oleico y linoleico en el aceite, así como en la textura y reducción en el porcentaje del aceite (Heaton *et al.*, 1982).

II.3. COMPOSICIÓN DE LA NUEZ PECANERA

Los principales componentes de la nuez son: lípidos, carbohidratos y proteínas (Tabla 2.3). De su contenido se puede concluir que la nuez presenta un alto valor energético. La proporción de éstos puede variar con las condiciones climatológicas, fertilidad del suelo, los riegos, las infestaciones por insectos y enfermedades y las características genotípicas del árbol (Brison, 1974; Heaton *et al.*, 1977; Stein, 1980).

II.3.1. LÍPIDOS

El contenido de aceite de la nuez encarcelada varía de 50 a 75% (McMeans y Malstron, 1982). La mayor parte del aceite se acumula en la nuez después que la cascara comienza a endurecer, durante el último mes de desarrollo

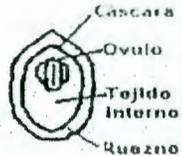
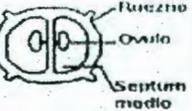
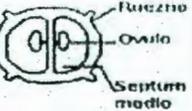
ETAPA 1 Postpolinización	ETAPA 2 Crecimiento Inicial	ETAPA 3 Rápido crecimiento	ETAPA 4 Crecimiento final	ETAPA 5 Inicio del llenado de los cotiledones	ETAPA 6 llenado de los cotiledones	ETAPA 7 Fin del llenado	ETAPA 8 Caída del cuerozo
							
							
SEMANA 1 DESPUES DE LA POLINIZACION	SEMANA 8 DESPUES DE LA POLINIZACION	SEMANA 1 DESPUES DE LA POLINIZACION	SEMANA 12 DESPUES DE LA POLINIZACION	SEMANA 13 DESPUES DE LA POLINIZACION	SEMANA 15 DESPUES DE LA POLINIZACION	SEMANA 15 DESPUES DE LA POLINIZACION	SEMANA 24 DESPUES DE LA POLINIZACION
PRINCIPIOS DE MAYO	PRINCIPIOS DE JUNIO	MEDIADOS DE JUNIO	FINALES DE JULIO	PRINCIPIOS DE AGOSTO	MEDIADOS DE AGOSTO	MEDIADOS DE SEPTIEMBRE	FINALES DE OCTUBRE
Oscurecimiento de los estigmas. Caída de los amentos Primera caída de las nueces	Fertilización de las nueces y crecimiento lento. Segunda caída de las nueces.	Las nueces crecen rápidamente, pero no los cotiledones Estado acuoso temprano.	Estado acuoso medio. Empleza el endurecimiento de la cáscara	Estado acuoso Segue el endurecimiento de a cáscara	Estado acuoso tardío Estado de gel y pastoso temprano. Endurecimiento completo de la cáscara.	Fin del estado pastoso. Desarrollo temprano de los cotiledones	Desarrollo completo de los cotiledones Caída de la nuez del cuerozo

Figura 2.4. Etapas de desarrollo de la nuez pecanera (Tomado de Stein, 1997)

Tabla 2.3. Composición de la Almendra de la Nuez Pecanera en base húmeda.

Componente	Concentración (peso/100g de muestra)
Calorías	667.00
Agua	4.82 g
Proteína	7.75 g
Carbohidrato	18.20 g
Fibra dietética	1.60 g
Lípidos totales	67.70 g
Lípidos saturados	5.42 g
Lípidos monoinsaturados	42.20 g
Lípidos poliinsaturados	16.80 g
Vitamina A total	12.80 Re ^a
Tiamina	0.848 mg
Riboflamina	0.013 mg
Niacina	0.887 mg
Piridoxina (B ₆)	0.188 mg
Acido pantotenico	1.700 mg
Vitamina C	2.000 mg
Vitamina E	3.150 mg
Calcio	0.036 g
Cobre	1.190 mg
Hierro	2.130 mg
Magnesio	0.128 g
Fósforo	0.291 g
Potasio	0.392 g
Selenio	5.090 µg
Sodio	0.926 mg
Zinc	5.470 mg

^a Unidades de Retinol

Santerre, 1994.

(Wood y McMeans, 1982). Cuando la nuez es gruesa, llena y frágil, puede tener un alto contenido de aceite; si por el contrario, es arrugada esponjosa y hueca, tendrá bajo contenido del mismo (Brison, 1974; Heaton *et al.*, 1977).

El aceite de la nuez está constituido en su mayor parte por triglicéridos donde el glicerol se encuentra esterificado con varios ácidos grasos, destacando entre éstos el oleico y el linoleico (Tabla 2.4.) (Olson *et al.*, 1978; Senter y Horvat, 1978).

II.3.2. CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos forman aproximadamente del 12 al 15% de la almendra. Durante el desarrollo del fruto, los azúcares, fructosa, sacarosa, glucosa e inositol, llegan a un nivel óptimo poco antes de que la cáscara comience a endurecer. Al cosecharse la nuez se encuentra solamente sacarosa (~4%), fibra cruda (2-3%) y los demás componentes de carbohidratos podrían ser de tipo hemicelulósico (Wood y McMeans, 1982). La nuez encarcelada no contiene almidón, con excepción del periodo de germinación en que las reservas de lípidos son convertidos en éste para ser utilizados como fuente de energía (Van Staden *et al.*, 1979).

II.3.3. PROTEINAS

La proteína se acumula durante la última etapa de desarrollo de la nuez de un 9 a 10% del peso de la almendra. El contenido de aminoácidos incluye a 18 de los 21, siendo el patrón de composición similar a los encontrados en las proteínas de reserva de la semillas (Stein, 1980; Wood y Reilly, 1984).

II.3.4. HUMEDAD

El contenido de agua en la almendra dependerá del estado de madurez de la nuez y puede ser controlado a través del secado, hasta llegar a la proporción mas conveniente (de 3 a 4.5%) para el almacenamiento y de 8 a 10% para el descascarado (Heaton *et al.*, 1977). Con menos humedad, la almendra se vuelve quebradiza, y con más humedad, se vuelve flexible y pierde fragilidad.

Tabla 2.4. Composición de ácidos grasos del aceite de nuez pecanera

Acido graso	Porcentaje
Oleico	65
Linoleico	26
Palmitico	5
Estearico	2
Araquidonico	1
Miristico	1

Brison, 1974.

II.3.5. VITAMINAS

El contenido de vitaminas es bajo, en las nueces en general, con excepción de los carotenoides, que proporcionan un nivel moderado de Vitamina A (Woodroof, 1979). Un contenido moderado de Vitamina E (α -Tocoferol) puede ser importante en retardar la rancidez; se ha reportado una buena correlación entre el contenido de α -Tocoferol de la nuez, y la estabilidad del aceite (Pyriadi and Mason, 1968).

II.3.6. MINERALES

Se han encontrado 16 minerales en la almendra de la nuez encarcelada, algunos son esenciales como cofactores en el metabolismo y otros son importantes porque pueden acelerar la oxidación de los lípidos. El hierro y cobre, en particular, a niveles menores de 1 μ g/g, pueden provocar un deterioro en el aceite, afectando la vida de anaquel (Brison, 1974; Sherwin, 1978; Senter, 1976 a). Los minerales de mayor contenido son potasio, fósforo y calcio (600, 300 y 60 mg/100g, respectivamente) (Senter, 1976; Woodroof, 1979).

II.3.7. FENOLES

Los fenoles presentes en la testa de la almendra son determinantes en su pigmentación. Senter *et al.* (1980 y 1984) afirman que la disminución de fenoles está relacionada con la disminución de la susceptibilidad a la rancidez y al oscurecimiento de la testa en diferentes variedades. El ácido gálico constituye el 80% del contenido total de fenoles simples. En la nuez, el ruezno tiene un alto contenido de taninos y éstos pueden ser utilizados en la industria (Woodroof, 1979). Es importante señalar que las nueces que permanecen con el ruezno húmedo por períodos prolongados, presentan un color de las almendras más oscuro, debido a la permeación de taninos. El tejido que divide las mitades de la la almendra de la nuez (material de empaque) contiene 26% de taninos. Si este tejido no es removido durante el descascarado, las nueces van a manifestar un fuerte astringencia en la boca (Senter *et al.*, 1980; Woodroof, 1979).

II.4. DETERIORO DE LIPIDOS

La oxidación de los lípidos es una de las reacciones más importantes en los sistemas alimentarios, que puede causar cambios deteriorativos que afectan el sabor, el olor, la textura y el valor nutricional.

Los aceites vegetales poseen mecanismos naturales de protección contra deterioros causados por humedad, luz, calor, oxígeno atmosférico, metales, enzimas, etc. Sin embargo, después de cierto tiempo de almacenamiento, gran parte de su estabilidad se pierde, ya que se ven expuestos a diferentes tipos de oxidación, desarrollando sabores extraños. La estabilidad oxidativa en aceites depende de una combinación de factores que incluye el grado de insaturación, la naturaleza de las insaturaciones, el contenido de antioxidantes y peroxidantes y las condiciones de almacenamiento. Aunque se han realizado muchas evaluaciones para medir la oxidación de lípidos en aceite, no se ha establecido un método para representar todas las características oxidativas de los mismos, debido a lo complejo de las reacciones entre lípidos y otras sustancias. El grado de oxidación puede ser medido por métodos químicos, tales como el índice de peróxidos y la prueba del ácido tiobarbitúrico, etc. En el caso de métodos físicos, la oxidación puede ser determinada por el contenido de dienos conjugados, por espectroscopía de infrarrojo, por el índice de refracción o por métodos cromatográficos (Yoon *et al.*, 1985).

El deterioro de lípidos puede llevar a la rancidez oxidativa, la cual involucra la adición de oxígeno a los dobles enlaces de los ácidos grasos, o por rancidez hidrolítica, en la cual hay un rompimiento de los enlaces éster de los triacilglicéridos, liberando ácidos grasos de cadena corta. Este tipo de reacción puede ser catalizada por la presencia de álcalis, por acción de lipasas o por el uso de altas temperaturas en presencia de agua (Miller, 1993).

El alto contenido de lípidos y el grado de insaturación de los ácidos grasos en la almendra de la nuez hace difícil su almacenamiento. La absorción de olores extraños y el desarrollo de sabores por la formación de productos de la oxidación durante la rancidez, es uno de los defectos más comunes en la nuez. Estos cambios

pueden ocurrir durante la producción, el procesamiento, el almacenamiento y los tratamientos culinarios (Senter y Forbus, 1987).

II.4.1. RANCIDEZ HIDROLITICA

La hidrólisis de los enlaces éster de los lípidos puede llevarse a cabo por acción enzimática o por calentamiento en presencia de agua, dando lugar a la liberación de ácidos grasos. Los aceites provenientes de semillas maduras pueden experimentar una hidrólisis sustancial durante el tiempo que dura su recolección, originando cantidades apreciables de ácidos grasos libres, por lo que, en la mayoría de los aceites vegetales extraídos, se lleva a cabo una neutralización (Nawar, 1985). Cuando los ácidos grasos insaturados que se liberan durante la hidrólisis, quedan emulsionados en agua, pueden modificar el sabor de los alimentos, puesto que en bajas concentraciones tienen un sabor picante; además, pueden oxidarse enzimáticamente, originando compuestos de gran intensidad aromática (Belitz y Grosch, 1988).

La hidrólisis enzimática ocurre particularmente en aceites provenientes de frutas con alto contenido de humedad, tales como el aceite de oliva o el aceite de palma (Nawar, 1985). Las enzimas lipolíticamente activas, que pertenecen al grupo de las hidrolasas de ésteres carboxilo, son activas en interfases agua/lípidos e hidrolizan preferentemente los ácidos grasos esterificados con los OH primarios del glicerol (Belitz y Grosch, 1988).

II.4.2. OXIDACION ENZIMATICA

La oxidación en aceites vegetales puede ser iniciada por un amplio grupo de enzimas que emplean oxígeno para catalizar la oxidación de ácidos grasos insaturados que presentan una configuración *cis-cis* -1,4 pentadieno, produciendo hidroperóxidos conjugados (Lobb, 1992). Las enzimas más conocidas son las lipoxigenasas, las cuales son metaloproteínas con un ion Fe^{2+} en el centro activo, éstas catalizan la oxidación de ácidos grasos insaturados, tales como ácido linoleico, linolénico y araquidónico. Este tipo de enzimas se encuentra presente en productos secos, en especias y en harina de trigo (Jadav *et al.*, 1996).

Las enzimas son activadas por radicales peróxido, con lo cual, el Fe^{++} (II) se oxida a Fe^{+++} (III). Durante la reacción, se sustrae un átomo de hidrógeno del grupo metileno del sistema 1,4-pentadieno y se oxida a protón. El radical pentadieno, unido a la enzima, se transforma en un sistema dieno conjugado que capta oxígeno; posteriormente, el radical peróxido formado es reducido por la acción de la enzima, y por fijación de un protón, se libera como hidroperóxido (Lobb, 1992).

II.4.3. RANCIDEZ OXIDATIVA

La auto-oxidación de los lípidos poliinsaturados en los alimentos involucra una reacción de radicales libres, iniciada con mayor frecuencia por la exposición de los lípidos a la luz, al calor, a las radiaciones ionizantes, a los iones metálicos o a metaloproteínas. Las lipoxigenasas también pueden iniciar esta reacción (Shaidi *et al.*, 1992). Los sustratos para este tipo de reacción son generalmente los ácidos grasos poliinsaturados, los cuales, al oxidarse, dan origen a un proceso autocatalítico en el cual, los productos de la oxidación, pueden actuar como catalizadores, aumentando la velocidad de reacción con el tiempo (St. Angello, 1996).

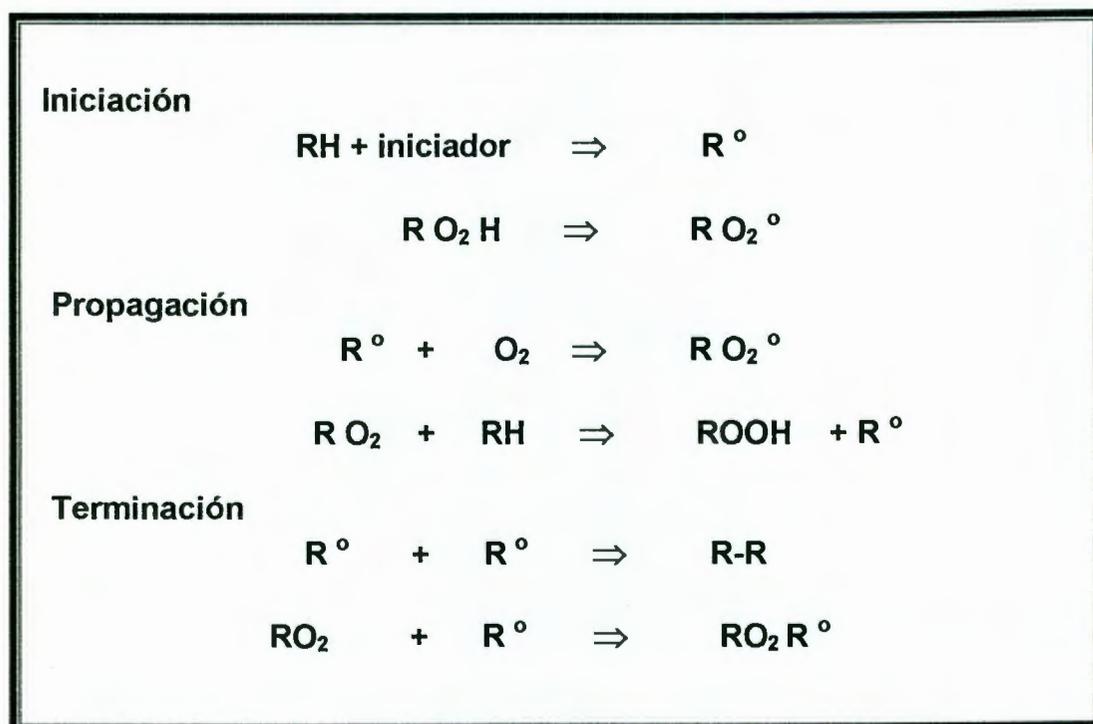
II.4.4. MECANISMO DE LAS REACCIONES DE AUTOXIDACIÓN

La reacción del oxígeno con los lípidos insaturados (RH) se lleva a cabo mediante una serie de reacciones que consta de tres etapas, a saber: iniciación, propagación y terminación (fig. 2.5) (Frankel, 1984). De manera general, la autoxidación inicia con la formación de radicales libres (R'), como resultado del rompimiento homolítico de un átomo de hidrógeno de la posición α con respecto al doble enlace de un lípido insaturado o de un lipohidroperóxido (RO_2H).

Estos radicales libres pueden reaccionar con oxígeno para formar un radical peróxido (RO_2), y otros radicales libres, la reacción termina cuando los radicales libres reaccionan entre sí o por la acción de un antioxidante (St. Angello, 1996; Nawar, 1985).

La reacción de iniciación es termodinámicamente difícil, requiere de una energía de activación de alrededor de 35 Kcal/mol, que se ve favorecida por

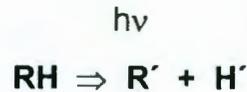
Figura 2.5 Mecanismos de oxidación de lípidos.



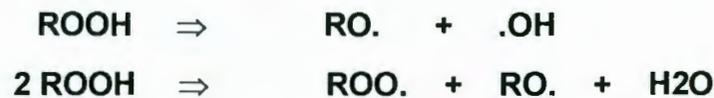
Badui,1982.

temperaturas elevadas, sobre todo por la luz y por trazas de algunos metales, incluyendo los que se encuentran en la clorofila y la mioglobina (Shaidi *et al.*, 1992).

En la peroxidación de lípidos hay tres rutas de iniciación en los procesos oxidativos (Karel, 1992). La primera es por radiaciones electromagnéticas, catalizada por la luz y los rayos gamma:



En la segunda, ocurre una descomposición monomolecular y bimolecular de hidroperóxidos:

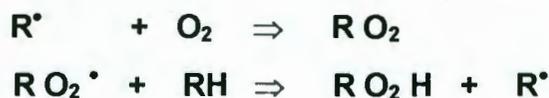


La tercera ruta es una autoxidación catalizada por metales ésta consiste en dos reacciones:



La absorción de oxígeno requiere de la intervención de radicales libres; lo cual explica el que al principio de la oxidación existe un periodo de inducción, hasta que la concentración de radicales libres alcanza el nivel necesario para que empiece la reacción de propagación (Cheftel y Cheftel, 1976).

Los radicales libres son altamente reactivos y pueden reaccionar a través de dos mecanismos durante la propagación; ya sea por reacción con el oxígeno molecular en estado de triplete o por remoción de un átomo de hidrógeno (Jadhav *et al.*, 1996).



En general, esas reacciones son rápidas, ya que los radicales libres portadores de un electrón no apareado son muy reactivos. La etapa de propagación se caracteriza por presentar una acumulación de peróxidos, paralela al consumo de oxígeno gaseoso (Cheftel y Cheftel, 1976).

La etapa final de la reacción de oxidación ocurre cuando los diferentes radicales reaccionan entre si para formar compuestos muy estables como polímeros epóxidos, ácidos, alcoholes y cetonas; estas reacciones terminan cuando se han consumido los radicales libres activos (Jadhav *et al.*, 1996).

Es importante resaltar que los radicales lipídicos desarrollados durante la autooxidación de lípidos poliinsaturados no presentan sabor; no obstante, durante la degradación térmica de los hidroperóxidos se generan sabores, principalmente debido a la formación de compuestos carbonilos, así como fragmentos producto de la oxidación (Jadhav *et al.*, 1996). La descomposición de peróxidos es un proceso muy complicado que genera una gran cantidad de compuestos que pueden tener efectos biológicos y causa el deterioro de los alimentos que contienen grasas (Frankel, 1984).

Los productos primarios que preceden a la autooxidación son inodoros e insípidos. Un alimento empieza a deteriorarse cuando se producen compuestos volátiles secundarios, los cuales incluyen sustancias de gran intensidad aromática, cuya presencia, aún en bajas concentraciones, modifica fuertemente el olor y sabor del alimento (Belitz y Grosch, 1988).

La susceptibilidad de una grasa o de un aceite a sufrir los efectos de los diferentes procesos de oxidación puede ser evaluada en términos de estabilidad oxidativa (Frankel, 1984). La estabilidad es la permanencia de un sistema sin cambio (Miller, 1993). En las grasas y aceites, la estabilidad se refiere a la capacidad de conservar un sabor y un olor fresco durante su uso y almacenamiento (Dugan, 1995). La estabilidad se ve afectada por el grado de instauración, la presencia de antioxidantes o prooxidantes, las condiciones de almacenamiento y la presencia de agentes quelantes (Jabe *et al.*, 1993).

Las investigaciones respecto a la estabilidad oxidativa de los aceites vegetales, generalmente no consideran más que el efecto de algunos componentes diferentes de los triacilgliceridos del aceite, tales como los tocoferoles, los carotenoides, los ácidos grasos libres y los esteroides; sin embargo, la actividad oxidante también se ve afectada por el tipo de ácido graso, la composición del triacilglicerol y la posición de los ácidos grasos en el triacilglicerido (Frankel, 1984). En general, los ácidos grasos poliinsaturados se oxidan más rápidamente, ya que son más reactivos, debido a que el grupo metileno existente entre los dobles enlaces carbono-carbono es extremadamente reactivo, de aquí que los ácidos grasos poliinsaturados, tales como el linoleico y linolénico se oxidan más rápido que el ácido oleico (Miller, 1993).

Se han desarrollado varios métodos químicos para determinar la concentración de peróxidos, hidroperóxidos, ácidos grasos libres y productos de la descomposición, especialmente aldehídos, los cuales contribuyen al desarrollo de sabores y olores desagradables en los aceites (Rajalakshimi y Narasimhan, 1996). Uno de estos métodos es la prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA), que se basa en la medición espectrofotométrica de los productos de la oxidación de los sistemas insaturados, los cuales reaccionan con dos moléculas de TBA, produciendo un color amarillo con un máximo de absorbencia a 530 nm (Nawar, 1985).

Otro método es el índice de peróxidos (IP), que se basa en la oxidación del ion I^- a I_2 por los peróxidos, cuya concentración puede determinarse por una valoración con tiosulfato. El IP es el número de miliequivalentes de yodo (I) que se forman por cada gramo de grasa peroxidada (Yufera, 1979). Con los resultados obtenidos por medio de los métodos dinámicos, puede hacerse un mejor pronóstico de la respuesta futura de una grasa o aceite a la influencia de factores que favorezcan la oxidación.

II.5. MANEJO EN POSCOSECHA DE LA NUEZ PECANERA

Una vez que las nueces maduran, la cosecha, el secado, el descascarado, la clasificación y el almacenamiento son algunas prácticas de manejo en poscosecha que de no hacerse correctamente influyen negativamente en la calidad del producto (fig. 2.6).

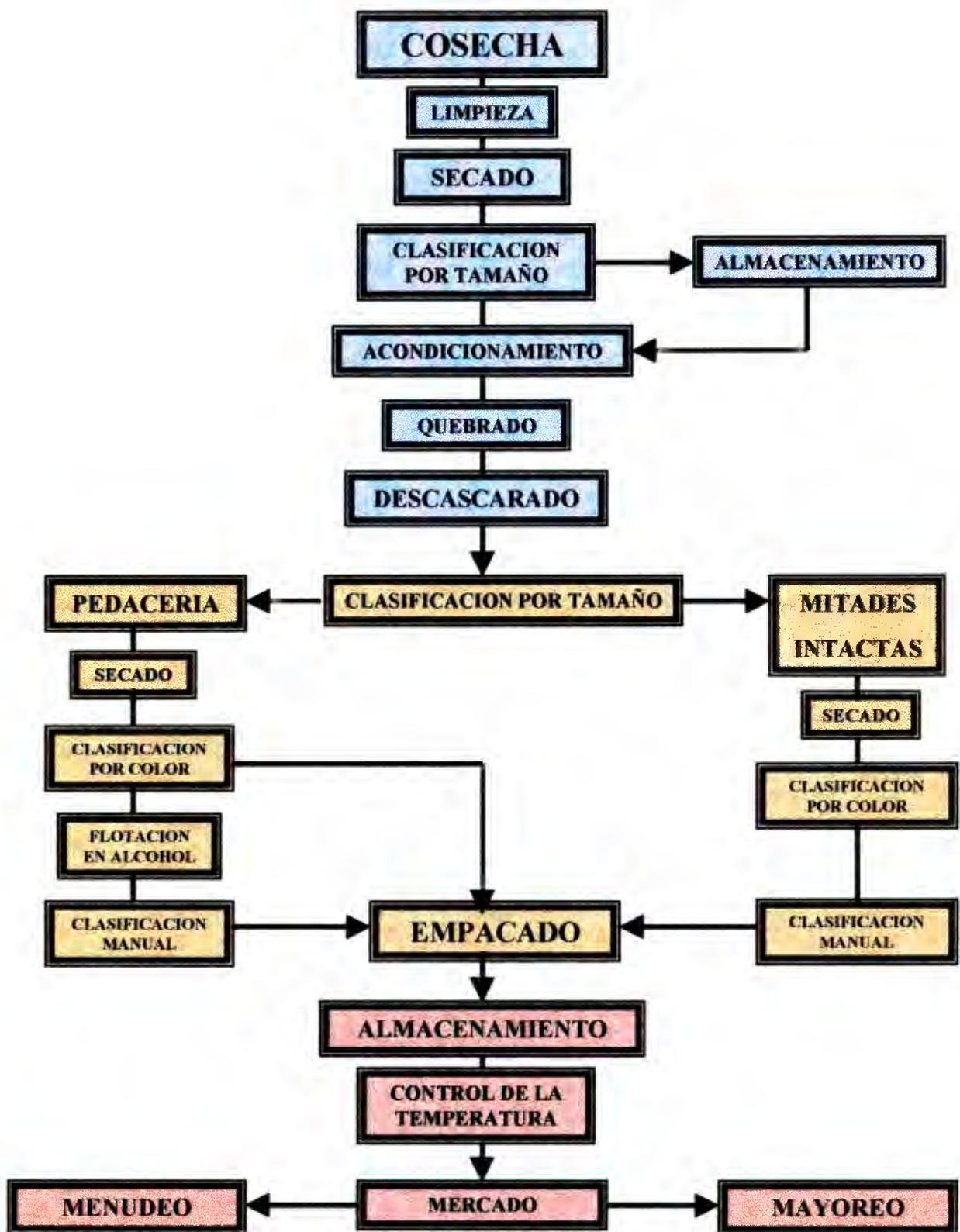


Figura 2.6. Manejo en Poscosecha de la Nuez Pecanera

II.5.1. COSECHA.

La nuez pecanera se cosecha cuando el ruezno pierde el color verde brillante y comienza a secarse y a abrir. Aunque la nuez está fisiológicamente madura antes de esta fecha, y la almendra presenta ya un color claro, la apertura del ruezno es el criterio mas fácil y usual para determinar la maduración de la nuez (fig. 2.7) (Heaton *et al.*, 1977).

Si la nuez se cosecha demasiado temprano, la almendra se decolora y arruga; si la cosecha es muy tarde, ésta se oscurece en las testas de las mitades (Heaton y Beuchat, 1980; Kader *et al.*, 1982; Forbus *et al.*, 1983a). La nuez suele colectarse en lonas o mallas y se transfiere a vagones o remolques para ser transportada a la planta procesadora. Allí, el lote se muestrea para determinar el contenido de humedad; posteriormente pasa por una serie de operaciones de limpieza, remoción de material extraño, un cepillado en húmedo para desprender el ruezno adherido, y finalmente, un lavado y centrifugado.

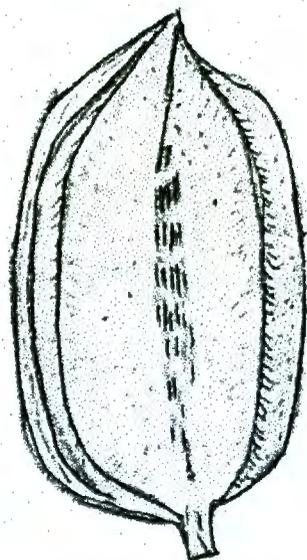
II.5.2. SECADO

La nuez es colocada en cámaras o compartimentos y es secada con un flujo de aire caliente a 32.2 °C a contracorriente, donde permanece de 24 a 48 horas, hasta que la humedad de la nuez pasa del 20-30% al 5-7%.

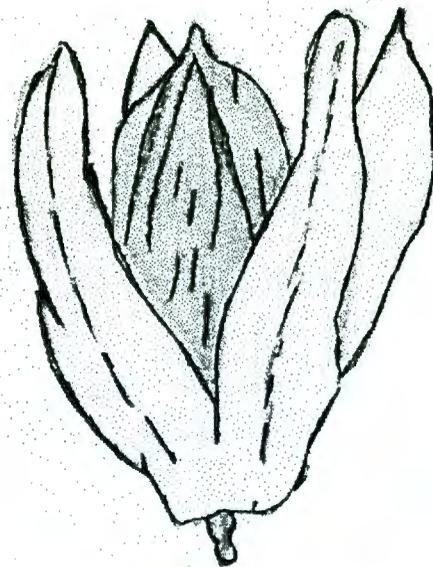
Este proceso remueve primeramente la humedad de la cáscara, luego la de la partición o tejido de empaque y finalmente de la almendra. (Heaton *et al.*, 1977). La humedad de la nuez afecta el color, la textura, el aroma y el sabor (Beuchat, 1978; O'Brien *et al.*, 1983). De la rapidez y la eficiencia con que se practique cada operación, en particular el secado, dependerá la calidad posterior de la nuez.

II.5.3. DESCASCARADO

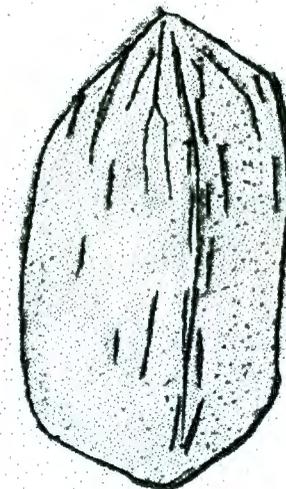
Un buen secado de la almendra y el mantenimiento de la humedad a 4.5%, permite la contracción y separación de la almendra, haciendo mas eficiente el descascarado (Beuchat, 1978; O'Brien *et al.*, 1983).



Nuez fisiológicamente madura
Comercialmente Inmadura



Nuez madura: Ruezno abierto
Madurez Comercial



Nuez Madura sin ruezno

Figura 2.7. Apariencia externa de la Nuez Pecanera (Modificada de Woodroof, 1927)

II.5.4. CLASIFICACIÓN

La buena calidad en la nuez pecanera está asociada con la uniformidad del tamaño y color de la almendra; siendo lo ideal un buen llenado y formación de las mitades y un color claro (Woodroof, 1979).

La nuez es seleccionada, clasificada y empacada en costales de fibra plástica de varias capacidades. Los defectos más comunes son: nuez rancia, germinada, malformada o quebrada. Nueces de estas dos últimas características son aprovechadas por la industria panadera (Tapia, 1985; Valenzuela, 1985).

II.5.5. ALMACENAMIENTO

La nuez pecanera con 4.5% humedad puede almacenarse por un periodo bastante largo antes de que pierda calidad; por ejemplo, a 0°C se puede almacenar de 12 a 18 meses, a 10°C de 7 a 10 meses, y a 20°C de 2 a 5 meses (Woodroof y Heaton, 1982).

La cáscara de la nuez protege a la almendra, del ataque de hongos y de los cambios oxidativos; así que la vida de anaquel de la nuez descascarada es menor que la de la nuez entera. Esta diferencia se destaca mas a temperaturas altas; por ejemplo, la vida de anaquel de la nuez descascarada es la mitad (3 meses) que de la nuez entera, cuando ésta se almacena a 20°C (Stein, 1980). El uso de un empaque adecuado también llega a tener mucha importancia en el manejo de la nuez descascarada.

El nogal pecanero se caracteriza por la producción alterna, que consiste en una variación del rendimiento de un año a otro de hasta 50%. Por esta razón, en los Estados Unidos ha existido la necesidad de almacenar la nuez para mantener un mercado mas consistente y ordenado (Heaton *et al.*, 1977).

La calidad y vida en poscosecha de la nuez dependen en gran parte de la rapidez con que ésta se seque al cosecharse y de la aplicación de bajas temperaturas y humedad relativa adecuadas. La nuez puede ser almacenada a bajas temperaturas por meses y años y conservar su sabor, olor y textura. Sin embargo, el almacenamiento refrigerado es costoso y requiere una infraestructura especial (Heaton *et al.*, 1977).

En México, el almacenamiento de la nuez es actualmente limitado, y casi todo el manejo se efectúa con cáscara. Sin embargo, con el establecimiento de nuevas plantaciones en los últimos años y la instalación de equipo para descascarar, se requiere la utilización de equipos de refrigeración para almacenar la nuez y tener un control mas eficiente de la comercialización (Tapia, 1985).

II.6. ALMACENAMIENTO COMERCIAL

II.6.1. ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

La longevidad en almacenamiento de muchos productos alimenticios puede prolongarse en gran medida con el empleo de bajas temperaturas producidas por refrigeración mecánica. En los países técnicamente avanzados, la refrigeración ha pasado a ser cosa de uso corriente. En los climas templados, el almacenamiento refrigerado se emplea para los productos frescos, llamados perecederos, tales como: frutas, hortalizas, huevos, leche, mantequilla, carne y pescado. Puesto que el comportamiento de un alimento en congelación puede ser distinto al del mismo alimento guardado a bajas temperaturas, por encima del punto de congelación, se acostumbra hacer una distinción entre los diversos tipos de almacenamiento refrigerado (Jobber y Jamieson, 1970), utilizando para ello la clasificación arbitraria siguiente:

Almacenamiento fresco. Se considera como la conservación de alimentos a temperaturas por debajo de la ambiente y comprendidas entre 5° y 20°C.

Almacenamiento frío. Se refiere a la conservación de alimentos a temperaturas dentro del intervalo de -1° a +5°C.

Almacenamiento helado. Se refiere a la conservación de alimentos en un estado parcialmente congelado, a temperatura dentro del intervalo de -5° a 0°C.

Almacenamiento congelado. Se refiere a la conservación de alimentos a una temperatura dentro del intervalo de -10° a -30°C , en un estado tal que la mayor parte del agua contenida en el alimento se encuentra en forma de hielo.

El periodo durante el cual puede conservarse la nuez o cualquier alimento con la ayuda de bajas temperaturas generalmente aumenta al disminuir la temperatura de almacenamiento. Así pues, el almacenamiento fresco y el frío se emplean principalmente para la conservación a corto plazo de productos frescos, y también para la conservación a largo plazo de alimentos en conserva envasados; mientras que el almacenamiento congelado se emplea para la conservación a largo plazo de alimentos frescos debidamente preparados.

II.7. ESTANDARES DE CALIDAD DE LA NUEZ PECANERA

En México no se encuentran reportados los factores de calidad para la nuez pecanera, ya que se rige únicamente por la oferta y la demanda. Sin embargo, una buena calidad de la nuez propicia una demanda mas alta del producto (Baez,1990).

Por el contrario, en los Estados Unidos existen estándares de calidad para nueces, por grados, del Departamento de Alimentos y Agricultura de California, cuyos factores se señalan a continuación:

II.7.1. ESTANDARES DE CALIDAD PARA NUEZ ENCARCELADA

Las principales variables que se consideran son la uniformidad en el color, siendo este el factor mas importante, además de tamaño (número de nueces por libra), la limpieza, y que esté libre de daños y defectos (insectos, manchas rajaduras o quebraduras). Almendras: similar a la nuez descascarada (USDA,1976, Kader,1985).

II.7.2. ESTANDARES DE CALIDAD PARA NUEZ DESCASCARADA

Considera el color, uniformidad en el color, grados de secado y de desarrollo, tamaño (número de mitades por libra o diámetro de piezas), libre de defectos por encogimiento, daño por insectos, coloración interna, coloración de la testa, rancidez y limpieza (libre de polvo, tierra y materiales adheridos) (Kader,1985; USDA,1969)

II.7.3. CRITERIO DE CALIDAD USADO POR LA INDUSTRIA DE LA NUEZ

De los diversos componentes de la calidad de la nuez, el tamaño y el color representan los parámetros principales utilizados por la industria (Tablas 2.5 y 2.6).

Para la clasificación por color se utiliza equipo electrónico con sensores que remueven las nueces oscuras de las claras, separándolas por los grados de color que se señalan a continuación:

A = claro; B = claro ámbar; C = ámbar; D = ámbar oscuro.

Los factores secundarios de calidad que tienen influencia sobre la venta son: la variedad, el porcentaje almendra, y que se encuentre libre de daño y materiales extraños (Kays, 1982).

El color de la almendra es uno de los factores mas importantes que afectan la calidad de la nuez pecanera. Investigaciones realizadas sobre la pigmentación de las almendras de la nuez, han establecido que el color de éstas se desarrolla después del inicio de la dehiscencia del ruezno (Kays y Wilson, 1977). El incremento en el color disminuye la calidad de las almendras, ya que un color oscuro se relaciona con cambios oxidativos en el aceite de la nuez (Woodroof, 1979). La conversión de leucocianidinas y leucodelfinidinas al oxidarse, es el principal factor en el desarrollo del color rojo-café en las almendras (Senter 1976). La presión parcial de oxígeno tiene un efecto pronunciado en el desarrollo de la coloración de las almendras (Kays, 1977).

El método Munsell y el Hunter Lab son algunos de los métodos que se usan en la determinación del color de las almendras de nuez pecanera (Thompson, *et al.*, 1996). El primero es más rápido, pero menos confiable, dado que la asignación de la categoría del color se basa en una comparación visual.

La determinación objetiva se lleva a cabo midiendo el color en un colorímetro de reflectancia Hunter Lab D25-9. El sistema Munsell determina directamente tres aspectos de color: Value (luminosidad desde el negro hasta el blanco, con una escala de 0 a 10), Chroma (grado de separación, desde el gris hasta el color cromático puro), y Hue (matiz).

Tabla 2.5. Clasificación de tamaños de piezas de nuez para la industria.

Talla (piezas)	Diámetro máximo (pulgadas)	Diámetro mínimo (pulgadas)
Mammot	No limitado	8/16
Extra largo	9/16	7/16
Mitades y piezas	No limitado	5/16
Largo	8/16	5/16
Mediano	9/16	3/16
Chico	4/16	2/16
Pequeño	3/16	1/16
Gránulos	2/16	1/16

Kays,1982; Santerre,1994.

Tabla 2.6. Clasificación de mitades intactas de nuez pecanera para la industria.

Talla	Número de mitades
Mammot	250 o más
Junior Mommot	251 a 300
Jumbo	301 a 350
Extra largo	351 a 450
Largo	451 a 550
Mediano	551 a 650
Chico	651 a 750
Pequeño	751 a mas

Kays, 1982; Santerre, 1994.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) desarrolló un sistema de clasificación basado en cuatro estándares de color: 1) *golden*, 2) *light brown*, 3) *medium brown*, y 4) *dark brown* representados por el mismo número de modelos de caucho (PEC-MC-1). Este sistema es ignorado por la industria, debido a que las nueces de alta calidad son de color más claro que el *golden* y, por lo tanto, no se encuentran representadas en este sistema de clasificación. En la industria de la nuez se han utilizado otros sistemas de descripción del color de la almendra, los cuales utilizan diferentes denominaciones de color y no tienen estándares definidos ni reproducibles. En Texas se utiliza un sistema de cinco clases de color, basado en una fotografía de cinco almendras, cada una representando una clase de color. Desafortunadamente, el sistema no está definido por una notación de color uniforme y la reproducción fotográfica es difícil.

Recientemente, Thompson *et al.*, (1996) definieron 6 categorías de color de la almendra, utilizando las cartas de Munsell, a saber: 1) *light cream*, 2) *cream*, 3) *golden*, 4) *light brown*, 5) *redish brown* y 6) *dark redish brown*. Estas categorías abarcan todos los colores factibles de ser encontrados en la almendra, desde el más oscuro hasta el más claro. Sin embargo, dado que la asignación de la categoría del color se basa en una comparación visual, es de esperarse que se presenten grandes diferencias entre analistas, o aún entre un mismo analista, debido al cansancio, las condiciones de iluminación, entre otras.

En México se trabaja actualmente un proyecto sobre la norma oficial mexicana denominada "Productos alimenticios no industrializados para uso humano.- fruta fresca.- nuez pecanera". Cuyo objetivo es establecer las características de calidad que debe cumplir la nuez pecanera en estado fresco producida en el país y destinada al consumo humano. En el anexo No. 6 se presentan las tolerancias para tamaño, porcentaje de almendra, color y defectos (menor, mayor y crítico) en los niveles de calidad México extra, México1, México2 y México3.

Esta norma se complementa con las vigentes de las normas oficiales mexicanas siguientes:

NOM-FF-6 Productos frescos no industrializados para uso humano.- fruta fresca.- Terminología

NOM-FF-7 Productos frescos no industrializados para uso humano.- fruta fresca.- Determinación de rendimiento.

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

Lo anterior de alguna manera establece las bases para tener una regulación nacional que permita una mejor comercialización de la nuez.

II.8. EVOLUCIÓN DE LA NUEZ DURANTE EL ALMACENAMIENTO

El éxito en el almacenamiento de la nuez pecanera depende fundamentalmente de tres factores: el contenido de humedad de la almendra, el control de la temperatura y la humedad relativa del lugar de almacenamiento.

Otros factores de gran relevancia, que influirán en la vida de anaquel de la nuez son: La variedad, las prácticas de cultivo y el estado de madurez.

II.8.1. COLOR

El oscurecimiento de la almendra está relacionado con cambios oxidativos en el aceite, así que el color externo de las mitades es el criterio mas importante para determinar la calidad durante la comercialización, ya que el oscurecimiento de la nuez ha sido asociado con rancidez y pérdida de calidad. Al tiempo de cosecha, se ha observado que nueces de diferentes variedades presentan diferencias importantes en color, sin que por ello, las características sensoriales de las menos claras sean inferiores (Kays, 1982; Santerre,1994). Además de lo anterior, los fenoles presentes en la testa de almendra son determinantes en la pigmentación que obtenga la nuez. Senter *et al.*, (1980), reportaron que el decremento en la concentración de fenoles está relacionado con la disminución en la susceptibilidad a la rancidez y el oscurecimiento de la testa en diferentes variedades.

El ácido gálico contribuye con un 80% del contenido total de fenoles libres. Las nueces que permanecen húmedas por periodos prolongados después de la cosecha tienen un color mas oscuro debido a la permeación de taninos, ya que el tejido que divide las mitades de nuez (material corchoso) contiene 26% de taninos (Woodroof, 1979; Ryall y Pentzer,1982).

II.8.2. TEXTURA

La textura (Tabla 2.7) de la nuez pecanera, así como de la mayoría de los alimentos, es un atributo de mucha importancia en la aceptación del consumidor. El contenido de aceite, así como el de humedad, influyen directamente en la textura de la nuez pecanera. Con menos humedad, la almendra se vuelve quebradiza y con más humedad flexible, y menos frágil.

Ocón, *et al.*, en 1995 utilizando un texturómetro (Texture analyser TA.XT2[®]) señalan que las pruebas de resistencia a la penetración (“Punción”) y TPA (“Texture Profile Analysis”) aportan información necesaria para evaluar la textura en las almendras de nuez pecanera.

El análisis de perfil de textura **TPA** (“Texture Profile Analysis”) es un prueba que ha sido estudiada por múltiples investigadores en distintos alimentos [Bourne, 1978; Szczesniak (1963; 1998)] (Tabla 2.8).

Anzaldúa-Morales , *et al.* en 1998, mediante la utilización de un Instron Universal modelo 1122 con celda de 490 Newtons, confirman lo señalado por Ocón, *et al.*, en 1995.

II.8.3. OXIDACION DEL ACEITE

El alto contenido de aceite de la almendra de la nuez la hace susceptible a la rancidez, que se entiende como el desarrollo de malos olores y sabores indeseables del aceite. Lo anterior origina pérdida de calidad en la nuez. Los malos olores, sabores, manchas y cambios de color, son consecuencia de la hidrólisis y la oxidación de ácidos grasos libres.

Con el paso del tiempo ocurren cambios oxidativos asociados con incrementos en el valor de peróxidos y el porcentaje de ácidos grasos libres del aceite extraído y un oscurecimiento en el color de la testa.

Estos cambios se pueden detectar a partir de 1, 3 y 8 semanas aproximadamente para la nuez almacenada a 35, 20 y 10°C respectivamente (Woodroof y Heaton, 1961; Heaton *et al.*, 1977; Stein, 1980; Woodroof, 1979).

Tabla 2.7. Clasificación de Características de Textura y su Relación con Nomenclatura Popular.

Característica	Parámetro Primario	Parámetro Secundario	Termino Popular
Mecánica	Dureza		Blando (soft), Firme (firm), Duro(hard).
	Cohesividad	Quebradizo	Desmoronable (crumbly), Crujiente(crunchy), Quebradizo (brittle).
		Masticabilidad	Delicado (tender), Mascar (chewy), Duro (tough).
		Gomosidad	Corto (short), Harinoso (mealy), Pastoso (pasty) Gomoso (gummy).
	Viscosidad		Delgado (thin), Grueso (thick).
	Elasticidad		Plástico (plastic), Elástico (elastic).
	Adhesividad		Pegajoso (sticky), Pegajoso (tacky), Pegajoso (goeey).
Geométrica	Tamaño y forma de la partícula.		Arenoso (gritty), Granular (grainy), Aspero (coarse).
	Forma y orientación de la partícula.		Fibroso (fibrous), Celular (cellular), Cristalino (crystalline).
Otros	Contenido de humedad		Seco (dry), Húmedo (moist), Húmedo (wet), Jugoso (juicy).
	Contenido de grasa	Aceitoso	Aceitoso
		Grasoso	Grasoso

Szczesniak, 1998. Adaptado de Szczesniak,1963.

Tabla 2.8. Definiciones Físicas y Sensoriales de Parámetros Mecánicos de Textura.

Parámetro	Definición Física	Definición Sensorial
Dureza	Fuerza necesaria para obtener una deformación dada.	Fuerza requerida para comprimir una sustancia sólida, entre las muelas o entre la lengua y el paladar. (Para semi-sólidos).
Cohesividad	Fuerza de los enlaces internos	Deformación de una cantidad definida de muestra, antes de su ruptura, cuando se le muerde con las muelas.
Fracturabilidad	Fuerza necesaria para fracturar el material	Fuerza con la cual el material se rompe o se desmorona.
Masticabilidad	Energía requerida para desintegrar un alimento sólido a una consistencia tal que se pueda ingerir.	Numero de aperturas de la boca que se requieren para masticar una muestra a una velocidad de una apertura de boca por segundo con fuerza constante para reducir la muestra a una consistencia adecuada para ingerirla.
Gomosidad	Energía requerida para desintegrar un alimento semi-sólido a una consistencia tal que se pueda ingerir.	Densidad que persiste cuando se mastica un alimento semi-sólido.
Viscosidad	Velocidad de flujo por unidad de fuerza.	Fuerza que se requiere para hacer que un liquido fluya de una cuchara hacia la lengua.
Compresibilidad	Velocidad con la cual un material que se deforma, regresa a su condición original sin deformar en cuanto se retira la fuerza deformante.	Grado y velocidad con la cual un material regresa a su forma original después de una compresión parcial con los molares.
Adhesividad	Trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción que se presenta entre la superficie del alimento y otras superficies con las cuales el alimento esta en contacto.	Fuerza de la lengua que se requiere para remover el material que se adhiere ala boca (generalmente al paladar , pero también a los labios, dientes etc.) durante el proceso normal de ingestión.

Szczesniak, 1998. Adaptado de Szczesniak (1963) y Civille y Liska (1975).

Es importante separar la nuez pecanera sin cáscara de otros productos durante el almacenamiento, ya que los olores desprendidos de los otros productos pueden ser absorbidos por el aceite y son difícilmente removidos (Stein, 1980).

II.8.4. MICROORGANISMOS

El contenido de humedad recomendado en la nuez no debe exceder una actividad acuosa (A_w) de 0.70 a 25°C; éste corresponde a 4.5% de humedad, dependiendo del contenido de lípidos (Beuchat, 1978). Este nivel de humedad es mas bajo que el requerido por la mayoría de los microorganismos para desarrollarse y reproducirse. King *et al.* (1983) consideran que una A_w de 0.75 y mas alta da origen a un crecimiento visible de hongos.

Varios géneros de microorganismos están presentes en la nuez durante su desarrollo y manejo en poscosecha, principalmente del género *Aspergillus*. Este género es importante por la capacidad de producir aflatoxinas, metabolitos secundarios tóxicos al ser humano (Beuchat, 1978; O'Brien *et al.*, 1983). Se recomienda que el nivel de aflatoxinas en nueces no rebase 20 ppm, para asegurar la salud pública (Johnson y Peterson, 1974).

Las medidas mas importantes para combatir *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas en la nuez pecanera son: No dejar la nuez en el suelo; Bajar la humedad rápidamente después de la cosecha a 4.5 % y bajar la temperatura de almacenamiento (Heaton, 1972; Heaton *et al.*, 1977; Schroeder y Storey, 1976).

Recientemente se ha detectado una variación considerable en la susceptibilidad de las almendras de genotipos del centro de México a la infección de *A. flavus* y *A. parasiticus* (Vázquez, 1998)

HIPOTESIS

En el Centro de la República Mexicana existen genotipos nativos de nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wang) K. Koch], cuyos frutos presentan diferente comportamiento durante el almacenamiento.

OBJETIVO GENERAL

Identificar los genotipos nativos de nuez pecanera del centro de la República Mexicana (Querétaro y Guanajuato), que presentan mayor estabilidad de la calidad de las almendras, en condiciones de almacenamiento acelerado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.- Realizar la caracterización física y bioquímica del fruto de genotipos nativos sobresalientes del centro de la república mexicana.

2.- Evaluar los cambios de color, textura, humedad de la almendra, índice de peróxidos y ácidos grasos libres de almendras de distintos genotipos de nuez pecanera durante el almacenamiento acelerado y en función de su presentación.

3.- Determinar los cambios sensoriales de las almendras almacenadas.

4.- Establecer las posibles correlaciones entre las características físicas, químicas y sensoriales de los frutos evaluados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Fisiología y Bioquímica de Poscosecha de frutas y hortalizas, de la División de Estudios de posgrado de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, así como en la zona nogalera del centro de la República Mexicana.

III.1. MATERIALES

III.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO

Los genotipos de nuez pecanera utilizados para este estudio fueron seleccionados de los Concursos Regionales de Nuez Pecanera Criolla (Tabla 3.1) promovidos por la Universidad Autónoma de Querétaro que incluyeron tres estados del centro de la República (fig. 3.1) (Tabla 3.2) y realizados en Victoria, Guanajuato (fig. 3.2); Peñamiller, Querétaro (fig. 3.3).

Se colectaron 50 kg. de muestra de cada uno de los siete genotipos nativos seleccionados. Además, se incluyó en el estudio, el cv. Western procedente de la Comarca Lagunera. Las nueces fueron cosechadas en los meses de agosto y septiembre de 1997. Se llevaron al laboratorio de Fisiología y Bioquímica de Poscosecha de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Química para su secado (entre 4.1 y 5.2%) y empacado. La nuez se almacenó a -20°C hasta su utilización. Para el descascarado de la nuez, se utilizaron descascaradoras manuales marca ROCKET.

III.1.2. MATERIAL DE LABORATORIO

Los equipos de laboratorio y reactivos utilizados en éste estudio se enlistan en los anexos 1 y 2.

III.2. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Las nueces correspondientes a los distintos tratamientos fueron sometidas a almacenamiento acelerado, en una Cámara Bioclimática LAB-LINE® Mod. 850HR18 donde se fijaron las condiciones de almacenamiento (21°C; 65%HR. y en oscuridad). Las muestras fueron colocadas por triplicado en bolsas de polietileno *ZIPPER*

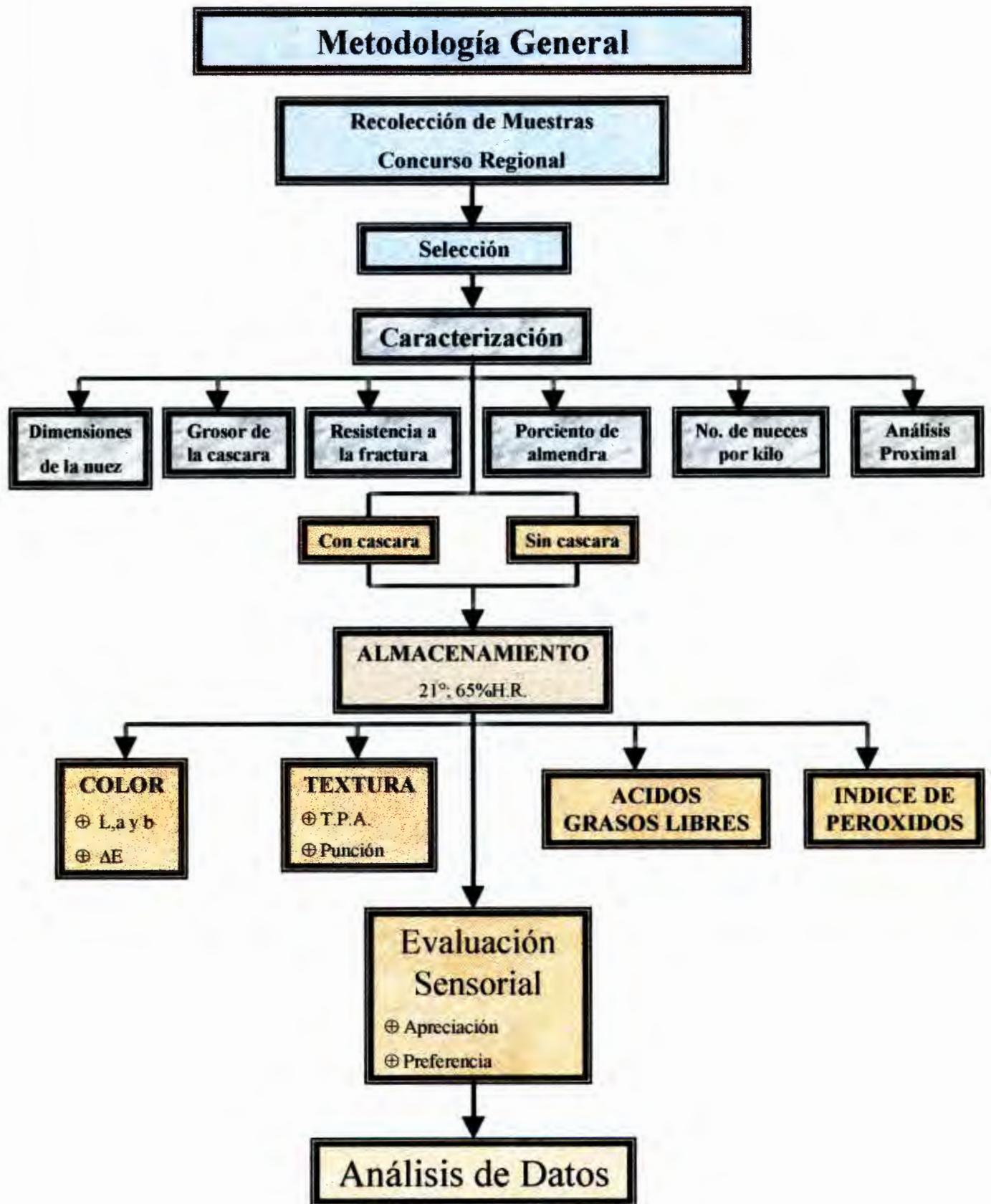


Tabla 3.1. Genotipos Seleccionados.

No.	PROPIETARIO	LOCALIDAD	MUNICIPIO	ESTADO	REGISTRO *	
					AÑO	CODIGO
01	J. Dolores Zarazua M.	Milpillas	Victoria	Guanajuato	1995	02-95-V
02	José Zuñiga G.	Cabecera	Victoria	Guanajuato	1996	75-96-V
03	J. Juan Quiroz Guerrero	Milpillas	Victoria	Guanajuato	1995	23-95-V
04	Ma. Guadalupe García M.	Cabecera	Peñamiller	Querétaro	1995	36-95-P
05	Salvador Zuñiga G.	Cabecera	Victoria	Guanajuato	1996	82-96-V
06	Irene Rosales Morales	El carrizalillo	Peñamiller	Querétaro	1995	87-95-P
07	Cirilo Fabián Guerrero	El carrizalillo	Peñamiller	Querétaro	1997	46-97-P
08	Mejorado.- Western	Urquizo	San Pedro	Coahuila	-o-	M

* La clave corresponde al número de participación y el año en que participó por primera vez en un concurso regional (Martínez-Peniche, 1999)

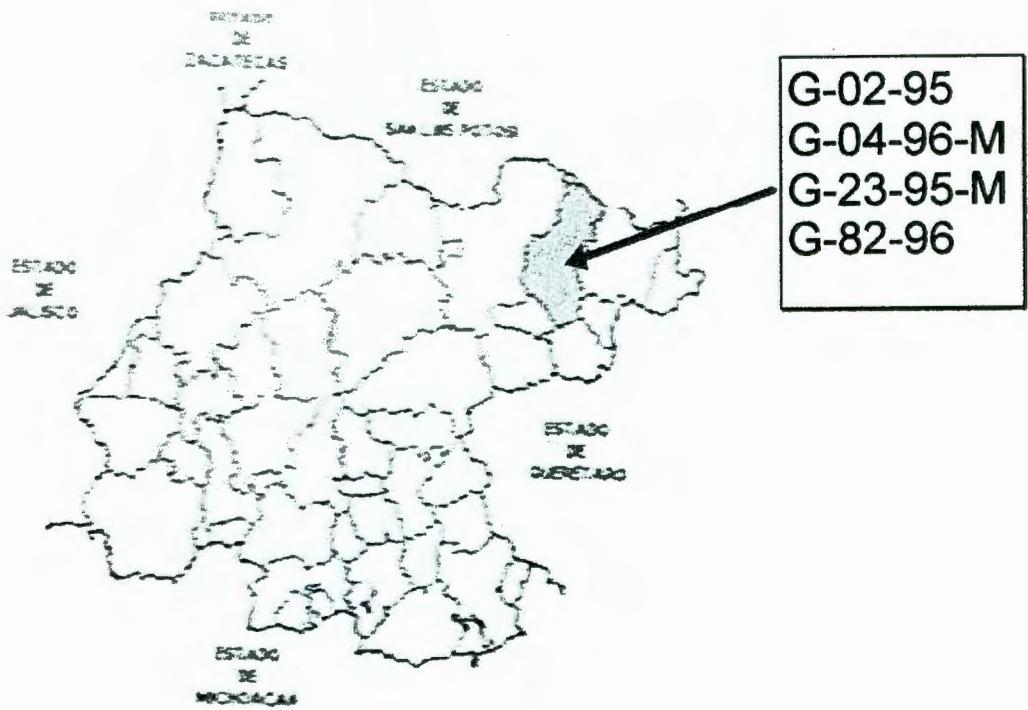


Figura 3.1 Mapa de la República Mexicana mostrando los tres estados participantes en los concursos regionales (Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí)

Tabla 3.2. Localización Geográfica, Altura sobre el nivel del mar (a.s.n.m.) y Temperatura media anual de las zonas productoras de Nogal Pecanero Nativo en el centro de la República Mexicana.

Municipio	a.s.n.m.	Coordenadas Geográficas	Temperatura Promedio Anual
Peñamiller, Qro.	1340 m	21°03' L.N. 99°49' L.W.	21.7°C
Victoria, Gto.	1740 m	21°13' L.N. 00°13' L.W.	17.7°C
Santa María del Río, SLP.	1720 m	21°48' L.N. 100°44' L.W.	18.7°C

García, 1988.



3.2. Mapa del estado de Guanajuato, mostrando la zona de recolección de muestras correspondientes al municipio de Victoria.

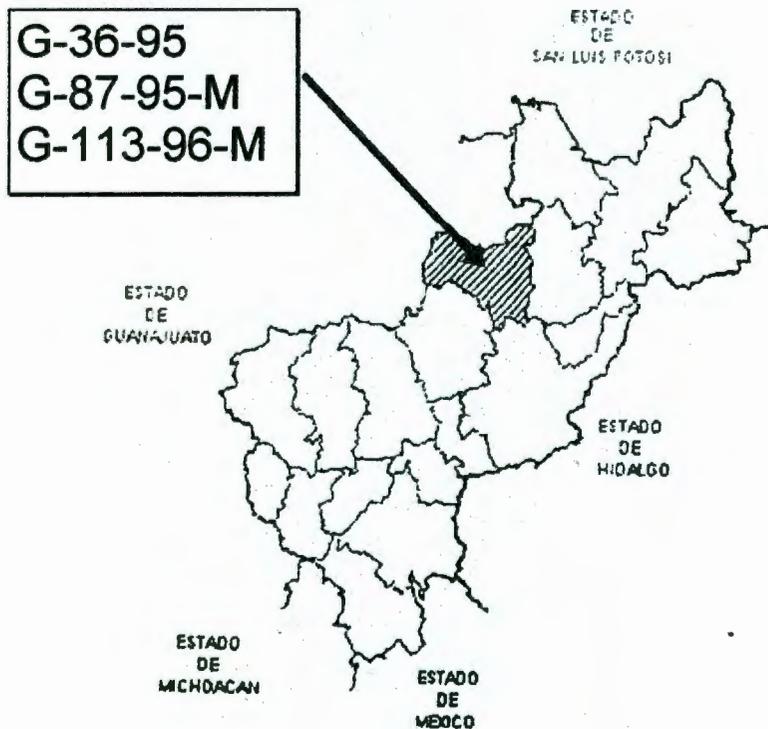


Figura 3.3 Mapa del estado de Queretaro mostrando la zona de recoleccion de las muestras correspondientes el Municipio de Peñamiller

GLAD-LOCK®. En la mitad de la bolsa se hicieron perforaciones de 50 mm de diámetro.

Cada 30 días se realizaron evaluaciones periódicas (color, textura, humedad de la almendra, índice de peróxido y ácidos grasos libres) de dichas muestras hasta los 4 meses de almacenamiento.

El almacenamiento acelerado se utiliza para exponer un alimento en un menor tiempo, a los cambios de calidad, que en condiciones normales serían sensiblemente los mismos, aunque se darían en un plazo mayor. Para el caso de la nuez pecanera las condiciones de almacenamiento acelerado fueron fijadas por Senter *et al.* (1980 y 1984).

III.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS GENOTIPOS

La caracterización física y bioquímica de los genotipos seleccionados consistió en medir sus dimensiones; (longitud, ancho), el grosor de la cáscara, la resistencia a la fractura, el porcentaje almendra, el número de nueces/ kilogramo, así como en el análisis proximal (lípidos totales, proteínas, carbohidratos, humedad de la almendra, fibra cruda y cenizas), el color de la almendra (L, a y b), el índice de peróxidos y el porcentaje de ácidos grasos libres.

III.3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

- **Dimensiones (Longitud, ancho).** Se midió el largo y ancho (diámetro ecuatorial) de la nuez intacta de una muestra de 30 nueces por genotipo, utilizando un vernier.
- **Grosor de la cáscara.** Se midió en la región ecuatorial de la nuez, a partir de fragmentos de cáscara de la nuez sometida a la prueba de resistencia a la fractura y con ayuda de un Micrómetro Mitutoyo.
- **Resistencia a la fractura.** La resistencia a la fractura fue evaluada con una Máquina Universal Instron, utilizando una celda de 500 kg. La nuez fue colocada en posición vertical, efectuando una fuerza de compresión de manera descendente, hasta lograr que ésta se fracturara.

- **Porcentaje de almendra.** Se pesaron 100 g de nueces intactas de cada genotipo, y se descascararon hasta liberar toda la almendra. Se pesó la almendra y se calculó el porcentaje de ésta en relación a la nuez entera. Ésta medición se realizó por triplicado.
- **Nº de nueces por kilogramo.** Se pesaron 1000 g de nueces intactas de cada genotipo, se contaron el numero de nueces contenidas en esos 1000 g. Esta prueba se realizó por triplicado.

III.3.2. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA (Análisis proximal)

III.3.2.1. LÍPIDOS TOTALES

Los lípidos totales se determinaron con el aparato Soxhlet (Erickson, 1994) con aproximadamente 2 g de almendra molida y seca. La extracción se efectuó a reflujo con éter etílico durante 8 h. El destilado se colecto en un matraz previamente tarado. Al término de la extracción, se evaporó el solvente y el matraz se pesó. La diferencia en peso del matraz antes y después de la extracción, dividido entre la cantidad de muestra y multiplicada por 100, proporciona el porcentaje del extracto etéreo.

III.3.2.2. PROTEÍNA (AOAC, 1984)

Se pesó aproximadamente 1 g de muestra seca y desgrasada en un papel filtro, colocándola en el matraz de digestión, se añadieron 12 g de mezcla de catalizadores, 8 perlas de digestión y 25 ml de H₂SO₄ concentrado, calentando la mezcla, hasta que la solución quedó clara. Se dejó enfriar y se agregaron 200 ml de agua destilada y 120 ml de NaOH; el hidróxido de amonio formado se destiló hacia el matraz Erlenmeyer que contenía 100 ml de ácido bórico, con cuatro gotas de rojo de metilo, hasta alcanzar un volumen de 250 ml de solución; posteriormente, se tituló el destilado con HCl 0.1 N y se calculó el porcentaje de proteína a partir de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteína: } \frac{\text{ml HCl} \times \text{N HCl} \times 0.014 \times 5.3 \times 100}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

Donde: 0.014 = peso miliequivalentes de nitrógeno

5.3 = factor de conversión para nuez

III.3.2.3. CARBOHIDRATOS

Estos fueron determinados por diferencia del análisis de macrocomponentes.

III.3.2.4. FIBRA CRUDA (AOAC, 1984)

Se pesó un gramo de muestra seca y desgrasada en un vaso de digestión, se agregaron 3 gotas de alcohol octílico, como antiespumante y 200 ml de H₂SO₄ hirviendo al 1.25%, y se colocó en el aparato para fibra cruda; se dejó hervir por 30', se filtró utilizando tela de lino sobre el embudo acanalado; se lavó con agua hirviendo hasta haber removido el ácido. El residuo se regresó al digestor con 200 ml de solución hirviendo de NaOH al 1.25%, dejándola hervir por 30', volviéndolo a filtrar sobre una tela de lino. El residuo se pasó a un crisol Gooch, preparado de antemano con capas de asbesto, la muestra se lavó con 15 ml de alcohol etílico absoluto. La muestra fue secada durante la noche a 105°C, enfriada en un desecador y pesada. Posteriormente, el contenido se incineró en un mufla a 600°C durante una hora, el residuo se enfrió en un desecador y se pesó. Se calculó la fibra cruda a partir de la siguiente ecuación:

$$\% \text{fibra cruda} = \frac{\text{Pérdida de peso por incineración}}{\text{peso de la muestra antes de la extracción con éter}} \times 100$$

III.3.2.5. HUMEDAD

Se pesaron 3 g de nuez picada finamente, y se colocaron en una Termobalanza OHANUS® MB200, fijando la temperatura a 120°C y el tiempo a 40'. Por pérdida de peso se determinó el contenido de humedad expresado en porcentaje. Cada determinación se realizó por quintuplicado.

III.3.2.6. CENIZAS (AOAC, 1984)

Se pesaron porciones de aproximadamente 1 g de nuez molida en crisoles previamente tarados; se añadió a la muestra unas gotas de aceite de oliva que fue evaporado por calentamiento en una placa, se introdujeron los crisoles en una mufla a 525°C por seis horas, se enfriaron, se les agregó agua que fue evaporada en un

baño María, se regresaron a la mufla por dos horas, nuevamente se dejaron enfriar, se colocaron en un desecador y se pesaron. La ceniza se determinó por diferencia de los pesos inicial y final.

III.4. EVALUACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO

III.4.1. DETERMINACIONES FÍSICAS

III.4.1.1. COLOR

Para cada genotipo se utilizaron 30 almendras. En cada mitad de la almendra se realizaron 4 mediciones en un colorímetro de reflectancia Hunter Lab D25-9, rotándola 90° sobre el plano horizontal después de cada lectura. Se tomaron los valores de las coordenadas de color "L", "a" y "b". "L" denota la luminosidad del color que va del negro al blanco y sus valores oscilan entre 0 y 100; El valor de "a" rojo (+) y verde (-); y "b" amarillo (+) y azul (-).

Se cálculo la diferencia total de color (ΔE) entre cada muestra y el estándar propuesto por Thompson *et al.* en 1996 (categoría "*light cream*"). El estándar presenta los siguientes valores: L= 75.28, a= 0.46 y b = 22.60, los cuales se obtuvieron con el colorímetro Hunter Lab D25-9, midiendo el color de la carta Munsell correspondiente a la categoría "*light cream*". La diferencia total de color se calculó con la siguiente ecuación:

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$
$$\Delta L = L_{st} - L_m \quad st = \text{estándar}$$
$$\Delta a = a_{st} - a_m \quad m = \text{muestra}$$
$$\Delta b = b_{st} - b_m$$

III.4.1.2. TEXTURA

Se efectuaron pruebas de perfil de textura (TPA) y de resistencia a la penetración en un Texturómetro Universal "Texture Analyzer" TA.XT2® , con celda 25 kg (Texture Technologies Corporation, Scarsdale, New York/Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, UK), facilitado por el Laboratorio de Materiales Biológicos del CINVESTAV Unidad Querétaro.

III.4.1.2.1. ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA

Las muestras fueron preparadas en forma cilíndrica, usando un sacabocados, la nuez intacta fue colocada en una superficie plana, el sacabocados se coloca en forma vertical y perpendicular a la nuez para tomar la muestra, cuyo tamaño estandarizado fue 3 mm de diámetro por 5 mm de largo. Un disco plano de 50 mm de diámetro es llevado a 0.5 mm sec^{-1} sobre los cilindros en forma individual (colocados en forma horizontal en la plataforma de la máquina) se realiza una primera compresión al 50% de su diámetro (espesor final 1.5 mm). Se llevó a cabo una segunda compresión con un segundo de espera entre ambas compresiones. Se realizaron 15 replicas para cada prueba, de acuerdo a Ocón *et al.*, 1995. En un equipo de cómputo con un paquete acoplado al texturómetro se analizaron los resultados de las pruebas (curvas), obteniendo los valores de *elasticidad*, *cohesividad*, *masticabilidad*, *gomosidad* y *dureza* (Bourne, 1978; Szczesniak, 1963; Szczesniak, 1998)

III.4.1.2.2. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (PUNCIÓN)

Para esta prueba se utilizó una sonda cilíndrica de 1 mm de diámetro. Las mitades fueron colocadas en forma individual sobre una plataforma perforada de la misma máquina, la sonda fue llevada a una velocidad de 5 mm seg^{-1} en forma perpendicular a la nuez hasta recorrer una distancia de 8 mm después del primer contacto con la nuez. Se realizaron 20 réplicas para cada prueba, de acuerdo con Ocón *et al.* (1995) (fig. 3.5).

III.4.2. DETERMINACIONES BIOQUÍMICAS

III.4.2.1. VALOR DE PERÓXIDOS (AOCS, 1984)

Se pesaron 5 g de muestra de aceite en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. Se añadieron 0.5 ml de yoduro de potasio y 30 ml de la solución de ácido acético-cloroformo; la mezcla se agitó girando suavemente durante un minuto para disolver y se agregaron 30 ml de agua hervida y fría; se tituló lentamente con una solución de tiosulfato de sodio 0.01 N hasta casi desaparición del color amarillo; se agregaron 5 gotas de almidón y se tituló hasta liberar todo el yodo de la capa de

cloroformo hasta la desaparición del azul. Se calculó el valor de peróxido con la siguiente ecuación:

$$\text{Meq de peróxido /Kg muestra} = \frac{S \times N \times 1000}{\text{Gramos de muestra}}$$

Donde: S = ml de tiosulfato (corregido por el blanco)

N = normalidad del tiosulfato

III.4.2.2. ACIDOS GRASOS LIBRES (AOCS, 1975)

Se pesaron 2.82 g (1 onza) de aceite en un matraz Erlenmeyer de 50 ml, se le añadieron 5 ml de alcohol etílico, neutralizado caliente; se valoró la solución con hidróxido de sodio 0.1 N agitando vigorosamente hasta la aparición de color rosa permanente de la misma intensidad que el alcohol neutralizado antes de la adición de la muestra; asegurando que el color permaneciera 30 segundos. Los valores obtenidos se reportan como porcentaje de ácidos grasos libres (como oleico) y se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acidos Grasos libres} = \frac{\text{ml NaOH} \times N \text{ del NaOH} \times \text{Eq. Q} \times 100}{\text{gramos de muestra}}$$

III.4.3. EVALUACIÓN SENSORIAL

Se evaluaron 24 muestras (8 almacenadas a -20°C; 8 almacenadas sin cáscara a 21°C y 65% HR y 8 almacenadas con cáscara a 21°C y 65% HR) en dos sesiones. Se realizaron pruebas de apreciación (color textura y sabor) y preferencia (color textura y sabor) y por último una prueba de aceptabilidad general. Las muestras se picaron finamente y se colocaron en platos blancos marcados con una clave.

Las muestras fueron distribuidas aleatoriamente para cada una de las sesiones, en el mismo número de paneles hechos de unicel blanco de 40x40x40.

Las dos sesiones se llevaron a cabo de las 10:00 a.m. a las 12:00 a.m. a cada juez se le proporcionó, un formato marcado (Anexo 3) con las escalas usadas por

Hao; Heaton y Beuchat en 1989 y Resurrección y Heaton en 1987, además agua y pan blanco que se tomaban en pequeñas cantidades después de cada evaluación.

III.5. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Diseño experimental Completamente al azar con tres repeticiones.

Diseño de tratamientos Factorial 8 x 5 x 2

□ Factores de estudio:

□ 8 Genotipos (ver Tabla 3.1)

□ 5 Tiempos de almacenamiento (0, 30, 60, 90 y 120 días)

□ 2 Presentaciones de la nuez (con y sin cáscara)

Unidad experimental. La unidad experimental consistió de 200 g de nuez con cascara o 100 g de nuez descascarada.

Análisis de datos. El análisis de varianza de Fisher y la prueba de medias de "t" de *student* (D.M.S.) fueron aplicadas para poner en evidencia la significancia de la variación estadística de los factores de estudio y de los tratamientos. Para identificar las propiedades físicas químicas y sensoriales relacionadas con la capacidad de almacenamiento, se llevo a cabo un análisis de correlación simple. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete "Statgraphics" (Montgomery, 1984).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo se presentan en cuatro secciones, analizando en la primera, la caracterización física y química de los genotipos; en la segunda parte se presentan los resultados correspondientes al comportamiento de los genotipos durante el almacenamiento; en la tercera parte se consignan los resultados de la evaluación sensorial; y finalmente, en la cuarta parte, se examinan los análisis de correlación.

IV.1. CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS

IV.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Las distintas variedades de nuez pecanera presentan características físicas, tales como la forma y las dimensiones de la nuez que las distinguen entre sí, así como el color, la textura, la dureza y el llenado de la almendra (Woodroof, 1979).

En la Tabla 4 a se presentan los resultados de la caracterización de los genotipos considerados en el presente estudio. En ella se aprecian diferencias significativas para las 6 variables consideradas.

En lo que se refiere al porcentaje de almendra, se puede observar que Western (variedad mejorada), como era de esperarse, presenta el mayor valor de todas las muestras evaluadas (58.45), éste resulta muy similar al reportado por Thompson y Young en 1985 (58%). Por otro lado, cinco genotipos nativos superan el 40% de almendra, valor que suele considerarse como el mínimo para una nuez comercializable. Cabe señalar que existen otros genotipos nativos que han sido evaluados en concursos regionales de la nuez pecanera y que llegan al 50% de almendra, tal es el caso del G-12 de Victoria, considerado hasta el momento el tipo criollo mas sobresaliente.

Es también digno de mencionar que la muestra G-23 había obtenido un 49% de almendra en el concurso regional realizado en 1995 (Martínez-Peniche, 1999). El hecho de que en 1997, año en que se obtuvo la muestra para el presente trabajo, ésta haya observado escasamente el 43.2% de almendra en el laboratorio (42% en el concurso 97, ver Anexo 4), seguramente se debe a las condiciones ecológicas prevalecientes entonces. En efecto, en las constantes visitas realizadas a la región,

Tabla 4.1a. Caracterización física del fruto (*diámetro, largo, grosor de la cáscara, resistencia a la fractura, nueces por kilo y porcentaje de almendra*) de 8 genotipos de nuez pecanera

Genotipo	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Grosor Cáscara (mm)	Resistencia a fractura (Kg)	Nueces por kilo	Porcentaje de Almendra
G-02	2.45 g	3.17 d	1.400 d	91.50 d	120 g	35.96 a
G-82	2.28 f	3.32 de	1.408 d	77.25 c	159 c	37.80 b
G-87	2.02 d	4.54 g	1.174 bc	59.25 b	172 d	41.31 c
G-75	1.99 cd	2.82 c	1.226 bc	39.00 a	217 f	41.70 cd
G-36	1.70 a	2.43 a	1.173 bc	34.00 a	349 b	42.32 de
G-23	1.85 b	3.43 e	1.169 b	71.75 c	220 g	43.20 e
G-46	2.11 e	2.64 b	1.299 c	53.50 b	190 e	43.94 f
G-Me.	1.91 bc	3.72 f	0.881 a	40.25 a	154 b	58.45 g

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Tabla 4.1b. Caracterización física de la almendra (*Coordenadas de color; L, a, b y ΔE*) de 8 genotipos de nuez pecanera

Genotipo	L	A	b	ΔE
G-46	41.51 a	7.90 e	16.86 b	35.04 g
G-36	42.21 b	9.80 f	17.63 cd	34.54 f
G-Mej.	43.16 c	8.14 e	16.38 a	33.60 e
G-87	45.77 d	7.47 d	17.38 c	30.78 d
G-02	45.95 d	6.44 c	19.30 f	30.12 d
G-23	47.00 e	6.59 c	18.41 e	29.24 c
G-75	48.88 f	3.99 a	17.84 d	27.05 b
G-82	54.42 g	5.00 b	19.44 f	21.58 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

podimos constatar la presencia de una sequía prolongada para ese año. Lo anterior refuerza el concepto de que la manifestación de cualquier genotipo va a estar influenciada por las condiciones del medio ambiente.

Por otro lado, se advierte que las muestras G-82 y G-02 presentan las nueces de mayor tamaño (159 y 120 nueces/kg, respectivamente). La muestra G-82 había presentado en dos concursos regionales realizados en 1996, un promedio de 140 nueces / kg; en cambio, en 1997, obtuvo 156 nueces / kg., valor comparable al obtenido en el laboratorio. Esta disminución en el tamaño de la nuez puede atribuirse a la escasez de lluvias en la región en estos años.

Estos valores, interesantes para la región, podrían considerarse relativamente bajos en relación a las variedades mejoradas. En efecto, tradicionalmente se ha considerado que un mayor tamaño está relacionado con una mejor calidad; sin embargo, Thompson (1998, CP) indica que en la actualidad, en los programas de mejoramiento genético se buscan nueces de tamaño intermedio a pequeño, que en un momento dado pueden ser mejor aprovechadas en confitería; tal es el caso del cv. Navaho de reciente obtención (Thompson *et al.*, 1995), cuyo tamaño de 137 nueces/kg es bastante comparable al de la G-82 y la G-02.

En cuanto al grosor de la cáscara y su resistencia a la fractura, Western como es lógico, sobresale con 0.88 mm, siendo estadísticamente distinta a todas las demás. El hecho de que a las nueces mejoradas se les denomine "cáscara de papel", se debe precisamente a que cuentan con una cáscara delgada y fácil de romper. A pesar de lo anterior, esta nuez presenta una resistencia a la fractura de 40.25 kg. la cual, siendo baja, resulta superior a dos muestras nativas (G-75 y G-36) que presentan una resistencia respectiva de 39.0 y 44.0 kg. Estas nueces por lo tanto representan una alternativa en la región para la comercialización de nuez descascarada, máxime si observamos los resultados obtenidos en los concursos regionales (Anexo 4), en los cuales, la primera obtiene un promedio de 83% de mitades intactas.

Entre las nueces nativas, G-23, G-36 y G-87 destacan por su cáscara relativamente delgada (1.16 a 1.17 mm). Sin embargo, de estas nueces, solo la G-36 presentó, como se dijo anteriormente, una baja resistencia a la fractura. Cabe

señalar que la muestra G-23 obtiene en el concurso de 97, un 39.1% de mitades intactas y la muestra G-87, obtiene en el mismo concurso, un 67.4%. De aquí que, aparentemente no existe, en contra de lo esperado, una correlación entre el grosor de la cáscara, la resistencia a la fractura y la obtención de mitades intactas, tal como lo demostraron Forbus *et al.* (1983 b). La ausencia de una correlación significativa entre el grosor de la cáscara y la resistencia a la fractura fue igualmente corroborada por nosotros ($r=0.647$).

El color, por su parte, es un criterio primario en la determinación de la calidad en las almendras; así, mientras mas claras son éstas se consideran de mejor calidad. De las coordenadas de color (Tabla 4.1b), el valor de "L" (luminosidad) nos indica que tan clara es la cubierta de la almendra. De acuerdo a Forbus *et al.* (1983 a), las nueces que aparecen mas claras presentan valores de "L" y de ángulo de matiz ($\theta = \text{ang tan } b/a$) mayores, esto último es lógico si pensamos que un mayor ángulo de matiz indica que el valor de "b" es proporcionalmente superior a "a", (mas amarillo, menos rojo).

En nuestro caso, se observan diferencias significativas entre las muestras en L, a y b, así como en el ΔE (diferencia total de color) El genotipo G-82 presentó el mayor valor de "L" (54.42) y el menor ΔE (21.58), por lo que puede considerarse como sobresaliente, desde el punto de vista de las Normas Internacionales.

Otros cuatro genotipos nativos, tales como G-75 (27.05), G-23 (29.24), G-87 (30.12) y G-02 (30.12) presentaron valores superiores de "L" e inferiores de ΔE en comparación con Western (33.60). Castro (1994, CP) indica en efecto que las almendras de las nueces nativas de Peñamiller poseen colores relativamente claros que pueden presentar un interés particular para el mercado internacional; por lo cual, si se comercializaran recién cosechadas, obtendrían, en base a este criterio, un mejor precio. En el otro extremo, existen muestras que presentan valores de ΔE relativamente importantes (G-46 y G-36), lo cual las coloca en desventaja para ser comercializadas.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten igualmente hacer comparaciones con otros estudios. Así, Martínez *et al.* (1996) al evaluar el color de 29 genotipos criollos de nuez pecanera, encuentran que la muestra G-50,

considerada como la mas clara obtenida a nivel regional, presenta un ΔE de 20.6, cuyo valor es muy similar al obtenido en el presente trabajo para el G-82 (21.58); lo cual, aunado a los resultados obtenidos para esta muestra en base al sistema Munsell en los concursos regionales de 1996 y 1997 (categoría "light cream", que es la mas alta) (anexo 4), confirma la superioridad de ésta en cuanto a color. Por el contrario, dichos autores obtienen para la muestra G-13 un valor de ΔE de 36.4, el cual es ligeramente mayor, pero se aproxima a las muestras G-46 (35.04) y al G-36 (34.54), incluidas en este estudio, las cuales deben considerarse inferiores.

Finalmente, resulta importante destacar que múltiples investigadores han obtenido diferencias en el color de la almendra de distintos genotipos de nuez, utilizando varios métodos de medición, que van desde la escala visual, hasta los métodos espectrofotométricos (Forbus *et al.*, 1983; Heaton *et al.*, 1975; Thompson y Grauke, 1996; Senter *et al.*, 1980).

IV.1.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

En los resultados del análisis proximal presentados en la Tabla 4.2 a, se observa que el contenido de lípidos totales en Western (80.80%) es curiosamente superior, al de los mejores nativos G-75 (78.47%), G-87 (76.25%) y G-82 (75.02%). Anteriormente, Vázquez (1998), en una evaluación de la sensibilidad a *Aspergillus*, ya había detectado genotipos mejorados con contenidos de lípidos superiores a los de las nueces nativas, a pesar de que Walters (1991) comparó el contenido de lípidos de nueces nativas de Texas con el de nueces mejoradas, concluyendo que las primeras contienen en general una mayor cantidad de lípidos.

Todos los genotipos mencionados arriba presentan porcentajes de lípidos relativamente importantes, sobre todo si los comparamos con los estudios realizados por Brison (1974), Stein (1980) y Heaton *et al.* (1977) quienes señalan que las nueces de alta calidad deben contener un porcentaje de aceite de 70 a 75%. Caro (1986) obtuvo en un estudio realizado con muestras cosechadas en la Costa de hermosillo, Son. 71.4% de lípidos en Western, y porcentajes aún menores en Wichita, Mahan, Choctaw y Desirable, lo cual conforta lo señalado con anterioridad, a saber, que el medio ambiente puede en la nuez pecanera modificar la expresión del

Tabla 4.2a. Caracterización química (*Análisis proximal*) de la almendra de 8 genotipos de nuez pecanera.

Genotipo	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)
G-46	72.81 a	7.58 b	10.02 c	2.16 cd	1.63 d	5.80 d
G-23	73.24 b	7.38 b	10.48 c	1.77 a	1.23 a	5.20 c
G-36	73.84 b	9.44 c	8.30 b	2.33 d	1.59 d	4.50 ab
G-02	75.01 c	7.61 b	9.69 b	1.71 a	1.38 b	4.60 ab
G-82	75.02 c	9.00 c	8.18 b	1.60 a	1.62 d	4.50 ab
G-87	76.25 d	7.31 b	8.81 b	2.04 bc	1.39 b	4.20 b
G-75	78.47 e	5.60 a	8.07 b	1.77 a	1.49 c	4.60 ab
G-Mej	80.80 f	5.31 a	6.76 a	1.83 ab	1.20 a	4.10 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Tabla 4.2b. Caracterización química (*Índice de peróxidos y ácidos grasos libres*) de la almendra de 8 genotipos de nuez pecanera.

Genotipo	Índice de Peróxidos Meq O /Kg	Ácidos grasos libres (%)
G-82	1.638 a	0.072 ab
G-02	1.792 a	0.068 a
G-23	2.650 b	0.900 abc
G-75	3.252 c	0.118 c
G-Mej	3.312 c	0.102 abc
G-46	3.358 c	0.112 bc
G-36	3.432 c	0.122 c
G-87	3.898 d	0.980 abc

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

genotipo; específicamente, Heaton *et al.* (1975) mencionan que el contenido de aceite en la nuez puede variar de un año a otro, dependiendo de las condiciones climáticas y de las prácticas de cultivo.

Al igual que en el caso del color de la almendra, diversos autores se han interesado en el estudio del contenido de los lípidos en la nuez (Caro, 1986; Beuchat, 1978; Anzaldúa *et al.*, 1998; Ocón *et al.*, 1995; Rudolph *et al.*, 1992; Senter y Forbus, 1976).

Gómez y Martínez (1996) reportan en un estudio que incluye 25 muestras de genotipos criollos del centro de México, contenidos de lípidos que van desde 80.8% (G-67 95) hasta 65.9 (G-45 95). Si comparamos estos valores con los obtenidos en el presente trabajo, podemos concluir que Western presenta un contenido muy elevado de lípidos. Además, el porcentaje de lípidos obtenido por la muestra menos destacada en nuestro estudio (G-46) es sensiblemente superior a la G-45 95, por lo cual debe considerarse relativamente normal.

En cuanto al contenido de humedad, en la Tabla 4.2a se observan diferencias significativas entre los genotipos, obteniéndose los mayores porcentajes en G-46 y G-23, siendo estadísticamente distintos a los demás. Por el contrario, los menores valores corresponden a Western y a la muestra G-87. Cabe recordar que las muestras cosechadas con aproximadamente 15% de humedad, fueron "secadas" en el laboratorio bajo las condiciones. El hecho de que al final del secado se hayan obtenido distintos porcentajes de humedad, probablemente se debe a los contenidos de lípidos presentes en cada genotipo, tal como lo demuestra Beuchat (1978). En efecto, si comparamos las medias de humedad con los contenidos de lípidos, en la Tabla 4.2a, se advierte que en general, las muestras con mayor contenido de humedad, presentan los menores porcentajes de aceite, y viceversa. Así, G-46 obtiene el mayor nivel de humedad y el menor contenido de lípidos, por el contrario, Western, con un nivel bajo de humedad, manifiesta el mayor contenido de lípidos.

Entre los parámetros relacionados con la rancidez y que se evaluaron en las muestras de nuez recién cosechada, se encuentran el índice de peróxidos y el porcentaje de ácidos libres, los cuales nos permiten tener una idea del manejo que el producto tuvo durante el cultivo y su posible comportamiento en poscosecha

(Martínez-Téllez, 1990). Los factores que influyen en la velocidad de oxidación de los aceites son el tiempo y las condiciones de almacenamiento (temperatura, presencia de oxígeno y catalizadores).

Los peróxidos son los primeros productos de la oxidación de los lípidos; el índice de peróxidos es por lo tanto una medida relativa del desarrollo de la rancidez.

El intervalo de valores de peróxidos encontrados en este trabajo (Tabla 4.2b) va, en las muestras 82 y 87, desde 1.64 a 3.90 meq/ kg de aceite, respectivamente. En la separación de medias de dicha Tabla se presentan cuatro grupos homogéneos. Estos valores se encuentran dentro de los permitidos para el aceite de óptima calidad (0.00 a 10 meq /kg de grasa), de acuerdo a lo reportado por Egan *et al.* (1987).

Caro en 1986, reportó valores que van desde 4.08 hasta 4.30 meq de peróxido/kg de aceite, de nueces recién cosechadas, éstos son similares a los reportados por Heaton *et al.*, en 1977, y ligeramente superiores a los obtenidos en el presente estudio.

Por su parte, en su forma mas simple, los ácidos grasos libres son considerados como un índice de deterioro en los aceites, éstos se expresan como un porcentaje del peso del aceite. Los porcentajes de ácidos grasos libres reportados en la Tabla 4.2b muestran un intervalo que va de 0.068 a 0.118%; que resulta comparable a lo reportado por Heaton *et al.* en 1977. Los genotipos G-02 y G-82 presentan los menores valores (0.068% y 0.072%, respectivamente), lo que permite presumir, en principio, una vida en poscosecha mas larga (mayores índices de peróxidos y ácidos grasos libres durante el almacenamiento), situación que deberá confirmarse en el análisis de correlación. Dichos valores son estadísticamente distintos a los obtenidos para G-75 y G-36 (0.118% y 0.122%, respectivamente).

IV.2. EVALUACIONES DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Al realizar la discusión de los efectos principales para cada una de las variables de éste estudio es importante considerar que, en aquellos factores de estudio donde se presentan interacciones, los datos obtenidos deben ser tomados con cierta reserva dicho análisis, ya que las interacciones van a tender a enmascarar el valor real del efecto principal.

IV.2.1. DETERMINACIONES FÍSICAS

IV.2.1.1. COLOR

En la Tabla 4.3 se consigna la significancia estadística de los distintos factores de estudio. En ella se observan diferencias altamente significativas para genotipos, períodos de almacenamiento y presentación de la nuez, así como para todas las interacciones en cada una de las variables de color consideradas (“L”, “a”, “b” y ΔE).

La separación de medias para los distintos genotipos en las cuatro variables de color consideradas, con el tiempo de almacenamiento confundido, se aprecia en la Tabla 4.4a. En ella podemos observar, en primer lugar, que los genotipos G-82 y G-75 presentan los colores más claros, ya que sus valores de “L” y “b” son relativamente altos (mayor luminosidad; mas amarillo, menos azul) y sus valores de “a” son los más bajos (menos rojo, mas verde). En lo que respecta al ΔE , destaca el hecho de que todos los genotipos son estadísticamente distintos; además, como era de esperarse, las muestras G-82 y G-75, mencionadas anteriormente, presentan los menores valores. Por el contrario, existen 3 genotipos cuyos valores de ΔE son superiores a 33 (G-46, Western y G-36). Lo anterior es lógico, si pensamos que éstos obtuvieron los mayores ΔE en el tiempo inicial (ver Tabla 4.1 b), y lo mas probable es que durante el almacenamiento, el color de la almendra de cada uno de ellos se haya oscurecido paralelamente. Esto se demuestra con el incremento en el ΔE ; así, la muestra G-82 tuvo inicialmente un ΔE de 21.58 y la G-46, de 35.02; si se considera el almacenamiento confundido (Tabla 4.4 a), las medias de ΔE evolucionaron respectivamente a 29.31 y 39.17.

Por lo que se refiere a la Tabla 4.4 b, donde se muestra la evolución del color durante el almacenamiento, con los genotipos y la presentación confundidos, se advierte claramente que, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, “L” disminuye, “a” aumenta, “b” disminuye y el ΔE se incrementa, siendo todos estos cambios significativamente distintos para cada uno de los tiempos. Nuestros resultados difieren en el valor de “a” con los reportados por Forbus *et al.* (1983), quienes estudiaron las muestras de plástico correspondientes a los estándares de calidad de la Norma americana para la nuez descascarada (USDA, 1969),

Tabla 4.3. Significancia estadística de las *Coordenadas de color (L, a y b)* y el ΔE (*cambio total de color*) para los distintos factores de estudio y las interacciones.

Factores de Variación	L	a	b	ΔE
Efectos principales				
A. Genotipo	1481.0 **	285.9 **	131.0 **	1616.1 **
B. Almacenamiento	2511.4 **	833.4 **	137.6 **	2934.9 **
C. Presentación	170.0 **	34.9 **	41.2 **	220.9 **
Interacciones				
A x B	65.4 **	37.7 **	11.9 **	74.0 **
A x C	22.6 **	14.3 **	7.5 **	26.2 **
B x C	103.6 **	16.3 **	9.1 **	112.6 **
A x B x C	15.38 **	9.0 **	3.0 **	17.4 **

** Altamente significativa con $P \leq 0.05$.

Tabla 4.4a. Comparación de medias para las *coordenadas de color (L, a y b)* y el ΔE de distintos *genotipos* nativos de nuez pecanera.

Genotipos	L	a	b	ΔE
1G-82	47.16 g	7.69 b	18.82 g	29.31 a
2G-23	43.88 f	8.38 c	17.91 f	32.71 b
3G-87	43.11 e	8.37 c	17.40 e	33.57 c
4G-75	41.14 d	7.47 a	16.35 b	35.42 d
5G-02	39.59 c	8.22 c	16.97 d	37.04 e
6G-36	38.77 b	9.54 e	16.63 c	38.06 f
7G-Mej.	38.68 b	10.46 f	15.87 a	38.59 g
8G-46	37.78 a	9.44 d	15.81 a	39.17 h

Tabla 4.4b. Comparación de medias para *coordenadas de color (L, a y b)* y el ΔE para distintos tiempos de *almacenamiento* de nuez pecanera.

Período de almacenamiento	L	a	b	ΔE
0. 0 días.	46.12 e	6.91 a	17.78 d	30.24 a
1. 30 días.	42.61 d	7.93 b	17.63 d	33.87 b
2. 60 días	41.00 c	8.88 c	17.24 c	35.81 c
3. 90 días	39.01 b	9.16 d	16.39 b	37.84 d
4. 120 días	37.58 a	10.6 e	15.81 a	39.65 e

Tabla 4.4c. Comparación de medias para *Coordenadas de color (L, a y b)* y el ΔE de distintas *presentaciones* de nuez pecanera.

Genotipo	L	a	b	ΔE
1. Sin cáscara	40.88 a	8.82 b	16.76 a	35.93 b
2. Con cáscara	41.65 b	8.57 a	17.18 b	35.04 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

concluyendo que, a medida que las nueces se oscurecen (de "golden" a "dark brown"), "L" disminuye, "a" disminuye (a diferencia de nuestros resultados) y "b" disminuye.

Finalmente, por lo que se refiere a la presentación del producto, los valores de la nuez almacenada en cáscara y la almendra descascarada son muy similares; a pesar de ello, se encuentra que, de acuerdo a lo esperado, se obtienen diferencias estadísticas que indican que la nuez sin descascarar se oscurece menos ($>L$, $<a$, $>b$ y $<\Delta E$).

Se sabe efectivamente que la cáscara presenta una barrera que disminuye la difusión del oxígeno, el cual puede oxidar los iones Fe^{++} e intensificar el oscurecimiento (Worley, 1994). Por su parte, Senter y Forbus (1987) indican que los cambios en color durante el almacenamiento de la almendra, se deben a la oxidación de los leucoantocianidinas, en cuyo caso también jugaría un papel importante la difusión del oxígeno.

En la figura 4.1 a se observa que después de cuatro meses de almacenamiento en cáscara, la muestra G-82 se mantiene como la de color más claro ($\Delta E = 33.6$), mientras que la G-75 presenta un ΔE comparable al de las muestras que en un principio presentaban colores relativamente oscuros, lo que indica una evolución importante de ésta en el almacenamiento y nos lleva a concluir que, de acuerdo a la Norma americana, ésta debe ser recomendada para ser consumida en fresco, y no para ser almacenada. En cambio, la muestra G-23, que en un principio presentaba un color relativamente oscuro, al final del almacenamiento presenta un ΔE comparable al del genotipo G-82. Ello indica que dicha muestra puede ser utilizada para ser almacenada.

Por su parte, la figura 4.1b presenta tendencias muy similares a la anterior, ya que en efecto, los valores de ΔE van aumentando en ambas conforme transcurre el tiempo de almacenamiento; aunque dichos valores son casi siempre superiores, cuando la nuez se almacena sin cáscara. El hecho de que el análisis de varianza haya mostrado una interacción *genotipo x presentación* significativa, posiblemente se debe al comportamiento particular de algunos genotipos, como el G-82 y el G-02.

Figura 4.1a Evolución del DeltaE en nueces almacenadas con cáscara a 21°C y 65%HR durante 4 meses.

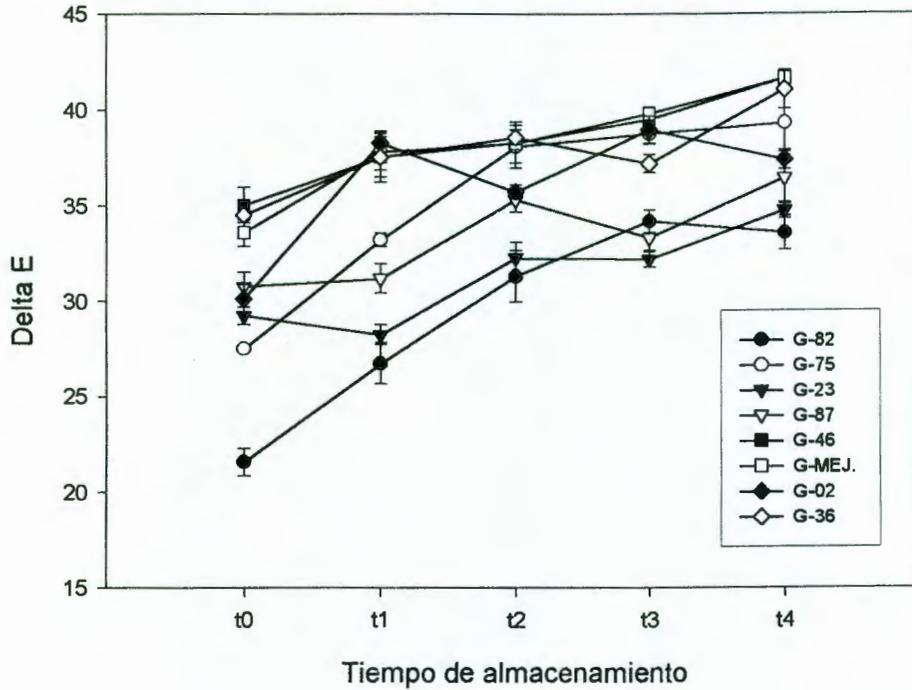
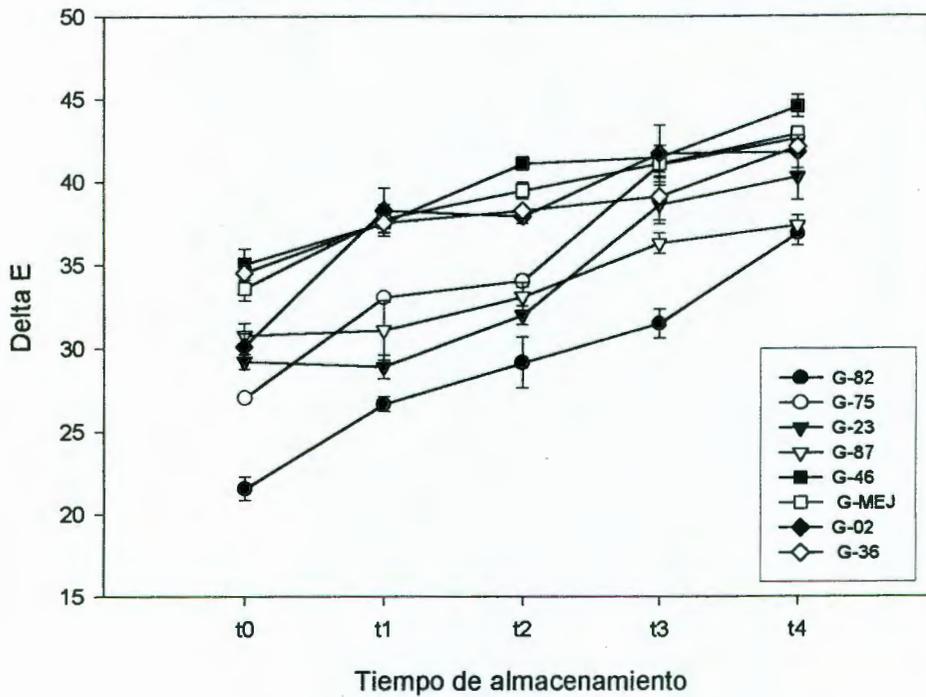


Figura 4.1b Evolución del Delta en nueces almacenadas sin cáscara a 21°C Y 65%HR durante 4 meses.



Por otro lado, si comparamos el comportamiento de los diversos genotipos en las dos presentaciones en que se almacenaron (fig.4.2), se aprecia, en primer lugar, que en todos los genotipos, los valores finales de ΔE fueron superiores cuando la muestra se almacenó sin cáscara, lo cual se debe a las mismas razones esgrimidas arriba, relacionadas con la oxidación de ciertos iones metálicos (Santerre, 1994). En segundo lugar, se advierten pequeñas diferencias en los valores, según la presentación, en los valores del ΔE de Western, G-36 y G-87, lo cual indica, que en un momento dado, pueden almacenarse sin cáscara; en cambio, las diferencias son muy notables en las muestras G-82, G-02 y sobre todo G-23, lo que sugiere que deben de preferencia almacenarse con cáscara.

Kays y Wilson (1978) y Caro (1986) evaluaron, mediante una escala visual, la variación en el color de la almendra de nuez pecanera y su estabilidad durante el almacenamiento en cultivares mejorados, observando diferencias significativas entre genotipos, tiempos de almacenamiento y presentación de la almendra, comportamientos muy similares, a los que aquí se presentan, lo que sugiere que las formas subjetivas de evaluar los cambios en el color, pueden, en un momento dado ser válidas.

IV.2.1.2. TEXTURA

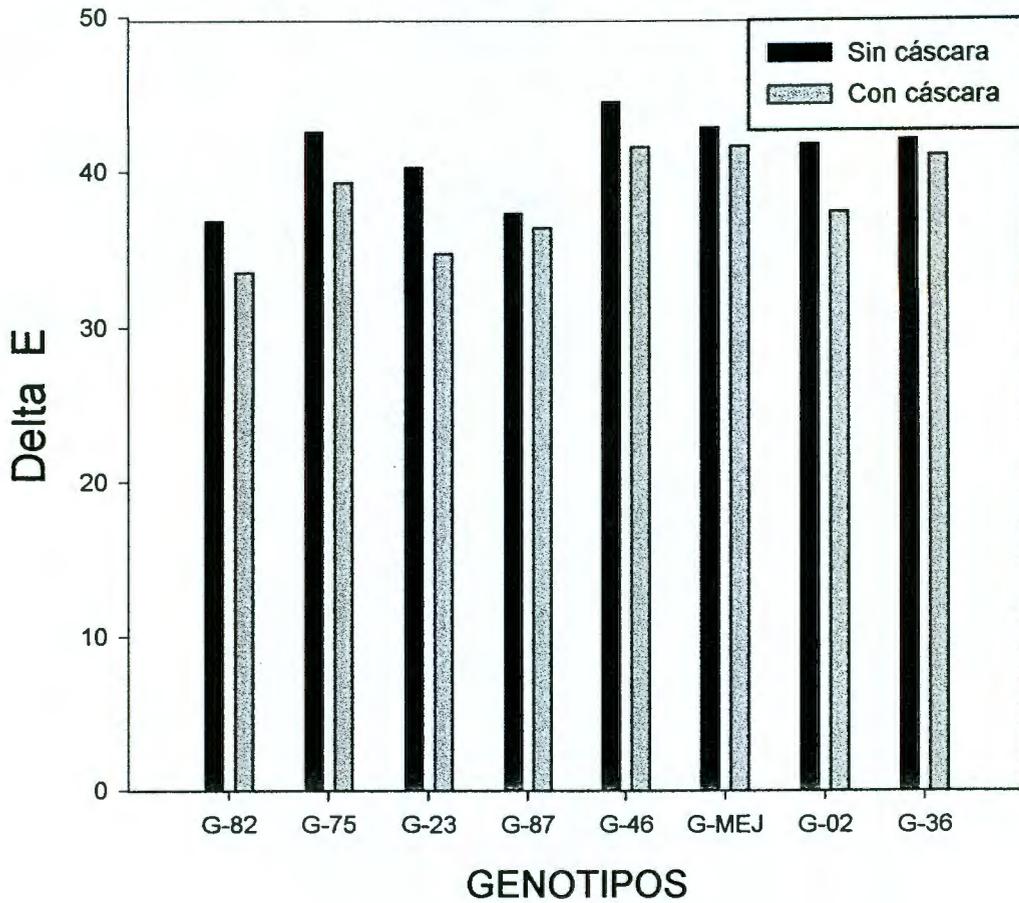
La textura es la manifestación funcional y sensorial de las propiedades mecánicas y estructurales de los alimentos, detectadas por los sentidos de la vista, el oído, el tacto y cinestéticos (Szczesniak, 1998, adaptado de Szczesniak, 1963).

De acuerdo a Ocón *et al.* (1995), la aceptabilidad de las nueces se debe principalmente al sabor y a la textura. Esta última es importante para los procesadores de alimentos, ya que la calidad de sus productos puede depender de la textura de los materiales crudos.

IV.2.1.2.1. ANALISIS DEL PERFIL TEXTURA

El origen del análisis de perfil de textura (**APT**) es la clasificación de características de textura propuesto por Szczesniak (1963), que consiste fundamentalmente en la comparación de medidas instrumentales y sensoriales de

Figura 4.2. Comparación del Delta E final, de las almendras de nuez almacenadas con y sin cáscara a 21°C y 65%HR.



textura. Este es usado de manera general en los análisis de textura de alimentos (Bourne, 1978). Los parámetros incluidos en el perfil de textura son los siguientes: *elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza*, cuya definición física y sensorial se encuentra plasmada en la Tabla 2.8.

Los análisis de varianza para el perfil de textura (*elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza*) (Tabla 4.5) indican diferencias altamente significativas para genotipos y períodos de almacenamiento, no habiendo diferencias para presentación de la nuez. Igualmente, se advierten diferencias altamente significativas en la interacción *genotipo x almacenamiento* para todas las variables; *genotipo x presentación* para masticabilidad; y *almacenamiento x presentación*, para elasticidad.

Los conceptos de *masticabilidad y gomosidad* son en principio similares, pero el primero se utiliza para alimentos sólidos (como la nuez) y el segundo para semi-sólidos (Szczesniak, 1963); sin embargo, ambos son presentados en nuestros análisis para contar con mayor información, el primero de éstos, como se verá mas adelante, correlaciona positivamente con la aceptabilidad general. De las 5 variables correspondientes al perfil de textura, la que mas información nos provee para analizar la evolución de la textura de la nuez pecanera durante el almacenamiento, es ciertamente la dureza, ya que en principio, Szczesniak (1963) y Bourne (1978) consideran, sobre la base de estudios previos, que ésta es la variable procedente de una prueba instrumental, que mayor coeficiente de correlación presenta con las variables sensoriales.

En una curva típica obtenida en el análisis del perfil de textura, el primer máximo que se obtiene y que es el mas alto, corresponde precisamente a la dureza. Éste no debe confundirse con el máximo eventualmente obtenido para "fracturabilidad". Por lo anterior, nuestra discusión versará en lo sucesivo fundamentalmente sobre el análisis de esta característica.

En la Tabla 4.6 se aprecia que Western presentó la menor *elasticidad y cohesividad*; en cambio, el G-02 presenta valores importantes para estas dos variables. La muestra G-87, por su parte, presenta los menores valores de *masticabilidad, gomosidad y dureza*, siendo estadísticamente distinta a las demás.

Tabla 4.5. Significancia estadística del *Perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)* para los distintos factores de estudio y las interacciones.

Factores de Variación	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad	Gomosidad	Dureza
Efectos principales					
A. Genotipo	12.73 **	28.0 **	4.44 **	10.73 **	28.54 **
B. Almacenamiento	88.90 **	29.0 **	32.96 **	20.05 **	15.74 **
C. Presentación	0.02 NS	0.74 NS	0.49NS	1.60 NS	2.42 NS
Interacciones					
A x B	6.49 **	32.1 **	3.12 **	2.88 **	4.32 **
A x C	2.03 NS	0.71 NS	2.36 *	1.27 NS	2.55 NS
B x C	3.30 *	0.07 NS	1.43 NS	0.17 NS	0.70 NS
A x B x C	2.20 **	0.47 NS	1.13 NS	0.63 NS	1.40 NS

** Altamente significativa con $P \leq 0.01$

* Significativa con $P \leq 0.05$

NS No significativa

Tabla 4.6. Comparación de medias para el *Perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)* distintos *genotipos* nativos de nuez pecanera.

Genotipo	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad	Gomosidad	Dureza
G-87	0.380 bc	0.208 bcd	0.92 a	2.22 a	11.66 a
G-82	0.392 d	0.210 bc	1.06 bc	2.68 bc	12.51 b
G-02	0.402 e	0.212 b	1.04 b	2.58 b	12.72 b
G-75	0.390 d	0.198 bcd	1.08 bc	2.75 bcd	13.60 c
G-Mej.	0.367 a	0.193 e	1.04 b	2.60 bcd	13.96 c
G-46	0.389 cd	0.286 a	1.10 bc	2.79 cde	14.61 d
G-23	0.385 cd	0.196 cd	1.14 c	2.94 e	14.73 d
G-36	0.373 ab	0.192 e	1.09 bc	2.88 de	14.77 d

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

En el otro extremo, destacan las muestras G-23, G-46 y G-36. Estas diferencias observadas entre los genotipos se pueden explicar en base a lo señalado por Szczesniak en 1963 y confirmado por ella misma en 1998; a saber, que el contenido de aceite y la humedad influyen directamente en las características reológicas de los alimentos, ya que en efecto, los genotipos evaluados presentan diferencias en ambas variables. Aún mas, en el análisis de correlación que se presenta mas adelante, se aprecian sendas correlaciones de la durezas con el contenido de lípidos ($r=0.862$) y de humedad ($r=-0.856$) de la almendra.

La prueba de medias (Tabla 4.7) indica que, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, los valores de *elasticidad*, *masticabilidad*, *gomosidad* y *dureza* tienden a aumentar, habiendo diferencias significativas entre el tiempo cero y todos los demás tratamientos. Después de 4 meses de almacenamiento acelerado, se aprecia un incremento del 45% en *masticabilidad*; 25.4% en *gomosidad* y únicamente 12.1% en *dureza*. Por el contrario, el valor de *cohesividad* para el tiempo 0 disminuye significativamente a los 30 días de almacenamiento, permaneciendo en los períodos subsecuentes estadísticamente igual. El incremento observado en los valores de estas variables a través del tiempo se explica por una disminución en los niveles de humedad de las muestras, tal como se aprecia en la Tabla 4.13 y en las figuras 4.6 a y b.

Por otro lado, en la Tabla 4.8 se observa que los valores obtenidos para el perfil de textura de las dos formas de presentación de la nuez (en cáscara o descascarada) son muy similares y estadísticamente iguales, lo cual confirma los resultados obtenidos en el análisis de varianza. Esto indica que pequeñas pérdidas en los niveles de humedad, debidas a la ausencia de la cáscara y que se observan en la Tabla 4.14, no son suficientes para alterar significativamente el perfil de textura de las muestras, como si ocurre con las pérdidas de humedad que se presentaron durante el almacenamiento.

Finalmente, en las figuras 4.3 a y b se aprecia la evolución en el almacenamiento de la dureza de las almendras de los distintos genotipos en sus dos presentaciones. En ella se observa que los genotipos G-82 y el G-87 presentan un comportamiento peculiar; caracterizado por una dureza inicial relativamente

Tabla 4.7. Comparación de medias para el *Perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)* en distintos *tiempos de almacenamiento* de nuez pecanera.

Período de almacenamiento	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad	Gomosidad	Dureza
0. 0 días	0.351 a	0.256 a	0.827 a	2.344 a	12.48 a
1. 30 días	0.378 b	0.200 b	1.104 b	2.759 b	13.90 c
2. 60 días	0.384 b	0.202 b	1.112 b	2.872 c	14.15 c
3. 90 días	0.405 c	0.196 b	1.050 b	2.579 cd	13.33 b
4. 120 días	0.407 c	0.205 b	1.205 c	2.940 d	13.99 c

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Tabla 4.8. Comparación de medias para el *perfil de textura (elasticidad, cohesividad, masticabilidad, gomosidad y dureza)* de distintas *presentaciones* de nuez pecanera.

Genotipo	Elasticidad	Cohesividad	Masticabilidad	Gomosidad	Dureza
1. Sin cáscara	0.385 a	0.210 a	1.067 a	2.729 a	13.69 a
2. Con cáscara	0.385 a	0.214 a	1.052 a	2.668 a	13.45 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Figura 4.3 a Comportamiento de la dureza (T.P.A.) de almendras de nuez pecanera almacenada sin cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.

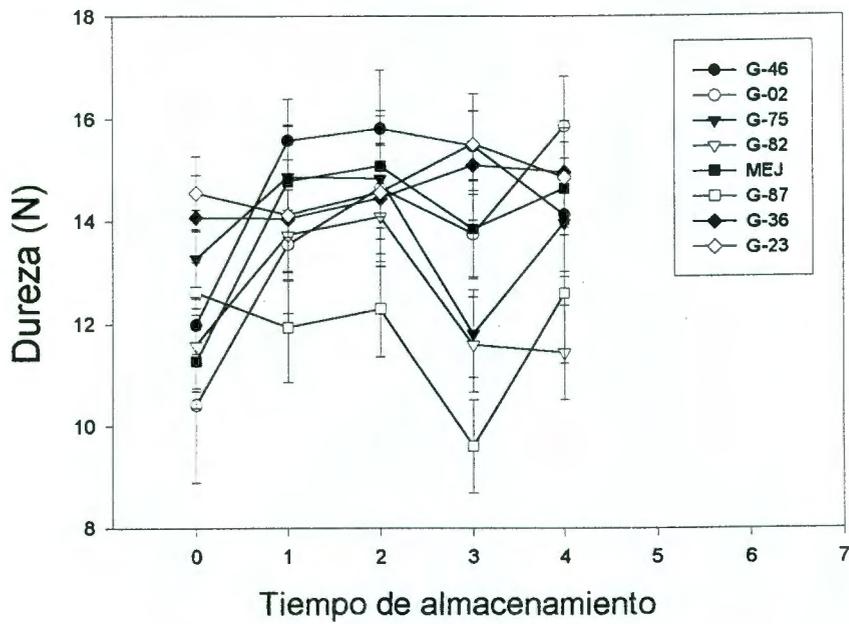
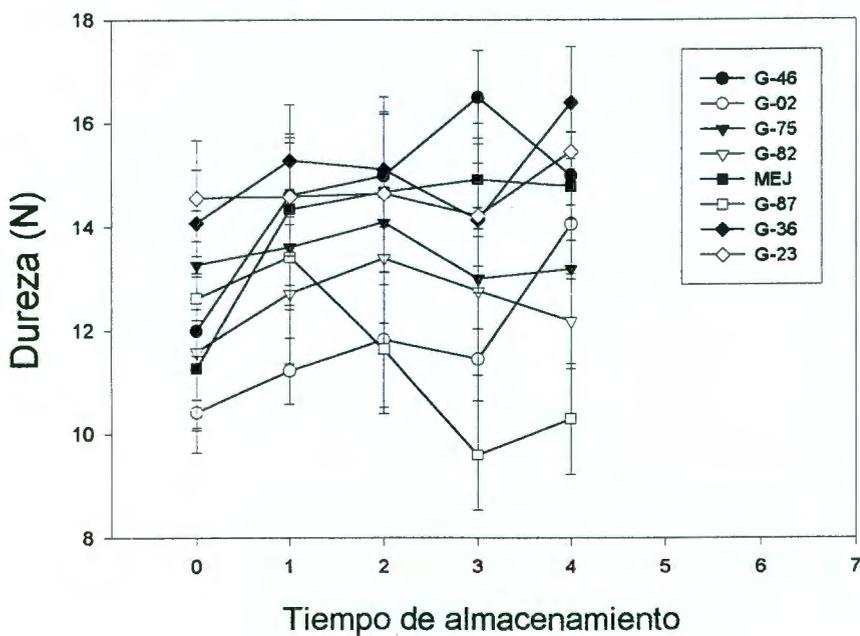


Figura 4.3 b Comportamiento de la dureza (T.P.A.) de almendras de nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.



importante; en cambio, después de 120 días, manifiestan valores relativamente bajos. Estas muestras podrían ser recomendadas para se almacenadas. Cabe recordar que la muestra 82 fue la que presentó los menores valores de ΔE después de cuatro meses de almacenamiento.

IV.2.1.2.2. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Las significancias estadísticas del análisis de varianza para la resistencia a la penetración (*punción*) (Tabla 4.9) indican diferencias altamente significativas para genotipos y períodos de almacenamiento, no habiendo diferencias para presentación de la nuez. Igualmente, se presentan diferencias altamente significativas en la interacción *genotipo x almacenamiento*, a diferencia de lo ocurrido en la interacción *genotipo x presentación*.

En la comparación de medias para los distintos genotipos (Tabla 4.10 a) se aprecian 6 grupos homogéneos. La nuez que presenta la menor resistencia es la G-87, este valor debe ser tomado sin embargo con reservas, ya que es una nuez cuya almendra es relativamente delgada.

El segundo incluye a la G-02, la Western y la G-82, todas ellas con el mismo grosor de la almendra; las muestras nativas de este grupo, al ser comparables con Western, pueden considerarse sobresalientes.

En el lado opuesto de la Tabla encontramos a la G-36, la G-75 y la G-23, con valores de resistencia a la penetración significativamente mayores, por lo cual deben considerarse desventajosas.

Cabe mencionar que la resistencia a la penetración se encuentra, como se verá mas adelante, correlacionada con la dureza.

Por lo que respecta a la evolución de la resistencia a la penetración en función del tiempo de almacenamiento, se aprecia en general, que mientras más tiempo pasa la nuez en el almacén (Tabla 4.10 b), mayor es la fuerza requerida para penetrarla, lo cual probablemente se debe, como en el caso de la dureza, a una pérdida de humedad en la almendra que propicia una mayor resistencia de ésta.

En cuanto al efecto de la presentación en la resistencia a la penetración, la Tabla 4.10 c muestra valores estadísticamente iguales para la almendra almacenada

Tabla 4.9. Significancia estadística de la *Resistencia a la penetración (punción)* para los distintos factores de estudio y las interacciones.

Factor de variación	Resistencia a la penetración (N)
Efectos principales	
A. Genotipo	66.6 **
B. Almacenamiento	12.67 **
C. Presentación	2.77 NS
Interacciones	
A x B	3.67 **
A x C	1.46 NS
B x C	2.00 NS
A x B x C	0.96 NS

** Altamente significativa con $P \leq 0.01$

* Significativa con $P \leq 0.05$

NS No significativa

Tabla 4.10a. Comparación de medias para la *Resistencia a la penetración (Punción)* distintos *genotipos* nativos de nuez pecanera.

Genotipos	Resistencia a la penetración (N)
G-87	8.60 a
G-02	10.71 b
G-Mej.	10.96 bc
G-82	10.98 bc
G-46	11.32 cd
G-36	11.65 de
G-75	11.69 e
G-23	13.29 f

Tabla 4.10b. Comparación de medias para *Resistencia a la penetración (Punción)* para distintos tiempos de *almacenamiento* de nuez pecanera.

Período de almacenamiento	Resistencia a la penetración (N)
0. 0 días.	10.46 a
1. 30 días.	11.06 b
2. 60 días	11.47 cd
3. 90 días	11.64 d
4. 120 días	11.19 bc

Tabla 4.10c. Comparación de medias para *Resistencia a la penetración (Punción)* de distintas *presentaciones* de nuez pecanera.

Genotipo	Resistencia a la penetración (N)
1. Sin cáscara	11.26 a
2. Con cáscara	11.06 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

en cáscara y para la almendra descascarada, lo cual nuevamente es similar a lo obtenido para dureza.

Resurrección y Heaton (1987) midieron la resistencia a la penetración (utilizando una sonda de 3.2 mm) en nueces de cosecha temprana, y de cosecha tradicional, reportando valores de 8.81 N para la cosecha temprana y 25.37 N para las de cosecha tardía. En nuestras pruebas, los valores están comprendidos en un intervalo de 8.60 N y 13.29 N, por lo que resultan comparables a los obtenidos en cosecha temprana, que a decir de dichos autores, presenta mejores características en relación a las nueces cosechadas tradicionalmente.

IV.2.2. DETERMINACIONES BIOQUÍMICAS

El alto contenido de lípidos y el grado de insaturación de los ácidos grasos en la almendra de la nuez hace difícil su almacenamiento. La absorción de olores extraños y el desarrollo de sabores por la formación de productos de la oxidación durante la rancidez, es uno de los defectos más comunes. Estos cambios pueden ocurrir durante la producción, el procesamiento, el almacenamiento y los tratamientos culinarios (Senter y Forbus, 1987).

La significancia estadística obtenida en los análisis de varianza para los distintos factores de estudio, así como para las interacciones de los índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad, se reporta en la Tabla 4.11. Se observan diferencias altamente significativas para genotipos y almacenamiento en las tres variables; sin embargo, no se aprecian diferencias en los índices de peróxidos de acuerdo a la presentación, aunque sí para ácidos grasos libres y para humedad. Todas las interacciones son significativas para peróxidos, ninguna para ácidos grasos libres y solamente *genotipo x almacenamiento* para el porcentaje de humedad.

IV.2.2.1. VALOR DE PERÓXIDOS

El valor de peróxidos es una medida relativa al desarrollo de la rancidez, ya que los peróxidos son los primeros productos de la oxidación de lípidos.

Tabla 4.11. Significancia estadística para *índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad* de distintos genotipos de nuez pecanera sometidos a almacenamiento acelerado en dos presentaciones.

Factor de variación	Índice de Peróxidos	Ácidos grasos libres	% de humedad
Efectos principales			
A. Genotipo	123.3 **	8.12 **	25.4 **
B Almacenamiento	288.6 **	19.23 **	109.96 **
C. Presentación	0.518 NS	8.87 **	12.87 **
Interacciones			
A x B	16.9 **	0.71 NS	2.88 **
A x C	3.47 **	0.41 NS	0.36 NS
B x C	5.93 **	0.77 NS	0.93 NS
A x B x C	2.88 **	0.19 NS	0.42 NS

** Altamente significativa con $P \leq 0.01$

* Significativa con $P \leq 0.05$

NS No significativa

Tabla 4.12. Comparación de medias para *índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad* en distintos *genotipos* de nuez pecanera.

Genotipo	Índice de Peróxidos Meq O /Kg	Ácidos grasos libres (%)	% de humedad
G-02	1.30 a	0.105 a	3.95 a b c
G-82	1.40 a	0.105 a	3.98 b c
G-46	1.73 b	0.138 b c	4.59 d
G-75	2.18 c	0.164 d	3.90 a b
G-23	2.20 c	0.112 a	4.53 d
G-87	2.25 c	0.127 a b	3.80 a
G-Mej.	2.50 d	0.123 a b	3.91 a b
G-36	2.53 d	0.159 c d	4.11 c

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

La comparación de medias muestra que los genotipos con los menores promedios de peróxidos, con almacenamiento y presentación confundidos, son el G-02 y el G-82, lo cual concuerda con lo señalado en la caracterización de la nuez, a saber, que el valor inicial de ácidos grasos está relacionado con la capacidad de almacenamiento del producto; por el contrario, Western y G-36 presentan los valores más altos (Tabla 4.12).

En la tabla 4.13, se observa que el índice de peróxidos va disminuyendo conforme pasa el tiempo en el almacenamiento (fig. 4.4). Esta disminución con respecto al valor inicial corresponde a lo que se da en llamar "periodo de inducción", el cual se reduce o se prolonga en función de la temperatura y el tiempo de almacenamiento (Woodroof y Heaton, 1961; Heaton, 1977; Serwin, 1978). Lo anterior se debe a que, en la oxidación de los aceites, la absorción del oxígeno requiere de la intervención de radicales libres, y no es sino hasta que se alcanza el nivel necesario, cuando se inicia la siguiente reacción, que es la de propagación (Cheftel y Cheftel, 1976). Caro (1986) obtiene tendencias similares a las nuestras en los valores de peróxidos en el almacenamiento de nueces mejoradas procedentes de la Costa de Hermosillo.

Por el contrario, el índice de peróxidos no se modifica significativamente en función de la presentación de la nuez durante el almacenamiento, según se observa en la tabla 4.14. Esto coincide sensiblemente con lo reportado por Caro (1986).

Por lo que respecta a la evolución de los índices de peróxidos para cada genotipo durante el almacenamiento, en las figuras 4.4 a y b se observa, como en la Tabla 4.12, una disminución general de dicho índice.

En las nueces almacenadas con cáscara se advierten claramente 3 tendencias distintas:

- Un primer grupo compuesto por las muestras G-82 y G-02 que presenta índices bajos de peróxidos, tanto al principio como durante todo el almacenamiento.
- Un segundo grupo que incluye a las muestras G-75 y G-87 y G-46, las cuales, habiendo iniciado con niveles relativamente importantes, sufren una

Tabla 4.13. Comparación de medias para *índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad* para distintos tiempos de *almacenamiento* de nuez pecanera.

Período de almacenamiento	Índice de Peróxidos Meq O /Kg	Ácidos grasos libres (%)	% de humedad
0. 0 días.	2.91 e	0.098 a	4.67 e
1. 30 días.	2.14 d	0.109 a	4.33 d
2. 60 días	1.97 c	0.129 b	4.18 c
3. 90 días	1.42 a	0.141 b	3.97 b
4. 120 días	1.63 b	0.169 c	3.34 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Tabla 4.14. Comparación de medias para *índices de peróxidos, ácidos grasos libres y porcentaje de humedad* para distintas *presentaciones* de nuez pecanera.

Genotipo	Índice de Peróxidos Meq O /Kg	Ácidos grasos libres (%)	% de humedad
1. Sin cáscara	2.00 a	0.138 b	4.02 a
2. Con cáscara	2.02 a	0.121 a	4.17 b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Figura 4.4a. Índice de peróxido en nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.

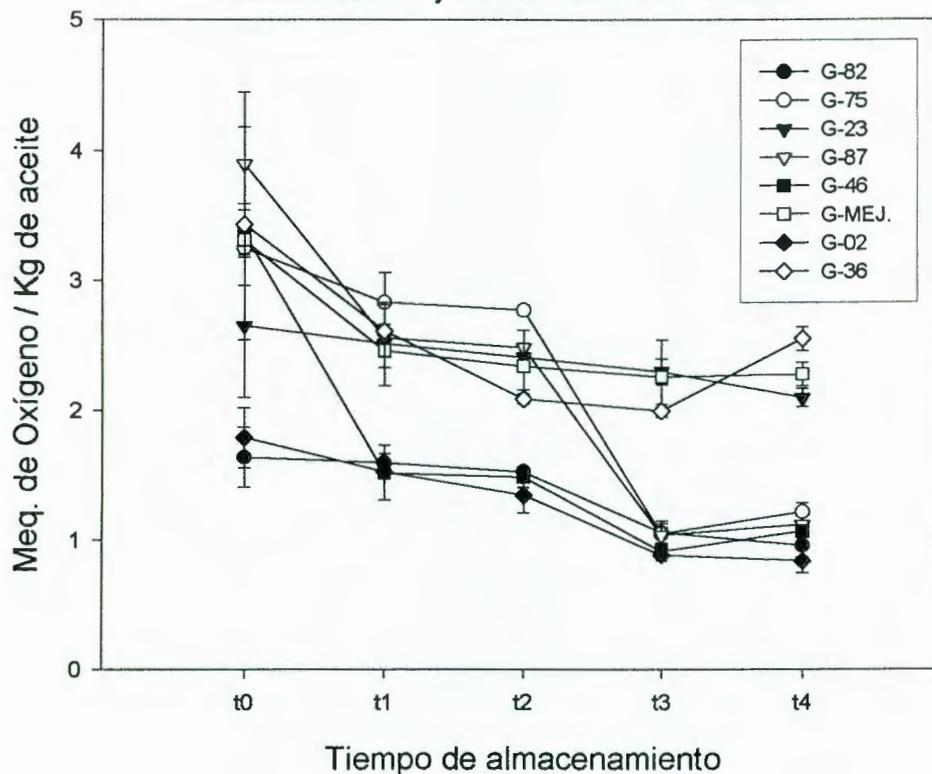
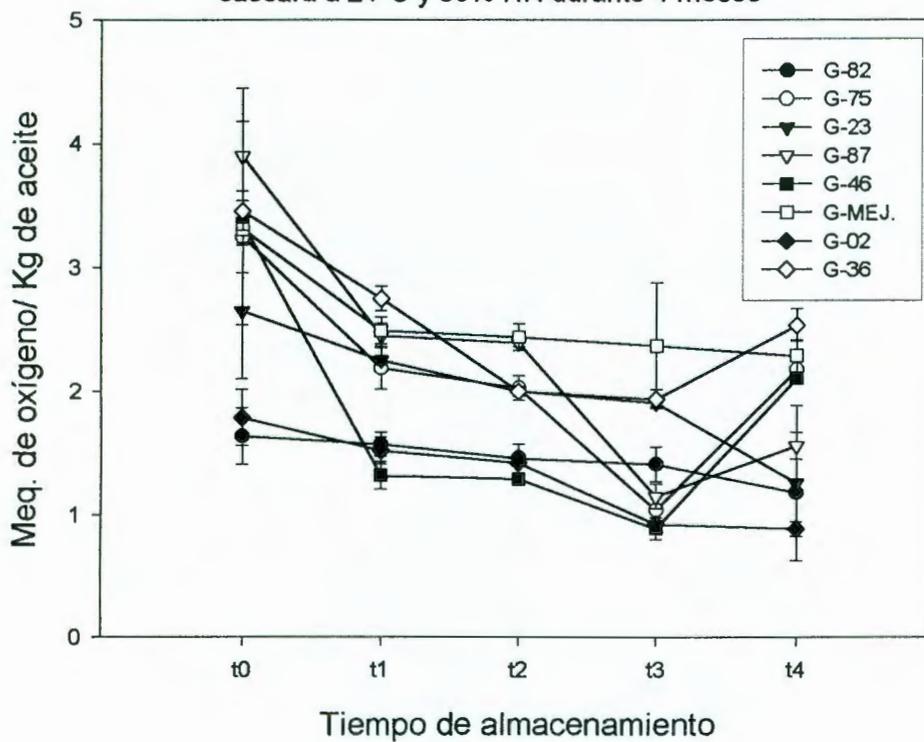


Figura 4.4b. Índice de peróxido en nuez pecanera almacenada sin cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses



disminución súbita del índice de peróxidos, llegando al final del almacenamiento a niveles comparables al del primer grupo.

- Un tercer grupo formado por las muestras G-36, Western y G-23, con niveles de peróxidos relativamente elevados, tanto al inicio como al final del almacenamiento.

Por lo que respecta al almacenamiento sin cáscara (figura 4.4 b), se advierte, a partir de los 90 días, y a diferencia de la gráfica anterior, un incremento en los valores de peróxidos para al menos 3 muestras (G-36, G-46 y G-75), lo cual parece indicar que, debido a la mayor difusión de oxígeno facilitada por la ausencia de la cáscara, se ha superado el período de "inducción", pasando a la siguiente etapa (propagación). Estos resultados dejan entrever que dichas muestras son mas sensibles a la oxidación. Para tener resultados mas confiables, hubiera sido recomendable ampliar la evaluación hasta los 6 meses, aunque hay que tener claro que 4 meses en almacenamiento acelerado corresponden a un almacenamiento 0°C durante 8 meses sin cáscara y durante 12 meses con cáscara.

IV.2.2.2. ÁCIDOS GRASOS LIBRES

El porcentaje ácidos grasos libres es un índice importante del deterioro en los aceites.

La comparación de medias muestra que los genotipos con los menores porcentajes de ácidos grasos libres son el G-02 y el G-82; curiosamente, estos genotipos son los que presentaron los menores índices de peróxidos y los menores porcentajes iniciales de ácidos grasos, lo que sin duda los coloca como los menos susceptibles al deterioro oxidativo. Por el contrario, al igual que sucede con los índices de peróxidos, los valores mas altos se obtienen en Western y en G-36. Parecería existir una relación entre el promedio de ácidos grasos libres y el índice de peróxidos para los distintos genotipos evaluados (Tabla 4.12).

En lo que respecta a la evolución de esta variable en función del tiempo de almacenamiento, con genotipos y presentación confundidos, en la Tabla 4.13 se aprecia que los ácidos grasos libres aumentan significativamente con el tiempo, lo cual parece lógico si consideramos que, por acción de las lipooxigenasas, se

hidrolizan los triglicéridos, dando como resultado la liberación de ácidos grasos (Jadav *et al.*, 1996).

Por lo que se refiere a la presentación de la nuez, en la tabla 4.14 podemos observar que los ácidos grasos libres aumentan significativamente cuando la almendra se almacena sin cáscara. En efecto, existen numerosos reportes que indican que la cáscara constituye una barrera que protege a la almendra de la oxidación durante su almacenamiento. La ventaja de almacenar la nuez en almendra es que ocupa menos espacio (aproximadamente un 40%) en el frigorífico (Forbus *et al.*, 1976).

Por lo que toca a la evolución del porcentaje de ácidos grasos libres para cada genotipo durante el almacenamiento (fig. 4.5 a y b), se aprecia una tendencia general ascendente de todas las muestras; solamente la G-23 describe, a partir de los 90 días, una disminución de los valores, hasta llegar a los 120 días a un nivel muy similar al tiempo inicial.

En la gráfica correspondiente a las nueces almacenadas sin cáscara, se advierte que las muestras G-75 y G-36 describen un aumento en el porcentaje de ácidos grasos libres que resulta muy superior al de los demás; a éstas les sigue la G-46. Es interesante subrayar que estas mismas muestras son exactamente las mismas que de los 90 a los 120 días habían descrito un incremento en el valor de peróxidos, siendo almacenadas en almendra. Lo anterior conforta la hipótesis de que la disminución de peróxidos en las primeras etapas de almacenamiento se habían debido al período de inducción y su paso inmediato a la etapa de propagación. Se concluye que estos tres genotipos son los más sensibles al deterioro oxidativo.

Si comparamos los resultados de porcentajes de ácidos grasos libres con las diferencias de ΔE final e inicial, calculados a partir de los valores de las Tablas 4.1 a y b, se observa que no existe una correlación; es decir, a medida que los porcentajes de peróxidos se incrementan, no necesariamente se incrementa la diferencia entre el ΔE final y el inicial; por ejemplo, la muestra G-75 presenta porcentajes de ácidos grasos libres y un ΔE muy grande; en cambio, las muestras G-46 y G-36, a pesar de manifestar valores importantes de porcentajes de ácidos

Figura 4.5a Porcentaje de ácidos grasos libres de nuez pecanera almacenada con cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.

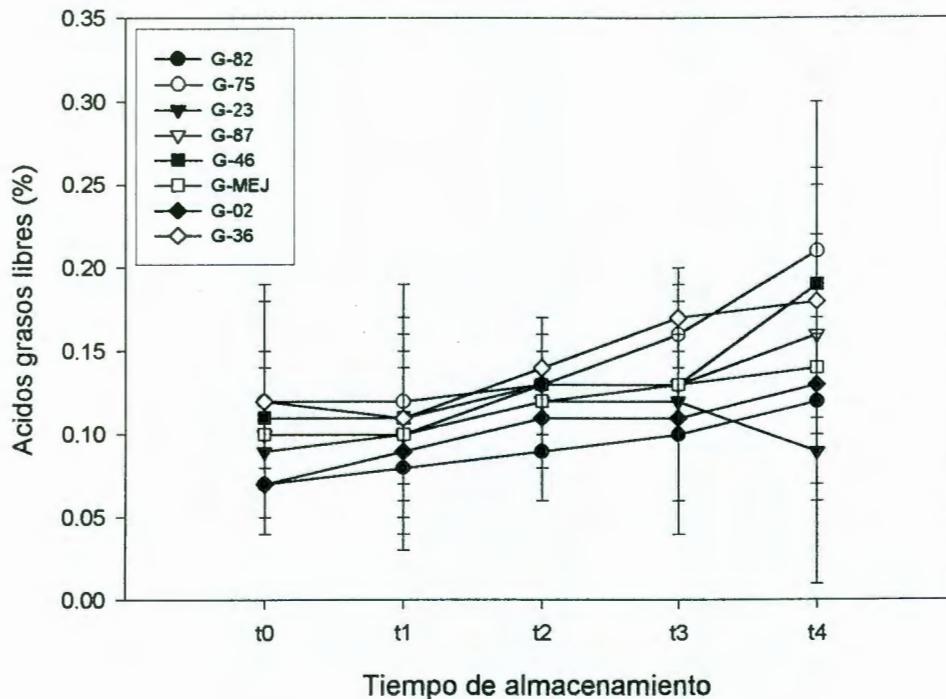
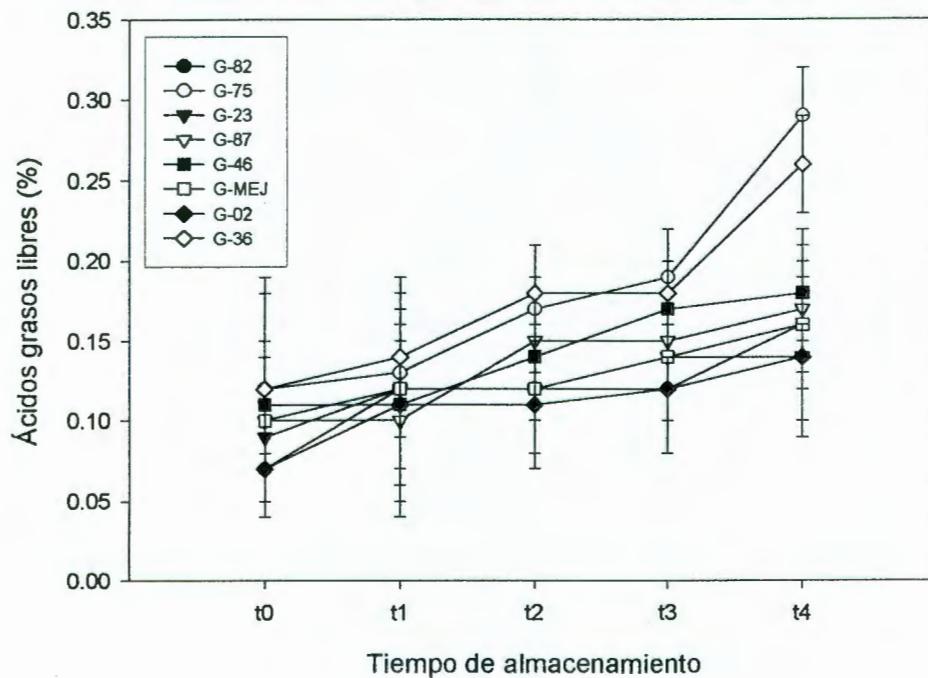


Figura 4.5b Porcentaje de ácidos grasos libres de nuez pecanera almacenada sin cáscara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.



grasos libres, presentan valores de ΔE relativamente pequeños, esto se demostró a través de un análisis de correlación (Anexo 5).

La conclusión que puede extraerse de esta comparación es que la medición de la evolución del ΔE durante el almacenamiento no es suficiente para tener una idea clara del deterioro oxidativo de las almendras, dicho de otro modo, el oscurecimiento de la nuez y la formación de ácidos grasos libres, son fenómenos que ocurren en paralelo, pero guardan independencia entre sí.

Por el contrario, resulta curioso observar que las tres muestras que presentan el mayor deterioro oxidativo, manifiestan después de 120 días de almacenamiento, los mayores valores de ΔE , tanto almacenadas en cáscara, como descascaradas (Figuras 4.1 a y b).

IV.2.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD

Los porcentajes de humedad de los diversos genotipos, con presentación y almacenamiento confundido, varían significativamente (Tabla 4.12), lo cual podría obedecer a dos causas: ya sea que las muestras se almacenaron en la cámara bioclimática con distintos niveles de humedad desde un principio, o bien, que el contenido de lípidos en las muestras sea tan distinto que el equilibrio de humedad alcanzado en la cámara (65%) corresponda a distintos niveles de humedad, lo cual coincide con los conceptos desarrollados por Beuchat (1978).

En efecto, en la Tabla 4.2 a se constata claramente que aquellos genotipos que presentan altos contenidos de lípidos (primera columna) manifiestan a su vez bajos contenidos de humedad en el tiempo cero (sexta columna, Tabla 4.2 a); y en el promedio de humedad de los cinco períodos de almacenamiento (tercera columna, Tabla 4.12).

En la tabla 4.13 se observa claramente que los promedios de los porcentajes de humedad (con los genotipos de nuez confundidos) van disminuyendo significativamente conforme pasa el tiempo en el almacenamiento, lo cual también se aprecia en las figuras 4.6 a y b).

Lo anterior se explica si consideramos que las nueces fueron colocadas en la cámara (65% de H.R = 0.65 A_a) con un promedio inicial de humedad de 4.67%, lo

Figura 4.6a. Contenido de humedad en almendras de nuez pecanera almacenada con cascara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.

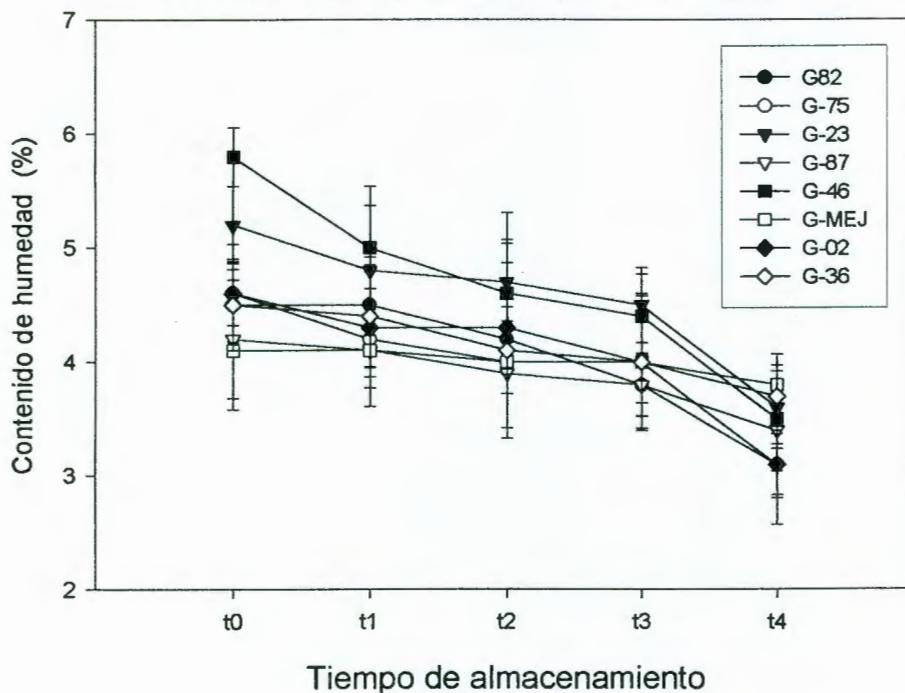
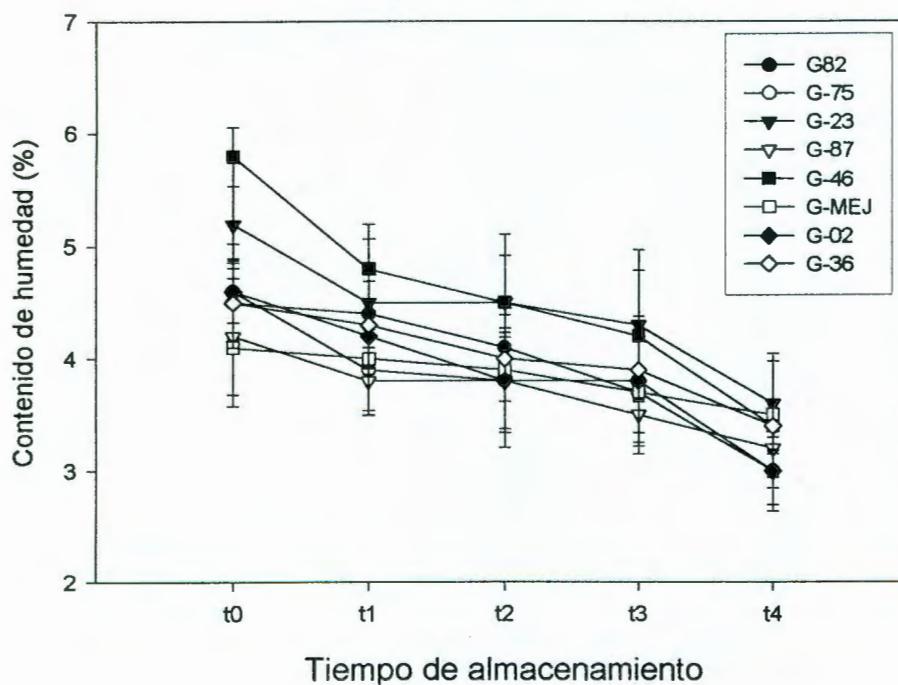


Figura 4.6b. Contenido de humedad en almendras de nuez pecanera almacenadas sin cascara a 21°C y 65% HR durante 4 meses.



cual, de acuerdo a Beuchat (1978), corresponde, en función del contenido de lípidos, a una actividad acuosa de aproximadamente 0.74. De ello se concluye que para que las muestras alcanzaran el equilibrio, tuvieron que perder humedad paulatinamente, hasta llegar a un promedio de 3.34% que corresponde sensiblemente a 0.65 A_a .

Por último, en la tabla 4.14 podemos observar que la pérdida de humedad de la almendra es mayor cuando ésta es almacenada sin cáscara. Lo anterior se debe a que, si existe un déficit de presión de vapor, el agua contenida en la almendra se va a difundir hacia la atmósfera; pero la velocidad de difusión se verá limitada por la presencia de la cáscara.

IV.3. EVALUACION SENSORIAL

Uno de los objetivos mas importantes que se persigue con la evaluación sensorial de la nuez es, como en la mayoría de los alimentos, observar el grado de aceptación por el consumidor

En las Tablas 4.15 a y b, se consignan los valores de "F" para todas las variables sensoriales consideradas, todos los cuales son altamente significativos en función del genotipo, del almacenamiento y de la interacción entre ambos factores. La única excepción es el sabor, de acuerdo al tipo de almacenamiento.

La prueba de medias en función del genotipo (Tabla 4.16a) muestra que, en las variables de apreciación, sobresale el G-82 con los más bajos valores de color; sin embargo, en contra de lo esperado, no existe una coincidencia entre la apreciación del color y la preferencia (Tabla 4.16b), lo cual sugiere que en México, a diferencia de los Estados Unidos y en contra de lo supuesto, no se prefieren las almendras que presentan colores claros. Es más, la muestra G-87, cuyo color resultó oscuro, manifiesta una buena preferencia en el color, por parte del jurado.

En lo que se refiere a la textura, se observan grandes diferencias entre los genotipos evaluados. En este caso, deben considerarse como sobresalientes aquellos que muestren valores intermedios, como Western y G-36. De igual manera, la apreciación del sabor debe estimarse en función de los valores intermedios, por ello, de acuerdo a los resultados de nuestros análisis, las muestras consideradas sobresalientes son la G-36 y la G-82.

Tabla 4.15a. Significancia estadística de las Pruebas de apreciación de variables consideradas en los análisis sensorial, para los distintos factores de estudio y las interacciones.

Factor de variación	Pruebas de Apreciación		
	Color	Textura	Sabor
Efectos principales			
A. Genotipo	245.86 **	15.73 **	47.40**
B. Almacenamiento	333.19 **	167.62 **	36.**
Interacciones			
A x B	8.37 **	30.91**	8.78**

** Altamente significativa con $P \leq 0.01$

Tabla 4.15b. Significancia estadística de las pruebas de preferencia de variables consideradas en los análisis sensorial, para los distintos factores de estudio y las interacciones.

Factor de variación	Prueba de Preferencia			
	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad General
Efectos principales				
A. Genotipo	18.93 **	11.51 **	53.92 **	29.17 **
B. Almacenamiento	5.47 **	35.08 **	2.16 **	9.58 **
Interacciones				
A x B	5.06 **	9.63 **	5.81 **	2.93 **

** Altamente significativa con $P \leq 0.01$

Tabla 4.16a. Comparación de medias para las *Pruebas de Apreciación (color textura y sabor)* variables sensoriales de de distintos *genotipos* de nuez pecanera.

Genotipo	Apreciación		
	Color	Textura	Sabor
G-82	25.3 a	41.9 a	49.8 c
G-02	29.1 b	44.8 b c d	39.2 a
G-23	41.8 c	43.3 a b	41.8 a b
G-75	56.3 d	48.3 e	40.0 a
G-46	63.2 e	44.1 a b c	40.1 a
G-Mej.	66.0 e f	46.9 d e	45.0 b
G-36	68.0 f	46.2 c d e	50.4 c
G-87	72.2 g	52.5 f	64.5 d

Tabla 4.16b. Comparación de medias para las *Pruebas de Preferencia (color, textura, sabor y aceptabilidad general)* de variables sensoriales de distintos *genotipos* de nuez pecanera.

Genotipo	Preferencia			
	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad general
G-87	36.6 a	52.6 bc	31.2 a	35.8 a
G-36	54.7 bc	43.9 a	36.6 b	40.3 b
G-75	54.1 bc	52.6 bc	46.2 c	48.1 c
G-46	58.1 c	54.2 cd	46.4 c	51.7 cd
G-23	53.8 bc	49.5 b	54.9 d	53.6 d
G-82	53.3 b	52.7 bc	53.2 d	54.4 de
G-Mej.	58.1 c	57.8 d	54.5 d	57.9 e
G-02	52.0 b	60.1 e	59.1 e	58.7 e

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

En las pruebas de preferencia, sobresalen las muestras G-46 y Western en color; G-02 y Western en textura; G-02, G-23, Western y G-82 en sabor, y finalmente, Western, G-02, G-82 y G-23 en aceptabilidad general. Aparentemente, el criterio que tiene mas peso en esta última, es el sabor, tal como lo demuestra el análisis de correlación que se discutirá posteriormente. Resulta sorprendente que Western, cultivar mejorado, haya obtenido las mejores calificaciones por parte del jurado, ya que, la creencia general en la región, es que los tipos nativos son comparativamente mejores a nivel sensorial.

En la Tabla 4.17 a se consignan los cambios en el color de las muestras almacenadas a 21°C, en dos presentaciones, de acuerdo a la apreciación de los jueces. En primer lugar, los jueces aprecian tonalidades mas oscuras en las nueces almacenadas, en relación al testigo. En segundo lugar, resulta curioso que las muestras almacenadas en cáscara aparecen con valores ligeramente mayores a las sin cáscara, ya que en las pruebas instrumentales (ver Tabla 4.4 c) se aprecia que la nuez sin cáscara se oscurece un poco mas durante el almacenamiento.

En lo que concierne a la textura, resulta interesante resaltar que las nueces almacenadas son consideradas menos suaves que el testigo, lo cual concuerda con los niveles de humedad de éstas. Sin embargo, la nuez almacenada en cáscara es estimada como una nuez mas crujiente que la nuez sin cáscara, a pesar de que esta última presenta menores niveles de humedad.

Por lo que respecta a la apreciación del sabor, la nuez almacenada en cáscara presenta, de acuerdo a los jueces, un sabor "característico"; en cambio, la nuez almacenada en almendra se considera con un sabor que tiende a suave. Sin embargo, la muestra almacenada a -20°C, que se supone debía presentar las mejores calificaciones, muestra valores que indican una mayor tendencia hacia el sabor suave que la almacenada sin cáscara. De aquí podría suponerse que para el consumidor local, el sabor característico corresponde a aquel de nueces conservadas durante mucho tiempo en condiciones irregulares, lo que efectivamente suele ocurrir en México.

Por otro lado, en la Tabla 4.17 b se aprecian los resultados de los análisis sensoriales en relación a las pruebas de preferencia.

Tabla 4.17a. Comparación de medias para las *Pruebas de apreciación (color, textura y sabor)* variables sensoriales en diferentes formas de *almacenamiento*.

Almacenamiento	Apreciación		
	Color	Textura	Sabor
1. - 20° C	38.3 a	41.3 a	41.4 a
2. En cáscara	63.8 c	53.6 c	50.3 c
3. Sin cáscara	56.1 b	43.1 b	47.4 b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Tabla 4.17b. Comparación de medias para las *Pruebas de Preferencia (color, textura, sabor y aceptabilidad general)* variables sensoriales en diferentes formas de *almacenamiento*.

Almacenamiento	Preferencia			
	Color	Textura	Sabor	Aceptabilidad general
1. - 20° C	50.8 a	49.1 a	48.2 a	49.3 a
2. En cáscara	55.1 b	59.0 b	48.7 a	53.2 b
3. Sin cáscara	51.9 a	50.7 a	46.4 a	47.6 a

Letras diferentes indican diferencias estadísticas a $P \leq 0.05$.

Llama la atención que las muestras almacenadas en cáscara son preferidas en color, textura y aceptabilidad general, con relación a la muestra congelada. Sin embargo, no existe una preferencia particular por el sabor de los distintos tratamientos.

En contra de lo esperado, la muestra mantenida en congelación no solo no sobresale en ninguna de las pruebas de preferencia, sino que frecuentemente presenta valores estadísticamente inferiores a los de las muestras almacenadas a 21°C durante 4 meses. Estos resultados podrían poner en tela de juicio, al menos en relación a las preferencias de los consumidores del centro de México, las supuestas desventajas de almacenar la nuez, ya que es probable que dichos consumidores, no siendo conocedores, asuman criterios que puedan resultarnos extraños, desde el punto de vista de los estándares internacionales.

Valdría la pena profundizar estos estudios para analizar, de una manera mas amplia, las preferencias de la población mexicana en el aspecto sensorial. Ya con anterioridad habíamos subrayado el hecho de que los consumidores locales prefieren las almendras relativamente oscuras, lo cual también se contrapone a las normas americanas, que incluso alientan la obtención de sobrepuestos por nueces cuyas almendras presenten colores claros (USDA, 1969).

Resurrección y Heaton (1987), en un estudio en el cual compararon desde el punto de vista sensorial nueces de cosecha temprana, con nueces cosechadas tradicionalmente, y a partir de pruebas de apreciación y de preferencia, encontraron diferencias significativas entre la época de cosecha, viéndose favorecidas las nueces que se cosecharon en época temprana. Otros autores han realizado investigaciones relacionadas con aspectos sensoriales en la nuez (Ocón *et al.*, 1995; Erickson *et al.*, 1994; Heaton *et al.*, 1975; Senter *et al.*, 1980).

IV. 4. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES EVALUADAS

El análisis de correlación se llevó a cabo con las 21 variables mas importantes relacionadas con la calidad de la almendra. De éstas, únicamente se consideran en la Tabla 4.18 aquellas en las cuales se obtuvieron coeficientes estadísticamente

Tabla 4.18 Coeficientes de Correlación simple entre 21 variables registradas de 8 genotipos de nuez pecanera.

	lipidos	humedad	peroxi-ini	L-inicial	a-inicial	b-inicial	deltaEini	gros.cas	%almen	Lxalm.	axalm.	bxalm.	DeltaEalm	TPAmastica	TPAdureza	puncion	peroxialm	coloraprec	textuaprec	saborpref	acepta-gral	
1	lipidos	1.000	-0.695	0.837	0.984	-0.858	0.661	-0.985	-0.749	0.915	-0.838	0.742	-0.860	0.852	0.669	0.882	0.857	0.870	0.845	0.839	0.825	0.845
2	humedad		1.000	-0.908	-0.739	0.547	-0.558	0.733	0.814	-0.727	0.904	-0.508	0.854	-0.894	-0.765	-0.958	-0.903	-0.843	-0.871	-0.677	-0.926	-0.911
3	peroxido-ini			1.000	0.871	-0.796	0.661	-0.875	-0.795	0.783	-0.950	0.537	-0.944	0.946	0.729	0.939	0.860	0.981	0.983	0.747	0.966	0.982
4	L-inicial				1.000	-0.513	0.730	-0.999	-0.839	0.953	-0.854	0.638	-0.991	0.860	0.631	0.862	0.880	0.879	0.924	0.885	0.849	0.854
5	a-inicial					1.000	-0.538	0.833	0.522	-0.651	0.755	-0.730	0.768	-0.777	-0.532	-0.811	-0.597	-0.865	-0.840	-0.612	-0.783	-0.815
6	b-inicial						1.000	-0.744	-0.618	0.673	-0.747	0.392	-0.555	0.731	0.401	0.719	0.653	0.659	-0.905	0.601	0.718	0.631
7	delta-E ini.							1.000	0.816	-0.942	0.861	0.651	0.861	-0.867	-0.629	-0.872	-0.874	-0.888	0.719	-0.868	-0.857	-0.860
8	grosor-cas								1.000	-0.922	0.701	-0.306	0.666	-0.688	-0.382	-0.652	-0.818	-0.694	-0.720	-0.762	-0.787	-0.727
9	%almendra									1.000	-0.743	0.505	-0.748	0.743	0.743	0.503	0.979	0.745	0.738	0.879	0.776	0.748
10	Lxalm.										1.000	0.638	0.948	-0.998	0.844	-0.988	-0.913	-0.958	-0.973	-0.729	-0.968	-0.972
11	axalm.											1.000	0.392	0.712	0.706	0.734	0.627	0.631	0.625	0.395	0.632	0.650
12	bxalm.												1.000	-0.941	-0.879	-0.936	-0.881	0.961	-0.931	-0.800	-0.899	-0.963
13	DeltaEalm													1.000	0.853	0.992	0.911	0.961	0.972	0.723	0.966	0.974
14	TPAmastica														1.000	0.842	0.809	0.778	0.750	0.632	0.741	0.816
15	TPAdureza															1.000	0.871	0.967	0.976	0.725	0.943	0.964
16	puncion																1.000	0.835	0.839	0.830	0.898	0.882
17	peroxialm																	1.000	0.989	0.732	0.948	0.984
18	coloraprec																		1.000	0.704	0.967	0.980
19	textuaprec																			1.000	0.658	0.700
20	saborpref																				1.000	0.978
21	acepta-gral																					1.000

 p mayor o igual a .01 para r = 0.903
 p mayor o igual a .05 para r = 0.719

1. lipidos	Lipidos
2. humedad	Humedad
3. peroxido-ini	Indice de peroxido inicial
4. L-inicial	Color L inicial
5. a-inicial	Color a inicial
6. b-inicial	Color b inicial
7. delta-E ini.	Color delta E inicial

8. grosor-cas	Grosor de la cáscara
9. %almendra	Porcentaje de almendra
10. Lxalm.	Color L en almacenamiento
11. axalm.	Color a en almacenamiento
12. bxalm.	Color b en almacenamiento
13. DeltaEalm	Delta E en almacenamiento
14. TPAmastica	T.P.A. masticabilidad

15. TPAdureza	T.P.A. dureza
16. puncion	Resistencia la penetración
17. peroxialm	Indice de peroxido en almacen
18. coloraprec	Sensorial color apreciación
19. textuaprec	Sensorial textura apreciación
20. saborpref	sensorial sabor preferencia
21. acepta-gral	sensorial aceptación general

significativos (26). De éstas, 13 presentan una significancia de $P \leq 0.05$; y 13, una significancia de $P \geq 0.01$.

Aunque algunas de las correlaciones obtenidas pudieran ser fortuitas, consideramos que la significancia estadística es en la mayoría de los casos verdadera, ya que cada uno de los 8 valores correspondientes a cada genotipo, proceden de muestras muy grandes. Por ejemplo, la determinación de las variables de color realizada al inicio del experimento para cada genotipo procede de 120 observaciones. Por su parte, los valores de ΔE para cada genotipo proceden de 1,200 observaciones de cada una de las tres coordenadas de color (“L”, “a” y “b”).

Entre las correlaciones mas sobresalientes, podemos destacar las siguientes:

En primer lugar, se aprecia que el porcentaje de lípidos presenta una correlación positiva con la dureza de la almendra ($r=0.862$), lo cual se explica por un menor contenido de humedad en la misma.

La humedad, por su parte, presenta una correlación significativa con el grosor de la cáscara ($r=0.814$); ello puede encontrar una explicación en el hecho de que esta última, como ya se había mencionado anteriormente, representa una barrera que disminuye la velocidad de difusión en forma de vapor del agua que se encuentra en la almendra. Cabe recordar que en efecto, la humedad inicial que presentaban las almendras al momento de ser puestas en almacenamiento fue decreciendo gradualmente (Tablas 4.13 y 4.14) debido al déficit de presión de difusión entre éstas y el medio ambiente de almacenamiento.

El porcentaje de humedad correlaciona además negativamente con dos variables del perfil de textura, a saber: “dureza” ($r=-0.858$) y “resistencia a la penetración” ($r=-0.903$); ello resulta evidente si se piensa que a mayor humedad, menor será la dureza de la almendra y su resistencia a la penetración. Por último, se aprecia que la humedad presenta una correlación negativa con la preferencia en el sabor y con la aceptabilidad general ($r=-0.926$). Lo anterior se refiere en algunos estudios que afirman que mientras mas húmeda es la almendra, menor será su crujencia (Hao *et al.* 1989; Resurrección y Heaton 1987). Cabe mencionar que la preferencia en el sabor y la aceptabilidad general están a su vez íntimamente

correlacionadas ($r=0.978$), lo cual ya había sido entrevistado en los resultados obtenidos en las pruebas sensoriales.

En cuanto al deterioro de la nuez, se aprecia una correlación altamente significativas del índice de peróxidos inicial con el mismo índice confundido con el almacenamiento ($r=0.981$), sin embargo, llama la atención la ausencia de correlación del primero con el porcentaje de ácidos grasos libres inicial ($r=0.334$) y durante el almacenamiento (0.654), así como entre estas dos últimas (0.562).

Por lo que respecta a las coordenadas de color, se aprecia que “L” inicial se correlaciona negativamente con “a” inicial ($r = -0.813$), ya que cuando las nueces se tornan mas oscuras, los valores de “L” disminuyen y los de “a” aumentan. Asimismo, “L” inicial correlaciona negativamente con el ΔE inicial ($r= -0.999$), ya que cuando “L” disminuye, el ΔE aumenta.

Los valores de “a” inicial correlacionan positivamente con el ΔE inicial ($r =0.833$), ya que los valores mayores de “a” derivan en un incremento del ΔE , esto se explica debido a que altos valores de “a” corresponden a colores mas oscuros de las almendras y a su vez, a valores de ΔE mayores, que se van alejando del estándar “*light cream*” propuesto por Thompson *et al.* (1996).

Los valores de “b” se correlacionan negativamente con la apreciación del color ($r=-0.905$), lo cual se debe a que, mientras la nuez se torna mas oscura (mayores valores para la apreciación visual), los tonos amarillos correspondientes a “b” van disminuyendo.

Continuando con el color de la almendra, el ΔE inicial presenta igualmente una correlación con la apreciación del color, aunque en este caso, dicha correlación es positiva ($r=0.719$), las nueces claras manifiestan valores bajos tanto en “L” como en la apreciación del color.

Por otro lado, se advierte una correlación negativa entre el grosor de la cáscara y el porcentaje de almendra ($r= -0.922$). Podría en principio pensarse que esta correlación pudiera ser fortuita; sin embargo, es razonable pensar que una nuez que presenta una cáscara gruesa va a tener menor espacio para desarrollar una almendra de gran tamaño y que ocupe un porcentaje elevado de la nuez; de hecho,

es bien sabido que las nueces nativas presentan cáscaras relativamente gruesas y porcentajes de almendra frecuentemente inferiores al 40%.

En contraposición, los cultivares mejorados presentan una cáscara sumamente delgada y porcentajes de almendra que llegan a superar el 60%.

De hecho, Thompson (1988) se muestra sorprendido de los progresos enormes que en materia de mejoramiento genético del nogal se han obtenido en poco tiempo, ya que en efecto se han logrado seleccionar, en tan solo dos generaciones, cultivares de "cáscara de papel" con contenidos de almendra elevadísimos.

No debemos descartar sin embargo el hecho de que Western, participante en nuestro estudio (58.45% de almendra y grosor de cáscara de 0.88 mm), haya influido considerablemente en la significancia de esta correlación en particular. Para verificar lo anterior, realizamos un análisis de correlación entre estas dos variables, excluyendo a Western. El resultado fue un coeficiente de correlación ($r = -0.7674$) significativo, que confirma la validez de esta correlación.

En cuanto a las correlaciones relativas al perfil de textura, destacan las de masticabilidad con dureza ($r=0.842$), y la de la primera con resistencia a la penetración ($r=0.809$). Asimismo, se presenta una correlación positiva entre dureza y resistencia a la penetración ($r=0.871$). Si entendemos que la masticabilidad está definida como "el número de aperturas de la boca que se requieren para "masticar" una muestra a una velocidad de apertura por segundo con fuerza constante, para reducir la muestra a una consistencia adecuada para ingerirla", mientras mas dura esté la muestra, se requerirán mayor número de "aperturas de la boca"; y por otro lado, una muestra mas "dura" presenta una mayor resistencia a la penetración.

Enseguida, analizando las correlaciones relativas a la evaluación sensorial, primeramente se advierte una correlación altamente significativa entre la apreciación del color y la preferencia en el sabor ($r=0.967$). Cabe recordar que a medida que se apreció un tono mas oscuro de la nuez, el valor otorgado por los jueces fue mas alto; por ello, esta correlación resulta a primera vista un poco extraña, ya que normalmente se da por descontado que nueces mas claras llaman mas la atención y

probablemente van a “gustar” mas, una vez que el consumidor se encuentra predispuesto por el color.

Sin embargo, lo que debemos tomar en cuenta, es que estos “principios” se han desarrollado y son válidos para el gusto del consumidor americano (USDA, 1969), ya que en efecto, en la prueba de preferencia por el color (Tabla 4.16b), pudimos constatar con sorpresa que el consumidor local tiende a apetecer mas las almendras con tonalidades relativamente oscuras. Ello explica entonces la significancia de esta correlación. El mismo razonamiento puede ser válido para la correlación altamente significativa que se presentó entre la apreciación del color y la aceptabilidad general ($r=0.980$).

Finalmente, llama la atención la correlación significativa entre la preferencia en el sabor y la aceptabilidad general ($r=0.978$). Esta correlación la podemos interpretar desde el punto de vista de que, al menos para la nuez, en las condiciones del centro de la república, el público consumidor basa la aceptabilidad del producto, fundamentalmente en el sabor. Cabe señalar que estas dos evaluaciones se llevaron a cabo de manera consecutiva, de acuerdo al formato de evaluación (Anexo 3).

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, y de la discusión generada de éstos podemos concluir lo siguiente:

La caracterización física de las nueces nativas permitió conocer el nivel de calidad de los diversos genotipos nativos en comparación con los cultivares mejorados. Western cultivada en la Comarca Lagunera obtuvo en este estudio 58% de almendra y una cáscara muy delgada, como corresponde a las nueces mejoradas. Cinco de los siete genotipos nativos evaluados (G-36, G-23, G-46, G-87 y G-75) superaron el 40% de almendra, lo que prácticamente asegura su comercialización. Por otro lado, el G-36 manifestó una menor resistencia a la fractura que el cultivar mejorado.

El tamaño del fruto, determinado a través del número de nueces por kilogramo, corresponde, en las muestras analizadas, a tamaños relativamente pequeños, lo cual es compatible con la idea que se tiene de los genotipos nativos; sin embargo, dos de ellas (G-02 y G-82) presentan tamaños que resultan comparables al de cultivares mejorados recientemente liberados, y que de acuerdo a la tendencia actual del mercado internacional, son recomendables para su comercialización.

El color de las almendras de los genotipos nativos evaluados, determinado a partir del ΔE , es relativamente claro. Ello reviste un interés especial para la exportación del producto, ya que se sabe que, de acuerdo a la Norma Oficial Americana para la nuez descascarada (1969), un color claro se relaciona con frescura y con ausencia de rancidez, recibiendo un sobreprecio. El ΔE inicial (con respecto al estándar "*light cream*" propuesto por Thompson, *et al.* (1996) para la muestra G-82 (21.58) corresponde al de las almendras de nueces más claras, y este valor resulta muy inferior al del resto de las muestras, incluyendo al cultivar mejorado Western (33.60).

Por otra parte, el contenido de lípidos resultó, en la mayoría de los casos, superior al reportado por otros investigadores, lo cual puede estar influenciado por la acumulación de unidades calor de las regiones de donde provino la nuez. Tres de los genotipos evaluados (G-46, G-23 y G-36) se encuentran en el intervalo sugerido por

diversos autores para la nuez de alta calidad (70 y 75%). Cinco genotipos (G-82, G-02, G-87, G-75 y Western) superan el 75% de almendra.

En lo que concierne el estudio de la evolución de los distintos genotipos durante el almacenamiento, se presentaron diferencias significativas del color en función del genotipo, del tiempo de almacenamiento y de la presentación de la nuez.

Desde nuestro punto de vista, el ΔE es la variable que mejor describe los cambios en el color de la nuez. A partir de este criterio, el genotipo 87 alcanza, a los 120 días de almacenado en cualquier presentación, un valor de ΔE comparable al del G-82, por lo cual debe considerarse una muestra susceptible de ser almacenada. Además resalta el hecho de que todos los genotipos, a excepción del G-46, obtuvieron un menor ΔE al final del almacenamiento con respecto a Western.

A pesar de que en la totalidad de las muestras, los ΔE finales siempre fueron mayores cuando las nueces son almacenadas en almendra, existen 2 genotipos nativos que, aún sin ser sobresalientes (G-36 y G-87), manifiestan junto con el Western, una muy pequeña diferencia de los ΔE de las dos presentaciones (ΔE sin cáscara - ΔE con cáscara = 1), lo que significa que podrían almacenarse con o sin cáscara, indistintamente. El almacenamiento en almendra representa una gran ventaja desde el punto de vista del volumen a manejar en las cámaras frigoríficas.

Por otro lado, los análisis de los índices de peróxidos y de los porcentajes de ácidos grasos libres indican diferencias significativas entre los genotipos, a lo largo del almacenamiento. Las muestras G-02 y G-82 presentan, para ambos casos, valores muy inferiores de las demás, lo que indica que son muy estables durante el almacenamiento; en el caso opuesto se encuentra la muestra G-36. Los valores iniciales para estas muestras observan las mismas tendencias; sin embargo, solo se presenta una correlación significativa entre el índice de peróxidos inicial y durante el almacenamiento.

Los índices de peróxidos para los distintos genotipos muestran una clara tendencia a disminuir, lo que sugiere que el período de almacenamiento analizado no fue suficiente para evaluar esta variable. Solamente tres de las muestras almacenadas en almendra (G-75, G-36 y G-46) manifiestan un aumento en el índice de peróxidos (de los 90 a los 120 días de almacenamiento), lo cual es compatible

con la idea de que se requiere un cierto tiempo de "inducción" para llegar a la fase de "propagación" de los peróxidos. Estas muestras son precisamente las que obtienen los mayores porcentajes de ácidos grasos libres, tanto en el tiempo final, como con el almacenamiento confundido.

Resulta interesante señalar que las medias de ambas variables, con los tiempos de almacenamiento confundido, guardan una relación en algunos de los genotipos, particularmente en aquellos que destacan, lo que sugiere que estos valores pueden expresar la capacidad de almacenamiento de un determinado genotipo o cultivar.

Por su parte, las medias iniciales y los promedios del contenido de humedad para los distintos genotipos fueron estadísticamente distintos y guardan un cierto paralelismo, lo cual confirma lo expuesto por Beuchat (1978), a saber, que en una misma actividad de agua (0.65 en nuestro caso), el contenido de humedad de la nuez, va a estar determinado por el porcentaje de lípidos.

En lo concerniente a las mediciones de textura para todos los genotipos, la resistencia a la penetración y el análisis de perfil de textura manifestaron una clara dependencia con el contenido de humedad, con el contenido de lípidos y con el tiempo de almacenamiento.

Finalmente, de los resultados obtenidos en los análisis sensoriales, podemos concluir que existen diferencias importantes, tanto en las variables de apreciación como en las de preferencia, entre los distintos genotipos y en las formas de almacenamiento de las muestras. Las pruebas de apreciación confirman que los genotipos G-82 y G-02 presentan almendras de colores muy claros. Por su parte, los genotipos G-87; G-75 y Western, son los de mejor textura. Finalmente, los genotipos G-82; G-36 Y G-87, fueron los mas apreciados por los jueces en cuanto a sabor.

Asimismo, en las pruebas de preferencia, los mejores genotipos en cuanto a color fueron: G-36; G-82 y G-02; en cuanto a textura G-02; Western y G-46 y finalmente, en sabor, G-02; G-23 y G-82.

Resulta interesante subrayar que, en contra de lo esperado, las nueces sometidas a almacenamiento acelerado obtuvieron mejores calificaciones en preferencia que aquellas mantenidas en congelación a -20°C , y que al parecer, los

jueces prefieren las nueces de colores de colores relativamente oscuros, lo cual contradice los gustos del consumidor americano y en general del resto del mundo. Sería recomendable profundizar las investigaciones referentes a las preferencias del consumidor mexicano, utilizando una mayor cantidad de muestras nativas y mejoradas y un método de análisis sensorial mas detallado, en el cual se haga intervenir a una mayor cantidad de jueces. Los resultados obtenidos permitirán reorientar los criterios para la Norma Mexicana de Calidad de la Nuez Pecanera.

Se concluye que la muestra G-82 resulta la mas sobresaliente, ya que presenta un tamaño aceptable, el mejor color al momento de la madurez y durante el almacenamiento, lo cual fue apreciado por los jueces, lo que le confiere buenas características para la exportación; presenta los menores valores de peróxidos y ácidos grasos libres, lo cual indica que es menos sensible a deteriorarse. Esta muestra manifiesta además, de acuerdo a los concursos regionales, una buena eficiencia de descascarado (de 53.57 a 68.75%), habiendo resultado ganadora en el concurso de 1996. Es una nuez cuya textura es crujiente, su sabor característico y no es muy preferida en color por los consumidores locales, es bien apreciada en textura, en sabor y en aceptabilidad general. Un defecto mayor de esta muestra es su relativamente bajo contenido de almendra (37.8%), por lo cual deberá posiblemente recomendarse como fuente de germoplasma, para futuros programas de mejoramiento genético, aunque este defecto puede compensarse con el alto rendimiento que el árbol ha manifestado en la región de Victoria, Gto. Además, si el árbol se manejara adecuadamente, desde el punto de vista agronómico, podría incrementarse su porcentaje de almendra.

La muestra G-23, por su parte, reconocida desde 1995 como una de las mas importantes selecciones de la región, por haber mostrado características relevantes, es una nuez chica, con 43.2% de almendra, un color inicial relativamente claro, contenido de lípidos mediano, índices de peróxidos y ácidos grasos libres iniciales relativamente bajos, aunque sus valores finales son relativamente elevados, con una dureza importante y difícil de masticar. Esta nuez, aunque relativamente bien apreciada por los consumidores locales, no respondió a las expectativas.

Finalmente, para futuros trabajos de investigación relacionados con materiales nativos de nuez pecanera, sería recomendable extender este tipo de estudios a otras regiones, tales como las zonas nogalícolas de los estados de Hidalgo, San Luís Potosí y Aguascalientes, donde también se encuentran poblaciones de nogal nativo.

Por otro lado, para confirmar la bondad de nuestros resultados, y debido al carácter perenne, a la alternancia que presenta esta especie y a la variación climática, es igualmente recomendable ampliar, al menos durante dos años, la realización los análisis de las muestras de distintas poblaciones de nogal seleccionadas. Para ello, se requiere utilizar tiempos de almacenamiento relativamente mayores.

Para un futuro mediano, es aconsejable establecer en la región un banco de germoplasma, que cuente al menos con los genotipos mas sobresalientes (G-82, G-23) y otras muestras detectadas en otros estudios, con los cuales se puedan realizar programas de mejoramiento genético.

Estos programas podrán considerar la Introducción de cultivares mejorados cualitativamente superiores a los nativos, aunque se sabe que éstos en general presentan una baja adaptación a las condiciones agroclimáticas de la región, manifestada fundamentalmente por un bajo rendimiento. Además, los cultivares mejorados presentan en general, una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades y demandan una serie de prácticas culturales. Considerando las características socioeconómicas de la región, en la que los agricultores no están acostumbrados a dar al nogal el manejo que requiere, es difícil que éstos prosperen en la región, pero bien podrían ser utilizados como fuente de germoplasma.

Además de lo anterior, y para desarrollar la industria nogalícola en la región, es imperativo el establecimiento de viveros municipales y parcelas demostrativas con los genotipos nativos seleccionados. Asimismo, se requiere mejorar los canales de comercialización, posiblemente a través de cooperativas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. A. 1981.** Estudio ecológico para la introducción de variedades mejoradas de nogal pecanero *Carya illinoensis* Koch, en el municipio de Atoyac, Jalisco. Tesis de licenciatura. Esc. Agronomía, Universidad de Guadalajara.
- Anzaldúa-Morales, A., Brusewitz, G. H., Maness, N. O. 1998.** Moisture Content Adjustment to Modify Texture of Reduced-Oil Pecans. *J. Food Sci.*, 63: 1067.
- AOAC. 1984.** Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Fourteenth edition. Editor Sidney Williams Published by the Association Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 1141 p.
- AOCS. 1975.** American Oil Chemist Society. 3ª Edition. American Oil Chemists Society. Champaign, Illinois. U.S.A.
- Avants J. K. y R. Pressev, 1973.** Utilización de la cascara de la nuez. El nogal; traducción de Castro Medina R. y Jorge Armando H. tomado de "The Pecan Quarterly" Comisión Nacional de Fruticultura, S.A.G. Boletín No. 1 p.p.6-7.
- Badui, D. S. 1982.** Química de los Alimentos. Primera reimpresión. Editorial Alhambra, S. A. México. 430 p.
- Baez S. R. 1990.** Manejo Poscosecha de Nueces. En: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. Yahia, E. M. ed. LIMUSA México D.F.
- Báez, S. R. 1992.** Manejo poscosecha de nueces. En: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. Ed. Yahia E. M. Ed. LIMUSA. México D.F.
- Belitz, D. H. y Grosch, W., 1988.** Lípidos. Cap 3. En: "Química de los alimentos". Acribia. Zaragoza, España.
- Beuchat, L. R. 1978.** Relationship of Water Activity to Moisture Content in Tree Nuts. *J. Food Sci.* 43: 754-755, 758.
- Beuchat, R. L. and Worthington. 1978.** Fatty composition of tree nut oils. *J. Food Technol.*, 13: 355-358.
- Bourne, M. C. 1978.** Texture Profile Analysis. *Food Technology* 32(7), 62-66,72

- Brison, F. R. 1972.** El Pecanero. Boletín informativo de la Asociación de Agricultura local de producción del nogal de la costa de Hermosillo, A. C. No. 3 pp.7.
- Brisón, F. R. 1974.** Pecan Culture. Capital Printing Press. Austin, Texas. Ch. 11, 235-246 pp.
- Brison, F. R. 1976a.** Cultivo del nogal pecanero. 1ª ed. CONAFRUT. México, D.F.
- Brison, F. R. 1976b.** La industria nogalera, pasado, presente y futuro. 1ª edición. Comisión Nacional de Fruticultura. México.
- Bruckner, G. 1992.** Fatty acids and cardiovascular diseases. Cap. 32 En: "*Fatty acids in foods and their health implication*". Marcel Dekker, Inc. New York, USA
- Caro, P. A. 1986.** Cambios en la Calidad de 5 Variedades de Nuez Encarcelada (*Carya illinoensis*) Durante el Almacenamiento. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.
- Castro, R. 1983.** Pecan Marketing in Mexico. 17th Western Pecan Conference Proceedings. Coop. Ext. New. Mex. State Univ., Las Creces, N. M. p. 86-90.
- Cheftel, J. C. y Cheftel, H. 1976.** Oxidación de lípidos. Cap. 3 En: "Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos", Vol. (I) Acribia . Zaragoza España.
- Cortés, D. O., Aguilar-Pérez, J. H. y Rodríguez-Olmos, B. 1993.** Avances en el banco de germoplasma de nogal en México. *Información Científica y Tecnológica*, 200: 39-41.
- Dirección General de Estadística agrícola. 1991.** Anuario estadístico de producción agrícola en México. S.A.R.H.
- Duarte L. E. 1967.** El nogal. 5-6, 11, 14 pp.
- Dugan, L. 1995.** Lipids. Cap. 4. En: "*Principles of Food Science*" Part I, Food Chemistry. Fennema, R. O. (Ed). Marcel Dekker, Inc. New York, U. S. A.
- Dunlap, G. F., White, J. P., Pollak, M. L. y Brumm, J. T. 1995.** Fatty acids composition of oil from adapted elite corn breeding materials. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 72: 981-987.
- Egan, H., Kirk, R. S. and R. Sawyer. 1987.** Análisis Químico de alimentos. Ed. Continental, S.A. México D.F. p. 548.

- Erickson, D. M. y Frey, N. 1994.** Property-enhanced oils in food application. *Food Technol.*, 50: 63-68.
- Erickson, M. C. 1994.** Methods for measurement of pecan quality. In: Pecan Technology. C. R. Santerre (Ed.) pp 111-133- Chapman and Hall, New York, London.
- FIRA. 1993.** La nuez pecanera, situación y perspectivas en México. Boletín informativo 247. Vol. XXV. México.
- Florkowski, W. J. y Hubbard, E. E. 1994.** Pecan Production. Cap 9. En: "*Pecan technology*". (Ed) Charles, R. S., Chapman y Hall. New York, U. S. A.
- Forbus Jr., W. R., and S. D. Senter. 1976.** Conditioning Pecans With Steam to Improve Shelling Efficiency and Storage Stability. *J. Food Sci.* 41: 794-798.
- Forbus Jr., W. R., S. D. Senter, and R. L. Wilson. 1983 a.** Cultivar, Processing and Storage, Effects on Pecan Kernel Color. *J. Food Sci.* 48: 1646-1649.
- Forbus Jr., W. R., S. D. Senter, and R. L. Wilson. 1983 b.** Physical Properties of Pecans Relating to Shelling Efficiency. *J. Food Sci.* 48: 800-803, 816.
- Frank, J., Geil, J. V. y Freaso, R. 1982.** Automatic determination of oxidation stability of oil and fatty products. *Food Technol.*, 36: 71-73.
- Frankel, E. N. 1984.** Lipids oxidation: Mechanisms, products and biological significance. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 61: 1908-1984.
- Friedman H. H., Whitney, J. E. and Szczesniak, A. S. 1963.** The Texturometer- A New Instrument for Objective Texture Measurement. *J. Food Sci.* 28:390-396.
- García, E. 1988.** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. pp. 217. México, Méx.
- Gómez, R. R. y Martínez, P. R. 1996.** Evaluación del contenido de aceite en genotipos criollos de nuez pecanera *Carya illinoensis* (Wang) K. Koch originarios del centro de la República Mexicana. Memorias. XI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica; Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- Grauke, J. L. y Thompson, E. T. 1995.** Evaluation of Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Coch) Germoplasm collections and designation of core subset. *HortScience*, 5: 950-954.

- Grauke, L. J. 1985.** The Scientific Name of the Pecan HortScience 20(4): 629.
- Gray, J. I. 1978.** Measurement of lipids oxidation: A review. J. Amer. Oil. Chem. Soc. 55 (6): 97-99.
- Hall, Ch. R. 1993.** Characteristics of U.S. pecan farms, En: "*Texas Pecan Handbook*". Texas Agricultural Extension Service, Texas A & M University; Collage Station, Texas.
- Hancock, B. G. 1987.** Selection of varieties is crucial orchard decision. The Pecan Press., 7: 12-14.
- Hancock, B. G. 1993.** Development of the pecan industry. In: Texas Pecan Handbook, 1993. Texas Agricultural Extension Service. Collage Station, Texas. pp: I-3 a I-8.
- Hancock, B. G., 1997.** Texas Pecan Handbook . Texas Agricultural Extension Service Capítulo II 1-2.
- Hao, D. Y. Y., Heaton, E. K., and Beuchat, L. R. 1989.** Microbial, compositional, and other quality characteristics of pecan kernels stored at -20°C for twenty-five years. J. Food Sci. 54: 472.
- Heaton E. K.; A. L. Shewfelt, A. E. Bandenhop and L. R. Beuchat, 1977.** Pecans: Handling, storage, processing and utilization. Research Bulletin 197. Univ. Of Georgia, Athena, 79 p.
- Heaton, E. K. and L. R. Beuchat. 1980.** Quality Characteristics of High Moisture Pecans Stored at Refrigerations Temperatures. J. Food Sci. 45: 225-258, 261.
- Heaton, E. K., J. W. Daniell and L. C. Moon. 1982.** Effect of Drip Irrigation on Pecan Quality and Relationship of Selected Quality Parameters. J. Food Sci. 47: 1272-1275, 1279.
- Heaton, E. K., R. E. Worthington and A. L. Shewfelt. 1975.** Pecan Nut Quality. Effect of Time of Harvest on Composition, Sensory and Quality Characteristics. J. Food Sci. 40: 1260-1263.
- Henick, A. S., M. F. Benca, and J. H. Mitchell Jr. 1954.** Estimating Carbonyl Compounds in Rancid Fats and Foods. J. Am. Oil Chem. Soc. 31(III): 88-
- Holaday, C. E., J. L. Pearson, and W. O. Slay. 1979.** A New Packaging Method

- for Peanuts and Pecans. *J. Food Sci.* 44(5): 1530-1533.
- Jabe, T. A. Matlock, M. G. y Steefer, T. R. 1993.** Collaborative study of oils stability index analysis. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 70:1055-1061.
- Jadhav, J. S. Nimbalkar, S. S., Kulkarni, D. A. y Madhavi, L. D. 1996.** Lipids Oxidation in biological and foods systems. Cap. 2 En: "Food Antioxidants technological, toxicological and health perspectives". Madhavi, D. L., Deshpande, S. S. y Salukhe D. K. (Eds) Marcel Dekker, Inc. New York U.S.A.
- Jobber, P. I. y Jamieson M. F. S., 1970.** Almacenamiento refrigerado capítulo 26 Tropical Stored Products Centre Ministry of Overseas Development.
- Johnson, A.H. and M.S. Peterson. 1974.** Encyclopedia of Food Technology. AVI Publishing CO., Inc., Westport, CT. 12-15 pp.
- Kader, A. A. 1978.** Harvesting and Postharvest Handling System for Tree Nuts. Trabajo no publicado. Univ, California, Davis, C.A. E.U.A.
- Kader, A. A. 1985.** Postharvest Handling Systems. Tree nuts. En: Postharvest Technology Horticultural Crops. Kader A. A., R. F. Kasmire, F. G. Mitchell, N. Sommer, M. Reid and J. Thompson. (Eds.) Univ. of Calif. Division of Agriculture and Natural Resources. Special Publ. 3311.
- Kader, A. A., C.M. Heintz, J.M. Labavitch and H.L. Rae. 1982.** Studies related to the description and evaluation of pistachio Nut Quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107 (5):812-16 pp.
- Kamal-Edin, A. y Andersson, R. 1997.** A multivariate study of correlation between tocopherol content and fatty acids composition in vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2: 135-139.
- Karel, M. 1992.** Kinetics of lipids oxidation. Cap. 15 En: "Physical Chemistry of lipids" Hartel W. R. Marcel Dekker, Inc. New York U.S.A.
- Kays, J. S. 1977.** Influence of the nut's internal oxygen partial pressure on the induction of pigmentation in the kernels of pecans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(5): 531-533.
- Kays, J. S. 1982.** Storage of Pecan Kermels Under Wholesale and Retail Conditions. En: Controlled Atmospheres for Storage and Transport of

Perishable Agricultural Commodities. D. G. Richardson. M. Meheiuk (Eds.).
Timber Press. Beaverton, Oregon, E.U.A.

- Kays, J. S. 1987.** Pecan Quality as affected by pre, postharvest handling, storage and marketing conditions. *Pecan South*, 21: 22-26.
- Kays, J. S., and D. M. Wilson. 1977.** Chronological sequence of pigment development in the kernels of pecan, (*Carya illinoensis* K.) cv "Stuart". *Scientia Hort.* 6: 213-222.
- Kays, S. J. 1979.** Pecan Kernel Color Changes During Maturation, Harvest, Storage and Distribution. *The Pecan Quart.* 13(3): 4-8, 11-13.
- Kays, S. J. and Wilson, D. M. 1977.** Alteration of pecan kernel color. *J. Food Sci.* 42: 982.
- Kays, S. J. and D. M. Wilson. 1978.** Genotype Variation in Pecan Kernel Color and Color Stability During Storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(1): 137-141.
- King Jr., A. D., W. V. Halbrook, G. Fuller and L. C. Whitchand. 1983.** Almond Nutmeat Moisture and Water Activity and its Influence on Fungal Flora and Seed Composition. *J. Food Sci.* 48: 615-617.
- Lagarda-Murrieta, A. 1978.** Nogal pecanero en: Recursos Genéticos Disponibles a México. ed. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, Mex. ed. Cervantes, S. T. p: 341-346.
- Lobb, K. 1992.** Fatty acids classification and nomenclature. Cap. 1. En: "*Fatty acids in foods and their health implications*". Kuang, C. C. (Ed). Marcel Dekker, Inc., New York, U. S. A.
- Madden, G. D. and H. L. Malstrom. 1975.** Pecans and Hickories. In *Advances in Fruit Breeding*, ed. J. Janick and J. W. Moore, Purdue Univ. Press, West Lafayette, Indiana. p: 420-438.
- Manaster, J. 1994.** Botanical Niche. In: *The Pecan Tree*. Manaster (Ed.). pp 17-21. University of Texas Press. Austin.
- Martin, G. C., G. S. Sikbbett and E. E. Ramos. 1975.** Effect of Delays Between Harvesting and Drying on Kernel Quality of Walnuts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(1): 55-57.

- Martínez, P. R.; Pérez, G. S y Gómez, R. 1996.** Caracterización del color de la almendra de genotipos criollos de la nuez pecanera. Memorias XVI Congreso de Fitogenética SOMEFI, Colegio de Postgraduados, Montesillos, Edo. de México.
- Martínez-Peniche, R.A. 1995.** Selección de tipos criollos de nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] originarios del centro de la república mexicana. Proyecto de investigación. SIHGO, CONACYT, Méx. 60 pp.
- Martínez-Peniche, R.A. 1999.** Monografía de la selección de tipos criollos de nogal pecanero originarios del centro de la república mexicana. CONACYT; SIHGO, en prensa). pp.35
- Martínez-Tellez M. A. 1990.** Inducción a Cosecha Tenprana y Efecto en la Calidad de la Nuez Pecanera (*Carya illinoensis* K.) con el uso de Ethepon y Acido Naftalenacetico. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Hermosillo, Sonora, México.
- Matson, F.H. and Grundy, S.M. 1985.** Comparison of effects of dietary saturated, monoinsaturated and polynsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in man. J. Lipid Res.; 26: 194-202.
- McMeans, J. L. and H. M. Malstrom. 1982.** Relationship Between Pecan Yields and the Quality and Quantity of Oil in Nutmeats. HortScience. 17(1): 69-70.
- Mejía, L. A. 1994.** Dieta y salud. Las enfermedades cardiovasculares en Latinoamerica. 2 (3): 1 – 2, 7 p.
- Miller, L. K., 1993.** High stability oils. Cereal Food World. 7:478-482.
- Montgomery, D. C. 1984.** Design and Analysis of Experiments. Second ed. John Wiley and Sons Inc. Ed. Georgia Institute of Technology. E.U.A. pp. 123.
- Murray. Robert K. 1992.** Bioquímica de Harper. Editorial El Manual Moderno. 12ª edición, 135-146, 219-226, 235-262 pp.
- Nawar, W. W. 1985.** Lipids. Cap. 4 En: "Food Chemistry". Second edition. Owen R. Fennema (Ed) Marcel Dekker, Inc. New York U.S.A.
- O'Brien, M., B. F. Cargill and R. B. Fridley. 1983.** Principles and Practices for Harvesting and Handling Fruits and Nuts. AVI Publishing Company, Inc.,

Westport CT. 598 p.

- Ocon, A., Anzaldua-Morales, A., Quintero, A., Gastelum, G. 1995.** Texture of Pecans Measured by Sensory and Instrumental Means. *J. Food Sci.* 60: 1333.
- Olson, W.H., G.S. Sibbett, and D.E. Ramos. 1978.** Walnut harvesting and handling in California Univ. California Div. Agr. Sci. Leaflet 21126, 7 pp.
- Picchioni, G. A. 1981.** Predicting Dates of Maximum Nut Size and Maturity in pecans. M. S. Thesis, University of Arizona Tucson. 100 p.
- Potter Norman N. 1978.** La ciencia de los alimentos. Editorial Harla. 51-54, 71-72, 491, 501-504 pp.
- Pyriadi, T. M. and M. E. Mason. 1968.** Composition and Stability of Pecan Oils. *J. Amer. Oil. Chem. Soc.* 45: 437-440.
- Rajalakshmi, D. y Narasimhan, S. 1996.** Food antioxidants: Sources and Methods of Evaluation. Cap. 3 En: "Food Antioxidants technological, toxicological and health perspectives". Madhavi, D. L., Deshpande, S. S. y Salukhe D. K. (Eds) Marcel Dekker, Inc. New York U.S.A.
- Resurrección, A. V. A. and Heaton E. K. 1987.** Sensory and objective measures of quality of early harvested and traditionally harvested pecans. *J. Food Sci.* 52:1038-1040, 1058.
- Rudolph, J. C., Odell, V. C., Hinrichs, A. H., Thompson, J. H. y Kays, J. H. 1992 a.** Genetic, environmental, and maturity effects on pecan kernel lipid, fatty, tocopherol, and protein composition. *J. food Qual.*, 15: 263-278.
- Rudolph, J. C., Odell, V. C., Hinrichs, A. H., Thompson, J. H. y Kays, J. H. 1992 b.** Chemical changes in pecan oils during oxidation. *J. Food Qual.*, 15:279-293.
- Ruiz-Oronoz, M., D. Nieto-Roaro, e I. Larios-Rodríguez. 1967.** Tratado Elemental de Botánica. Décima Edición. Edit. ECLACSA México. 730 p.
- Ryall, A. and W. T. Pentzer. 1982.** Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. Vol. 2: Fruits and Tree Nuts. Second ed. The AVI Publishing Company. Westport, Connecticut, E.U.A.

- SAGAR, 1996.** Nuez Pecanera (*Carya illinoensis*, (Wang) K. Koch). Carpeta de datos básicos. Dirección de Hortofrutícolas, Ornamentales y Plantaciones.
- Santerre, C. R. 1994.** Pecan composition. In: Pecan Technology. C. R. Santerre (Ed.). pp: 98-110. Chapman and Hall, New York, London.
- Schroeder, H. W. and J. B. Storey. 1976.** Development of Aflatoxin in 'Stuart' Pecans as Affected by Shell Integrity. *HortScience*. 11(1): 53-54.
- Senter S.D., W.R. Forbus Jr., S.D. Nelson, R.L. Wilson Jr., and R.J. Horvat. 1984.** Effects of dielectric and steam heating treatments on the storage stability of pecan kernels. *J. Food Sci.* 49 (3): 893 – 895 pp.
- Senter, S. D. and Forbus Jr., W. R., 1987.** Leucoanthocyanidin oxidation in pecan kernel: relation to discoloration and kernel quality. *J. Food Sci.*, 43: 128-134.
- Senter, S. D. 1976.** A Research Note Mineral Composition of Pecan Nutmeats. *J. Food Sci.* 41: 963-964.
- Senter, S. D. and R. J. Horvat. 1978.** A Research Note Minor Fatty Acids From Pecan Kernel Lipids. *J. Food Sci.* 43(5): 1614-1615.
- Senter, S. D. and R. J. Horvat. 1979.** Lipid Constituents of Black Walnut Kernels. *J. Food Sci.* 44: 266-268.
- Senter, S. D. and W. R. Forbus. 1979.** Effects of Acetylated Monoglyceride Coatings on Pecan Kernel Shelf-Life. *J. Food Sci.* 44: 1754-1755.
- Senter, S. D. y Horvat, R. J. 1976.** Lipids of pecan nutmeats. *J. Food Sci.*, 41: 1201-1203.
- Senter, S. D., R. J. Horvat and W. R. Forbus Jr. 1980.** Relation Between Phenolic Acid Content and Stability of Pecans in Accelerated Storage. *J. Food Sci.* 45: 1380-1390, 1390.
- Senter, S. D., W. R. Forbus Jr., S. D. Nelson., R. L. Wilson Jr., and R. J. Horvat. 1984.** Effects of Dielectric and Steam Heating Treatments on the Storage Stability of Pecan Kernels. *J. Food Sci.* 49(3): 893-895.
- Shafer, E. C. 1993.** Pecan production and price trends. En: "*Texas Pecan Handbook*". Texas Agricultural Extension Service. Texas A & M University;

Collage Station, Texas.

- Shaidi, F., Janitha, K. P. y Wanasundara, D. P. 1992.** Phenolic antioxidants. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1:67-103.
- Sherwin, E. R. 1978.** Oxidation and Antioxidants in Fat and Oil Processing. *J. Am. Oil Chem. Soc.* pp 809-814.
- Simic, M. G. and M. Karel. 1980.** Autoxidation in Food and Biological Systems. Plenum Publishing Corporation, N. Y. pp 171-183.
- Solís, J. I. 1982.** Pecan Propagation in Mexico. *The Pecan Quarterly.* 16(3): 21-30.
- Sorenson, W. G., Hesseltine, W., and Shotwell, O. L. 1966.** Effect of temperature on production of aflatoxin on rice by *Aspergillus flavus*. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 33: 49.
- St. Angelo, J. A. 1996.** Lipids Oxidation in Foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 32: 175-224.
- St. Angelo, A. S. And R. L. Ory. 1983.** Lipid degradation during seed deterioration. En: Deterioration mechanism in seeds. *Phytopathology.* 73(2): 315-317.
- STATISTICA, 1996.** Versión 5. Stat Soft, Tulsa, Oklahoma, U. S. A.
- Stein, L. 1980.** Maintaining the Quality of Pecans With Storage. *The Pecan Quarterly.* 14(4): 14-17.
- Storey, B. J. 1991a.** La nuez pecanera es un alimento saludable. *The Pecan Press* octubre. P 18-21.
- Storey, J. B. 1991b.** Para nuestros vecinos mexicanos. La nuez pecanera es un alimento saludable. *The Press Pecan.* October. pp. 22.
- Storey, J. B. 1995.** "Pecans as a Health Food". Texas A&M University. Collage Station, Texas 77843.
- Storey, J. B. 1997.** "World Wide Pecan Distribution". 1997 Texas Pecan Orchard Management Short Cuorse.
- Stuckey, H. P. and Kely, E. J. 1925** Pecan growing. New York: Macmillan. Citado por: Wood, *et al.* 1994.
- Szczesniak, A. S. 1963.** Classification of Textural Characteristics. *J. Food Sci.*

28:285-289.

Szczesniak, A. S. 1963. Objective Measurements of Food Texture J. Food Sci., 28:410-420.

Szczesniak, A. S. 1998. Sensory Texture Profiling –Historical and Sensory Perspectives. Food Technology. Vo. 152 (8) 52-57.

Szczesniak, A. S., M. A. Brandt, and H. Friedman. 1963. Development of Standard Ratings Scales for Mechanical Parameters of Texture and Correlation Between the Objective and the Sensory Methods of Texture Evaluation. J. Food Sci. 28:397-403.

Tapia, F. 1985. Gerente General, Asociación de Productores de Nuez y Durazno de la Costa de Hermosillo. Hermosillo, Son. Comunicación Personal.

Tapia, R. J. L. 1974. Análisis Fenológico de Tres Variedades de Nogal (*Carya illinoensis*, Koch) en el Municipio de Montemorelos, N. L. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Thompson, E. T. 1993. The USDA pecan breeding program En: *Texas Pecan Handbook.*, Texas Agricultural Extension Service, Texas A & M University; Collage Station, Texas.

Thompson, E. T. y Grauke, J. L., 1992. Pecan and other Hickories (*Carya*). Cap. 18. En "*Genetic resources of temperate fruit and nut crops*". Moore, N. J. y Ballinton, R. J. (Eds) Int. Soc. Hort. Sci.

Thompson, T. E. 1997. Description and history of USDA pecan cultivars. 1997 Texas Pecan Orchard Management Short Course.

Thompson, T. E. 1997. The USDA Pecan Breeding Program in: Texas Pecan Handbook, 1997. Texas Agricultural Extension Service. pp III-19.

Thompson, T. E., and Young E. F., 1985. Pecan Cultivars.- Past and Present. Published by The Texas Pecan Growers Association, INC. College station Texas p.97.

Thompson, T. E., Grauke L. J., and Young E. F. Jr. 1996. Pecan kernel color: standars using the Munsell color notation system. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(3): 548-553.

- Thompson, T. E., Grauke, L. J., and Storey, J. B. 1995.** "Navaho" Pecan. HortScience. 30(1): 156.
- USDA, 1969.** United States standards for grades of shelled pecans. Agricultural Marketing Service. U.S. Dept. Agric.
- USDA, 1976.** United States standards for grades in the shell pecans. Agricultural Marketing Service. U.S. Dept. Agric.
- Van Staden, J., M.G. Gilliland and G.G. Dimalta. 1979.** The effects of temperature on the mobilization of food reserves of pecan nuts. Z. Pflanzl. physiol. 415 – 422 pp.
- Vázquez, B. E. 1998.** Sensibilidad de la almendra de genotipos criollos de nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wang) K. Koch] originarios del centro de la república, a la infección por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* toxigénicos. Tesis de maestría. Fac. de Química Universidad Autónoma de Querétaro.
- Wagner, A. 1977.** A Review of Factors Affecting Shelf-Life of Stored Pecans. The Pecan Quarterly 11(2): 14-16.
- Wagner, A. 1980.** Pecan storage an important post-harvest practice in preventing nut damage. *Pecan South*, 5: 40-43.
- Walters, M. B., Knight, S. B., and Childs, D. 1991.** Study shows natives have more oil content. The Pecan Press. pp: 18-20.
- Wolde, E. I. 1991.** Pecan has several components affecting quality. *The Pecan Press.*, 6: 24-25.
- Wolf, B. R., Cavins, F. J., Kleiman, R. y Black, T. L. 1982.** Effects of temperature on soybean seed constituents: oil, protein moisture, fatty acids, amino acids and sugars. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 59: 230-232.
- Wolstenholme, B. N. 1979.** The Ecology of Pecan Trees. Part 2: Climatic Aspects of Growing Pecans. The Pecan Quart. 13(3): 14-19.
- Wood, B. W. and C. C. Reilly. 1984.** Pecan kernel proteins and their changes with kernel development. HortScience 19(5): 661-663.
- Wood, B. W. and J. L. McMeans. 1982.** Carbohydrates and Fatty Acids in

Developing Pecan Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(1): 47-50.

Wood, B. W., Payne, J. A., and Grauke, L. J. 1994. An Overview of the evolution of the U.S. pecan industry. In: *Pecan Technology*. C.R. Santerre (Ed.). pp: 1-11. Chapman & Hall, New York, London.

Wood, W. B., Payne, J. A. and L. J. Grauke. 1990. The rise of the U.S. pecan industry. *HortScience*. 25(6): front cover.

Woodroof, J. G. 1927. The Development of the Pecan Nut (*Hicoria Pecan*) From Flower to Maturity. *J. Agric. Res.* 34(11): 1049-1063.

Woodroof, J. G. 1979. Tree Nuts. Production Processing, Products. Vol. 2. AVI Publishing Company Westport. CT. Pp. 712.

Woodroof, J. G. and E. K. Heaton. 1961. Pecans for Processing. Georgia Agricultural Experiment Station Athen. Bulletin N. S. 80.

Woodroof, J. G. and E. K. Heaton. 1962. Storage of Pecans. Georgia Agricultural Experiment Station Athena. Bulletin N. S. 149.

Worley, R. E. 1994. Pecan physiology and composition. In: *Pecan Technology*. C.R. Santerre (Ed.). pp: 39-48. Chapman & Hall, New York, London.

Worley, R. E. 1994. Pecan production. In: *Pecan Technology*. C.R. Santerre (Ed.). pp: 12-38. Chapman & Hall, New York, London.

Yoon, S. H., Kim, S. K., Shin, M. G. y Kim, K. H. 1985. Comparative study of physical methods for lipids oxidation measurement in oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 62: 1487-1489.

Yúfera, P. E. 1979. Química Agrícola III. Alhambra. Zaragoza, España.

ANEXO 1.- EQUIPOS

- Aparato Extractor Soxthlet ALDER
- Balanza analítica Sartorius AC211S max 210 g
- Balanza Pesada rápida Sartorius QS16000B max 16 kg
- Bureta de llenado automático
- Cámara Bioclimática LAB-LINE® Mod. 850HR18
- Colorímetro Hunter Lab D25-9
- Congelador a-20°C
- Descascaradora Manual
- Frigorífico a 7°C
- Licuadora
- Micrómetro Mca. Mitutoyo
- Mufla LINDBERG Mod. 51849 temp. max. 1100°C
- Refrigerador 4-6°C
- Termobalanza OHANUS® MB200
- Termohigrómetro, OAKTON, WD 0061200
- Termómetro de máximas y mínimas
- Texturómetro Universal Texture Analyzer TA.XT2® Celda 25 kg
- Texturómetro Universal INSTRON Celda reversible 500 kg
- Vernier
- Material de uso común.

ANEXO 2.- REACTIVOS

- Ácido Acético Glacial BAKER® ACS
- Ácido Bórico
- Ácido Clorhídrico
- Ácido sulfúrico H₂SO₄ Reactivos Monterrey
- Alcohol anhidro BAKER® ACS
- Alcohol octílico
- Almidón
- Cloroformo BAKER® ACS
- Eter etílico Reactivos Monterrey
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio BAKER® ACS
- Mezcla de catalizadores
- Rojo de metilo
- Tiosulfato de sodio, 5 hidrato, Cristal BAKER® ACS
- Yoduro de potasio, Cristal BAKER® ACS

ANEXO 4 Resultados obtenidos por los genotipos de nuez pecanera nativa en los concursos.

	GENOTIPO	Concurso 1995				Concurso 1996				Concurso 1997			
		nueces/kg	% almendra	% mitades	color	nueces/kg	% almendra	% mitades	color	nueces/kg	% almendra	% mitades	color
1	G-02-V-95	165	39.18	s/d	.	.	.	.	.	136	33.4	10.71	cream
2	G-75-V-96	.	.	.	.	148	43.88	80	golden	229	44.9	86.96	golden
3	G-23-V-95	200	50.50	s/d	.	.	.	.	.	220	42	39.13	cream
4	G-36-P-95	314	43.14	s/d	.	403	41.34	1.21	golden	458	40.5	15.43	golden
5	G-82-V-96	.	.	.	.	139	37	60.7	lighth cream	156	35.8	68.75	lighth cream
6	G-87-P-95	150	40.00	s/d	.	.	.	.	.	158	34.3	67.35	golden
7	G-46-P-96	.	.	.	.	.	.	.	.	176	39	23.61	golden

Nota: Los espacios vacios en las columnas, se deben a que las muestras en ese año no participaron.

Concurso Estatal 1996 Victoria, Guanajuato

Propietario	Registro	nueces/kg	% almendra	% mitades	color
Salvador Zuñiga	69-Victoria	140	39.28	53.57	cream
José Zuñiga	70-Victoria	150	42.18	76.67	cream

ANEXO 5 Coeficientes de Correlación Simple: a) Entre Variables de Color vs de Índice de Rancidez b) Entre Índices de Rancidez de nuez recién cosechada vs nuez almacenada.

a) Color vs Rancidez

	Valor inicial-final			
	"L"	"a"	"b"	Delta E
Peróxidos final	-0.330 NS	-0.349 NS	-0.107 NS	-0.317 NS
Ac. grasos final	0.209 NS	0.144 NS	0.303 NS	-0.186 NS
Humedad final	-0.621*	-0.419 NS	-0.331 NS	-0.585 NS

NS No significativa

* $p \geq a .05$ para $r = 0.619$

b) Rancidez Nuez Recién Cosechada vs Nuez Almacenada

	NUEZ ALMACENADA		
	Peróxidos	Ac. grasos libres	Humedad
Peróxidos inicial	0.981**	0.654 NS	0.045 NS
Ac. grasos libres inicial	0.221 NS	0.562 NS	0.494 NS
Humedad inicial	-0.843 *	-0.633 NS	-0.194 NS

NS No significativa

** $p \geq a .01$ para $r = 0.903$

* $p \geq a .05$ para $r = 0.719$

ANEXO 6 Proyecto Norma Oficial Mexicana Productos alimenticios No Industrializados Para Uso Humano Fruta Fresca - Nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wang) K. Koch].

Especificaciones	T O L E R A N C I A S			
	México extra	México 1	México 2	México 3
TAMAÑO	Extra grande Grande Mediana	Extra grande Grande Mediana	Extra grande Grande Mediana Pequeña	Extra grande Grande Mediana Muy pequeña
PORCENTAJE DE ALMENDRA	55% o más	52-54%	48-51%	Mínimo 46%
DEFECTOS Menor Mayor Crítico	1-2% Excento Excento	5% Excento Excento	-0- 10% Excento	-0- -0- 12%
COLOR	Claro Café claro Café medio	Claro Café claro Café medio	Claro Café claro Café medio	Claro Café claro Café medio Café oscuro