AGRONOMÍA SUSTENTABLE Y APROVECHAMIENTO ALTERNATIVO DE LA NUEZ

EDITORES

NOHEMÍ DEL CARMEN REYES VÁZQUEZ

JUAN LUIS MORALES LANDA

GOBIERNO DE MÉXICO

CONACYT

CIATEJ

Agronomía sustentable y aprovechamiento alternativo de la nuez

Dra. Nohemí del Carmen Reyes Vázquez

Dr. Juan Luis Morales Landa

Agronomía sustentable y aprovechamiento alternativo de la nuez

M. en C. Ana Luisa Olivas Tarango

I. A. Conrado Rodríguez Peña

Dr. Edgar Nazareo Cabrera Álvarez

L.Q.I. Efraín Obregón Solís

I. A. Gerardo Alberto Longoria Garza

Dr. Jorge Alberto García Fajardo

M. en C. José Luis Flores Montaño

Dr. Juan Luis Morales Landa

Dra. Nohemí del Carmen Reyes Vázquez

L. Agro. Oscar Omar Santos Moreno

Dr. Socorro Héctor Tarango Rivero

Editores literarios:

Dra. Nohemí del Carmen Reyes Vázquez

Dr. Juan Luis Morales Landa

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ)

Agronomía sustentable y aprovechamiento alternativo de la nuez.

Primera edición, 2019

© Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Av. Normalistas 800, colonia Colinas de la Normal, C.P. 44270, Guadalajara, Jalisco, México.

www.ciatej.mx

ISBN: 978-607-8734-05-4

No se permite la reproducción total o parcial de la obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, o grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Arts. 229 y siguientes de la Ley Federal de Derechos de Autor y Arts. 424 y siguientes del Código Penal Federal).

Autores: Ana Luisa Olivas Tarango, Conrado Rodríguez Peña, Edgar Nazareo Cabrera Álvarez, Efraín Obregón Solís, Gerardo Alberto Longoria Garza, Jorge Alberto García Fajardo, José Luis Flores Montaño, Juan Luis Morales Landa, Nohemí del Carmen Reyes Vázquez, Oscar Omar Santos Moreno, Socorro Héctor Tarango Rivero.

Editores literarios: Nohemí del Carmen Reyes Vázquez, Juan Luis Morales Landa

Diseño de portada: The Museo "Casa de Estrategia Mexicana" - the museo.com - info@themuseo.com

Fotografía de portada: L. en Diseño Mirna Edith Soto Reyes; latourneecinema@gmail.com

Las imágenes y fotografías fueron proporcionados por los autores.

CONTENIDO

Índice de cuadros. ▌ iii
Índice de figuras. ▌ iv
Prólogo. Dr. Jorge Alberto García Fajardo. Director CIATEJ Subsede Noreste. ▌ vii
Capítulo 1. PROBLEMÁTICAS Y ACCIONES EN EL CULTIVO DE NOGAL. ▌ 1
Tarango-Rivero S. H., Olivas-Tarango A. L., Rodríguez-Peña C., Longoria-Garza G.A., Santos-Moreno O. O., González-Rojas L. E., Reyes-Vázquez N. del C.
1.1. Introducción. ▌ 1
1.2. Aproximación de algunos aspectos de cultivo, socioeconómicos y comercialización del sistema productivo de nuez pecana del estado de Nuevo León. ▌ 3
1.2.1. Algunos aspectos técnicos del cultivo. ▌ 5
1.2.2. Algunos aspectos socioeconómicos de los productores. ▌ 6
1.3. Fenología y manejo del nogal pecanero. ▌ 8
1.3.1. Dormancia. ▌ 8
1.3.2. Brotación. ▌ 9
1.3.3. Porcentaje de brotación. ▌ 9
1.3.4. Floración. ▌ 9
1.3.5. Crecimiento de brote. ▌ 10
1.3.6. Crecimiento del fruto. ▌ 10
1.3.7. Desarrollo del fruto. ▌ 10
1.3.8. Caída de fruto. ▌ 11
1.3.9. Rendimiento y calidad. ▌ 11
1.3.10. Alternancia. ▌ 11
1.4. Micorrizas en nogal pecanero. ▌ 12
1.4.1. Micorrizas. ▌ 12
1.4.2. Raíz y micorrizas en nogal pecanero. ▌ 13
1.4.3. Micorrización natural. ▌ 14
1.4.4. Micorrización inducida. ▌ 15
1.5. Planeación y eficiencia del riego en huertas nogaleras. ▌ 15
1.5.1. El agua en la huerta nogalera. ▌ 15
1.5.2. Perspectivas. ▌ 17
1.6. Referencias bibliográficas. ▌ 18

Capítulo 2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE LA NUEZ PECANERA. ▌ 22
Reyes-Vázquez N. del C., Morales-Landa J. L., Cabrera-Álvarez E. N., Obregón-Solis E., González-Rojas L. E., García-Fajardo J. A.
2.1. Introducción. ▌ 22
2.2. Generalidades de la nuez. ▌ 23
2.2.1. Producción, exportación e importación de la nuez. ▌ 23
2.2.2. Cadena productiva de la nuez pecanera. ▌ 32

2.2.3. Etapas y actividades de la cadena productiva de la nuez pecanera. ▌33
2.2.4. Normatividad mexicana para nuez con y sin cáscara. ▌35
2.2.4.1. Especificaciones generales. ▌36
2.2.4.2. Clasificación y designación del producto. ▌37
2.2.4.3. Clasificación y designación de algunas variedades de nuez pecanera de México. ▌41
2.2.5. Descascarado y usos potenciales de la cáscara de nuez. ▌49
2.2.5.1. Aplicación tradicional de cáscaras de nuez. ▌50
2.2.5.2. Obtención y usos de biocompuesto poliméricos. ▌55
2.2.6. Obtención de aceite de nuez por prensado en frío. ▌58
2.2.6.1. Obtención y evaluación de características fisicoquímicas de aceite de nuez pecanera por prensado mecánico. ▌59
2.3. Referencias bibliográfias. ▌63

Capítulo 3. DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE LA AGROINDUSTRIA PECANERA. ▌66
Morales-Landa J. L., Reyes-Vázquez N. del C. Flores-Montaño J. L., García-Fajardo J. A., Obregón-Solis E., Adame-Guzmán K. I.
3.1. Introducción. ▌66
3.2. Usos potenciales de la pasta de nuez. ▌68
3.2.1. Aplicación en elaboración de leche. ▌68
3.2.2. Uso en productos de panificación. ▌69
3.2.2.1. Elaboración de galletas soletas. ▌71
3.2.2.2. Elaboración de pan de muerto (masa fermentada). ▌73
3.2.3. Uso como sustitutos de carne. ▌75
3.2.3.1. Elaboración de chorizo artesanal. ▌76
3.2.4. Elaboración de aderezos. ▌78
3.2.4.1. Elaboración de mayonesa tipo aderezo. ▌78
3.3. Casos de éxito sobre la transferencia tecnológica y proyectos vinculados con CIATEJ. ▌79
3.3.1. Proceso de transferencia de tecnología del CIATEJ. ▌83
3.3.2. Evaluación de Tecnologías y Proyectos. ▌84
3.3.3. Resultados y primeros logros. ▌88
3.3.4. Oportunidades y conclusiones. ▌89
3.4. Referencias Bibliográficas. ▌91

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Variables de estudio de carácter retrospectivo sobre la producción y comercialización del nogal pecanero en el Estado de Nuevo León, México. González-Rojas et al., 2019. 4
Cuadro 1.2. Matriz FODA del Sistema Productivo de nuez pecanera. 5
Cuadro 1.3. Recomendaciones de los sistemas de riego en huertas nogaleras. 17
Cuadro 2.1 Exportaciones de nuez pecanera con y sin cáscara. 30
Cuadro 2.2 Importaciones de nuez pecanera sin cáscara. 31
Cuadro 2.3 Balance comercial de nuez pecanera en México en el periodo 2015-2017. 23
Cuadro 2.4 Condiciones óptimas de almacenamiento para nuez. 34
Cuadro 2.5 Especificaciones generales para la nuez pecanera con y sin cáscara. 36
Cuadro 2.6 Clasificación y designación del producto de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011 para nuez con cáscara y sin cáscara respectivamente. 36
Cuadro 2.7 Clasificación por categoría de calidad de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011 para nuez pecanera con y sin cáscara. 38
Cuadro 2.8 Clasificación por categoría de tamaño de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011 para nuez pecanera con y sin cáscara. 38
Cuadro 2.9 Clasificación de la nuez comestible con base en el color de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 para nuez pecanera sin cáscara. 39
Cuadro 2.10 Límites de tolerancia en la calidad de la nuez con y sin cáscara color de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009. 40
Cuadro 2.11 Ejemplos de tolerancia en la calidad de la nuez con y sin cáscara color de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009. 41
Cuadro 2.12. Algunas maquinarias y equipos para el proceso de descascarado de nuez. 50
Cuadro 2.13. Efecto de las condiciones de extracción sobre los rendimientos y contenidos de fitocompuestos de las cáscaras de nuez. 53
Cuadro 2.14. Efecto de la temperatura y variedad sobre los rendimientos de aceite, pasta y merma en la nuez por Prensado en Frío. 61
Cuadro 2.15. Efecto de la temperatura y variedad sobre los parámetros físico químicos del aceite. 61
Cuadro 3.1. Composición nutrimental de la pasta desgrasada Galvao *et al*., 2019. 68
Cuadro 3.2. Propiedades funcionales de las pastas de nuez pecanera parcialmente agotadas de aceite. 71

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1. Diagrama de Pareto de algunas problemáticas identificadas en el sistema productivo del nogal pecanero en Nuevo León. 4
Figura 1.2. Esquema de comercialización actual de la nuez pecanera criolla y variedades mejoradas. 8
Figura 1.3. Plantación de nogal pecanero [Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch] cultivar "Western Schley". Fotografía tomada en plantación del municipio de Jiménez, estado de Chihuahua, México, en Septiembre de 2015. 9
Figura 1.4. Generación de brote y domiancia apicat en árbol de nogal pecanero. Tomado de Ponencia 6° Congreso Nogalero del Norte de Coahuila, (Julio 2019. Tarango-Rivero). 10
Figura 1.5. Desarrollo de fruto de nogal pecanero [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivar "Western Schley". Fotografía tomada en plantación del municipio de Jiménez, estado de Chihuahua, México, en Septiembre de 2015 Reyes y Urrea, 2016). 11
Figura 1.6. Dibujo de las formas macroscópicas de ectomicorriza. De: Canadian Forest Service: www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca (Tarango *et al*., 2004). 12
Figura 1.7. Hifa ornamentada (Ho) del hongo ectomicorrízico Pisolithus tinctorius, prolongada en una raíz de nogal pecanero (Tarango *et al*., 2004). 13
Figura 1.8. Forma macroscópica de la ectomicorriza tipo coraloide en raíz de nogal pecanero. R= raíz, M= micorriza y H= hifas (Tarango *et al*., 2004). 14
Figura 1.9. Diseño de huerta nogalera en el Estada de Coahuila. Fotografía cortesía del Ing. agrónomo en suelos Conrado Rodríguez Peña, 2018. 16
Figura 1.10. Sistema de riego en huerta nogalera en el Estada de Coahuila. Fotografía cortesía del Ing. Conrado Rodríguez Peña, 2018. 16
Figura 1.11. Sistema de riego con aspersores en huerta nogalera en el Estada de Coahuila. Fotografía cortesía del Ing. Conrado Rodríguez 2018. 16
Figura 2.1 Nuez pecanera variedad Sioux cultivada en Coahuila. Foto: González-Rojas L. E. 2019. 23
Figura 2.2 Principales países productores de nuez pecanera. 24
Figura 2.3 Producción de nuez pecanera en los años 2015-2018 de México y Estados Unidos. 24
Figura 2.4 Principales países exportadores de nuez pecanera. 25
Figura 2.5 Principales países importadores de nuez pecanera. 26
Figura 2.6 Consumo de nuez pecanera a nivel mundial en 2016. 27
Figura 2.7 Principales países consumidores de nuez pecanera a nivel mundial en 2016. 27
Figura 2.8 Principales estados productores de nuez pecanera en México. 28

Figura 2.9 Presencia de producción de nuez pecanera en el resto de la República Mexicana. ▌29
Figura 2.10 Cadena productiva de la nuez pecanera en México. ▌32
Figura 2.11. Proceso de descascarado de nuez. Realizada con información de National Pecan Shellers Association. ▌49
Figura 2.12. Proceso de obtención de extractos con actividad biológica y con potencial uso como tintes naturales a partir de la cáscara de nuez pecanera de las variedades Criollas y Wichita originarias del estado de Chihuahua. ▌53
Figura 2.13. Biocompuestos poliméricos y sus aplicaciones. (a) Perfiles (Hule/madera); (b) Madera plástica (Polietileno/café); (c) Envases (Polietileno/fibras orgánicas). ▌56
Figura 2.14. Prensa de tornillo rotatorio modelo M70 Oil Press. ▌58
Figura 2.15. Representación del interior de una prensa tornillo. ▌58
Figura 2.16.- (A). Extracción de aceite de nuez de las diferentes variedades por PF en una prensa de tornillo rotatorio modelo M70 Oil Press distribuido por AgOilPress. (B) Aspecto de los aceites obtenidos, de izquierda a derecha Wichita, Criolla y Bustamante. ▌60
Figura 2.17.- Índice de Iodo del aceite obtenido por prensado en frío. ▌61
Figura 2.18.- Efecto de la temperatura y variedad de nuez pecanera sobre el color del aceite obtenido mediante prensado en frio. ▌62
Figura 3.1. Aspecto de las pastas agotadas de aceite de nuez criolla (a); y Wichita-Western (b). ▌70
Figura 3.2. Proceso general de elaboración de galletas soletas a base de pasta de nuez. ▌72
Figura 3.3. Evaluación sensorial de las galletas formuladas con pasta de nuez pecanera en sustitución de harina de trigo. ▌73
Figura 3.4. Proceso general de elaboración de masa fermentada (Pan de muerto con nuez). ▌75
Figura 3.5. Evolución de la DAVyTT en CIATEJ. ▌83
Figura 3.6. Proceso de Transferencia de Tecnología del CIATEJ. ▌84
Figura 3.7. Modelo del Sistema de Gestión Tecnológica. ▌85
Figura 3.8. Modelo propio para evaluar tecnologías CIATEJ ▌87

PRÓLOGO

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), es un Centro Público de Investigación, miembro de la red de centros de I+D e Innovación del CONACyT, cuya misión es impulsar el desarrollo sostenible del país mediante la generación de conocimiento de vanguardia y la aplicación innovadora de la ciencia y tecnología, para lo cual se compromete a desarrollar proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i), Servicios Tecnológicos, Ensayos, Calibraciones y Formación de Recursos Humanos. La Subsede Noreste, fundada en el año 2011 en el Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) en Apodaca, Nuevo León converge con 35 instituciones entre públicas y privadas, todas ellas dedicadas a la investigación, innovación tecnológica y científica, así como al desarrollo de empresas de base tecnológica. La Subsede Noreste se interrelaciona estrechamente con estas instituciones, e impacta en áreas estratégicas del PIIT como salud, biotecnología y agroalimentario.

La Subsede Noreste atiende principalmente al sector agroindustrial de la región a través de la aplicación de técnicas modernas de extracción y purificación de compuestos de interés, como aceites esenciales de cítricos; explorando el aprovechamiento de otros subproductos agroindustriales como chile, calabaza, aguacate y nuez entre otros. Asimismo, se encuentra comprometida con el medio ambiente impulsando estratégicas en identificación y cuantificación de plaguicidas y contaminantes atmosféricos a través de una unidad de servicios analíticos. Cabe destacar, que han sido muchos los servicios y proyectos científicos-tecnológicos realizados a la industria de manera satisfactoria como la creación de una línea de investigación e innovación en especialidades cítricas; y la transferencia de tecnología para la producción de leguminosas listas para su consumo.

La presente obra literaria, forma parte de los trabajos de investigación, realizados en tecnología de alimentos y planta piloto, que en conjunto con un equipo de especialistas multidisciplinario en agronomía de instituciones públicas y privadas como: FUPRO Nuevo León , CIQA, Innovak Global, PECANUEZ S. P. R. de R.L. y COMENUEZ en el Estado de Chihuahua, exponen temas de relevancia en la productividad del nogal, y la transformación de la nuez y subproductos en un concepto de sustentabilidad en su cultivo y aprovechamiento integral de su fruto. De esta manera se busca, fortalecer e impulsar la producción, transformación y comercialización de la nuez pecanera en México, favoreciendo un impacto ambiental positivo. Asimismo, se pretende dar respuesta a problemáticas que impactan directamente a los pequeños productores de la región, particularmente en el norte del país.

Dr. Jorge Alberto García Fajardo.
Director CIATEJ Subsede Noreste.

CAPÍTULO 1

PROBLEMÁTICAS Y ACCIONES EN EL CULTIVO DE NOGAL

Tarango-Rivero Socorro H.[1*], Olivas-Tarango Ana L.[2], Rodríguez-Peñas Conrado.[3], Longoria-Garza Gerardo A.[4], Santos-Moreno Oscar O.[5], González-Rojas Luis E.[6], Reyes-Vázquez Nohemí del C.[6*]

[1] *Comité de la Nuez del Estado de Chihuahua. Trasviña y Retes No. 3505, San Felipe II Etapa, C.P. 31203. Chihuahua, Chihuahua, México.*
[2] *Innovak Global, Blvd. Vicente Lombardo Toledano No. 6615, Col. La Concordia C.P. 31375, Chihuahua, Chihuahua, México.*
[3] *Administrador y asesor de huertas nogaleras. Ramos Arizpe 103 Ote. C.P. 26530, Allende, Coahuila, México.*
[4] *Fundación Produce Nuevo León. Av. Constitución No. 4101 Oriente, Col. Fierro, C.P. 64590. Monterrey, Nuevo León, México.*
[5] *Pecanuez S. P. R. de R.L. Callejon de los Ayala S/N Col Centro C.P. 65150 Bustamante Nuevo León. México.*
[6] *Subsede Noreste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Vía de la Innovación 404. Autopista Mty-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT. C.P. 66629. Apodaca, Nuevo León, México.*
** autor de correspondencia: shtarango@gmail.com; nreyes@ciatej.mx*

1.1 Introducción.

El cultivo a nivel nacional del nogal pecanero, [*Carya illinoinensis* (Wangenheim) K. Koch] impulsado por el incremento de la demanda internacional, ha experimentado un crecimiento acelerado al casi triplicar su área sembrada en los últimos 30 años. Los estados con mayor incremento en el área sembrada han sido Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Nuevo León (Reyes y Urrea, 2016). En nuestro país, en 2017, Chihuahua fue el principal productor con 100,484 toneladas con un valor de 8,347,719.39 millones de pesos, seguido con un volumen de 51,523 toneladas por los cuatro estados restantes que lideran la producción. Sin embargo, también se identifica la presencia del cultivo de nuez pecanera en al menos once estados de la República Mexicana entre los que destacan Hidalgo, San Luis Potosí, Oaxaca, Querétaro, Guanajuato y Tamaulipas entre otros (SIAP, 2019).

Nuevo León es considerado el quinto estado con mayor área sembrada de nogal pecanero, con el 4% a nivel nacional y aproximadamente 26 municipios distribuidos en cuatro distritos de desarrollo rural; siendo Rayones, Bustamante y General Terán los que concentran el 57% del total del área sembrada y el 54 % del total de la producción a nivel estatal que ascendió en el 2017 a 4,248 toneladas aproximadamente. Cabe destacar, que aproximadamente existen 1000 productores en el estado en su mayoría de traspatio (Santos, 2019), de éstos 250 cultivan extensiones de alrededor 5 hectáreas. Ente las variedades nativas del estado destacan: Bustamante1, Bustamante 2, Dos puntas de El Carmen, Aceitoso de Rayones, San Antonio

de Rayones, y mejoradas como Western y Wichita, además de criollas. Aunque la producción data desde 1911, reportándose una plantación de nuez pecanera con una edad aparente de más de 200 años en Bustamante; en los últimos diez años Nuevo León no ha incrementado sustancialmente su producción (González, 2010). Recientes reportes de (González, 2019) en un estudio a pequeños productores de los municipios de Nuevo León destacan que entre las principales problemáticas que tienen éstos se encuentra el bajo rendimiento productivo del nogal y la baja calidad de la nuez.

Un análisis de FODA del sistema productivo de nuez pecanera arrojó que entre los principales factores externos se encuentran amenazas como inseguridad en las reservas de agua, competencia en el mercado y condiciones climáticas poco favorables, sin embargo, se mencionan como oportunidades la promoción del desarrollo de proyectos productivos y cultivos agroforestales en el país, además de la localización estratégica en el cultivo de nogal. Entre los factores internos se mencionan como fortalezas el importante conocimiento empírico en el cultivo de nogal e interés de dar valor agregado al producto, mientras las debilidades se indican falta de actualización de registros de productores, riesgo de abandono del cultivo, falta de control fitosanitario, desventaja comercial de las variedades cultivadas, principalmente criollas, y difícil acceso a recursos económicos, tecnológicos y técnicos (González, 2019).

En este capítulo se exponen temas claves en el cultivo del nogal como lo es el conocimiento de la fenología del nogal pecanero, el cual es básico para la planeación y ejecución de su manejo técnico (Salas, 1986). Conocer qué hace el nogal en cada época permite saber qué insumo o práctica cultural aplicarle, de manera oportuna y en la cantidad adecuada. Asimismo, el tema de micorrización cobra relevancia al ser un proceso importante en la biofertilización de las plantas, necesaria para la agricultura sostenible y la producción orgánica que favorece grandemente al nogal, ya que beneficia su crecimiento y desarrollo debido a que promueve la absorción del sistema radical en cuanto a agua y nutrimentos; así como interviene en el desdoblamiento de complejos minerales y orgánicos del suelo a nutrimentos asimilables, además de actuar como una barrera al ataque de patógenos, y de estimular la elongación y ramificación de las raicillas alimentadoras. Finalmente, se aborda un tema fundamental como es el riego y su planeación, con el fin de tener una máxima eficiencia del agua, para obtener los mejores resultados en el cultivo del nogal.

Por lo que, esta información, puede contribuir en dar respuesta a algunos aspectos técnicos relacionados con el cultivo de nogal, que actualmente se plantean como problemas que afectan el rendimiento del cultivo y calidad de la nuez, fundamentalmente por los pequeños productores del estado de Nuevo León.

1.2. Aproximación de algunos aspectos de cultivo, socioeconómicos y comercialización del sistema productivo de nuez pecana del estado de Nuevo León.

La producción y comercialización de nuez pecanera en el norte de México es una importante fuente de recursos económicos para el estado de Nuevo León. Según el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el año 2018 se registraron 4, 534 toneladas que representan 310 millones de pesos para la entidad federativa. Lo anterior resulta favorable para los sectores que participan en este sistema productivo. Sin embargo, existen problemáticas relacionadas con elevadas mermas, menor rendimiento por hectárea; así como un menor porcentaje de almendra, y por tanto en consecuencia un menor precio. De manera preliminar, a partir del análisis FODA realizado por (González, 2019) se estableció como objetivo la evaluación de algunos aspectos técnicos de cultivo, situación socio-económica de los pequeños productores y el esquema de comercialización actual del sistema productivo de nuez pecanera con el fin de conocer sus condiciones actuales y vislumbrar posibles alternativas de aprovechamiento. Se realizó un estudio social por medio de entrevistas dirigidas a los pequeños productores del nogal pecanero en el estado de Nuevo León.

Las entrevistas fueron realizadas al través de un cuestionario aplicado a pequeños productores que tenían una superficie sembrada entre una a diez hectáreas. El tamaño de muestra se seleccionó con base a una población de 150 productores de Nuevo León según (Spiegel y Stephens 2009), bien sea de traspatio o que poseen huertos, dando como resultado una muestra de 14 entrevistas. Las entrevistas se llevaron a cabo en municipios que registran importante actividad agrícola en el cultivo de nogal a saber: Aramberri (24°05´52" N 99°49´05" O), Bustamante (26°32´02" N 100°30´02"O), Rayones (25°00´58"N 100°04´55"O), Montemorelos (25°11´22"N 99°48´56"O), General Zaragoza (23°57´55"N 99°46´19"O), Sabinas Hidalgo (26°29´57"N 100°10´15" O), General Terán 25°15´33"N 99°40´05"O) y Villaldama (26°30´01"N 100°25´54"O) los cuales se ubican en el norte, centro y sur del estado de Nuevo León. Éstas fueron realizadas entre abril y mayo del 2019 durante la época de fertilización y control de plagas del nogal.

El estudio tuvo carácter retrospectivo, tomando como referencia información consultada a partir de estudios previos relacionados sobre la producción y comercialización del nogal pecanero en México. En este sentido las variables identificadas se evaluaron a partir de dichas referencias y con criterios establecidos por las normas NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011. Las variables estudiadas se presentan a continuación en el Cuadro 1.1. Entre los resultados obtenidos destacan del análisis de las problemáticas de la nuez que en la figura 1.1 se detallan, relacionadas principalmente con el bajo rendimiento productivo del nogal y la baja calidad de la nuez, así como con el precio y la carencia de procesos de transformación.

Cuadro 1.1. Variables de estudio de carácter retrospectivo sobre la producción y comercialización del nogal pecanero en el Estado de Nuevo León, México. González, 2019.

Aspectos técnicos del cultivo.	***Condiciones socioeconómicas de los productores.***	***Esquema de comercialización actual.***
✓ Nombre de la variedad de nuez. ✓ Edad del huerto. ✓ Superficie Utilizada. ✓ Sistema de plantación. ✓ Sistema de riego. ✓ Rendimiento del nogal. ✓ Presencia de plagas. ✓ Presencia de enfermedades. ✓ Uso de fertilizantes. ✓ Uso de plaguicidas. ✓ Asistencia técnica para el cultivo.	✓ Edad. ✓ Nivel educativo. ✓ Criterios para determinar la producción y comercialización de nuez. ✓ Desventajas productivas sobre la variedad de nuez cultivada. ✓ Créditos relacionados a la producción de nuez. ✓ Pertenencia a organizaciones o asociaciones. ✓ Dependencia de familiares a la producción de nuez. ✓ Seguridad pública en el municipio. ✓ Amenazas potenciales en campo y producción. ✓ Necesidades de los productores.	✓ Clasificación y designación del producto. ✓ Especificaciones. ✓ Materias primas e insumos. ✓ Costo de inversión anual por hectárea. ✓ Costo de venta por kilo. ✓ Determinantes para el precio de venta. ✓ Principales consumidores. ✓ Destino final del producto.

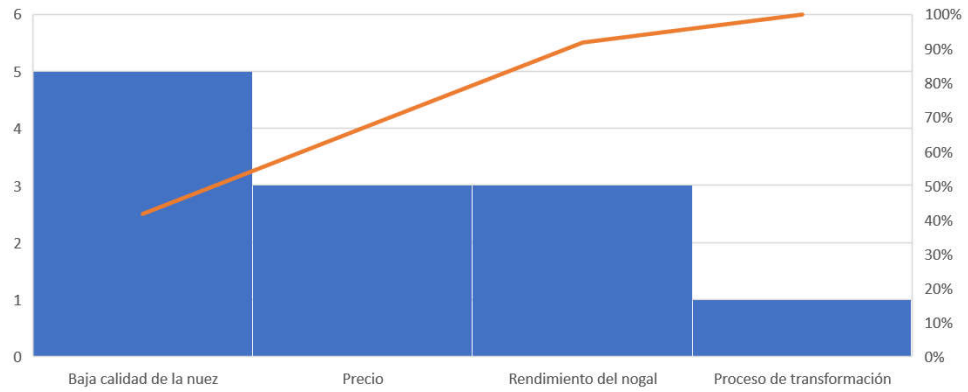


Figura 1.1. Diagrama de Pareto de algunas problemáticas identificadas en el sistema productivo del nogal pecanero en Nuevo León.

Complementariamente, al través de un ejercicio FODA (Cuadro 1.2) se realizó un análisis más detallado del sistema productivo del nogal en Nuevo León. Así, dentro de los principales factores externos se encuentran amenazas como inseguridad en las reservas de agua, competencia en el mercado y condiciones climáticas poco favorables, sin embargo, se mencionan como oportunidades la promoción del desarrollo de proyectos productivos y cultivos agroforestales en el país, además de la localización estratégica en el cultivo de nogal. Entre los factores internos se mencionan como fortalezas el importante conocimiento empírico en el cultivo de nogal e interés de dar valor agregado al producto, mientras las debilidades se indican falta de actualización de registros de productores, riesgo de abandono

del cultivo, falta de control fitosanitario, desventaja comercial de las variedades cultivadas, principalmente criollas, presencia del intermediarismo y difícil acceso a recursos económicos, tecnológicos y técnicos (González, 2019).

Cuadro 1.2. Matriz FODA del Sistema Productivo de nuez pecanera

Fortalezas	***Oportunidades***
1. Producción de nogal creciente para mediano y largo plazo. 2. Prácticas agrícolas rentables y sustentables. 3. Adaptabilidad del cultivo al medio. 4. Importante conocimiento empírico sobre la producción de nuez. 5. Interés en dar valor agregado al producto.	1. Tendencias de mercado relacionadas al autocuidado. 2. Promoción y apoyo a cultivos agroforestales a nivel nacional. 3. Promoción sobre desarrollo de proyectos de atención social. 4. Localización estratégica del sistema productivo del nogal en Nuevo León.
Debilidades	***Amenazas***
1. Falta de registro de productores (grandes/pequeños) y hectáreas cultivadas. 2. Desconocimiento sobre variedades de nuez cultivadas en el estado. 3. Abandono del cultivo. 4. Falta de control fitosanitario en el cultivo. 5. Desventajas comerciales entre distintas variedades de nuez. Producto (nuez criolla) identificado de baja calidad. 6. Difícil acceso a recursos económicos, técnicos y tecnológicos 7. Presencia significativa del intermediariarismo.	1. Inseguridad en reservas de agua. 2. Competencia en el mercado. 3. Condiciones climáticas desfavorables.

En cuanto a los resultados de las entrevistas, enseguida se presentan algunos relaciondos con aspectos técnicos de cultivo, socioeconómicos de los productores y esquema de comercialización. Cabe destacar, como se comentó con anterioridad, que estos resultados están limitados solamente a las respuestas de los productores entrevistados, por lo que sólo dan una aproximación general de algunas problemáticas que se presentan actualmente en el cultivo del nogal en algunos municipios productores de Nuevo León.

1.2.1. Algunos aspectos técnicos del cultivo.

a) ***Variedades:*** Se reportan principalmente cuatro variedades del nogal: Wichita 41.7%, Western 25%, Bustamante 16.7% y Criolla 16.7%.

b) ***Edad del huerto, superficie cultivada y sistema de riego:*** Se registran plantaciones entre 15 a 20 años; las cuales se encuentran en vías de producción a mediano y largo plazo. Existen algunos huertos con 50 años en edad productiva, y aún con más de 100 años; éstos últimos generalmente son de traspatio (Santos, 2019). Se registra una superficie promedio de 5 hectáreas por productor. Se identificó el sistema de gravedad tradicional como la principal técnica de riego utilizada; el resto y en menor proporción, utilizan sistemas de aspersión y de goteo.

c) ***Rendimiento de nogal:*** Se reporta un promedio de 10 a 15 kg por árbol en huertos con marcos de plantación 10x0 los cuales se ven enriquecidos a través de la aplicación

de fertilizantes foliares ricos en Zinc, Nitrógeno, Fosforo y Calcio. Cabe destacar, que también se reportan árboles antiguos, generalmente de traspatio, con más de 100 años de edad que pueden llegar a producir desde 30 hasta más de 100 kg por árbol (Santos 2019).

d) ***Plagas y enfermedades:*** Entre las principales plagas se indican en orden de importancia el gusano barrenador del fruto y del ruezno, salivazo, gusano telarañero y pulgón amarillo. Las enfermedades más frecuentes están asociadas a hongos fitopatógenos de origen fungoso entre los que se encuentran la mancha vellosa del nogal, pudrición de raíz o Texana, podredumbre, roña y cenicilla entre las principales.

Cabe señalar que con base en las respuestas de los productores indican que un 67 % no reciben ningún tipo de asistencia técnica, mientras que el 33% reciben asesoría de cultivo relacionado sobre todo con plagas y enfermedades.

1.2.2. Algunos aspectos socioeconómicos de los productores.

a) ***Edad de los productores y nivel educativo:*** La edad promedio de los productores es de 55 años, registrándose que algunos de ellos tienen hasta 70 años. El nivel de escolaridad es predominantemente de licenciatura con 42%, relacionado con estudios en administración, derecho y finanzas, así como ingenierías en química, bioquímica, agronomía y otras afines al campo. También se presenta preparación de secundaria y preparatoria con 25% en ambos casos, y primaria con 8%. Se registra una media de 9 personas dependientes económicamente en las familias relacionadas con estas prácticas agrícolas. Cabe destacar, que los productores se dedican al cultivo del nogal principalmente por las siguientes razones: 41.7% por legado familiar, mientras que el resto es por la buena rentabilidad del cultivo. Un evento relevante no planteado en el estudio es el identificado por los productores como la falta de interés de las nuevas generaciones hacia las prácticas agrícolas relacionadas al cultivo del nogal; debido al tiempo y labor que representa su producción. La situación anterior en consecuencia, evidencia incremento en la migración de población joven a zonas urbanizadas y abandono del cultivo. Esta última situación tiene posibilidades de incrementarse a futuro según los propios productores.

b) ***Presencia de asociaciones y adquisición de créditos*** Se señala la consolidación de asociaciones y organizaciones relacionadas al sistema productivo de nogal los cuales están formados por 20% de pequeños productores cuyo propósito principal es compartir información básica del cultivo, así como de las novedades relacionadas con el mismo. En cuanto a los créditos financieros relacionados sólo 20% menciona haber adquirido uno para la adquisición de maquinaria y equipo.

c) ***Amenazas potenciales en campo y producción:*** Entre las amenazas identificadas por los productores destacan escasez de agua, competencia y seguridad pública.

d) ***Necesidades de los productores:*** Se identifican necesidades en tecnología, infraestructura y créditos.

e) ***Esquema de comercialización:*** Con relación a los canales de comercialización de la nuez pecanera los entrevistados conocen las características y aspectos relacionados a calidad necesarios para la compra/venta de su producto; entre los que se encuentran variedad, tamaño y rendimiento de la almendra. Aunque los productores mencionanan que ofertan el producto con base al rendimiento de almendra, no obstante, desconocen el porcentaje exacto de la misma. Sólo toman en consideración los conocimientos empíricos sobre las diferentes variedades en cuestión. En este sentido; las variedades de nuez, y particularmente las criollas presentan condiciones precarias de control fitosanitario que las posicionan en evidente desventaja comercial ante las variedades mejoradas. Aunado a lo anterior, la falta de valor agregado a partir de su venta con cascara o la falta de transformación del producto para distintos usos y/o aplicaciones representa un impacto negativo para los productores de la región.

f) ***Inversión anual por hectárea y precio venta:*** Se identificó un promedio aproximado en inversión de $12,916.00 M.N. el cual varía de acuerdo a las condiciones del cultivo, etapa y las condiciones ambientales. A continuación, se presenta un diagrama sobre los diferentes rangos en precios de venta de la nuez pecanera criolla y su diferencia con las variedades mejoradas (figura 1.2). Cabe resaltar que dicho diagrama se realizó de acuerdo a la información proporcionada por los productores y que la variación de precios depende de la zona, y condiciones del producto. Como se puede observar, existe una diferencia considerable en el rango de precio identificado en la venta de nuez por pequeños productores, intermediarios, comercializadoras, descascaradoras y consumidor final.

g) ***Mercado nacional y de exportación:*** Se vende 75% al intermediarismo, y sólo 25 % es destinado a la venta directa al consumidor final. Cabe destacar que esta nuez está destinada al mercado nacional con 83.3 % y 16.7 % al extranjero.

De lo anterior, los aspectos socioeconómicos nos indican que además de áreas de oportunidad detectados técnicamente, los productores, en su mayoría con preparación media básica y superior, enfrentan el riesgo de abandono del cultivo, la falta de créditos e inversiones, la escasez de agua y la inseguridad lo que pone en riesgo la práctica del cultivo que en muchos casos han continuado por legado familiar. En los aspectos de comercialización más allá de las prácticas comerciales ya sea como nuez con o sin cáscara con elevado consumo nacional e internacional, están interesados en darle valor agregado a partir de la introducción de

nuevos procesos, productos y/o presentaciones para favorecer su mejor aprovechamiento; para lo cual se sugiere inducir un mayor consumo de nuez, principalmente a partir del desarrollo de estrategias publicitarias que resalten su valor nutricional y la importancia del consumo de variedades nativas de México (figura 1.2).

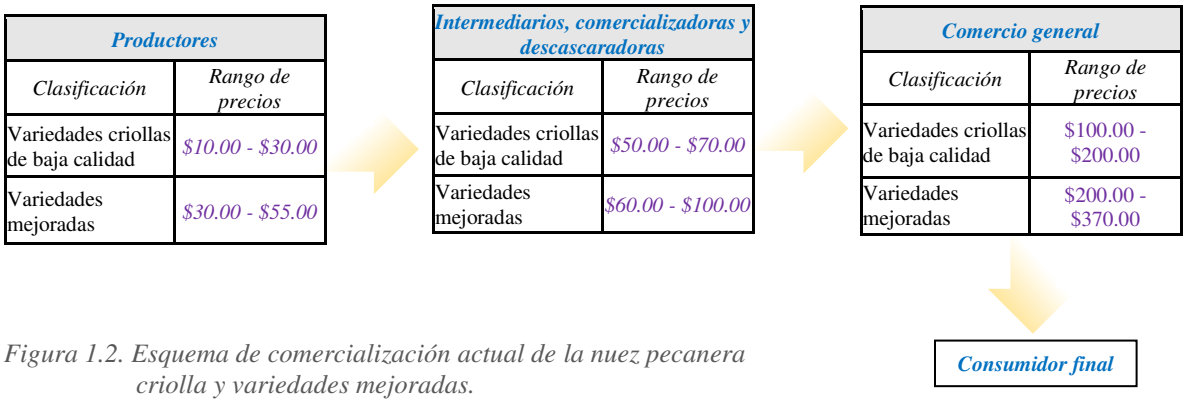


Figura 1.2. Esquema de comercialización actual de la nuez pecanera criolla y variedades mejoradas.

Complementriamente al conocimiento de algunos aspectos de cultivo, socioeconómicos y de comercialización en el entorno del cultivo del nogal en Nuevo León, lleva a considerar y abordar algunos aspectos técnicos relevantes como lo son el mejoramiento en prácticas agrícolas rentables y sustentables, o bien difundir procesos de biofertilización de las plantas, necesaria para la agricultura sostenible y la producción orgánica; además del uso eficiente del agua al través de un riego planeado. Éstos, pueden sin duda contribuir a dar respuesta a algunas problemáticas como bajo rendimiento productivo del nogal y baja calidad de la nuez que repercuten directamente en su precio.

1.3. Fenología y manejo del nogal pecanero.

La fenología estudia el comportamiento de plantas y animales en un hábitat determinado, mide y fecha la ocurrencia de las fases fenológicas con relación al clima. En los árboles frutales la respuesta fenológica debe ser evaluada a nivel de variedad, cuya información indica el grado de adaptabilidad y el cómo crece y desarrolla en cada región climática (Calderon, 1985). El conocimiento de la fenología del nogal pecanero es básico para la planeación y ejecución de su manejo técnico (Salas, 1986). Conocer qué hace el nogal en cada época permite saber qué insumo o práctica cultural aplicarle, de manera oportuna y en la cantidad adecuada (figura 1.3).

1.3.1. Dormancia.

En nogal pecanero el reposo invernal comprende los meses de diciembre, enero y febrero (Wolstenholme, 1990), tiempo en el que se realizan las siguientes prácticas culturales:

Figura 1.3 Plantación de nogal pecanero [Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch] cultivar "Western Schley". Fotografía tomada en plantación del municipio de Jiménez, estado de Chihuahua, México, en Septiembre de 2015 (Reyes y Urrea, 2016).

i. *Poda.* La época tradicional para esta práctica es enero y febrero.

ii. *Laboreo.* En nogaleras con problema de compactación de suelo se hace cincelado o subsoleo antes del riego de invierno.

iii. *Análisis de agua y suelo.* Es una buena época para tomar muestras para analizar salinidad y fertilidad.

iv. *Riego invernal.* El riego durante la segunda quincena de enero mantiene vivas las raicillas alimentadoras (Stockton, 1985).

v. *Abonado orgánico*. Se pueden aplicar de 5 a 10 t/ha por año de estiércol vacuno nuevo (Sweeten *et al*., 1982).

1.3.2. Brotación.

La época típica de brotación de las variedades Western y Wichita en el norte de México es de mediados a fines de marzo. En esta fase hay varias prácticas culturales a realizar en las huertas:

i. *Riego.* El primer riego se da 2-1 semanas antes de brotación, lo que vigoriza la fase y permite que el inicio de crecimiento del brote sea fuerte.

ii. *Fertilización.* Cuando se riega por gravedad en suelos pesados se incorpora la mitad de la dosis de nitrógeno y todo el fósforo y potasio en esta época, cuando el suelo es medio o arenoso sólo se aporta el 30% del N. Cuando se fertirriga se aplica únicamente el 10% del nitrógeno de la dosis total (Walworth, 2002).

1.3.3. Porcentaje de brotación.

El que un árbol tenga más brotes (laterales) significa más área foliar y más puntos de fructificación. La acumulación de horas frío y la poda favorecen esta variable.

1.3.4. Floración.

La mayoría de las variedades de nogal pecanero son parcial o completamente dicogámicas, por lo que en una huerta se recomienda plantar el 80% de árboles de la variedad productora y el 20% de árboles polinizadores. La polinización cruzada aumenta de 10 a 30% el peso seco de la almendra (Marquard, 1988).

i. *Aspersiones foliares*. Durante la floración puede asperjarse zinc, cobre, fierro y magnesio al follaje de los nogales, con las fuentes convencionales de sulfatos más urea.

1.3.5. Crecimiento de brote.

En nogales adultos el periodo de crecimiento del brote (figura 1.3) comprende de finales de marzo a mediados de junio. Brotes vigorosos producen más flores, retienen más nueces y llenan mejor las almendras (Sparks, 1992).

Figura 1.4 Generación de brote y domiancia apicat en árbol de nogal pecanero. Tomado de Ponencia 6° Congreso Nogalero del Norte de Coahuila, (Julio 2019. Tarango-Rivero).

i. *Riego*. El nogal requiere suficiente humedad en el suelo para tener brotes y hojas vigorosos. Si el riego es por gravedad uno se aplica el 10-15 de abril y otro el 1-5 de mayo. Con riego presurizado un nogal necesita 600 L en abril y 800 L en mayo, de agua por día (Worthington y Stein, 1990).

ii. *Fertilización.* En huertas con riego por gravedad en suelos medios o ligeros se aporta un 30% de la dosis de nitrógeno a mediados de abril. En las que se fertirriga un 20% de la dosis total de nitrógeno se aplica el 1 de abril, otro 20% el 15 de abril y un 10% el 1 de mayo.

iii. *Aspersiones foliares*. El zinc se asperja tres veces en abril y dos veces en mayo.

iv. *Hierbas*. Para evitar efecto de competencia la cobertura de plantas nativas se corta antes de que sus tallos comiencen a lignificar.

v. *Plagas.* En pospolinización aparece la generación de primavera del barrenador de la nuez, durante mayo. Se controla con productos biorracionales como Dipel, Intrepid, Belt o Masada.

vi. *Enfermedades.* Abril es el mes para la aplicación del hongo benéfico *Trichoderma viride* contra pudrición texana.

1.3.6. Crecimiento del fruto.

La nuecesilla comienza a crecer a finales de mayo y de principios de junio a mediados de julio se presenta la etapa de crecimiento rápido del fruto.

i. *Riego.* Cuando es por gravedad se riega el 1 de junio, el 25 de junio y el 15 de julio. Con riego presurizado un nogal con copa de 12 m de diámetro necesita 1,000 L en junio y 1,200 L en julio, de agua por día (Henández, 2003) .

ii. *Fertilización.* Tanto en riego por gravedad como en fertirrigación se sugiere aportar a principios de junio el 10% de la dosis total de nitrógeno.

iii. *Plagas.* Deben controlarse las poblaciones de áfidos, mediante insectos benéficos nativos y/o aficidas biorracionales.

1.3.7. Desarrollo del fruto.

De principios de agosto a finales de septiembre ocurre el llenado de la almendra.

i. *Riego.* Una buena provisión de humedad durante agosto y la primera quincena de septiembre determina la calidad de la almendra, y regar hasta el inicio de apertura del ruezno disminuye el problema de ruezno pegado y nuez nacida (Stein *et al*.,

1989). Cuando es por gravedad se riega el 1 y 20 de agosto y el 15 de septiembre. En riego presurizado un nogal necesita 920 L en agosto y 600 L en septiembre, de agua por día (Worthington y Stein, 1990).

Figura 1.5 Desarrollo de fruto de nogal pecanero [Carya illinoinensis (Wangenh.) K. Koch] cultivar "Western Schley". Fotografía tomada en plantación del municipio de Jiménez, estado de Chihuahua, México, en Septiembre de 2015 (Reyes y Urrea, 2016).

ii. *Fertilización.* Cuando se riega por gravedad se sugiere aportar a principios de agosto el 30% de la dosis de N. Cuando se fertirriga se aplica un 15% de la dosis total de nitrógeno el 1 de agosto y otro 15% a mediados de dicho mes.

iii. *Plagas.* Los áfidos se manejan con liberaciones de 15,000 huevecillos/ha de crisopas o de catarinitas, con aspersiones de 25 g de detergente Foca/100 L agua y/o de 500 g nitrato de potasio + 30 mL de ADH/100 L agua (Wood, 1991). Durante agosto y septiembre aparece el barrenador del ruezno: se controla con productos biorracionales como Dipel, Intrepid, Belt o Masada.

iv. Muestreo foliar. Para conocer el estado nutrimental de un nogal el muestreo de foliolos para su análisis se hace durante la primera semana de agosto.

1.3.8. Caída de fruto.

Un manejo integrado que favorezca un buen desempeño vegetativo y reproductivo y la sanidad de los árboles limitará la caída de frutos a un porcentaje normal de 30%. El raleo natural de frutos es conveniente para obtener nueces de buen tamaño y calidad (Sparks, 1992).

1.3.9. Rendimiento y calidad.

Una abundante cosecha de nueces con almendras bien llenas es el resultado de un manejo adecuado en cada fase fenológica del nogal. El potencial de rendimiento de la variedad Western en las regiones semiáridas de México, bajo condiciones de muy buen manejo, es de 2.3 t/ha/año (Sparks, 1992). El contenido de almendra y su color y el tamaño de la nuez son las principales variables para evaluar calidad. Los valores de referencia son de 54-60% de almendra en Western y de 57-63% en Wichita. En cuanto a tamaño los valores son 6.9 g y 8.1 g, respectivamente (Herrera, 1982).

1.3.10. Alternancia.

Los nogales tienden naturalmente a producir cosechas altas y bajas en años sucesivos, condición que se acentúa cuando el manejo de la nogalera es ineficiente (Wood, 1991). La

producción irregular está determinada en gran medida por las reservas de carbohidratos y de nitrógeno con las que entra el nogal al reposo invernal (Wood, 2002). Cuando los nogales son manejados para maximizar la eficiencia fotosintética, mejorar la relación hoja/fruto, prolongar la permanencia del follaje en el otoño y aumentar las reservas de nutrimentos al inicio de la dormancia, el grado de la alternancia se reduce (Lagarda, 1986).

1.4. Micorrizas en nogal pecanero.

1.4.1. Micorrizas.

Se denomina "micorriza" a una raíz modificada por la colonización de un hongo benéfico especializado: la raíz le da al hongo hábitat y nutrimentos, y el hongo absorbe agua y sales minerales para la raíz (Castellano y Molina, 1989). El estudio del sistema micorriza es muy importante, dado que más del 90% de las plantas superiores (árboles de bosque, pastos silvestres y muchas especies cultivadas) forman micorrizas (Bonfante y Genre, 2010). Alrededor de 3% son plantas especializadas en formar ectomicorrizas (Wilcox, 1991). Las micorrizas se clasifican en dos tipos básicos: ectomicorrizas y endomicorrizas. La ectomicorriza se forma básicamente en las raíces de plantas leñosas (figura 1.1), sobre todo en árboles de bosques templados del hemisferio norte, como el nogal pecanero (Meyer, 1973; Peterson *et al*., 2004). De manera particular, la mayoría de las raicillas alimentadoras de los frutales de nuez está ectomicorrizada (Marx, 1971). En la ectomicorriza el hongo coloniza las raíces nuevas y cortas, las cuales modifican su forma, tamaño y a veces su color. El hongo crece en la superficie de la raíz, formando un manto de hifas; luego éstas penetran entre las células corticales para formar la red de Hartig (Campbell, 1987). Las hifas del manto fúngico se prolongan hacia el suelo, donde forman rizomorfos; ambas estructuras absorben y trasportan agua y nutrimentos. En la zona de la raíz que abarca la red de Hartig ocurre el intercambio: el hongo pasa a las células radicales agua y nutrimentos, y recibe a cambio carbohidratos y otras sustancias nutritivas (Ferrera, 1993; Agerer, n.d.).

Los hongos ectomicorrízicos forman cuerpos fructíferos llamados esporocarpos, los cuales pueden verse en el piso de las huertas en la época de lluvias. Dichas estructuras producen y liberan las esporas con las cuales el hongo se propaga (Alarcón y Ferrera, 2000). Estos hongos pertenecen principalmente a los Basidiomicetos (que forman setas y bejines) y a los Ascomicetos (que forman trufas). Cabe señalar que la modificación de la raíz ectomicorrizada es total y se observa a simple vista, por lo cual también se les llama "macroformas". En muestreos de

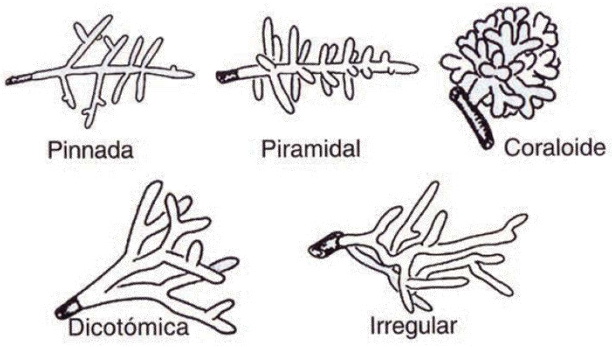


Figura 1.6 Dibujo de las formas macroscópicas de ectomicorriza. De: Canadian Forest Service: www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca (Tarango et al., 2004)

campo éstas son detectadas fácilmente y se clasifican según su apariencia. Así, la presencia de macroformas en las raicillas es un criterio biológico seguro de colonización por hongos ectomicorrízicos (Agerer, 2002; Peterson, 2004; Brundett, 2008).

La endomicorriza no modifica la morfología de la raíz ni forma manto fúngico (figura 1.2), por lo que no puede observarse a simple vista, pues los cambios importantes ocurren en el interior de la raíz y son microscópicos (Peterson, 2004). Las hifas del hongo crecen dentro de las células de la corteza radical, donde se forman las vesículas y los arbúsculos, por lo cual también es conocida como "micorriza arbuscular" (antes vesículo-arbuscular). Estos hongos pertenecen principalmente a los Glomeromicetos (González, 1993; González, 2005). Las vesículas son estructuras de forma globosa que almacenan lípidos (energía) y funcionan como organelos reproductivos, crecen dentro y entre las células. Los arbúsculos son estructuras finamente ramificadas y crecen únicamente dentro de las células, son los sitios donde se realiza el intercambio de nutrimentos entre el hongo y las células de la raíz. Las hifas del hongo endomicorrízico también crecen hacia el suelo, para absorber agua y nutrimentos. En dichas hifas externas se forman las esporas, que son las estructuras de reproducción del hongo (Castellano y Molina, 1989; Peterson *et al*., 2004). Los hongos endomicorrízicos no forman cuerpos fructíferos de tipo sexual, son de lento crecimiento y compiten pobremente con otros microorganismos del suelo por los sitios de infección en la raíz. Por ello, su empleo en árboles frutales se restringe a viveros, con sustratos esterilizados (Alarcón y Ferrera, 2000). Para aprovechar estos hongos debe determinarse la especie y la cepa más eficaz para cada especie vegetal y definir la etapa de vivero más adecuada para aplicarlos (Castellano y Molina, 1989; Krikun, 1991).

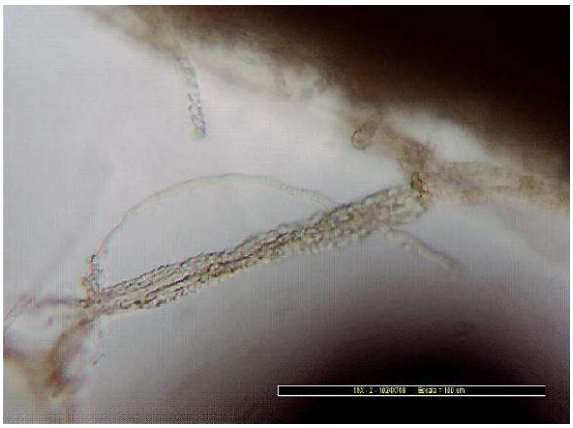


Figura 1.7 Hifa ornamentada (Ho) del hongo ectomicorrízico Pisolithus tinctorius, prolongada en una raíz de nogal pecanero (Tarango et al., 2004)

1.4.2. Raíz y micorrizas en nogal pecanero.

Este árbol tiene raíz pivotante y raíces laterales ramificadas, en las cuales crecen las raicillas alimentadoras, que son pequeñas y delgadas. Dichas raicillas no tienen pelos absorbentes, en cambio la mayoría de ellas están micorrizadas, apareciendo sus cofias más redondeadas y cubiertas por micelio fungoso. Esto significa que las micorrizas son encargadas principales de absorber agua y nutrimentos en este frutal. El nogal pecanero es originario de bosques templados en Norteamérica, donde las especies arbóreas se asocian particularmente (figura 1.3) con hongos ectomicorrízicos (Peterson *et al*., 2004; Sparks, 2005). En huertas de este frutal está bien caracterizada y documentada la formación de ectomicorrizas en sus raíces

con los hongos *Pisolithus*, *Scleroderma* y *Tuber*, y a veces aparece el género *Astraeus*. En nogales nativos también se presentan *Gyrodon*, *Russula* y *Tylopilus* (Marx y Bryan, 1969; Marx, 1971; Taber *et al*., 1982; Brundett, 2008).

Figura 1.8 Forma macroscópica de la ectomicorriza tipo coraloide en raíz de nogal pecanero. R= raíz, M= micorriza y H= hifas (Tarango et al., 2004)

La ectomicorrización favorece el crecimiento y desarrollo de los nogales debido a: 1) la ramificación de la micorriza y el manto fungoso aumentan la superficie de exploración y de absorción del sistema radical; 2) mayor absorción de agua y de los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg, Zn y Cu; 3) el hongo puede desdoblar complejos minerales y orgánicos del suelo a nutrimentos asimilables por las plantas; 4) un sistema radical más sano, ya que el manto fungoso actúa como una barrera al ataque de patógenos y muchas especies de hongos producen antibióticos; y 5) producción de reguladores del crecimiento que estimulan la elongación y ramificación de las raicillas alimentadoras(Marx y Bryan, 1969; Marx, 1971; Castellano y Molina, 1989; Gay *et al*., 1994). El hecho de que los hongos micorrízicos degraden minerales complejos o insolubles [como $Zn(CO3)_2$] a moléculas aprovechables por las raíces alimentadoras, puede explicar que la ectomicorrización adecuada de la raíz del nogal favorezca significativamente la absorción de zinc y el crecimiento de la planta aun en suelos calcáreos (Tarango *et al*., 2004).

La capacidad para formar micorrizas puede estar relacionada con la cantidad y composición de los exudados radicales de cada planta, y su función como señalizadores para las esporas de cada especie de hongo micorrízico (Liu *et al*., 2014). La presencia de hongos típicos asociados al nogal pecanero es consistente y funcional en numerosas huertas de las distintas regiones, lo que indica que el sistema ectomicorriza es un componente obligado para el crecimiento y producción exitosa de este frutal.

1.4.3. Micorrización natural.

En suelos agrícolas sanos la formación de ecto y endomicorrizas ocurre de manera natural y es abundante cuando hay materia orgánica y una cubierta vegetal. En las nogaleras esto se logra con el siguiente esquema de manejo (Marx ,1971; Atkinson, 1983; Castellano y Molina, 1989):

1. *Fertilidad del suelo moderada (sobre todo fósforo)*
2. *Contenido alto de materia orgánica (>2%)*
3. *Suelos bien drenados y con adecuada humedad*
4. *Cobertura de gramíneas anuales y trébol perenne*

5. Labranza mínima
6. Árboles con alta fotosíntesis (poda tecnificada)
7. Cuidar los esporocarpos hasta su madurez y dispersión de esporas.

1.4.4. Micorrización inducida.

(Marx, 1971) inoculó plántulas de nogal Curtis con micelio de *Pisolithus tinctorius* y observó que todas formaron ectomicorrizas, cuyo promedio de colonización por raíz fue 60%. Las plantas no inoculadas fueron colonizadas naturalmente por el hongo *Telephora terrestris* en 56%, cuyas ectomicorrizas son básicamente bifurcadas. Ambos hongos formaron completamente la red de Hartig. Las plantas con *P. tinctorius* crecieron 12% más que con *T. terrestris*. (Benucci *et al*., 2013) inocularon plántulas de nogal con esporas de *Tuber aestivum*, *T. indicum* y *T. lyonii*. Encontraron que la formación de ectomicorrizas varió de 40 a 60%, cuyas macroformas eran simples y bifurcadas y todas con manto fúngico. Mediante el análisis de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) confirmaron que el micelio de las micorrizas correspondió 100% al genotipo de los hongos inoculados.

En Delicias, Chihuahua, (Tarango *et al*., 2004) inocularon plántulas del nogal criollo El General y de pistachero *Pistacia atlantica*, para verificar el tipo de micorriza que forma cada árbol. La raíz se inoculó con esporas de hongos ectomicorrízicos *Pisolithus tinctorius* y *Scleroderma* sp. (Mycor-Tree, con 4x106 esporas por gramo) y con las cepas de hongos endomicorrízicos Zac-19 (*Glomus albidum*, *G. claroides* y *G. diaphanum*) y AM-CP *Glomus intraradices* (producidas por el Área de Microbiología de Suelos -Colegio de Postgraduados, el inóculo consistió en segmentos de raíces de alfalfa con más de 60% de hifas y 170-200 esporas/10 g de suelo).

1.5. Planeación y eficiencia del riego en huertas nogaleras.

1.5.1. El agua en la huerta nogalera.

La principal base de toda huerta Nogalera es el *Agua*, después *Agua* y luego *Agua*. Con esta reflexión se inicia éste tema (figura 1.9). Las bases para una plantación de una huerta nogaleras, son diversas, las que se consideran esenciales son: Diseño de Plantación; orientación con respecto al sol; variedades de nogal a plantar; distancia de polinizadores; diseño de riego; manejo de la huerta y las cosecha. El diseño de riego, es una parte fundamental, ya que debe ser bien planeado para tener una máxima eficiencia del agua, para tener los mejores resultados en el cultivo del nogal, y dependerá de la calidad y cantidad del agua disponible, la calidad lo obtenemos vía análisis, y la cantidad de agua requerida es de 1 a 1.2 litros por hectárea, es decir, la cantidad de agua disponible en la nogalera dividido por la cantidad de litros necesarios por Ha, se conocerá la cantidad superficie toral a plantar.

El riego también se ve afectado por el tipo de suelo que se tenga en la huerta, ya que el suelo arenoso requiere riegos más cortos, pero más consecutivos, y a diferencia el suelo arcilloso conserva mucho la humedad. Los sistemas de riego más comunes son riego rodado, micro aspersión, aspersión, goteo y el sistema dual, el cual es la unión del riego por goteo y micro aspersión. Todos los sistemas de riego presurizado son buenos, pero cada huerta nogalera tiene condiciones diferentes, y estas condiciones son las que influyen a la decisión del sistema adecuado para cada huerta (figura 1.10). En los últimos años se han impulsado las plantaciones de alta densidad, por ejemplo 6 x 12 metros, estas plantaciones su particularidad es que tienen un retorno económico más rápido, pero es importante planear bien el tipo de cosecha, y esto será directamente afectado el sistema de riego, para que no quede atravesado en la cosecha, por lo cual aumentara el costo del sistema de riego (figura 1.11).

Figura 1.9 Diseño de huerta nogalera en el Estada de Coahuila. Fotografía cortesía del Ing. agrónomo en suelos Conrado Rodríguez Peña, 2018.

Figura 1.10. Sistema de riego en huerta nogalera en el Estada de Coahuila. Fotografía cortesía del Ing. Conrado Rodríguez Peña, 2018.

El punto de la cosecha, es algo que normalmente no se planea desde la plantación, lo cual es un gran error. El cultivo del nogal tiene el punto a favor que su cosecha puede ser mecanizada, pero estas máquinas debemos aprovecharlas y darle la mayor eficiencia, ya que son máquinas de un alto costo. Esta eficiencia se ve directamente influenciada con el riego, ya que no se debe poner los aspersores en las calles de cosecha. Otro punto a considerar son las variedades vegetales cultivadas, ya que existen variedades precoces, como la *Pawnee*, cuya cosecha en el norte de Coahuila se programa en la primera semana del mes de septiembre; mientras que la variedad *Wichita* se cosecha la última semana de septiembre, esta diferencia de 15 días en la cosecha, permite tener preparado el sistema de riego para cerrarlo en la variedad a cosechar, sin suprimir el riego a las variedades tardías. En la actualidad ya existen equipos semi o automatizados que favorecen la eficiencia de los sistemas de riego; por citar un ejemplo, los tensiómetros o sensores de humedad, se instalan en estaciones definidas a 30 cm, 60 cm y 90 cm

Figura 1.11. Sistema de riego con aspersores en huerta nogalera en el Estada de Coahuila. Fotografía cortesía del Ing. Conrado Rodríguez 2018.

de profundidad. De esta manera, cada estación cuenta con 3 sensores a diferentes profundidades. La estación de los sensores se plantea para cada 20 ha, este número de hectáreas puede variar dependiendo a la homogeneidad del suelo de la huerta nogalera. Los sensores al iniciar deberán revisarse diariamente, para conocer el comportamiento del suelo a los riegos, tomando nota de los registros en una bitácora. En sistemas de riego inteligente, un dato importante es que los sensores nos guiaran al buen manejo de los sistemas de riego de acuerdo con el cuadro 1.3.

Cuadro 1.3. Recomendaciones de los sistemas de riego en huertas nogaleras

Profundidad de sensor (cm)	***Guía***
30	Cuando regar
60	Cuanto regar
90	Exceso de riego
Rango de sensors (mbar)	
0-10	Exceso de humedad
11-30	Buen nivel de humedad
31-60	Requerimiento de riego suelo arenoso
61-100	Requerimiento de riego suelo arcilloso
101-200	Suelo seco

El manejo correcto del agua en el cultivo del nogal, tiene muchos efectos positivos dentro de los cuales están: Mejor asimilación de nutrientes; mejor llenado de la nuez, que significa calidad, tamaño de la nuez; apertura de rueznos y reducción de nuez nacida.

1.5.2. Perspectivas.

El Nogal pecanero es una planta cultivada que consume la mayor cantidad de agua para sus necesidades de vida y su reproducción. Se sabe que en forma silvestre se propagó a las márgenes de las corrientes de agua más permanentes. Desafortunadamente el agua en el norte de México es un recurso deficiente, en cantidad y calidad, y tan valioso que para mantener la sustentabilidad de las actividades económicas, como la agricultura que se practica en localidades con disponibilidad de este insumo, se aplica a poblaciones de plantas adaptadas a las condiciones naturales y por ser un sistema socio-técnico se requiere de equipo adecuado, productores con experiencia en el manejo de sus huertas y un sistema de soporte de decisiones con información y conocimientos para el mejor aprovechamiento del agua. Por lo que la contribución en el conocimiento en los fundamentos de la tecnología de irrigación, permite la adopción de mejores prácticas de manejo del agua en las huertas de nogal.

Hay que aclarar para quienes se interesan en el tema, que el cambio a mejores prácticas de manejo tiene lugar en un contexto localizado. Las decisiones y la ejecución de nuevas prácticas de manejo se ven controladas en primer lugar por normas y valores relacionados al propósito de las sociedades de ser sostenibles. Como ejemplo de lo anteriormente dicho se puede mencionar la actual tendencia a apoyar más a los pequeños productores. Para ello la sociedad ha creado instituciones para la transmisión de políticas que hagan realidad los objetivos finales de la misma. En México se cuenta con instituciones educativas, de

investigación y extensión, precios de garantía, etc., las cuales están en respuesta a los lineamientos comerciales que controlan las decisiones de los productores que desean el cambio tecnológico. Los productores por su parte toman sus medidas en base a la conciencia que tienen de sus metas y problemas para alcanzarlas, influye mucho la calidad y cantidad de información, conocimientos y habilidades particulares; no todos los productores son líderes innovadores y muchos prefieren esperar a evaluar resultados.

La importancia del equipo disponible en campo para el control del caudal es muy determinante en la eficiencia del uso del agua. Cuando la toma del agua se da por tandeo, no permite flexibilidad en las decisiones individuales, pues se requiere de programas de riego por módulos y el productor sólo controla la distribución del agua a nivel de campo o parcela. En esos casos puede decidir mejoras en la nivelación de sus tierras para mejorar el coeficiente de uniformidad y así evitar parches con exceso y láminas limitativas en otras partes del predio. Actualmente hay disponibles equipos que permiten un buen control del gasto y su distribución uniforme en el predio, como son los microaspersores y goteros, pero requieren de una fuente segura de abasto y de agua de muy buena calidad. Por su parte, la técnica de programación del riego otorga la capacidad de determinar las cantidades de agua por aplicar y la oportunidad de aplicación de cada riego, esto en función de la calidad del suelo, la etapa fenológica del cultivo receptor y de la variación espacial y temporal de las condiciones atmosféricas.

El suelo es el cuerpo que capta almacena y cede agua a las plantas; mientras que las condiciones atmosféricas dominan la demanda evapotranspirativa de una huerta localmente determinada. Se han desarrollado diversos métodos para programar los riegos en un ciclo anual, algunos se basan en parámetros climáticos, otros en la medición de la humedad del suelo y otros en la medición del estrés hídrico de las plantas en el perfil del suelo. Este método se fundamenta en el tipo de pensamiento racional porque se basa en la modelación del balance hídrico generalizado, que se compone de elementos que aportan ganancias, y elementos que reflejan las pérdidas. En el lado de las ganancias son importantes los eventos de precipitación y los riegos; mientras que en el lado de las pérdidas deben considerarse la evaporación, la transpiración, la percolación profunda y la escorrentía superficial. La decisión se toma realizando el balance de las ganancias y las pérdidas y de acuerdo a los objetivos y posibilidades del productor.

Actualmente se dispone de Sistemas de soporte de decisiones computarizadas, que utilizando datos e información de estaciones agroclimáticas automatizadas puede facilitar el manejo de este modelo de programación de riegos. También se recomienda el apoyo de expertos en el manejo de las plataformas computacionales para dar seguimiento a los balances en períodos quincenales, semanales o diariamente.

1.6. Referencias bibliográficas.

Agerer, R. 2002. "Color Atlas of Ectomycorrhizae." Einhorn-Verlag+Druck GmbH.

Alarcón, Alejandro; Ferrera-Cerrato, Ronald. 2000. "Alarcon." *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Texcoco, México* 26: 2517.

Alonso, Olmedilla, Granado Lorencio, Herrero Barbudo, and Blanco Navarro. 2004. "Productos Cárnicos Funcionales Preparados Con Nuez. Evaluación Del Efecto Funcional," 37–41. http://hdl.handle.net/10261/5745.

Andresen, Mette S., Bjørn S. Dissing, and Hanne Løje. 2013. "Quality Assessment of Butter Cookies Applying Multispectral Imaging." *Food Science & Nutrition* 1 (4): 315–23. https://doi.org/10.1002/fsn3.46.

Atkinson, D. 1983. "The Growth, Activity and Distribution of the Fruit Tree Root System." *Plant and Soil* 71 (1–3): 23–35. https://doi.org/10.1007/BF02182638.

Benucci, Gian M., Gregory Bonito, Leonardo B. Falini, Mattia Bencivenga, and Domizia Donnini. 2013. "Mycorrhizal Inoculation of Pecan Seedlings with Some Marketable Truffles." *Acta Mycologica* 47 (2): 179–84. https://doi.org/10.5586/am.2012.022.

Bonfante, Paola, and Andrea Genre. 2010. "Mechanisms Underlying Beneficial Plant - Fungus Interactions in Mycorrhizal Symbiosis." *Nature Communications* 1 (4): 1–11. https://doi.org/10.1038/ncomms1046.

Brundett, M. 2008. "Mycorrhizal Associations: The Web Resource." 2008. htpp://mycorrhizas.info.

Calderon, A. 1985. *Fruticultura General*. 3 ed. México: Limusa.

Campbell, R. 1987. *Ecología Microbiana*. México: Limusa.

Castellano, M A, Molina, R. 1989. "Mycorrhizae." In *Vol 5. Agric Handbook 674*, edited by J.P. Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S.E. and Barnett, 101–67. USDA-FS.

Chapuis, A., J. Blin, P. Carré, and D. Lecomte. 2014. "Separation Efficiency and Energy Consumption of Oil Expression Using a Screw-Press: The Case of Jatropha Curcas L. Seeds." *Industrial Crops and Products* 52 (January 2014): 752–61. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.046.

Ferrera, C. 1993. *Ectomicorriza*. Edited by M.N. Ferrera, R., González, M.C.A. y Rodríguez. México: Trillas.

Gay, G, Bernillon, J and Debaud J C. 1994. "Comparative Analysis of IAA in Ectomycorrhizal, Ericoid and Saprophytic Fungi in Pure Culture." In *Mycorrhizas in Ecosystems*, edited by D. Read, 356–66. CAB Interntional.

González Álvarez M., Salcedo Martínez S. M., Vargas López V. R., Pérez Quintanilla J. N. y Bonilla Fernández M. N. 2010. *Cultivo Del Nogal Pecanero Carya Illinoinensis (Wangenh.) K. Koch.* Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

González, G M. 2005. "Estudios de Los Mecanismos Implicados En La Homeostasis Me Metales Pesados En El Hongo Fomrador de Micorrizas Arbusculares Glomus Intraradices." Universidad de Granada.

González, Luis Enrique. 2019. "Evaluación Del Aprovechamiento de La Nuez Pecanera Crioilla Del Estado de Nuevo León." Apodaca, N.L.: Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio.

González, M C. 1993. *La Endomicorriza Vesiculo- Arbuscular*. Edited by M N Ferrera, R , González, M C y Rodriguez. México: Trillas.

Henández, C J. 2003. "Estimación de Los Requerimientos Hídricos de Nogales En Desarrollo y Producción En Jiménez, Chihuahua. Informe de Investigacion." México.

Herrera, E. 1982. "Growing Pecan in New Mexico." Circular 461 CES-New Mexico State University.

Joshi, Aditya U., Changqi Liu, and Shridhar K. Sathe. 2015. "Functional Properties of Select Seed Flours." *LWT - Food Science and Technology* 60 (1): 325–31. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.038.

Krikun, J. 1991. "Mycoeehizae in Agricultural Crops." In *Plant Roots*, edited by Waisel et al, 767–86. USA: Dekker Inc.

Lagarda, M A. 1986. "La Alternativa En Producción de Nogal." In *Primera Reunón Técnica Sobre Fruticultura En El Noroeste de Mëxico*, 186–97. CAECH-INIFAP.

Liu, Dong, Shengzuo Fang, Ye Tian, and Xinjian Dun. 2014. "Seasonal and Clonal Variations of Microbial Biomass and Processes in the Rhizosphere of Poplar Plantations." *Applied Soil Ecology* 78: 65–72. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.02.005.

Maciel, Laércio Galvão, Flávia Letícia Ribeiro, Gerson Lopes Teixeira, Luciano Molognoni, Jacson Nascimento dos Santos, Itaciara Larroza Nunes, and Jane Mara Block. 2020. "The Potential of the Pecan Nut Cake as an Ingredient for the Food Industry." *Food Research International* 127: 108718. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108718.

Marchetti, L., A. N. Califano, and S. C. Andrés. 2018. "Partial Replacement of Wheat Flour by Pecan Nut Expeller Meal on Bakery Products. Effect on Muffins Quality." *Lwt* 95 (June 2017): 85–91. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.050.

Marquard, R D. 1988. "Outcrossing Rates in Pecan and the Potential for Increased Yields." *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113: 84–88.

Martínez, M. L., M. G. Bordón, R. M. Bodoira, M. C. Penci, P. D. Ribotta, and D. M. Maestri. 2017. "Walnut and Almond Oil Screw-Press Extraction at Industrial Scale: Effects of Process Parameters on Oil Yield and Quality." *Grasas y Aceites* 68 (4): 1–9. https://doi.org/10.3989/gya.0554171.

Marx, D and Bryan, W. 1969. "Scleroderma Bovista, an Ectotrophic Mycorrhizal Fungus of Pecan." *Phytopathology* 59 (8): 1128–32.

Marx, D. 1971. "Root Inhabiting Mycorrhizal Fungi Benefit Growth of Trees." In *5th Ann West Irri Pecan Grow Ass*, 14–18. New Mexico: State University of New Mexico.

Meyer, F. 1973. "Distribution of Ectomycorrhizae in Native and Made-Man Forest." In *Ectomycorrhizae. Their Ecology and Physiology*, edited by T T Marks, GC and Kozlowski, 79–105. Academic Press.

Navarro, Sandra L.B., and Christianne E.C. Rodrigues. 2016. "Macadamia Oil Extraction Methods and Uses for the Defatted Meal Byproduct." *Trends in Food Science and Technology* 54: 148–54. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.001.

Peterson, L, Massicotte, H and Melville, L. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. NRC Research Press-CABI Publishing.

Pineli, Lívia de Lacerda de Oliveira, Mariana Veras de Carvalho, Lorena Andrade de Aguiar, Guilherme Theodoro de Oliveira, SÔnia Maria Costa Celestino, Raquel Braz Assunção Botelho, and Marileusa D. Chiarello. 2015. "Use of Baru (Brazilian Almond) Waste from Physical Extraction of Oil Toproduce Flour and Cookies." *LWT - Food Science and Technology* 60 (1): 50–55. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.035.

Rabadán, Adrián, José E. Pardo, Ricardo Gómez, and Manuel Álvarez-Ortí. 2018. "Influence of Temperature in the Extraction of Nut Oils by Means of Screw Pressing." *Lwt* 93 (March): 354–61. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.061.

Reyes, N y Urrea, R. 2016. *Retos y Oportunidadaes Para El Aprovechamiento de La Nuez Peacanera En México*. Edited by Rafael Reyes-Vázquez, Nohemi; Urrea-López. Guadalajara: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Salas, F. A. 1986. "Comportamiento Fenológico de Nueve Cultivares de Nogal En La Zona Sur Del Estado de Chihuahua." In *En: Día Del Nogalero*, 9–18. México: Campo Experimental Delicias-INIFAP.

Salvador, A. A., R. Podestá, J. M. Block, and S. R.S. Ferreira. 2016. "Increasing the Value of Pecan Nut [Carya Illinoinensis (Wangenh) C. Koch] Cake by Means of Oil Extraction and Antioxidant Activity Evaluation." *Journal of Supercritical Fluids* 116: 215–22. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.05.046.

Santos, Oscar Omar. 2019. "Comunicación Personal."

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. "Producción Agrícola." México: Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Sparks, D. 1992. *Pecan Cultivars. The Orchard's Foundation. Pecan Production Innovations*.

———. 2005. "Ecology of Pecan. Part I Site Requeriments, Distribution, Tree Growth and Adaptation to River Bottom Land." *Pecan South* 38 (8): 26–34.

Spiegel, M.R., Stephens, L.J. 2009. *Estadística Schaum*. Edited by Cámara Nacional de la industria Mexicana. México, D.F.: Mc Graw-Hill.

Stockton, A. 1985. "Phosphorus and Potassium Nutrition of Pecan." In *Nineteenth West. Pecan Conf. Proc. CES-New Mexico State University*, 26–28.

Sweeten, J M, Mathers, A C, and mcEachern, R G. 1982. "Improving Soils with Manure Application." In *Sixteenth West. Pecan Conf. Proc. CES-New Mexico State University*, 45–74.

Taber R A, Worthington, J W, Trappe, J M and Taber W A. 1982. "Mycorrhyzal Fungi Associated with Native and Improved Varieties of Pecan in Texas (Abstract)." *Phytopathology* 72: 951.

Tabio, D, Y Díaz, M Rondón, E Fernández, and R. Piloto. 2017. "Extracción de Aceites de Origen Vegetal." *Universidad Tecnologica de La Habana*, no. May. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11047.55201.

Tarango R, S H, Macías, B C, Alarcón, A y Pérez J, M. 2004. "Colonización Micorrízica, Crecimiento y Concentración Foiar de Nutrimentos En Nogal Pecanero y Pistachero." *Agric Tec Mex* 30 (2): 191–203.

Walworth, J. 2002. "Potassium and Phosphorus Fertilization Program in Pecan Orchards." In *Thirty-Sixth West. Pecan Conf. Proc. NMSU-WPGA*, 38–46.

Wilcox, H E. 1991. "Mycorrhizae." In *Plant Roots*, edited by Y et al Waisel, 731–35. USA: Dekker Inc.

Wolstenholme, B N. 1990. *Climate*. *Texas Pecan Profitability Handbook*. TAES-The Texas A&M University System.

Wood, B W. 1991. "Alternate Bearing of Pecan." In *Pecan Husbandry: Challenges and Opportunities*, edited by J A Wood, B W and Payne, 180–90. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA.

———. 2002. "Late Nitrogen Fertilization in Pecan Orchards." In *Thirty-Sixth West. Pecan Conf. Proc*, 47–59.

Worthington, J W and Stein, L. 1990. "Water Management." In *Texas Pecan Profitability Handbook*, 19–21. TAES-The Texas A&M University System.

CAPÍTULO 2

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE LA NUEZ PECANERA

Reyes-Vázquez Nohemí del C.[1*], Morales-Landa Juan L.[1], Cabrera-Álvarez Edgar N.[2], Obregón-Solis Efrain[1], González-Rojas Luis E.[1], García-Fajardo Jorge A.[1*]

[1] *Subsede Noreste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Vía de la Innovación 404. Autopista Mty-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT. C.P. 66629. Apodaca, Nuevo León, México.*
[1] *Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA Monterrey, Av. Alianza Sur 204, Autopista Mty-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT, C.P. 66629, Apodaca, Nuevo León, México.*
** autor de correspondencia: nreyes@ciatej.mx; jgarcia@ ciatej.mx*

2.1. Introducción.

El volumen de producción de nuez pecanera en México lo ha posicionado como uno de los principales productores a nivel mundial orientado tanto al consumo nacional, y exportación. Investigaciones sobre las propiedades que presenta la nuez indican su alto contenido nutrimental en cuanto a su composición química rica en aceites insaturados, así como proteína; y elevada cantidad de fitocompuestos presentes tanto en su fracción comestible como en su cáscara. Lo que representa un potencial comercial importante para aprovechar integralmente esta oleaginosa.

Actualmente, la comercialización de la nuez con cáscara, o bien como almendra es elevada, utilizándose tradicionalmente en panificación y confitería; sin embargo, la obtención y comercialización del aceite ha sido poco explorada, no obstante, su calidad nutritiva rica en grasas insaturadas como ácido oleico y linoleico; y mínima cantidad de grasas saturadas. También posee tocoferoles y esteroles con elevada actividad antioxidante, por lo que tiene una aplicación como alimento funcional o nutracéutico además de usos potenciles en cosmética y farmacia. Cabe destacar, que la cáscara constituye un 40-50% de peso total, lo que representa una biomasa considerable hasta ahora solamente utilizada en la pavimentación o como abrasivos, pero con potencial en la obtención de tintes y biomateriales.

Por lo anterior, en este capítulo, se exponen aspectos de producción y comercialización de la nuez y su cadena productiva. Asimismo, se indican las especificaciones de calidad de la nuez con base en la normatividad mexicana y se presentan las características de calidad de algunas variedades de importancia comercial provenientes de Chihuhua, Nuevo León, Coahuila y Guanajuato. Se revisan también aspectos tecnológicos del descascarado y obtención de extractos con actividad biológica y tinturas naturales para uso textil, además de

biocompuestos polimércios; Asimismo, se acotan aspectos tecnológicos del prensado en frío para la obtención de aceites, y sus características de calidad y aplicaciones.

2.2. Generalidades de la nuez.

El Nogal pecanero [*Carya illinoinensis* (Wangenheim) K. Koch] es una especie perenne altamente valorada por sus nueces. Las nueces pecaneras han sido parte de la dieta de un gran número de animales silvestres al igual que de los humanos; quienes las han aprovechado por su valor nutricional desde tiempos remotos. Es nativo de México desde el sur de Coahuila hacia Jalisco y Veracruz. Se ha identificado a una región del país denominada como "franja nogalera" la cual está formada por los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Durango, Nuevo León y constituye la mayor parte de producción registrada en México (Figura 2.1) (González, 2019).

En Norte América dicho cultivo se encuentra presente desde el sur de Iowa, hasta Texas, Arkansas y Florida. En este sentido la nuez pecanera es deinida como un fruto con mesocarpio carnoso y endocarpio duro se puede comer fresco o usado para distintas aplicaciones. Es primordialmente demandada por su potencial nutritivo, con un alto contenido de lípidos, carbohidratos, fibra y proteínas. También es una fuente natural de minerales y vitaminas, básicos en la alimentación humana. Entre los minerales los más abundantes son el Potasio, el Fósforo y el Magnesio (FIRCO, 2016).

Desde el punto de vista comercial, el principal mercado consiste en nuez con cáscara el cual corresponde al 60% y la nuez descascarada representa el 40%. La forma en que se consume es en fresco, o como un ingrediente en la elaboración de distintos productos. Se utiliza en panadería, repostería, así como para la elaboración de helados, postres, botanas, etc. (Reyes y Urrea, 2016). Además, es considerada también como ingrediente para comidas. Cabe destacar, que la cáscara de la nuez pecanera constituye un 40-50% de peso total del fruto y también es empleada en distintas aplicaciones. Para la economía de Norte América y otras regiones del mundo resulta un cultivo con gran importancia (Gallegos, 2017).

Figura 2.1 Nuez pecanera variedad Sioux cultivada en Coahuila. Foto: González-Rojas L. E. 2019

2.2.1. Producción, exportación e importación de la nuez.

i. Panorama Internacional

En el contexto productivo, a nivel mundial el nogal pecanero representa uno de los cultivos con mayor representatividad para el consumo humano. Las primeras plantaciones en México iniciaron a partir de 1871 en el estado de Nuevo León, y la introducción comercial de las mismas se inició en 1946 con más de 15 variedades diferentes, de las cuales se seleccionaron Western Schley y Wichita como las de mejor adaptación ocupando para el 2001 hasta el 85%

del área total sembrada (Ojeda-Barrios *et al*., 2009). En este sentido a pesar de tener sus orígenes en Norteamérica su capacidad de adaptación le ha permitido su reproducción y cultivo en otras partes del mundo a partir de su demanda (figura 2.2).

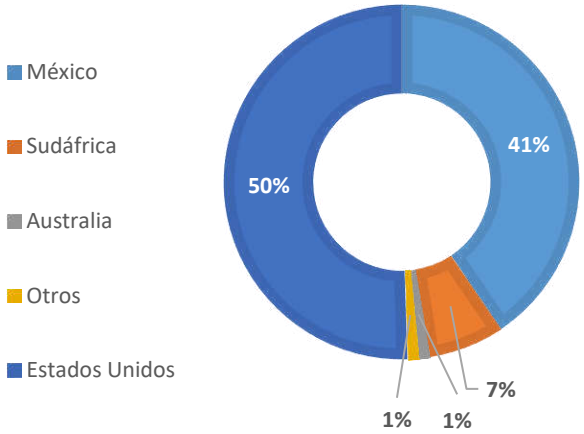


Figura 2.2 Principales países productores de nuez pecanera.
Fuente: Adaptada del Estudio de mercado de nuez pecana 2018 de Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA) recopilado con datos del International Nut & Dried Fruit.

Como se puede observar en la figura 2.2 los principales productores de nuez pecana a nivel mundial son Estados Unidos y México con un 50% y 41% respectivamente (GCMA, 2018). Cabe señalar, que las regiones productoras para ambos países son colindantes, lo que significa una transferencia tecnológica y económica entre estas dos naciones. Estados Unidos produjo 151,400 toneladas provenientes de los estados de Georgia, Nuevo México, Texas, Oklahoma y Arizona. (Agricultural Marketing Resource Center, 2018). En cambio, en México los principales estados productores los cuales corresponden a Chihuahua, Coahuila, Durango, Sonora y Nuevo León para el 2018 se reportaron un total de 152,007 toneladas (FIRCO, 2016). La figura 2.3 ilustra comparativamente la producción de México y Estados Unidos en un periodo comprendido entre los años 2015-2017.

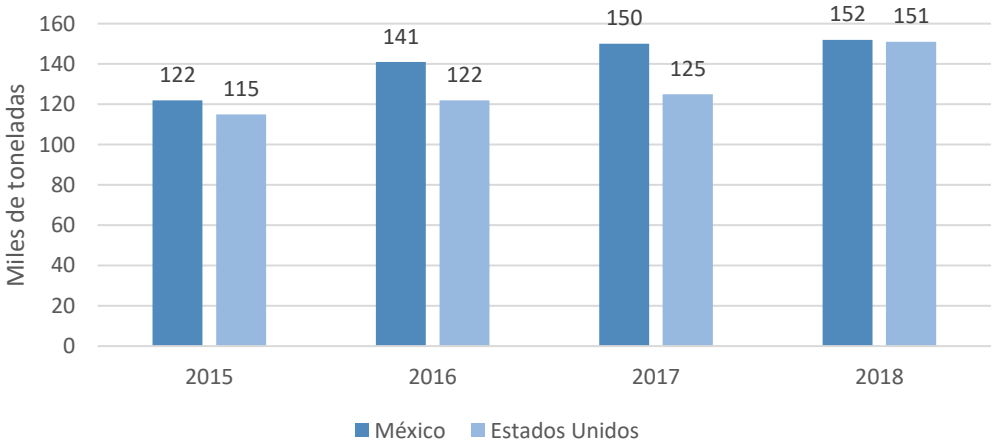


Figura 2.3 Producción de nuez pecanera en los años 2015-2018 de México y Estados Unidos.
Fuente: Realizada con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018 y

Agricultural Marketing Resource Center 2018.

Se puede observar, que la producción de nuez pecana proveniente de México ha superado desde 2015 a 2017 la reportado por Estados Unidos, sin embargo, en 2018 dicha diferencia no es tan significativa como en años anteriores. En este sentido, también hay que resaltar que México registró por primera vez una reserva de nuez equivalente a 22 mil toneladas lo que obedece a un suceso histórico para México. En cuanto a los aspectos relacionados a la exportación de nuez pecanera hay que resaltar que Estados Unidos y México también representan a nivel mundial los principales países exportadores de dicho cultivo; y por consiguiente existe una competencia comercial entre ambos países. Estados Unidos reporta un porcentaje total del 40% de las exportaciones mundiales con respecto a este cultivo; mientras que México por su parte se posiciona en un segundo lugar con un porcentaje del 37%.

En este sentido, la presencia de exportaciones de Chile que corresponde a un 7.1% y la creciente producción en países como Brasil, Argentina y Perú representan para Latinoamérica un incremento considerable para el sector económico e industrial. En el continente Europeo Francia y Ucrania suman un porcentaje del 7% y el resto de países como son: Moldavia, Hong Kong, Uzbekistán, Alemania y los Países Bajos identifican un porcentaje total del 9%. Lo anterior se encuentra identificado a partir de la figura 2.4 que se muestra a continuación.

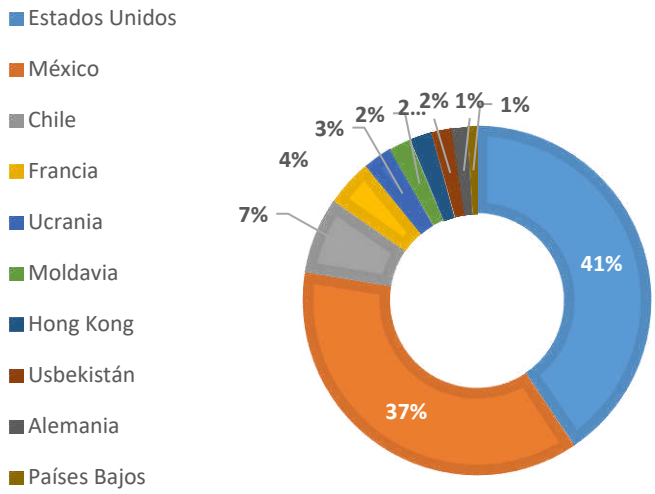


Figura 2.4 Principales países exportadores de nuez pecanera.

Fuente: Adaptado con la información de la Planeación agrícola de nuez pecanera 2017-2030 de la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2017 con datos de Repository of Official International Trade Statistics (COMTRADE) e International Trade Centre (ITC). Copyright 2017 de SAGARPA.

De acuerdo con esta información, se puede identificar que la adaptabilidad del nogal pecanero a diferentes medios bajo condiciones extremas le ha permitido su cultivo, explotación y comercialización en diferentes regiones del mundo. Favoreciendo en este sentido a las economías de diferentes países. Los países que demandan la nuez pecanera para

su consumo, representan para las importaciones mundiales un aspecto importante a considerar dentro de su contexto productivo económico y comercial. En este punto Turquía es el principal importador de nuez seguido de Vietnam e Italia como se aprecia en la figura 2.5. A su vez otros países europeos y asiáticos también importan considerablemente dicho fruto. Por otra parte, el mercado de oriente se encuentra presente a partir de la demanda que los Emiratos Árabes solicitan para su mercado. Reafirmando la importancia que el cultivo del nogal representa para gran parte de la población mundial en cuanto a sus exigencias alimenticias se refiere. De esta manera, el intercambio comercial existente entre los países permite identificar el comportamiento de mercado específicamente de este producto, especialmente sin cáscara, la cual es mayormente demandada que la nuez con cáscara.

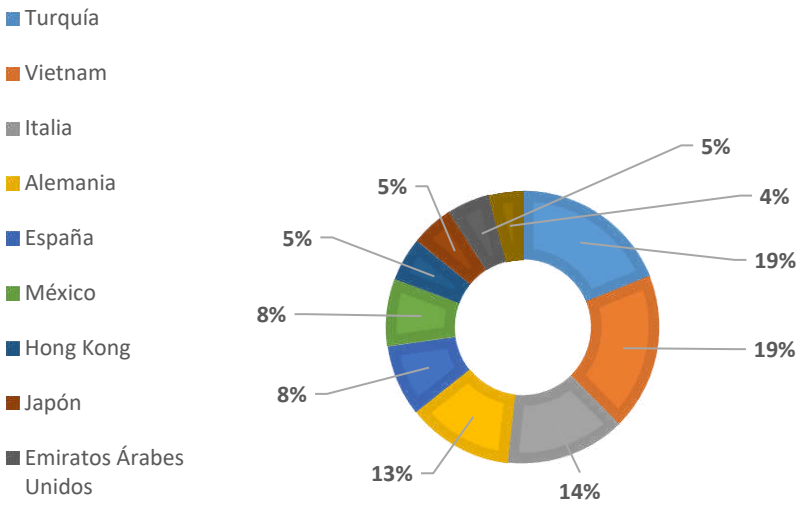


Figura 2.5 Principales países importadores de nuez pecanera.
Fuente: Adaptado con información de la Planeación agrícola de nuez pecanera 2017-2030 de la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2017 con datos de Repository of Official International Trade Statistics (COMTRADE) e International Trade Centre (ITC). Copyright 2017 de SAGARPA.

A partir del gráfico anterior se puede identificar que México también se posiciona en un lugar considerablemente importante en el contexto de las importaciones se debe a la capacidad de respuesta del mercado mexicano para satisfacer la demanda. El consumo de nuez pecanera ha ido incrementando, a partir de la demanda con la promoción de este tipo de cultivos. Según información del Instituto Nacional del Consumo (INC), durante el 2016 el consumo mundial de nuez pecana fue de 250,992 toneladas. De acuerdo con la publicación de Pecan Market: Global Industy Analysis de la empresa internacional Market Research, durante el 2016, el 44 % del consumo de nuez pecanera fue directo en los hogares mientras que el 56% se destinó al uso industrial tal y como se puede identificar en la siguiente figura 2.6.

Dentro del consumo la industria alimentaria tiene gran representatividad en la de elaboración de alimentos, cosméticos y productos de cuidado personal, los cuales representaron en el 2016 el 87.8%, 10% y 2.2% respectivamente. En la elaboración de alimentos, se destinó el 41.8% a panadería y confitería, el 27.4% a productos lácteos y postres fríos, el 23.8% a

botanas y snacks, 5.6% a mermeladas y cremas untables, y el 1.4% restante a industria de bebidas (GCMA, 2018).

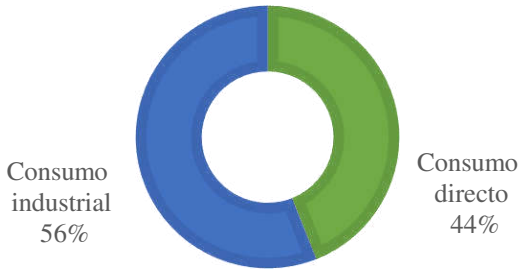


Figura 2.6 Consumo de nuez pecanera a nivel mundial en 2016.
Fuente: Adaptada del Estudio de mercado de nuez pecana 2018 de Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA) recopilado con datos del Persistence Market Research, Global Pecan Market Research 2017.

En este mismo contexto, los países con mayor demanda en el consumo de la nuez pecanera son Estados Unidos y México. En un tercer lugar se encuentra China esto corresponde principalmente a los distintos usos y aplicaciones que tiene este fruto en estos países. En la figura 2.7 se puede identificar a nivel mundiales los principales países consumidores de nuez pecana.

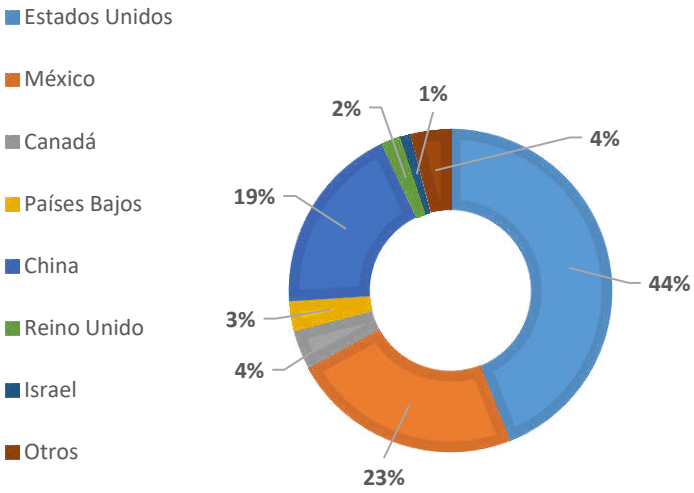
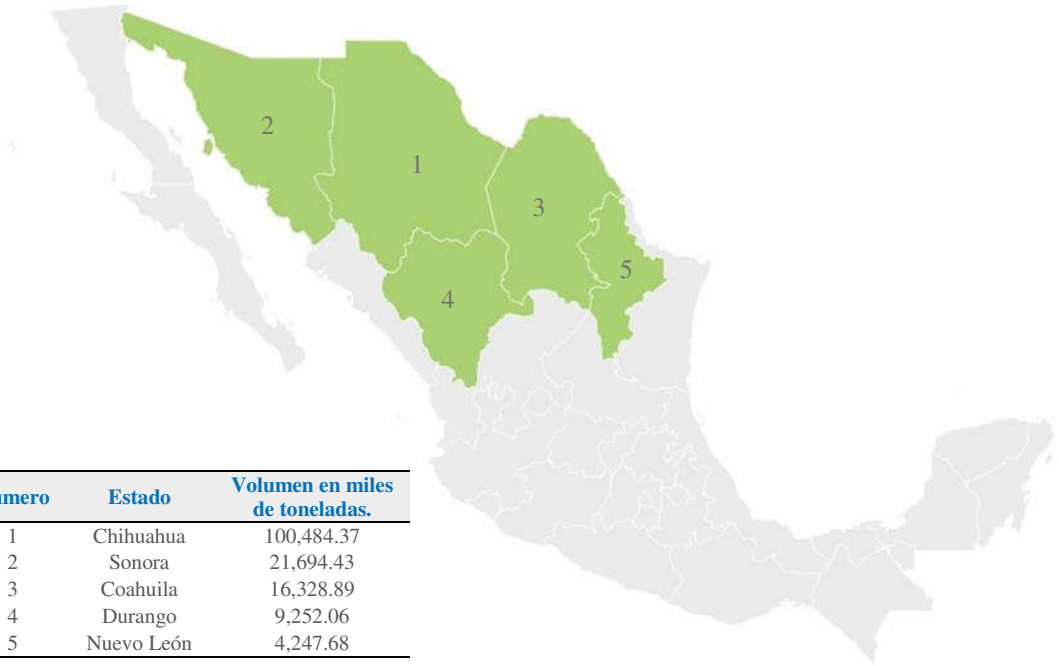


Figura 2.7 Principales países consumidores de nuez pecanera a nivel mundial en 2016.
Fuente: Adaptada del Estudio de mercado de nuez pecana 2018 de Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA) con información del Instituto Nacional del Consumo (INC) 2017.

El consumo de la nuez pecanera se justifica debido a las múltiples aplicaciones que su fruto tiene y la importancia a nivel industrial que el mismo presenta para dicho sector. Pero principalmente se debe al alto valor nutrimental que la almendra aporta al ser humano lo cual ha indicado la necesidad de posicionar al fruto como parte importante de la dieta de las personas que demandan producto en esos países (FIRCO, 2016).

ii. Panorama Nacional.

En México el cultivo del nogal pecanero es una importante fuente de divisas y generadora de empleos. Así mismo, desde el 2014 nuestro país es el principal productor de nuez pecanera en el mundo (Gallegos, 2017). Con respecto a lo anterior la nuez pecanera representa uno de los principales cultivos en nuestro país lo cual se ve reflejado dentro del contexto social en el cual se desarrolla la producción. El cultivo a nivel nacional del nogal pecanero, impulsado por el incremento de la demanda internacional, ha experimentado un crecimiento acelerado al casi triplicar su área sembrada en los últimos 30 años, los estados con mayor incremento en el área sembrada han sido Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León (Reyes y Urrea, 2016). La ubicación geográfica de la región de cultivo en México, y el total de producción registro en el año 2018 se ilustra en la figura 2.8.

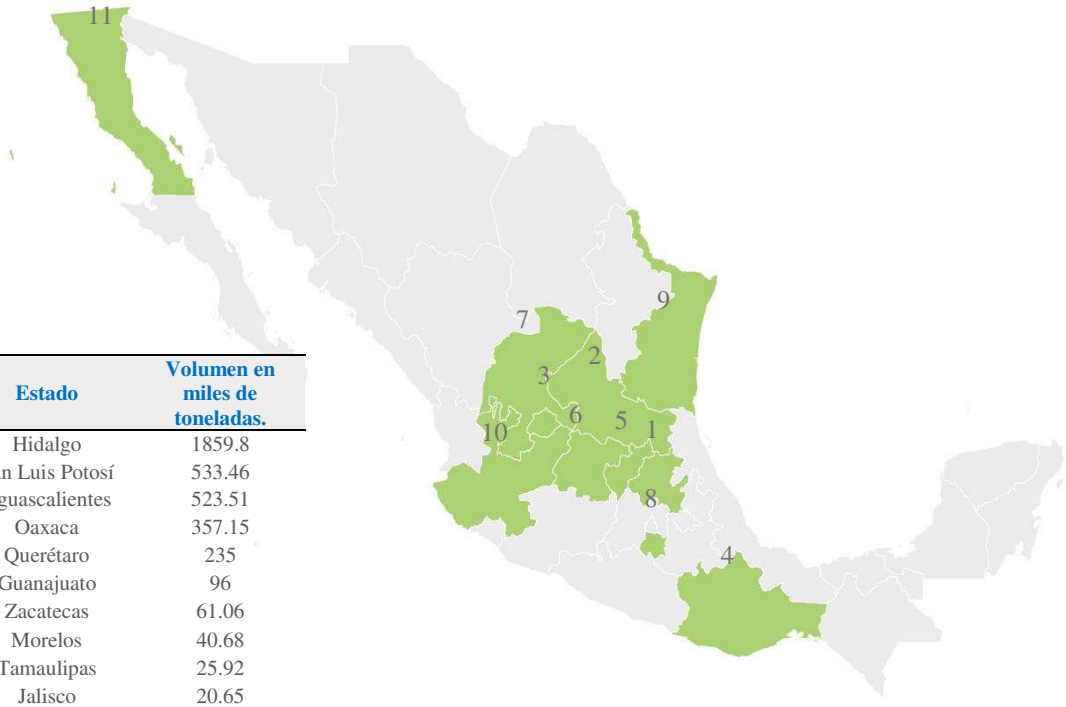


Número	Estado	Volumen en miles de toneladas.
1	Chihuahua	100,484.37
2	Sonora	21,694.43
3	Coahuila	16,328.89
4	Durango	9,252.06
5	Nuevo León	4,247.68

Figura 2.8 Principales estados productores de nuez pecanera en México.
Fuente: Realizada con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018

En nuestro país, en 2017, el estado de Chihuahua fue el principal productor reuniendo cerca de 100,484.37, miles de toneladas con un valor de 8,347,719.39 millones de pesos. En este sentido, cabe resaltar que a nivel mundial se ha reconocido al estado de Chihuahua como el mayor productor de nuez superando a algunos estados de la Unión Americana como Texas, Oklahoma o Nuevo México (SIAP, 2019). Por otra parte, como se ha podido identificar; la adaptabilidad del cultivo, se ha permitido expandir su producción al interior de la república de una manera considerablemente significativa en regiones del occidente, centro y sur del país como se puede observar en la figura 2.9.

A partir de los datos obtenidos de SIAP se identifica la presencia de producción del cultivo de nuez pecanera en otros estados de la República Mexicana, como se indica en la figura 2.9, el estado de Hidalgo es la entidad que produce considerablemente dicho producto, sin embargo, para el caso de Baja California se registra la presencia de cultivo, pero no se reporta su producción específica. Lo anterior corresponde a la existencia de este cultivo también en otras entidades pero que por el tamaño de volumen no son tan significativos lo cual repercute en la ausencia de datos específicos sobre la producción del país.



Número	Estado	Volumen en miles de toneladas.
1	Hidalgo	1859.8
2	San Luis Potosí	533.46
3	Aguascalientes	523.51
4	Oaxaca	357.15
5	Querétaro	235
6	Guanajuato	96
7	Zacatecas	61.06
8	Morelos	40.68
9	Tamaulipas	25.92
10	Jalisco	20.65
11	Baja California	*Nr

Figura 2.9 Presencia de producción de nuez pecanera en el resto de la República Mexicana.
*Fuente: Elaborado con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2018. *Nr: No reportado.*

En el contexto económico y productivo en cuanto a la nuez pecanera se refiere. México es un importante referente. Esto se debe al aumento de la demanda internacional y la capacidad de producción que se tiene para satisfacer dicha demanda. Del volumen total producido en México las tres cuartas partes se exportan, en más de un 90% a los Estados Unidos. De acuerdo con la Secretaría de Economía, para el año 2018 se exportaron 47,705,208 toneladas sin cáscara información que se encuentra disponible en el Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI).

Así mismo, el caso de exportaciones mexicanas de nuez con cáscara se registró un total de 38,633,181 toneladas a continuación se presenta una tabla la cual corresponde al volumen de exportación y los países de destino de la producción mexicana de nuez pecanera. En el caso de las exportaciones mexicanas cabe destacar que el principal destino es Estados Unidos

seguido de Rusia y Canadá como se señala en el cuadro 2.1. También se exporta, aunque en menor medida el Reino Unido, Rusia, Alemania, China, Emiratos Árabes Unidos entre los principales. Esto por consiguiente repercute a una relación comercial importante debido a que la nuez pecanera mexicana es consumida por el público en general, pero mayormente usada en la industria como ingrediente y para su transformación en diferentes productos.

Cuadro 2.1 Exportaciones de nuez pecanera con y sin cáscara.
Fuente: Realizado con datos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) 2018.

Exportaciones nuez pecanera con cáscara		***Exportaciones nuez pecanera sin cáscara***	
País de destino	Volumen (Kg)	País de destino	Volumen (Kg)
Estados Unidos de América	33,653,629	Estados Unidos de América	47,248,731
China	3,535,250	Reino Unido	215,046
Vietnam	774,030	Rusia	91,142
Hong Kong	668,618	Alemania	74,698
Belice	668	China	19,050
Ecuador	598	Suiza	14,008
Suiza	316	Bielorusia	10,886
República Dominicana	68	Emiratos Árabes Unidos	10,028
Japón	2	Guatemala	9,696
		Canadá	4,899
		Ecuador	4,898
		Colombia	1,632
		Honduras	394
		Belice	90
		Hong Kong	5
Total	**38,633,181**	**Total**	**47,705,208**

Por otra parte, la nuez con cáscara también es demandada, por países identificados con anterioridad, pero también con la existencia de algunos como es el caso de Hong Kong y Vietnam. El estudio de mercado de nuez pecanera por GCMA indica que se registró que en 2017 el 84% de las exportaciones salieron por frontera, 12% por puerto y el 4% restante por aduanas al interior del país. La frontera de Ciudad Juárez fue la de mayor tránsito con 96% de las salidas, seguida de Ciudad Acuña con 2% y Nogales con el 2% restante. Respecto las salidas por puerto, Manzanillo fue el de mayor participación con 61% de las movilizaciones, seguido de Ensenada Baja con 31% y Guaymas con 7%.

En el caso de aduanas, Ojinaga fue la única que registró exportaciones. En caso de las importaciones mexicanas de nuez pecanera cabe resaltar que, según lo identificado, las nueces de primer y segunda calidad según las normas oficiales son para exportación. Caso diferente para las nueces clasificadas de tercera calidad o en algunos casos de variedades

criollas son destinadas para el mercado nacional. En este sentido, la oferta de nueces para satisfacer la demanda en el país no es suficiente. Es por ello que la importación de nueces provenientes de otros países es una alternativa a la capacidad de respuesta que tiene el mercado mexicano para satisfacer dicha demanda. En el cuadro 2.2 correspondiente a la importación de nuez sin cáscara y con cáscara respectivamente se puede identificar a los países que proveen a México dicho producto.

Cuadro 2.2 Importaciones de nuez pecanera sin cáscara.
Fuente: Propia con datos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) 2018.

Importaciones nuez pecanera con cáscara	
País de origen	Volumen (Kg)
Estados Unidos de America	36,356,126
Total	**36,356,126**
Importaciones nuez pecanera sin cáscara	
País de origen	Volumen (Kg)
Estados Unidos de America	2805889
Chile	23000
España	910
Total	**2829799**

En el caso de las importaciones de nuez sin cáscara se registra un total de 99% de Estados Unidos y un 1% proviene de Chile y España. Por consiguiente, la importación de dicho producto como se mencionó anteriormente satisface en gran medida la demanda nacional, pero también es revendida a otros países. En el año 2017 y tomando en cuenta el mismo estudio de GCMA referente a las importaciones de nuez pecanera el origen de las mismas año fue Estados Unidos. La importación se realiza principalmente por Ciudad Juárez, Chihuahua con una participación del 70% de las movilizaciones, seguida de Nuevo Laredo, Tamaulipas con 14%; Tijuana, Baja California con 5%; el resto ingresó por Colombia, Nuevo León, Mexicali, Baja California, Ciudad Acuña y Piedras Negras Coahuila.

México se ha posicionado en el mercado como un país con gran importancia comercial en la producción y exportación de nuez; lo cual resulta atractivo para los productores a quienes conviene ofrecer su producto de primera calidad en un contexto internacional. A continuación, se presente el balance comercial de nuez pecanera en México durante los años 2015-2017. Tal y como se puede identificar en el cuadro 2.3 existe un crecimiento constante en cuanto a producción, así como en las exportaciones en el mercado mexicano. En este mismo contexto a partir de las importaciones se puede identificar a su vez una disminución un tanto significativa correspondiente al año 2017 lo cual indica la solvencia para satisfacer la demanda nacional en México.

Cuadro 2.3 Balance comercial de nuez pecanera en México en el periodo 2015-2017.

Fuente: Tabla tomada y adaptada del Estudio de mercado de nuez pecana 2018 de Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (GCMA).

Concepto/Año	*2015*	*2016*	*2017*
Producción	**122,714**	**141,818**	**147,198**
Exportaciones	**100,048**	**118,934**	**99,181**
Con cáscara	30,240	42,805	23,356
Sin cáscara	69,808	76,129	75,825
Importaciones	**29,087**	**29,084**	**25,858**
Con cáscara	23,074	25,262	22,176
Sin cáscara	6,013	3,822	3,682
Consumo Aparente	**51,753**	**51,968**	**73,876**

2.2.2. Cadena productiva de la nuez pecanera.

Existe un grado de complejidad para identificar la procedencia y el destino final en caso de la nuez pecanera denominada como producto. Esto varía con respecto a la procedencia del cultivo, la variedad de nuez, así como de las implicaciones en términos de comercio, así como de las presentaciones del fruto: nuez entera con cáscara, almendra, o en caso de haber sido sometida a alguna transformación el producto obtenido. En la siguiente ilustración (figura 2.10) se puede identificar la cadena productiva de la nuez pecanera en México.

Figura 2.10 Cadena productiva de la nuez pecanera en México.

A partir de lo identificado en la cadena productiva de nuez se puede establecer que la nuez denominada como producto en específico consta de seis etapas. Bajo este razonamiento se toman en cuenta de forma general las condiciones existentes en el descascarado para la obtención de su almendra o la transformación para obtener un producto en específico.

2.2.3. Etapas y actividades de la cadena productiva de la nuez pecanera.

Etapa 1. Cultivo y cosecha. La cosecha es realizada entre los meses de octubre- enero según la extensión del cultivo, número de nogales cosechados y la maquinaria e infraestructura con la que cuenten.

Actividad 1. En el campo se provee de insumos para el cultivo y cosecha de la nuez pecanera. Todo lo anterior corresponde al proceso del cultivo desde la plantación del nogal, el uso de fertilizantes, plaguicidas, así como de las actividades necesarias para la sobrevivencia de dicha planta. En este sentido el empleo de recursos provistos por el prestados de servicios o en otro caso la adquisición de recursos y aplicación de conocimientos utilizados por el productor determinan en la producción de cultivo su productividad.

Etapa 2. Segunda etapa que corresponde a la limpieza, de la nuez y en el caso de estar identificadas para la obtención de almendra su respectivo lavado. Se selecciona y se designa el producto para ambos casos; nuez con y sin cáscara tomando en cuenta las características y especificaciones que indican las normas (NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011) respectivamente.

Actividad 2. Una vez que el nogal se encuentre en etapa productiva y en tiempo de cosecha, después de la recolección se prosigue a la limpieza y selección de la nuez. Esta actividad determina concretamente el destino a donde la nuez será dirigida, pero a su vez en esta actividad se pueden identificar todas aquellas características o atributos favorables en la cosecha; en caso contrario aquellas afecciones o males que el fruto llegase a tener. Si la nuez ha sido requerida con cáscara para formar parte de otro proceso es empacada prosiguiendo con la cadena productiva relacionada a la actividad número cuatro. En caso contrario si es seleccionada para la obtención de la almendra esta prosigue con la actividad número tres.

Actividad 3. Descascarado de nuez seleccionada para comercialización de almendra. Según sea la disposición de recursos e infraestructura depende completamente de la obtención de dicha almendra. Para los casos en que el actor que interviene en este punto el descascarado puede ser mecanizado o manual

Actividad 4. Clasificación y designación del producto. Control de calidad. A este punto y considerando que la calidad varía en términos de la variedad de nuez, contenido de almendra y también el uso o aplicación para la cual está destinada; se debe considerar que las especificaciones y/o características en cuanto al rendimiento de la misma almendra en caso de la nuez sin cáscara, así como sus atributos en el color entre otros determinan el nivel de comercialización. Una vez realizada esta etapa de la cadena productiva y según corresponda la presentación de la nuez se procede a su empaquetamiento correspondiente a la siguiente etapa.

Etapa 3. Empaque y Almacenamiento. Según las condiciones, así como los recursos los cuales incluyen la infraestructura con que el productor cuenta será la disposición con que las nueces y/o almendras serán empaquetadas ya sean para destino nacional o en caso contrario con destino de exportación. Para el caso del almacenamiento el refrigerado o no del producto será sometido a las características y especificaciones para lo cual han sido destinados.

Actividad 5. Empaque y almacenamiento refrigerado o no refrigerado. En caso de los productores quienes cuentan con los recursos e infraestructura y que además su producto siendo de calidad de exportación o no emplean métodos de conservación de la nuez pecanera para este caso se toman en cuenta las consideraciones de nuez con cáscara y almendras para los fines que el producto requiera (cuadro 2.4).

Cuadro 2.4 Condiciones óptimas de almacenamiento para nuez.
Realizada con información de las normas NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011.

Temperatura de almacenamiento	Humedad relativa	Vida de anaquel
(32°F-45°F) 0 °C-7.2 °C	65-70	1Año
(0 °F) -17.8 °C	65-70	2-5 Años

Etapa 4. Transformación, usos y aplicaciones de la nuez (Con cáscara/sin cáscara según corresponda a la industria quien realiza esta actividad puede ser panadería, confitería, cosmética, farmacéutica etc.

Actividad 6. Transformación y aplicaciones de la almendra o de la nuez con cáscara según corresponda. A partir de las características y atributos de la nuez como un fruto apreciado tanto por su valor nutrimental, así como de su sabor; se añade como un ingrediente para la elaboración de dulces regionales, en helados, panadería, la industria de la confitería, botanas “snacks”, ensaladas y otros productos.

Etapa 5. Comercialización esta etapa en la cadena de valor presenta cierto grado de complejidad; debido a la interacción existente entre cada uno de los actores involucrados, así como el nivel en que las transacciones realizadas se realizan por dicho producto. En cuanto a los niveles se refiere al contexto local, nacional o internacional.

Actividad 7. Distribución del producto nuez con cáscara/ sin cáscara o productos transformado a nivel nacional o internacional. Según sea el caso, y a partir del nivel ya sea este nacional o internacional será la distribución del producto y

las presentaciones hacia los cuales ha sido identificado; los medios de distribución a partir de la su requisición en la demanda serán aplicados.

Actividad 8. Comercialización de la nuez con cáscara/ sin cáscara o productos transformados por actores involucrados (Productores, intermediarios, comerciantes, etc.) La comercialización de la nuez pecanera en México, se realiza en el mercado externo vía exportación. El resto del volumen se comercializa a nivel nacional donde los productores la comercializan de las siguientes formas: a granel sin selección; seleccionadas por porcentaje de almendra y tamaño en arpillas a comerciantes mayoristas y minoristas; descascarada y en mitades. Las empresas que manejan la nuez a granel y son proveedoras de las industrias de alimentos manejan los productos con un mínimo procesamiento. En algunos casos tienen productos que ofrecen al menudeo al público en general, especialmente en México. Son en general intermediarios entre los productores y el consumidor final, y manejan varios tipos de nueces y frutos secos.

Etapa 6. Correspondiente al destino final identificado con el consumidor. A este punto la presentación del producto que en un inicio fue la nuez pecana se ve ramificado a partir de la necesidad del consumidor, es decir. A partir de la solicitud de sus requerimientos el producto llegará a ser consumido como nuez con cáscara conservando su estado natural o en caso contrario la almendra obtenida de la misma. Otra presentación puede ser como parte de un producto obtenido a partir de nuez; todo lo anterior dependerá específicamente de dicha necesidad del cliente.

Actividad 9. Llega al consumidor final en sus distintas presentaciones. Su consumo se considera bastante estacional ya que se utiliza como ingrediente fundamental en platillos regionales, por ejemplo, los chiles en nogada de México y las tartas que se consumen en Estados Unidos en las celebraciones del día de Acción de Gracias, por mencionar algunos, en otros casos los utilizan para los platillos de las épocas navideñas, por lo que en temporada de otoño-invierno su demanda es más significativa.

2.2.4. Normatividad mexicana para nuez con y sin cáscara.

Para efectos del uso y aplicación de la nuez para consumo humano se han de considerar ciertas especificaciones que corresponden a la clasificación y designación del producto a partir de las normas: NMX-FF-084-SCFI-2009 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano fruto fresco nuez pecanera Carya Illinoensis (Wangenh) K. Koch Especificaciones y métodos de prueba. Así como de la norma NMX-FF-093-SCFI-2011 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano- Nuez pecanera (*Carya Illinoensis*, (Wangenh) K. Koch) Sin cáscara- especificaciones y métodos de prueba. En este sentido se clasifica a la nuez de acuerdo a lo siguiente.

2.2.4.1. Especificaciones generales.

En el cuadro 2.5 se muestran los atributos necesarios para la comercialización y consumo de nuez pecanera nacional y de exportación.

Cuadro 2.5 Especificaciones generales para la nuez pecanera con y sin cáscara

Nuez con cáscara	*Nuez sin cáscara*
Deben:	Deben:
1. Estar enteras.	1. Estar limpias.
2. Limpias, exentas de materia extraña visible.	2. Libres de cáscara y materia extraña.
3. Tener forma, color y sabor característico de la variedad.	3. Completamente desarrolladas.
4. Aptas para el consumo humano.	4. Libres de daños.
5. Exentas de olor anormal o extraño.	5. Exentas de olor y sabor anormal o extraño.
6. Exentas de humedad anormal.	6. Presentar un contenido de humedad no mayor al 4% así como un color y tamaño uniforme

Estas especificaciones deberán ser verificadas sensorialmente. A continuación, se presenta el cuadro 2.6 la cual muestra la clasificación de la nuez a partir de su calidad, tipo, tamaño y color.

Cuadro 2.6 Clasificación y designación del producto de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011 para nuez con cáscara y sin cáscara respectivamente.

Nuez con cáscara	Nuez sin cáscara
Calidad:	**Calidad:**
Calidad I	Calidad I
Calidad II	Calidad II
	Calidad III
Por su tipo:	**Por su tipo:**
Criollas	Criollas
Nativas.	Nativas
Por su tamaño:	**Por su tamaño:**
Gigante	Mitades: Grandes,
Extra grande	medianas, chicas y
Grande	criollas.
Mediana	Trozos: Extra grande,
Pequeña	grande, mediano, chico,
	granillo, polvo.
Por su color:	**Por su color:**
Claro, Ámbar claro,	Claro, Ámbar claro,
Ámbar, Ámbar oscuro.	Ámbar, Ámbar oscuro.

Tal y como se puede identificar en el cuadro anterior con respecto a la designación y clasificación de la nuez a continuación se indica de forma detallada cada uno de los requerimientos necesarios para su comercialización y posterior consumo.

2.2.4.2. Clasificación y designación del producto.

Con la finalidad en impulsar los niveles de competitividad en el proceso de comercialización de la nuez pecanera con cáscara, la industria mexicana productora de nuez se rige bajo las especificaciones y criterios de calidad descritos en la norma mexicana NMX-FF-084-SCFI-2009, propiciando un mayor beneficie al consumidor. La norma describe que las nueces a comercializar y que sean aptas para consumo humano deben de estar enteras, limpias, exentas de materia extraña visible, sin presentar olores extraños, exceso de humedad y por supuesto tener la forma, tamaño, color y sabor característico de la variedad producida. De acuerdo con las normas indicadas, la nuez pecanera se clasifica por:

a) Tipo de nuez:

i. ***Criollas o Nativas:*** Colecciones de nuez que poseen características tan aceptables como las mejoradas, crecen en árboles silvestres no injertados o injertados con material nativo; y que a su vez no cuentan con un registro para reconocerse como variedades pero que presentan características tan aceptables como las variedades mejoradas. Ejemplos Frutoso, Agosteño Nativos de Nuevo León, Coahuila y Durango, donde predominan las siguientes características:
Tamaño pequeño.
Cáscara gruesa y dura.
Mayor porcentaje de cáscara que contenido comestible.
Mayor porcentaje de aceite.

ii. ***Mejoradas:*** Nueces de colecciones de germoplasma que han pasado por proceso de selección y clasificación, a partir de injertos criollos o nativos sobre patrones o portan injertos que son más resistentes a factores ambientales adversos los más comunes son Western, Wichita, Mahan, Sioux, Pawnee, Choctaw, Cherokee, San Saba, entre otras, quienes se caracterizan por:
Tamaño mediano y grande.
Cáscara delgada y blanda.
Mayor porcentaje de almendra comestible que cáscara.

b) Calidad de nuez

Los atributos de calidad en la nuez pecanera, permiten clasificarla en dos categorías, como se muestran el cuadro 2.7.

Cuadro 2.7 Clasificación por categoría de calidad de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011 para nuez pecanera con y sin cáscara.

Tipo de nuez		Clasificación	Especificación
Con cáscara		***Calidad I***	Deben cumplir con las especificaciones generales, así como uniformidad en el color de la cáscara y contenido comestible.
		Calidad II	Deben cumplir con las especificaciones generales, pero no se requiere uniformidad en el color de la cáscara y contenido comestible
Sin cáscara	*Mejoradas*	***Calidad I***	Deben tener un rendimiento igual o mayor al 54% de contenido comestible y se permite una tolerancia del 0.5% de contenido de cáscara y materia extraña, un 3% de tolerancia en color, así como un 10% en el tamaño.
		Calidad II	El porcentaje de contenido comestible debe ser menor al 54 % pero igual o mayor de 50 %. Debe ser una nuez bien desarrollada con tolerancias de un 8% en daño por cualquier causa, 0.15% de presencia de contenido de materia extraña, 25% en la uniformidad de color del contenido comestible y un 15% en el tamaño.
		Calidad III	Las tolerancias para el caso de daño por cualquier causa son de 15% y contenido de cáscara o materia extraña del 1%.
	Criollas o Nativas	***Calidad I***	Deben tener un rendimiento igual o mayor al 38% de contenido comestible
		Calidad II	El porcentaje de contenido comestible debe ser menor de 38% pero igual o mayor de 30 %

c) Por su tamaño:

La nuez pecanera se comercializa entera, en mitades o piezas, las cuales se encuentran en diversos tamaños y colores dependiendo de su variedad. El tamaño de las nueces con y sin cáscaras se clasifica en 15 categorías de acuerdo al número de nueces contenidas en un kilogramo o el tamaño reportado en milímetros según sea el caso. El cuadro 2.8 muestra los requerimientos con respecto al tamaño de la nuez.

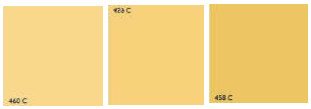
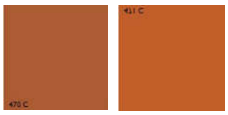
Cuadro 2.8 Clasificación por categoría de tamaño de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 y NMX-FF-093-SCFI-2011 para nuez pecanera con y sin cáscara.

Tipo de nuez		Categoría	Número de nueces por kilo
Nuez con cáscara	***Entera***	Gigante	122 o menos
		Extra grande	123 a 129
		Grande	140 a 170
		Medio	171 a 210
		Pequeña	211 o más
Nuez sin cáscara	***Mitades***	Grandes	440 a 550
		Medianas	551-660
		Chicas	661-770
		Criollas	1431 a 1760
		Categoría	***Tamaño (mm)***
Nuez sin cáscara	***Trozo***	Extra grande	14.3 a 12.7
		Grandes	12.7 a 9.5
		Mediano	9.5 y 7.9
		Chica-mediana	7.5 y 6.4
		Chico	6.4 y 4.8
		Granillo	3.2 y 4.8
		Polvo de nuez	1.6

d) Por su color

El color de la superficie de la nuez comestible (almendra o corazón) se clasifica en cuatro categorías: Claro, Ámbar claro, Ámbar, y Ámbar obscuro, de acuerdo con la comparación visual de la escala de colores Guía Pantone Coated®, como se muestra en el cuadro 2.9. El color del contenido comestible permite conocer la tonalidad, brillo y pureza de la pigmentación como indicador de la prevalencia de las características químicas y organolépticas del producto.

Cuadro 2.9 Clasificación de la nuez comestible con base en el color de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009 para nuez pecanera sin cáscara.

Clasificación de Color	*Valores en Pantone Coated®*	
Claro	458c, 459c, y 460c	
Ámbar claro	110c, 116c, y 117c	
Ámbar	470c y 471c	
Ámbar oscuro	478c, 490c y 491c	

Las superficies de las nueces sin cáscara se cotejan con una escala de colores estándar o Guía de Colores PMS (Pantone Matching System) para determinar la clave de color que corresponde a la muestra. Para determinar el color, se deben descascarar de la muestra todas las nueces dañadas. Los resultados se reportan de acuerdo al resultado del cotejo del color con los valores indicados en el cuadro 2.10 acorde a la escala de colores reconocidos.

e) Otros requerimientos de calidad

Rancidez. Es el grado de descomposición de los ácidos grasos presentes en la nuez, causados por la presencia del oxígeno (producción de peróxidos) dando como resultado sabores y olores indeseables. De acuerdo base con la NMX-FF-084-SCFI-2009, la rancidez se evalúa con base en el índice de peróxidos que se expresa en miliequivalentes de peróxido por kilogramo de aceite. El incremento en los peróxidos se origina cuando las condiciones de

almacenamiento de la nuez no son las adecuadas (temperaturas altas, exposición a la luz y oxígeno entre otras).

Contenido comestible de nuez.

i. **Daño biológico.** Es el ocasionado por insectos o plagas, principalmente diversas especies de chinche y de gusanos barrenadores. Pueden afectarse el ruezno y la nuez, con efectos desde leves hasta intensos. En el proceso de separación de la parte comestible se pueden eliminar partes dañadas cuando es daño muy leve, o toda una mitad de la semilla si se trata de daño intenso.

ii. **Daño fisiológico.** Deformaciones que llega a sufrir la nuez debido al crecimiento irregular del ruezno por causa de: a) desbalances nutricionales y/o deficiencia de luminosidad; b) germinación de la nuez en el árbol en el que los factores que más se asocian son alta humedad del suelo, alta humedad relativa y/o exceso de nitrógeno y fósforo en el suelo durante la fase final de maduración; y c) por alta incidencia de ruezno pegado que se presenta en nueces que no llegan a desarrollar la parte comestible, generalmente son nueces vanas.

iii. **Daño mecánico**. Daño en la nuez debido a la maquinaria que se emplea en el proceso de cosecha o por efecto directo de granizo. Se pueden observar frutos quebrados o daños en el ruezno que pueden afectar la semilla en su interior.

El cuadro 2.10 se muestra la tolerancia de calidad principalmente en los daños fisiológicos, mecánicos o biológicos y color en la clasificación de calidad en nuez con cáscara y en corazones.

Cuadro 2.10 Límites de tolerancia en la calidad de la nuez con y sin cáscara color de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009.

Clasificación	Atributo	Calidad I	Calidad II
Corazón de nuez	Color	Uniformidad color contenido comestible y cáscara	No require uniformidad color contenido comestible y cáscara
	Daño fisiológico, mecánico y biológico	4% (no más 0.05% rancidez) y sin insectos	12% (no más 2% rancidez) y sin insectos
Cáscara	Daño fisiológico, mecánico y biológico	5% (no más 2% muy dañada)	10% (no más 3% muy dañada)

A continuación, se presentan algunos ejemplos de tolerancia en daños diversos en nuez pecanera (cuadro 2.11).

Cuadro 2.11 Ejemplos de tolerancia en la calidad de la nuez con y sin cáscara color de acuerdo a NMX-FF-084-SCFI-2009.

Ejemplos de nuez ligeramente dañadas			
	Coloración atípica en contenido comestible		Manchas por falta de coloración o coloración atípica
	Crecimiento irregular		Daño por gusano barrenador
	Malformación		Mancha por cosecha temprana
Ejemplos de nuez severamente dañadas			
Indicios de germinación	Ruezno pegado	Ruezno pegado	Nuez con exposición de la parte comestible

2.2.4.3. Clasificación y designación de algunas variedades de nuez pecanera de México.

a) Estado de Chihuahua

En México, el principal productor es Chihuahua, que durante 2017 participó con el 63% de la producción nacional con casi 93 mil toneladas, en una superficie de 75 mil hectáreas equivalentes al 61% del área sembrada nacional y un rendimiento promedio de 1.72 toneladas por hectárea, lo que en términos de valor sumó 7,750 millones de pesos. La mayor superficie y producción en Chihuahua se ubica en el municipio de Jiménez. En 2017 el volumen llegó a 15 mil toneladas, 17% de la producción estatal y un rendimiento de 1.77 toneladas por hectárea. Camargo se colocó como el segundo municipio con una participación de 13% en la producción con 12 mil toneladas y un rendimiento de 2.03 toneladas por hectárea. El municipio de Aldama participó con 8% de la producción, sumando más de 7,500 toneladas. Chihuahua llegó arriba de las 6,500 toneladas, seguido de Saucillo, Rosales y Meoqui con más de 5 mil toneladas. Por su parte Allende, Delicias, Galeana, y Ahumada en promedio produjeron 3,440 toneladas (GCMA, 2018). A continuación se presenta la clasificación y designación de algunas variedades de nueces provenientes del estado de Chihuahua.

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:		Criolla	
Cosecha:		2016	
Localidad del cultivo:		Chihuahua	
Características generales:		Nuez con cáscara gruesa.	
Relación cáscara/almendra:			
Denominación		Peso (g)	Porcentaje (%)
Cáscara:		530	53
Almendra:		380	38
Merma:		90	9
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.			
Calidad:	Tipo I	Nuez entera criolla	Defectos encontrados
Tipo:	Criolla		
Tamaño:	Grande		
164 Nueces por kilo		Color:	Ámbar oscuro
Observaciones: Nuez con calidad I del tipo criolla. Relación almendra, cáscara 38% y 53% respectivamente y un 9% que corresponde a la merma.			

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:		Western-Wichita	
Cosecha:		2016	
Localidad del cultivo:		Chihuahua	
Características generales:		Nuez con cáscara delgada.	
Relación cáscara/almendra:			
Denominación		Peso (g)	Porcentaje (%)
Cáscara:		580	58
Almendra:		410	41
Merma:		10	1
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.			
Calidad:	I	Nuez entera	
Tipo:	Mejorada		
Tamaño:	Grande		
158 Nueces por kilo		Color:	Ámbar oscuro
Observaciones: Nuez con calidad I del tipo mejorada. Relación almendra, cáscara 41% y 58% respectivamente y un 1% que corresponde a la merma.			

b) Estado de Coahuila.

El Estado de Coahuila se ubica como tercer productor de nuez pecanera en México. Durante 2017 su participación en la oferta nacional fue de 12% con un volumen de 16 mil toneladas, sobre una superficie sembrada de 18 mil hectáreas equivalentes al 15% de la superficie nacional destinada al fruto seco. El rendimiento promedio fue de 1.20 tonelada por hectárea y el valor de la producción se ubicó en 1,269 millones de pesos, 11% del valor de la producción en nacional.

Los municipios con mayor producción fueron San Pedro con 3,355 mil toneladas, 21% de la producción estatal, seguido de Parras con 3,108 toneladas, equivalentes al 19% de la producción. General Cepeda y Saltillo produjeron arriba de 1 mil toneladas, 7% de participación (GCMA, 2018). A continuación, se presenta la clasificación y designación de algunas variedades de nueces provenientes del estado de Coahuila.

<table>
<tr><th colspan="5">Información general</th></tr>
<tr><td colspan="5">Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019</td></tr>
<tr><td colspan="2">Variedad:</td><td colspan="3">Sioux</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cosecha:</td><td colspan="3">2018</td></tr>
<tr><td colspan="2">Localidad del cultivo:</td><td colspan="3">Coahuila</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características generales:</td><td colspan="3">Cáscara delgada y color uniforme.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Relación cáscara/almendra:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Denominación</td><td>Peso (g)</td><td colspan="2">Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cáscara:</td><td>400</td><td colspan="2">40</td></tr>
<tr><td colspan="2">Almendra:</td><td>600</td><td colspan="2">60</td></tr>
<tr><td colspan="2">Merma:</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.</td></tr>
<tr><td>Calidad:</td><td>I</td><td colspan="3" rowspan="4">
Nuez, cáscara y almendra

Defectos encontrados: Almendra no desarrollada</td></tr>
<tr><td>Tipo:</td><td>Mejorada</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Tamaño:</td><td>Extra grande</td></tr>
<tr><td colspan="2">128 Nueces por kilo</td><td>Color:</td><td colspan="2">Ámbar</td></tr>
<tr><td colspan="5">Observaciones: Nuez con calidad I del tipo mejoradas. Relación almendra, cáscara 60% y 40% respectivamente.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="4">Información general</th></tr>
<tr><td colspan="4">Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019</td></tr>
<tr><td colspan="2">Variedad:</td><td colspan="2">Pawnee</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cosecha:</td><td colspan="2">2018</td></tr>
<tr><td colspan="2">Localidad del cultivo:</td><td colspan="2">Coahuila</td></tr>
<tr><td colspan="2">Características generales:</td><td colspan="2">Nuez con cáscara delgada y color uniforme.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Relación cáscara/almendra:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Denominación</td><td>Peso (g)</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cáscara:</td><td>390</td><td>39</td></tr>
<tr><td colspan="2">Almendra:</td><td>410</td><td>41</td></tr>
<tr><td colspan="2">Merma:</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.</td></tr>
<tr><td>Calidad:</td><td>I</td><td colspan="2" rowspan="3">
Nuez, cáscara y almendra</td></tr>
<tr><td>Tipo:</td><td>Mejoradas</td></tr>
<tr><td>Tamaño:</td><td>Gigante</td></tr>
<tr><td colspan="2">106 Nueces por kilo</td><td>Color:</td><td>Ámbar claro</td></tr>
<tr><td colspan="4">Observaciones: Nuez con calidad I del tipo mejoradas. Relación almendra, cáscara 61% y 39% respectivamente.</td></tr>
</table>

c) Estado de Nuevo León

El estado de Nuevo León es el quinto con mayor producción, 4,500 toneladas, en un área sembrada con nogal pecanero de 4 mil hectáreas, 3% del total del área sembrada a nivel nacional, con un rendimiento promedio de 1.11 ton y un valor de 310 mil millones de pesos, 3% del total nacional. Los municipios de Rayones, Bustamante y General Terán concentran el 61% del total de la producción a nivel estatal. Durante 2017 Rayones participó con 1,319 toneladas, Bustamante con 729 mil y General Terán con 722 mil (GCMA, 2018). A continuación, se presenta la clasificación y designación de algunas variedades de nueces provenientes del estado de Nuevo León.

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:	Criolla		
Cosecha:	2018		
Localidad del cultivo:	Nuevo León		
Características generales:	Nuez pequeña con cáscara delgada.		
Relación cáscara/almendra:			
Denominación		Peso (g)	Porcentaje (%)
Cáscara:		560	56
Almendra:		340	34
Merma:		100	10
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.			
Calidad:	Tipo II	Nuez, cáscara y almendra Defectos encontrados: Daño por gusano barrenador en cáscara, almendra no desarrollada y almendra con rancidez.	
Tipo:	Criolla		
Tamaño:	Pequeña		
175 Nueces/kilo		Color: Ámbar	
Observaciones: Nuez con calidad II del tipo criollas. Relación almendra, cáscara 34% y 56% respectivamente y un 10% correspondiente a la merma.			

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:	Bustamante		
Cosecha:	2018		
Localidad del cultivo:	Bustamante, Nuevo León		
Características generales:	Nuez con cáscara gruesa y color uniforme.		
Relación cáscara/almendra:			
Denominación		Peso (g)	Porcentaje (%)
Cáscara:		400	40
Almendra:		540	54
Merma:		60	6
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.			
Calidad:	Tipo I	Nuez, cáscara y almendra Defectos encontrados: Daño por gusano barrenador	
Tipo:	Criolla		
Tamaño:	Extra grande		
128 Nueces/kilo		Color:	Ámbar claro
Observaciones: Nuez con calidad I del tipo criollas. Relación almendra, cáscara 54% y 40% respectivamente con un 6% correspondiente a la merma.			

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:	Wichita		
Cosecha:	2018		
Localidad del cultivo:	Nuevo León		
Características generales:	Nuez con cáscara gruesa y color uniforme.		
Relación cáscara/almendra:			
Denominación	Peso (g)	Porcentaje (%)	
Cáscara:	440	44	
Almendra:	560	56	
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara			
Calidad:	I	Color:ámbar	
Tipo:	Mejorada		
Tamaño:	Gigante	96 Nueces/kilo	
Observaciones: Nuez con calidad I del tipo mejoradas. Relación almendra, cáscara 56% y 44% respectivamente			

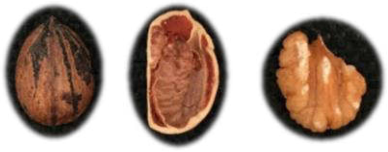
Nuez, almendra y cáscara

Defectos encontrados: Almendra no desarrollada

<table>
<tr><th colspan="5">Información general</th></tr>
<tr><td colspan="5">Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019</td></tr>
<tr><td colspan="3">Variedad:</td><td colspan="2">Western</td></tr>
<tr><td colspan="3">Cosecha:</td><td colspan="2">2018</td></tr>
<tr><td colspan="3">Localidad del cultivo:</td><td colspan="2">Nuevo León</td></tr>
<tr><td colspan="3">Características generales:</td><td colspan="2">Nuez con cáscara delgada.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Relación cáscara/almendra:</td></tr>
<tr><td colspan="3">Denominación</td><td>Peso (g)</td><td>Porcentaje (%)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Cáscara:</td><td>390</td><td>39</td></tr>
<tr><td colspan="3">Almendra:</td><td>610</td><td>61</td></tr>
<tr><td colspan="3">Merma:</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="5">Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.</td></tr>
<tr><td>Calidad:</td><td>I</td><td colspan="3" rowspan="3">
Nuez, cáscara y almendra</td></tr>
<tr><td>Tipo:</td><td>Mejoradas</td></tr>
<tr><td>Tamaño:</td><td>Extra grande</td></tr>
<tr><td colspan="2">136 Nueces por kilo</td><td>Color:</td><td colspan="2">Ámbar oscuro</td></tr>
<tr><td colspan="5">Observaciones: Nuez con calidad I del tipo mejoradas. Relación almendra, cáscara 61% y 39% respectivamente.</td></tr>
</table>

d) Estado de Guanajuato

El cultivo de nuez para el estado de Guanajuato en el 2018 fue de alrededor de 235 mil toneladas de nuez, en este sentido se tiene que destacar la presencia e importancia que el nogal representa para la entidad federativa (SIAP 2018). Se puede resaltar que a partir de la Planeación agrícola 2017-2030 se propone impulsar la renovación de los huertos incorporando variedades mejoradas, asimismo el incremento en la transferencia tecnológica y la promoción técnica para el manejo del cultivo. En este sentido se prevé aumentar la posibilidad de recursos para adquirir e instalas sistemas de riego adecuados al medio. (Planeación agrícola de la nuez pecanera 2017-2030).

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:		Criolla. Recolector: Jerónimo Rodríguez Camacho	
Cosecha:		2019	
Localidad del cultivo:		Guanajuato	
Características generales:		Nuez pequeña con cáscara muy dura.	
Relación cáscara/almendra:			
Denominación		Peso (g)	Porcentaje (%)
Cáscara:		530	53
Almendra:		320	32
Merma:		150	15
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.			
Calidad:	I	 Nuez, cáscara y almendra en trozo	
Tipo:	Criolla		
Tamaño:	Pequeña		
360 Nueces por kilo		Color:	Ámbar claro
Observaciones: Nuez con calidad II. Relación almendra, cáscara 32% y 53% respectivamente con un 15% que corresponde a la merma. Origen orgánico.			

Información general				Nuez, cáscara y almendra en trozo Diferencias de color en la superficie
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019				
Variedad:		Criolla. Huerta: El nogal Bolondo. Recolector: Jerónimo Rodríguez		
Cosecha:		2019		
Localidad del cultivo:		Guanajuato		
Características generales:		Nuez redonda con cáscara muy gruesa.		
Relación cáscara/almendra:				
Denominación		Peso (g)	Porcentaje (%)	
Cáscara:		590	59	
Almendra:		290	29	
Merma:		120	12	
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.				
Calidad:				
Tipo:	Criolla	178 Nueces por kilo		
Tamaño:	Medio	Color:	Ámbar claro	
Observaciones: Relación almendra, cáscara 29% y 59% respectivamente. Por lo tanto, no cumple con las especificaciones correspondientes para definir su calidad según la norma, y un 12% correspondiente a la merma. Origen orgánico.				

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:	Criolla. Recolector: Perfecto Enrique González		
Cosecha:	2019		
Localidad del cultivo:	Guanajuato		
Características generales:	Nuez redonda con rayas en la superficie.		
Relación cáscara/almendra:			
Denominación	Peso (g)	Porcentaje (%)	
Cáscara:	500	50	
Almendra:	260	26	
Merma:	240	24	
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.			
Calidad:			
Tipo:	Criolla	196 Nueces por kilo	
Tamaño:	Medio	Color:	Ámbar claro
Observaciones: Relación almendra, cáscara 26% y 50% respectivamente. Por lo tanto, no cumple con las especificaciones correspondientes según la norma para definir su calidad. El 24% restante corresponde a la merma. Origen orgánico.			

Nuez, cáscara y almendra en trozo

Información general			
Fecha de clasificación: 11-Noviembre-2019			
Variedad:	Criolla. Recolectora: Doña Rosa		
Cosecha:	2019		
Localidad del cultivo:	Guanajuato		
Características generales:	Nuez redonda y de origen orgánico.		
Relación cáscara/almendra:			
Denominación	Peso (g)	Porcentaje (%)	
Cáscara:	59	59	
Almendra:	32	32	
Merma:	90	9	
Especificaciones según norma mexicana: NMX-FF-084-SCFI-2009 nuez con cáscara.			
Calidad:	II		
Tipo:	Criolla	168 Nueces por kilo	
Tamaño:	Grande	Color:	Ámbar
Observaciones: Nuez con calidad II del tipo criollas. Relación almendra, cáscara 32% y 59% respectivamente el 9% corresponde a la merma. Origen orgánico.			

Nuez, cáscara y almendra en trozo

Defectos encontrados: Daño por gusano barrenador

2.2.5. Descascarado y usos potenciales de la cáscara de nuez.

Cada año, la industria de la alimentación produce un volumen significativo de los problemas de residuos y graves se asocian a su disposición. Se han realizado varios estudios, los últimos años, destinados a desarrollar nuevas alternativas para el uso de estos subproductos, que tienen alto potencial químico y nutricional (Orzua *et al*., 2009). El descascarado de la nuez es un proceso que requiere la intervención del capital humano apoyado por la maquinaria o tecnología existente para llevar acabo las actividades correspondientes. A continuación, se presenta el siguiente diagrama (figura 2.11) en el que se pueden observas dichas actividades (Association National Pecan Shellers, 2019).

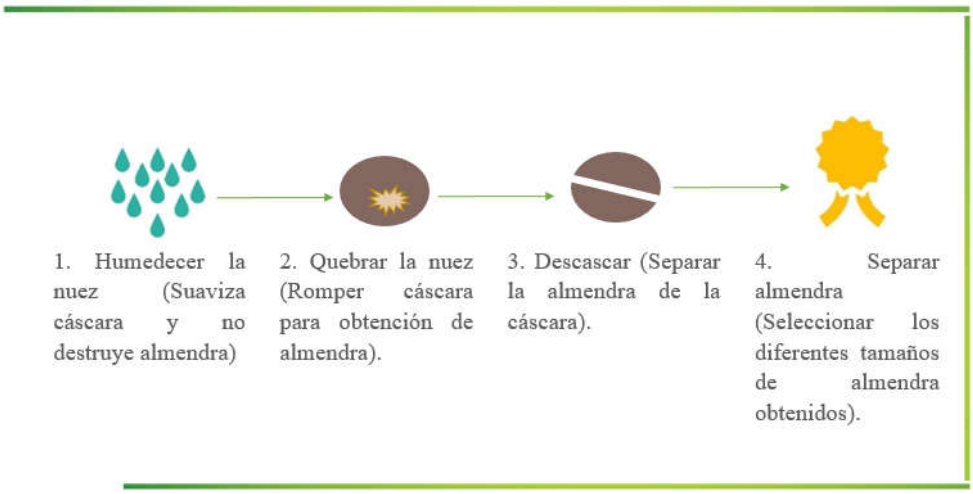


Figura 2.11. Proceso de descascarado de nuez. Realizada con información de National Pecan Shellers Association.

Las actividades correspondientes en el proceso de descascarado tomando en cuenta si este se realiza en un contexto manual y mecanizado; depende directamente a la capacidad de producción y la demanda.

1. Humedecer la nuez (Suaviza cáscara y no destruye almendra).
    - Agua fría clorada por ocho horas.
        - Secar en costales o barriles por un periodo de 16 a 18 horas.
        - Quebrar en un lapso de 24 horas.
    - Vapor a presión.
        - Exponer la nuez a agua caliente o a vapor a presión por un periodo de seis a ocho minutos.
        - Enfriar nuez en un lapso de 30 a 60 minutos. (Método rápido, pero causa decoloración en la almendra).
        - Quebrar.
2. Quebrar la nuez (Romper cáscara para obtención de almendra)
        - Manual: Quebrar la cáscara de nuez mediante utensilios convencionales o sencillos quebradores manuales. Mediante el uso de la fuerza humana.

- Mecanizada: Quebrar las nueces colocándolas en un contenedor de la maquinaria que las levanta hasta ser encerradas en un compartimiento para ser aplastadas por las paredes que se encuentran a los lados.

3. Descascar (Separar la almendra de la cáscara)
    - Manual: Separar manualmente la almendra de la cáscara.
    - Mecanizada: Separación de la cáscara mediante el uso de sopladoras o aspiradoras de aire.
4. Separar almendra (Seleccionar los diferentes tamaños de almendra obtenidos).

En este sentido, enseguida se presenta el cuadro 2.12 sobre algunos equipos y maquinarias disponibles en el mercado para realizar dichas actividades. En función de la capacidad de producción se puede emplear el descascarado manual o mecanizado para realizar dichas actividades.

Cuadro 2.12. Algunas maquinarias y equipos para el proceso de descascarado de nuez.

Funcionalidad	***Nombre del equipo o maquinaria***	***Capacidad***
Quebradoras	Meyer automatic edible nut cracker	36 kg. Por hora
	Savage 238	200 kg por hora
	R-16 Quantz Cracker	190 kg. Por hora
	Quebradora manual	Variable
Descascaradoras	Pecan sheller (14 y 18 pulgadas)	190 kg. Y 680kg por hora
	Thompson vibra sheller and cleaner (Modelos 1 y 2)	14 kg. y 48 kg. Por hora
Selecionadoras	Vibra sizer Thompson	200 kg Por hora
	Screen Sizer (Modelos 4 y 5)	200 kg. y 380 kg. Por hora

2.2.5.1. Aplicación tradicional de cáscaras de nuez.

Dada la naturaleza, resistencia, durabilidad e impacto mecánico, la cáscara de nuez tiene un potencial diverso para ser utilizarse como materia prima en la construcción de pavimento para paseos y calzadas, combustible, mantillos, acondicionadores del suelo, abrasivos suaves en jabón de manos, pinturas y esmaltes metálicos antideslizantes, entre otros (Vaghetti *et al*.,2009). También pueden ser molidas para obtener polvos de cáscara que se utilizen como materiales para la fabricación de madera plástica, adhesivos, y dinamita (Rengel *et al.*,1999). Sin embargo, recientemente nuevos usos y aplicaciones pueden ser expoltados:

a) Extracción de compuestos bioactivos.

El interés por el mejoramiento y desarrollo de las técnicas de extracción y separación de compuestos bioactivos data desde la antigüedad, cuando se observó un efecto benéfico de plantas y hierbas en la salud humana. Adicional a la aplicación farmacéutica de estos compuestos, también tienen numerosas aplicaciones en cosméticos y alimentos (Reyes y Urrea, 2016). La extracción de estos compuestos se puede realizar mediante el uso de tecnologías no convencionales con el objeto de disminuir el uso de químicos orgánicos y sintéticos, reducir el tiempo de operación, mejorar el rendimiento de proceso y mejorar la

calidad del extracto. De esta manera, se han usado diferentes técnicas de extracción con el objetivo de obtener extractos vegetales ricos en antioxidantes naturales los cuales han sido ampliamente investigados. Sin embargo, recientemente se han utilizado tecnologías convencionales utilizando solventes con un rendimiento similar con los métodos de extracción más costosos. A continuación, se detallan una serie de tecnologías de extracción tanto novedosas como tradicionales que están siendo exploradas para la obtención de extractos. Cabe destacar que tanto los compuestos bioactivos como las tinturas pueden obtenerse a partir de numerosos materiales, así como residuos agroindustriales utilizando técnicas de extracción similares con resultados prometedores (Reyes y Urrea, 2016).

i. Extracción asistida por enzimas.

Se basa en el uso de enzimas como carbohidratasas y proteasas con el fin de romper la pared celular y liberar el bioactivo deseado; esta tecnología es amigable con el medio ambiente ya que no es toxica y elimina el uso de disolventes en el proceso, además, presenta alto rendimiento de extracción y conserva la bioactividad de los compuestos, siendo una tecnología de bajo costo (Kadam *et al*., 2013).

ii. Extracción asistida con microondas.

Consiste en la facilidad de la ruptura celular y aumenta la penetración de disolvente en la matriz, lo que favorece la extracción de compuestos de interés, se considera una opción viable para la extracción de compuestos bioactivos a partir de plantas y hierbas debido a que presenta un menor uso de disolventes, y mejor rendimiento de la extracción es más económica que el uso de fluidos supercríticos. La principal desventaja, al igual que en los procesos convencionales, es la necesidad de procesos adicionales para separar los sólidos y recuperar el solvente, no es recomendable para bioactivos o compuestos sensibles al calor (Roselló-Soto *et al*., 2015).

iii. Extracción asistida por ultrasonido.

Reside en romper las paredes celulares, la difusión del disolvente a través de la matriz celular y el lavado de los contenidos de la celda, facilitando la liberación de bioactivos. El uso de esta técnica puede representar un aumento en el rendimiento y la cinética más rápida, facilita la extracción de compuestos sensibles al calor, el costo de los equipos es más bajos y se puede utilizar con una amplia variedad de disolventes, al igual que en todas las técnicas donde se utiliza un solvente, requiere un proceso posterior para la eliminación del solvente (Golmohamadi *et al*., 2013).

iv. Extracción con Fluido Supercrítico.

Se trata de una extracción líquido-líquido o sólido-líquido en donde se incrementa la presión y la temperatura de un líquido o un gas hasta llegar al punto crítico, generando un fluido supercrítico. En esta tecnología, la variación de las condiciones de extracción permite el fraccionamiento de los extractos para producir una composición deseada o enriquecimiento de ciertos compuestos (Marcilla-Gomis, 1998; Velasco *et al*., 2007).

v. Extracción con solventes.

La tecnología más comúnmente utilizada en la extracción de compuestos a partir de la cáscara de nuez es la extracción con solventes como metanol, acetona, etanol, acetato de etilo y agua. Por ejemplo, infusiones en agua caliente y tratamientos en etanol lograron extraer fenoles a un nivel de 32.12 y 167.8 mg GAE/g de cáscara respectivamente (do Prado *et al*., 2014) Adicionalmente (Fernández-Agulló *et al*., 2013), reportaron que en la cáscara de nuez la extracción etanol-agua al 50 % obtuvo los mejores rendimientos en el contenido de fenoles totales, y la infusión con agua obtuvo el mayor rendimiento de extracción.

Con esta tecnología la muestra se sumerge en solvente; se puede elevar la temperatura o bien realizarse a temperatura ambiente; las principales desventajas es el uso de solvente, un posterior filtrado; así como la degradación de analitos termoábiles. Sin embargo, a favor se puede mencionar su baja inversión y relativa facilidad de operación (Chemat y Cravotto, 2012). Cabe destacar, que la extracción con solventes utilizando agua o bien etanol o metanol son ampliamente utilizados en la obtención de tinturas para la tinción de telas naturales como algodón y lana (Raze *et al.*, 2016) o sintéticas como poliéster y nylon (Purwar, 2016).

En el CIATEJ Subsede Noreste, se han realizado esfuerzos en la extracción de fitocompuestos y tintruas de cáscara de nuez pecanera de las variedades Criollas y Wichita originarias del estado de Chihuahua. El propósito fue determinar las condiciones de extracción etanólica de los compuestos bioactivos, evaluando su rendimiento y la cantidad de fitocompuestos de los extractos obtenidos.

En la figura 2.12 se presenta el proceso llevado acabo. Se trabajó con lotes de nuez de 70 kg. de las variedades Western-Wichita (W-W) y criolla (C). Mediante un diseño con 2 factores y 3 niveles (2^3) con réplicas, se evaluó el efecto de la variedad (W-W y criolla) en relación con el soluto:disolvente (1:10 y 1:20) y concentración de etanol (50% y 100%) sobre el rendimiento de los extractos obtenidos, y se determinó el contenido de fitocompuestos (flavonoides totales, fenoles totales y taninos) cuantificados. Los resultados demuestran que es posible obtener extractos con elevado contenido de fitocompuestos a partir de la cáscara de nuez, destacando que la variedad como la concentración de solvente influyeron ($P<0.05$) en los rendimientos de extracción que fueron del doble para la variedad (W-W) con respecto a (C) tal y como se puede observar en el cuadro 2.13.

Asimismo, con 100% de etanol se incrementó el extracto obtenido de la cáscara de (W-W) y (C). Adicionalmente, la variedad y la relación soluto: solvente afectaron ($P<0.05$) las cantidades de fenoles, flavonoides totales y taninos condensados recuperados, siendo ambos mayores en la cáscara de la variedad (W) y aumentando con el incremento de la relación soluto: solvente, sin embargo, este comportamiento no se observó en (C).

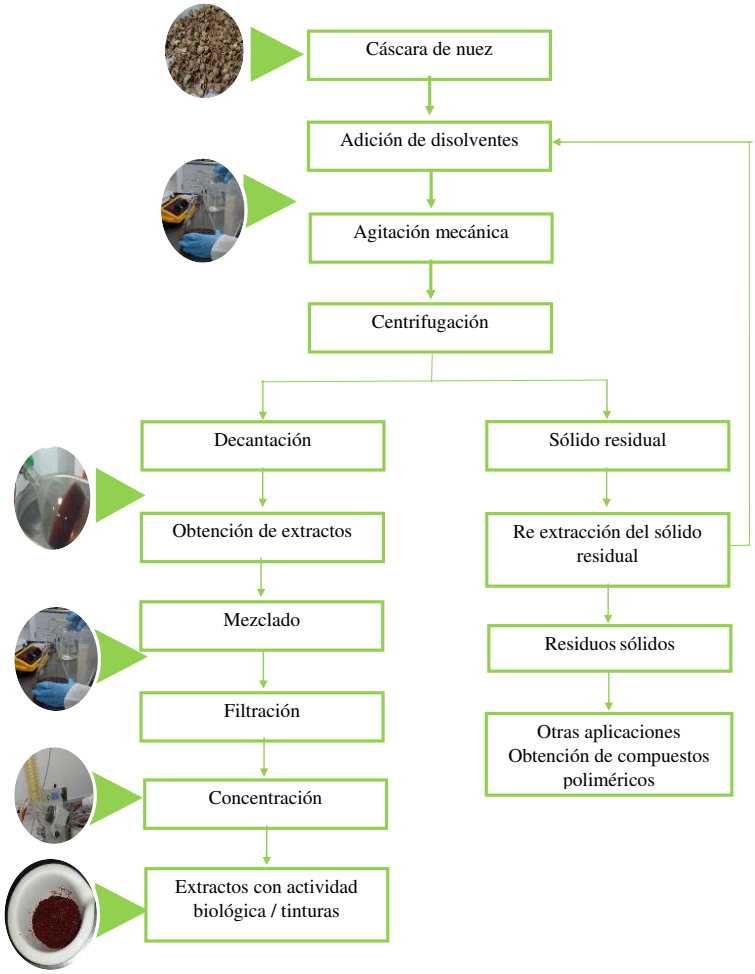


Figura 2.12. Proceso de obtención de extractos con actividad biológica y con potencial uso como tintes naturales a partir de la cáscara de nuez pecanera de las variedades Criollas y Wichita originarias del estado de Chihuahua.

Cuadro 2.13. Efecto de las condiciones de extracción sobre los rendimientos y contenidos de fitocompuestos de las cáscaras de nuez.

Experimento	Condiciones	Rendimiento (%)	FT mgGAE/g MF	FlT mgCE/g MF	TC mgCE/g MF
1	C/1:10/50%	23.80	59.76	33.78	335.94
2	C/1:10/100%	31.60	71.63	40.58	384.43
3	C/1:20/50%	26.80	70.52	38.50	348.11
4	C/1:20/100%	31.20	59.03	39.97	389.36
5	W/1:10/50%	54.40	144.88	82.43	810.05
6	W/1:10/100%	66.80	129.47	72.14	786.40
7	W/1:20/50%	53.20	176.15	148.31	988.46
8	W/1:20/100%	66.40	160.89	135.74	993.49

FT: Fenoles totales; FlT: Flavonoides totales; TC: Taninos condensados
mgGAE/g MF= miligramos de equivalentes de ácido gálico por gramo muestra fresca,
mgCE/g MF miligramos de equivalentes de catequina por gramo de muestra fresca.

Estos resultados son mayores a lo reportado por (de la Rosa *et al*., 2011) e indicaron que la cáscara de nuez (W-W) es un subproducto con elevado potencial en la obtención de fitocompuestos, mientras que la de (C) necesita posiblemente de pretratamientos que favorezcan su obtención. En este sentido se puede concluir que la cáscara de nuez pecanera es una fuente importante de fitocompuestos. La variedad Western-Wichita tiene un considerable potencial como fuente de fenoles, flavonoides y tinturas.

b) Obtención de tinturas.

El interés de la obtención de tinturas y colorantes naturales ha ido en incremento, en respuesta a las reacciones tóxicas y alergénicas asociados a los productos y colorantes sintéticos. Las tinturas y colorantes naturales pueden ser utilizados para colorear alimentos, cuero, telas naturales como algodón, seda, lana, etc.; actualmente existe una perspectiva de obtener las tinturas y colorantes naturales a partir de residuos agroindustriales (Purwar, 2016). En este sentido, las cáscaras de nuez pecanera representan un potencial muy amplio de obtención de pigmentos naturales y su aplicación.

c) Usos potenciales de extractos y tinturas de cáscara de nuez.

i. Actividad Antimicrobiana.

Existe evidencia de actividad antimicrobiana de extractos de cáscara de nuez. En reciente investigación realizada por Do Prado y colaboradores en el 2014, utilizando extractos con elevado contenido de compuestos polifenólicos y taninos condensados, y significativa actividad antioxidante ($DPPH^{\cdot-}$, $ABTS^{\cdot-}$) obtenidos por infusión, infusión con secado por aspersión e hidroalcohólicos han demostrado actividad antimicrobiana contra Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Vibrio parahemolyticus y Bacillus cerus. Los tres extractos evaluados en las pruebas de mínima concentración inhibitoria y mínima concentración bactericida demostraron acción antimicrobiana y bactericida contra estos microorganismos relacionados con enfermedades causadas por alimentos.

ii. Actividad anti-inflamatoria.

Algunas investigaciones han identificado diferentes bioactivos presentes en los extractos de la cáscara de nuez pecanera asociados a propiedades anti-inflamatorias como el ácido gálico, pro-antocianinas, ácido clorogénico, catequinas, ácido elágico, etc. (Hwang *et al*., 2014). Un compuesto bioactivo presente en las cáscaras de nuez pecanera, es el ácido gálico, el cual se ha observado pudiera tener efectos fotoprotectores en piel al inducir la síntesis de pro-colágeno e inhibir algunas moléculas pro-inflamatorias implicadas en el envejecimiento, como la interleucina (IL)-6 que induce la producción de metaloproteinasa de matriz (MMP-1), y esta a su vez degrada el colágeno, una proteína que da soporte estructural a la piel (Hwang *et al*., 2014).

iii. Aplicación en cosmética.

Se está explorando consistentemente el uso de fitocompuestos en productos cosméticos en el cuidado de la piel que aportan beneficios terapéuticos más allá de lo estético, llamados

también cosmecéuticos, De este modo, se sugiere que los flavonoides, abundantemente presentes en la nuez y cáscara, son agentes efectivos para prevenir el envejecimiento de la piel debido a que ejercen un efecto fotoprotector contra la radiación UV.

iv. Aplicación farmacéutica.

Los compuestos bioactivos presentes en la nuez y cáscara tienen un elevado potencial en aplicaciones farmacéuticas, de esta manera, se reporta que el ácido gálico, el cual se ha observado que pudiera tener efectos en piel al inducir la síntesis de pro-colágeno e inhibir algunas moléculas pro-inflamatorias implicadas en el envejecimiento, como la interleucina (IL)-6 (Hwang et al., 2014).

v. Aplicación de tinturas textiles.

Existe evidencia y conocimiento empírico de algunas zonas del país en donde se utilizan tintes naturales obtenidos a partir de cáscara de nuez en la tinción de hilo de lana para fabricar textiles decorativos artesanales en Oaxaca. Este conocimiento ancestral debe de ser recuperado y estandarizar procesos que permitan su uso artesanal en la fabricación de esta y otras artesanías o usos diversos. Por otra parte, se ha reportado la obtención de tintes acuosos obtenidos a partir de cascarilla de cacahuate utilizando diferentes mordientes, lo cual favorecieron una adecuada firmeza de color, rapidez de lavado y resistencia al roce (seco y húmedo) en telas de algodón (Chhipa *et al*., 2017).

2.2.5.2. Obtención y usos de biocompuesto poliméricos.

Las preocupaciones y cuestiones ecológicas como el reciclaje y el cuidado del medio ambiente son cada vez más importantes para manejar la situación actual. Como consecuencia de la creciente conciencia ambiental que rodea a la sociedad, un gran interés en la investigación de materiales más amigables con el medio ambiente se está detonando. En la actualidad existe la tendencia a desarrollar polímeros (plásticos) menos contaminantes que los ya existentes, pero que sus propiedades permitan su aplicación en los diversos sectores en los cuales los plásticos son indispensables, debido a que son materiales resistentes, ligeros, aislantes, moldeables y no presentan corrosión.

En este sentido los biocompuestos poliméricos son materiales de gran interés, ya que se utilizan plásticos convencionales con materias primas sustentables, tales como residuos de fibras, desechos vegetales y cascara de nuez entre otros, aunque la matriz no sea biodegradable estos biocompuestos mantienen un buen balance entre lo económico y lo medioambiental. El reto es obtener materiales con adecuadas propiedades mecánicas, biodegradabilidad, absorción de humedad controlada y retardación a la flama entre otras propiedades, permitiendo su aplicación en sectores como el automotriz, electrónica, construcción y textil entre otros. La mayoría de los componentes basados en biocompuestos están en productos agrícolas como fuente de materias primas. Por lo tanto, su uso proporciona una solución para la eliminación de residuos agrícolas y, por lo tanto, la contaminación

ambiental resultante de la quema de estos. Además, ofrece una solución económica para las zonas agrícolas. Así mismo el uso de materia orgánica como carga en una matriz polimérica convencional, le confiere biodegradabilidad a los polímeros, permitiendo tener materiales sustentables (Mngomezulu *et al*., 2014). Los biocompuestos son renovables, reciclables y biodegradables, por lo que son materiales respetuosos con el medio ambiente, pero presentan algunas desventajas como la naturaleza hidrofílica y la baja resistencia al fuego, lo que limita sus aplicaciones. Para ampliar el rango de aplicación de estos biocompuestos en otros sectores de ingeniería avanzada, actualmente se realiza investigación con diversas cargas orgánicas y diversos polímeros con la finalidad de mejorar el desempeño del material (Kandola, 2012).

Por otro lado, la celulosa se clasifica como un biopolímero natural porque es producida naturalmente por plantas terrestres y marinas, no es tóxica y es biodegradable. Es un polisacárido lineal que consiste principalmente en miles de unidades repetitivas de β- (1-4) unidas a la unidad de D-glucosa. La celulosa está presente en la mayoría de los residuos agroindustriales, presentando un área de oportunidad para su uso en la obtención de biocompuestos poliméricos que presenten buenas propiedades mecánicas y biodegradabilidad. Dependiendo del origen de las cargas orgánicas que se adicionan a una matriz polimérica, son el resultado de propiedades específicas de los biocompuestos, ya que dependen de la composición química, morfología de fibras y/o partículas, tamaño, higroscopicidad y energía superficial entre otros aspectos.

El refuerzo en los biocompuestos incluye materiales de fuentes renovables que consisten en celulosa y quitina, tales como fibras vegetales (fibras, hojas, fibras centrales), fibras de madera reciclada o papel usado, fibras de celulosa regeneradas (viscosa/rayón), subproductos de cultivos alimentarios, desechos bioagrícolas. Hasta el presente, se realizaron importantes esfuerzos de investigación para desarrollar una nueva clase de compuestos "verdes" totalmente biodegradables mediante la combinación de fibras naturales con resinas biodegradables. En la siguiente figura se muestran algunos ejemplos de biocompuestos desarrollados recientemente, así como sus aplicaciones.

Figura 2.13. Biocompuestos poliméricos y sus aplicaciones. (a) Perfiles (Hule/madera); (b) Madera plástica (Polietileno/café); (c) Envases (Polietileno/fibras orgánicas)

En biocompuestos a base de polímero y fibra natural, las fibras de refuerzo poseen una alta resistencia a la tracción y rigidez, mientras que la matriz polimérica permite la transferencia de las fuerzas cortantes aplicadas entre las fibras. También la matriz protege a las fibras contra fuentes destructivas y de radiación.

Se han estudiado diferentes tipos de fibras naturales y sus propiedades que pueden ser un posible reemplazo de las fibras sintéticas como el vidrio y la fibra de carbono. Las propiedades individuales de cada tipo de fibra tienen una importancia significativa para generar nuevas aplicaciones y oportunidades para biocompuestos. Las fibras que tienen un mayor grado de polimerización, contenido de celulosa y un ángulo de microfibriladora más bajo exhiben un módulo de tracción y un módulo de tensión más altos.

Así mismo, estudios recientes en compuestos de policaprolactona con polvo de madera como fuente de biomasa al 50% en peso, los compuestos se obtuvieron mediante polimerización *in situ* de policaprolactona. Se observó que la adición de cargas inogánicas como el talco, no afecta el contenido de base biológica de los compuestos (Kunioka *et al*., 2007). También se han hecho desarrollos de fibras de nanocelulosa con espumas rígidas de bio-PU, mejoradas con lignina para piezas de automóviles. Las propiedades de compresión e impacto de las espumas mejoraron mediante la modificación (tratamiento enzimático o modificación con látex) de las fibras de nanocelulosa (Faruk *et al*., 2014).

Existen biocompuestos a partir de la extracción de celulosa de kenaf (KC) con polietileno lineal de baja densidad (LDPE) y polietilen glicol (PEG) para evaluar su desempeño en el envasado de alimentos. El biocompuesto con kenaf-LDPE en presencia de PEG mejora la adhesión superficial según el análisis morfológico, y la resistencia a la tracción se mantuvo a un nivel aceptable para utilizarse en empaque para alimentos (Tajeddin *et al*., 2010). Recientemente se prepararon biocompuestos de ácido poliláctico (PLA) y cáscara de nuez (PNS) a dos concentraciones diferentes (5 y 7,5% en peso) para estudiar sus propiedades mecánicas, térmicas y morfológicas. Los biocompuestos se prepararon con PNS no tratado y tratado y se discutieron las propiedades mecánicas y térmicas generales.

El tratamiento consistió en la extracción por cloroformo de ácidos grasos (lípidos, aceites y ceras) presentes en el PNS. Los resultados obtenidos han demostrado que las propiedades mecánicas, como el módulo de tracción y flexión, así como la resistencia al impacto en los biocompuestos, aumentaron en comparación con el PLA puro, especialmente cuando se utilizó PNS tratado. Además, el análisis mecánico dinámico confirmó que la rigidez en los biocompuestos aumenta con el uso de PNS. Sin embargo, la estabilidad térmica disminuye a medida que aumenta el PNS en ambos casos. Mientras que las micrografías SEM muestran brechas y una pobre adhesión de las dos fases diferentes en el PNS no tratado. Los resultados sugieren que los biocompuestos pueden usarse para la elaboración de envases rígidos y otras aplicaciones(Sánchez-Acosta *et al*., 2019).

2.6. Obtención de aceite de nuez por prensado en frío.

Uno de los principales objetivos para la producción de aceite de nuez radica en encontrar el método de extracción adecuado, los rendimientos de extracción y la calidad del aceite son de suma importancia para determinar la viabilidad de su producción comercial. La extracción con solventes, es uno de los métodos más tradicionales para la obtención de aceites de semillas oleaginosas. En los últimos años, se ha intensificado el interés por la obtención de aceites a través de tecnologías de prensado, en el caso de la obtención de aceites vegetales no tradicionales, el prensado por tornillo, provee un método sencillo para obtener aceites de lotes de semillas (Tabio *et al*., 2017). El prensado en frío se describe como una operación que consiste en aplicar presión al material oleaginoso, manteniendo la temperatura a menos de 30°C para evitar la pérdida de sabores (figura 2.14), operación que se puede realizar en prensas hidráulicas o prensas de tornillo, en las que los valores de presión sobre el material oleaginoso varían en el rango de 11,376 a 12,755 kPa (Navarro y Rodrigues, 2016).

Figura 2.14. Prensa de tornillo rotatorio modelo M70 Oil Press distribuido por AgOilPress. Está diseñado para extraer mecánicamente la mayor cantidad de aceite posible sin producir altas temperaturas. Deseable para conservar intactos tanto los componentes del aceite como de los subproductos. La prensa está pensada para funcionar de forma continua, las 24 horas del día, sin ninguna intervención (AgOilPress LLC, 2011). Esta prensa tiene incorporado un anillo de calentamiento conectado con un termopar de manera que en base a la temperatura registrada por el termopar contrasta el valor real contra un set point (la temperatura de operación deseada) para generar calor. Este sistema de calefacción que solo puede controlar el incremento tiene una tolerancia de ±4°C respecto al set point, arriba o debajo del rango se apaga o enciende, respectivamente

Una prensa tornillo se compone de un barril hecho de barras estrechas y espaciadas, en el que un tornillo cónico (eje tipo de gusano) gira y presiona las semillas. La presión aumenta a lo largo del tornillo debido a la reducción del volumen y exprime el aceite a través de la mezcla de semillas (torta), y del barril a través de los espacios entre las barras (figura 2.15). La torta (harina desgrasada) se descarga al final del tornillo, y los componentes principales que la constituyen son: cono de alimentación, banda de calentamiento, boquilla de salida, orificios de salida de aceite, el controlador de velocidad, barril por donde circula el tornillo y el motor.

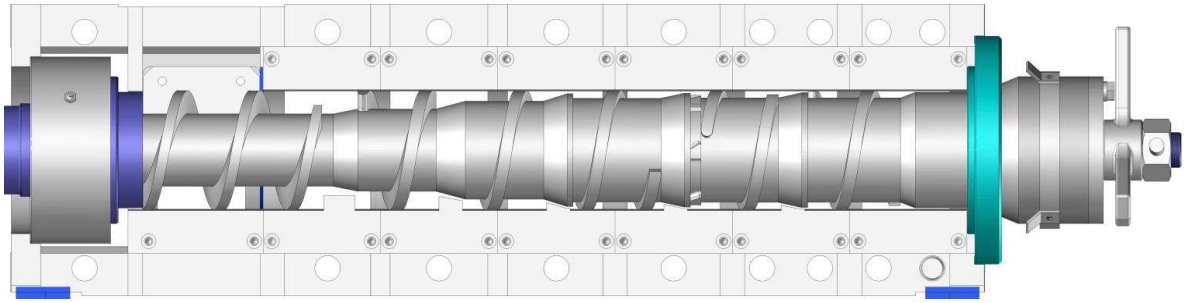


Figura 2.15. Representación del interior de una prensa tornillo, Fuente: (Chapuis et al., 2014)

Existen diferentes factores importantes a considerar en el proceso de extracción de aceite con una prensa tornillo como; la temperatura que es crucial en el proceso, ya que disminuye la viscosidad y permite que fluya más fácilmente a través de los poros de la torta, el tratamiento previo como secado, descascarillado, trituración y cocción, la velocidad de rotación del tornillo, así como el ajuste al diámetro a la salida de la torta semi-desgrasada. Para la extracción de aceite de nueces se han utilizado ampliamente la prensa de tornillo y la prensa hidráulica. La extracción con una prensa hidráulica, aunque exige una gran cantidad de mano de obra, los aceites obtenidos muestran un mejor mantenimiento de sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales ya que la extracción se realiza a temperatura ambiente. Por otro lado, el proceso de extracción con prensa tornillo, aunque se considera un proceso de extracción en frío, el funcionamiento adecuado de la prensa requiere un aumento de la temperatura en el barril para garantizar una extracción adecuada (Rabadán *et al*., 2018).

Algunos autores han mencionado que el aumento en el contenido de humedad de 3 a 8% (base seca) incrementó significativamente el rendimiento de aceite, obteniendo tendencias similares en condiciones de extracción a escala piloto, al aumentar el contenido de humedad de 2.5 a 7.5% (base seca), estos autores observaron un aumento en rendimiento de aceite de nuez de 61.0 a 83.5% (a 25 °C), y de 64.7 a 89.3% (a 50 °C). El efecto positivo de aumentar el contenido de agua en rendimiento de aceite puede explicarse a través de una expansión creciente y la ruptura de las estructuras celulares que agiliza la liberación del aceite. Además, el agua tiene un efecto lubricante de barril, por lo que aumenta la plasticidad del material de la semilla y contribuye a la alimentación por prensado (Martínez *et al*., 2017).

2.2.6.1. Obtención y evaluación de características fisicoquímicas de aceite de nuez pecanera por prensado mecánico.

La nuez pecanera contiene una gran cantidad de fitocompuestos benéficos. En micronutrientes destaca su elevado contenido de lípidos, del orden de 66.18 g/100g de porción comestible (Do Prado *et al*., 2013), el cual tiene ácidos grasos insaturados, vitamina E, esteroles, tocoferoles, y compuestos fenólicos con actividad antioxidante de interés nutricional y medicinal (Villarreal-Lozoya *et al*., 2007), lo que lo coloca como un producto funcional, es decir que puede aportar beneficios a la salud del consumidor. Entre las tecnologías comúnmente utilizadas para obtener aceite de nuez, se reporta la extracción con hexano mediante un equipo Soxhlet (ES) y el prensado en frío (P.F) (Miraliakbari y Shahidi 2008). En la extracción con solventes su principal desventaja estriba en que se requiere elevados volúmenes de solvente y filtración, además de que puede haber degradación de compuestos termolábiles (Chemat y Cravotto, 2012).

La extracción mediante PF utilizando una prensa de tornillo rotatorio, es un modo de extracción mecánico (extrusión); aunque se considera un método de extracción fría, para que la prensa funcione adecuadamente, es necesario incrementar la temperatura del usillo para que el aceite se extraiga de manera satisfactoria, dando lugar a aceites de alta calidad y bajos

costo (Oro *et al*., 2009). Por lo anterior, se evaluó la extracción de aceite de nuez pecanera de dos variedades de la zona nogalera de Chihuahua: Criolla (C) y Wichita-Western (W-W), y de Nuevo León la variedad Bustamante (B) a dos temperaturas (40 y 50 °C) mediante PF, y comparativamente mediante ES, determinando su efecto en el rendimiento de aceite, pasta agotada, y calidad fisicoquímica de aceite obtenido (Figura 2.16A).

Mediante un diseño estadístico factorial 3X2 se evaluó el efecto de las tres variedades y dos temperaturas de operación del equipo sobre el rendimiento de aceite, pasta agotada de aceite y merma (Cuadro 2.14), así como la calidad fisicoquímica de los aceites (Cuadro 2.15). Los rendimientos mayores los presentó la variedad B con 55%, seguida de C y W-W con 48 y 36 % respectivamente, siendo mayores para B y C.

El mayor rendimiento de aceite en B pudiera obedecer a una mayor cantidad de lípidos en su almendra que es del orden de 75% en comparación de 71 y 72% de W-W y C respectivamente. Con relación a las propiedades fisicoquímicas del aceite de las diferentes variedades de nuez mediante prensado en frio, se observa que ni la temperatura ni la variedad influyeron significativa ($P<0.05$) en los resultados de los parámetros evaluados, sin embargo, destacan los valores de Índice de yodo (Figura 2.17). De manera distinta en al aceite obtenido mediante Soxhlet resalta un mayor contenido de acidez e índice de peróxidos en las variedades B y C. Los resultados se aprecian en el Cuadro 2.

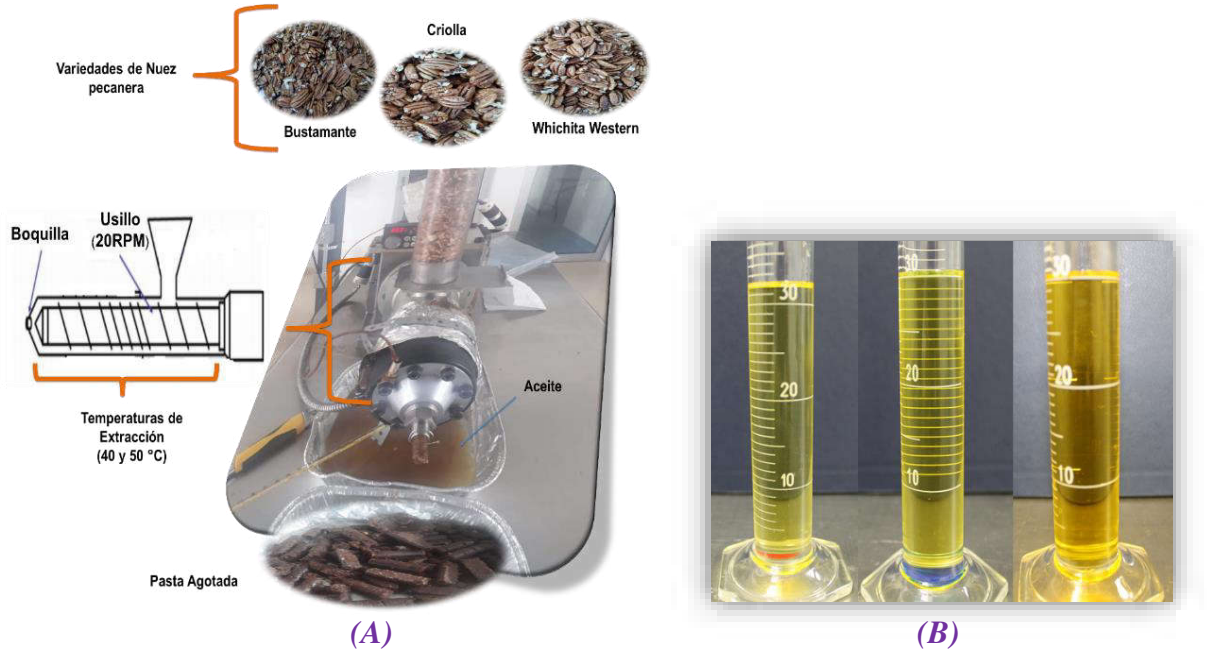


Figura 2.16.- (A). Extracción de aceite de nuez de las diferentes variedades por PF en una prensa de tornillo rotatorio modelo M70 Oil Press distribuido por AgOilPress, a dos temperaturas (40 y 50 °C) y velocidad constante de 20 RPM. Paralelamente se realizaron extracciones utilizando ES usando de solvente hexano (60°C) monitoreando la extracción al tiempo de 0.5 h para realizar comparativos entre PF y ES. (B) Aspecto de los aceites obtenidos, de izquierda a derecha Wichita, Criolla y Bustamante

Cuadro 2.14. Efecto de la temperatura y variedad sobre los rendimientos de aceite, pasta y merma en la nuez por Prensado en Frio.

Temperatura (° C)	Rendimiento (%) Aceite	Pasta agotada	Merma
Bustamante			
40	44.54[a]	21.52[a]	33.94[c]
50	55.01[b]	39.58[b]	5.41[a]
Criolla			
40	39.82[a]	52.72[b]	7.46[b]
50	48.28[b]	42.0[a]	9.72[b]
Wichita-Wrstern			
40	35.69[a]	62.35[b]	1.99[a]
50	36.25[b]	54.57[a]	9.18[b]

Cuadro 2.15. Efecto de la temperatura y variedad sobre los parámetros físico químicos del aceite.

Variedad	Temp. (°C)	I. Refracción	Densidad g/cm^3	I. Acidez (%)	I Peróxidos m.e. O_2/kg
Bustamante		1.47[a]	0.91[a]	0.60[b]	0.6[a]
Criolla	40 (P.F.)	1.47[a]	0.91[a]	0.89[c]	0.4[a]
Wichita-Western		1.47[a]	0.91[a]	0.20[a]	0.4[a]
Bustamante		1.47[a]	0.91[a]	0.40[b]	0.64[a]
Criolla	50 (P.F.)	1.47[a]	0.91[a]	0.89[c]	0.6[a]
Wichita-Western		1.47[a]	0.91[a]	0.29[a]	0.4[a]
Bustamante		1.47	0.91	4.95	57.0
Criolla	60 (Soxhlet)	1.62	0.91	4.05	11.6
Wichita-Western		1.47	0.91	3.94	3.89

Con respecto al color del aceite (Figura 2.16B y 2.18) se presentó un efecto significativo por efecto de la variedad (P<0.05). En el aceite obtenido mediante PF a 40 °C, la W-W presentó aceites más claros con L* (21), y una tonalidad verde –a*, acentuada (-1.47), y una amarilla +b* (9); mientras que B y C la luminosidad fue menor, con tonalidad menos verdosa y un color amarillo similar, lo que indica que la B y C exhibieron un color más obscuro en comparación con W-W. Este comportamiento fue similar cuando se incrementó la temperatura presentando solo diferencias en B, donde aparentemente se incrementó la luminosidad disminuyendo el color verdoso y aumentando el amarillo.

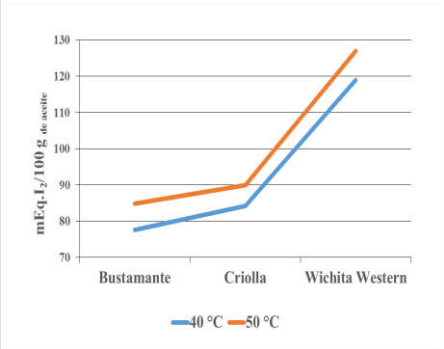


Figura 2.17.- Índice de Iodo del aceite obtenido por prensado en frío.

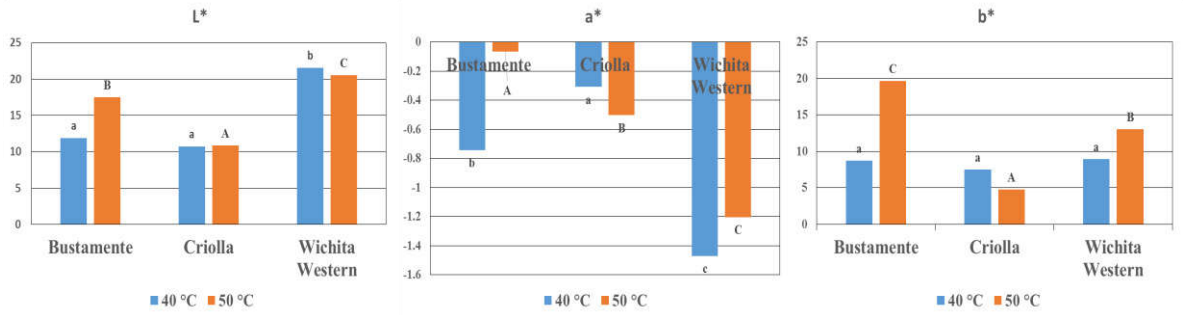


*Figura 2.18.- Efecto de la temperatura y variedad de nuez pecanera sobre el color del aceite obtenido mediante prensado en frio. Letras diferentes en las barras para cada temperatura presentan diferencia estadística significativa (P<0.05). El color L*a*b* fue medido instrumentalmente utilizando el equipo ColorFlex de Hunter Lab.*

El prensado en frio para la obtención de aceite de nuez pecanera resultó en un proceso en donde a 50 °C produjo mayores rendimientos de extracción, sin alterar la calidad fisicoquímica con excepción del índice de yodo. Se obtuvieron aceites de buena calidad en cuanto a color instrumental. La variedad Bustamante presentó mayores rendimientos produciendo aceites obscuros mientras que los de Wichita Western fueron claros. Se están realizando estudios complementarios donde se exploran rangos más amplios de temperatura y velocidad rotacional que incluyan además de la evaluar su calidad fisicoquímica el perfil de ácidos grasos y fitocompuestos presentes.

2.3. Referencias bibliográfias.

Agricultural Marketing Resource Center. 2018. “Products and Commodities (Pecans).” 2018. https://www.agmrc.org/commodities-products/nuts/pecans.

Association National Pecan Shellers. 2019. “Pecan Industry Growth. The U.S. Pecan Industry Is Undergoing a Tremendous Transformation.” 2019. https://ilovepecans.org/.

Chapuis, A., J. Blin, P. Carré, and D. Lecomte. 2014. “Separation Efficiency and Energy Consumption of Oil Expression Using a Screw-Press: The Case of Jatropha Curcas L. Seeds.” *Industrial Crops and Products* 52 (January 2014): 752–61. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.046.

Chemat F and Cravotto G. 2012. “Combined Extraction Techniques.” In *Enhancing Extraction Processes in the Food Industry*, edited by Chemat F Lebovka, N, Vorobiev, E, 1st editio, 173–94. Boca de Raton, FL: CRC Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b11241.

Chhipa, Megha Kumari, Sandhya Srivastav, and Neetee Mehta. 2017. “Study of Dyeing of Cotton Fabric Using Peanut Pod Natural Dyes Using Al2So4 CuSo4 and FeSo4 Mordanting Agent.” *International Journal of Environmental & Agriculture Research* 3 (2): 2454–1850. http://ijoear.com/Paper-February-2017/IJOEAR-FEB-2017-7.pdf.

Faruk, Omar, Mohini Sain, Ramin Farnood, Yuanfeng Pan, and Huining Xiao. 2014. “Development of Lignin and Nanocellulose Enhanced Bio PU Foams for Automotive Parts.” *Journal of Polymers and the Environment* 22 (3): 279–88. https://doi.org/10.1007/s10924-013-0631-x.

Fernández-Agulló, A., E. Pereira, M.S. Freire, P. Valentão, P.B. Andrade, J. González-Álvarez, and J.A. Pereira. 2013. “Influence of Solvent on the Antioxidant and Antimicrobial Properties of Walnut (Juglans Regia L.) Green Husk Extracts.” *Industrial Crops and Products* 42 (November): 126–32. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.05.021.

FIRCO. 2016. “Nuez Pecanera, Fruto de Gran Valor Nutricional.” 2016. https://www.gob.mx/firco/es/articulos/nuez-pecanera-fruto-de-gran-valor-nutricional?idiom=es.

Gallegos, G S. 2017. “Entorno Mundial y Nacional Del Mercado de La Nuez.” *El Economista*, July 24, 2017. https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Entorno-mundial-y-nacional-del-mercado-de-la-nuez-20170724-0004.html.

GCMA, Grupo Consultor de Mercados Agrícolas. 2018. “Estudio Del Mercado de La Nuez Pecana.” *Comenuez*, 98.

Golmohamadi, Amir, Gregory Möller, Joseph Powers, and Caleb Nindo. 2013. “Effect of Ultrasound Frequency on Antioxidant Activity, Total Phenolic and Anthocyanin Content of Red Raspberry Puree.” *Ultrasonics Sonochemistry* 20 (5): 1316–23. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.01.020.

González, Luis Enrique. 2019. “Evaluación Del Aprovechamiento de La Nuez Pecanera Crioilla Del Estado de Nuevo León.” Apodaca, N.L.: Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio.

Hwang, Eunson, Sang-Yong Park, Hyun Ji Lee, Tae Youp Lee, Zheng-Wang Sun, and Tae Hoo Yi. 2014. “Gallic Acid Regulates Skin Photoaging in UVB-Exposed Fibroblast and Hairless Mice.” *Phytotherapy Research : PTR* 1788 (May): 1778–88. https://doi.org/10.1002/ptr.5198.

Kadam, Shekhar U., Brijesh K. Tiwari, and Colm P. O’Donnell. 2013. “Application of Novel Extraction Technologies for Bioactives from Marine Algae.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61 (20): 4667–75. https://doi.org/10.1021/jf400819p.

Kandola, Baljinder K. 2012. “Flame Retardant Characteristics of Natural Fibre Composites.” *RSC Green Chemistry*.

Kunioka, Masao, Fumi Ninomiya, and Masahiro Funabashi. 2007. “Biobased Contents of Organic Fillers and Polycaprolactone Composites with Cellulose Fillers Measured by Accelerator Mass Spectrometry Based on ASTM D6866.” *Journal of Polymers and the Environment*. https://doi.org/10.1007/s10924-007-0071-6.

la Rosa, Laura a. de, Emilio Alvarez-Parrilla, and Fereidoon Shahidi. 2011. “Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Kernels and Shells of Mexican Pecan (Carya Illinoinensis).” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59 (1): 152–62. https://doi.org/10.1021/jf1034306.

Marcilla-Gomis, a. 1998. *Introducción a Las Operaciones de Separación: Cálculo Por Etapas de Equilibrio*.

Martínez, M. L., M. G. Bordón, R. M. Bodoira, M. C. Penci, P. D. Ribotta, and D. M. Maestri. 2017. “Walnut and Almond Oil Screw-Press Extraction at Industrial Scale: Effects of Process Parameters on Oil Yield and Quality.” *Grasas y Aceites* 68 (4): 1–9. https://doi.org/10.3989/gya.0554171.

Miraliakbari, H., and F. Shahidi. 2008. “Antioxidant Activity of Minor Components of Tree Nut Oils.” *Food Chemistry* 111 (2): 421–27. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.008.

Mngomezulu, Mfiso E., Maya J. John, Valencia Jacobs, and Adriaan S. Luyt. 2014. "Review on Flammability of Biofibres and Biocomposites." *Carbohydrate Polymers*. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.03.071.

Navarro, Sandra L.B., and Christianne E.C. Rodrigues. 2016. "Macadamia Oil Extraction Methods and Uses for the Defatted Meal Byproduct." *Trends in Food Science and Technology* 54: 148–54. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.001.

"NMX-FF-084-SCFI-2009. Productos Alimenticios No Industralizados Para Consumo Humano – Fruto Fresco – Nuez Pecanera Carya Illinoensis (Wangenh) K. Koch. Especificaciones y Métodos de Prueba." 2009. http://comenuez.com/wp-content/uploads/2018/assets/nmx-ff-084-scfi-2009.pdf.

"NMX-FF-093-SCFI-2011. Productos Alimenticios No Industralizados Para Consumo Humano – Nuez Pecanera [Carya Illinoensis, (Wangenh) K. Koch] Sin Cascara –Especificaciones y Métodos de Prueba." 2011. http://comenuez.com/wp-content/uploads/2018/assets/nmx-ff_093_scfi_2011.pdf.

Ojeda-Barrios, DL, OA Hernández-Rodríguez, GR López-Ochoa, and JJ Mártinez-Téllez. 2009. "Evolución de Los Sistemas de Producción de Nuez En México." *Tecnociencia Chihuahua* III (3): 115–20.

Oro, Tatiana, Helena Maria André Bolini, Daniel Barrera Arellano, and Jane Mara Block. 2009. "Physicochemical and Sensory Quality of Crude Brazilian Pecan Nut Oil during Storage." *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society* 86 (10): 971–76. https://doi.org/10.1007/s11746-009-1434-z.

Orzua, María C., Solange I. Mussatto, Juan C. Contreras-Esquivel, Raul Rodriguez, Heliodoro de la Garza, José A. Teixeira, and Cristóbal N. Aguilar. 2009. "Exploitation of Agro Industrial Wastes as Immobilization Carrier for Solid-State Fermentation." *Industrial Crops and Products* 30 (1): 24–27. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.02.001.

Prado, Ana Cristina Pinheiro Do, Bruce a. Manion, Koushik Seetharaman, Francisco Carlos Deschamps, Daniel Barrera Arellano, and Jane Mara Block. 2013. "Relationship between Antioxidant Properties and Chemical Composition of the Oil and the Shell of Pecan Nuts [Caryaillinoinensis (Wangenh) C. Koch]." *Industrial Crops and Products* 45: 64–73. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.042.

Prado, Ana Cristina Pinheiro do, Helen Silvestre da Silva, Sheila Mello da Silveira, Pedro Luiz Manique Barreto, Cleide Rosana Werneck Vieira, Marcelo Maraschin, Sandra Regina Salvador Ferreira, and Jane Mara Block. 2014. "Effect of the Extraction Process on the Phenolic Compounds Profile and the Antioxidant and Antimicrobial Activity of Extracts of Pecan Nut [Carya Illinoinensis (Wangenh) C. Koch] Shell." *Industrial Crops and Products*. Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.031.

Purwar, Shristi. 2016. "Application of Natural Dye on Synthetic Fabrics: A Review Shristi Purwar." *Nternational Journal of Home Science* 2 (2): 283–87. www.homesciencejournal.com.

Rabadán, Adrián, José E. Pardo, Ricardo Gómez, and Manuel Álvarez-Ortí. 2018. "Influence of Temperature in the Extraction of Nut Oils by Means of Screw Pressing." *Lwt* 93 (March): 354–61. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.061.

Raze, Mohammad, Felix Telegin, and Saifur Rahman. 2016. "Eco-Friendly Dyeing of Wool Fabric Using Natural Dye Extracted from Onions Outer Shell by Using Water and Organic Solvents." *ResearchGate* 3 (9): 1–19. https://www.researchgate.net/publication/309779229%0AEco-friendly.

Rengel, Z., G. D. Batten, and D. E. Crowley. 1999. "Agronomic Approaches for Improving the Micronutrient Density in Edible Portions of Field Crops." *Field Crops Research* 60 (1–2): 27–40. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(98)00131-2.

Reyes, N y Urrea, R. 2016. *Retos y Oportunidadaes Para El Aprovechamiento de La Nuez Peacanera En México*. Edited by Rafael Reyes-Vázquez, Nohemi; Urrea-López. Guadalajara: Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Roselló-Soto, Elena, Mohamed Koubaa, Amine Moubarik, Rita P. Lopes, Jorge a. Saraiva, Nadia Boussetta, Nabil Grimi, and Francisco J. Barba. 2015. "Emerging Opportunities for the Effective Valorization of Wastes and By-Products Generated during Olive Oil Production Process: Non-Conventional Methods for the Recovery of High-Added Value Compounds." *Trends in Food Science & Technology* 45: 296–310. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.003.

Sánchez-Acosta, Diana, Arturo Rodriguez-Uribe, Clara R Álvarez-Chávez, Amar K Mohanty, Manjuri Misra, J López-Cervantes, and Tomás J Madera-Santana. 2019. "Physicochemical Characterization and Evaluation of Pecan Nutshell as Biofiller in a Matrix of Poly(Lactic Acid)." *Journal of Polymers and the Environment* 27 (3): 521–32. https://doi.org/10.1007/s10924-019-01374-6.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. "Producción Agrícola." México: Secretaría

de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
Tabio, D, Y Díaz, M Rondón, E Fernández, and R. Piloto. 2017. "Extracción de Aceites de Origen Vegetal." *Universidad Tecnologica de La Habana*, no. May. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11047.55201.
Vaghetti, Julio C.P., Eder C. Lima, Betina Royer, Bruna M. da Cunha, Natali F. Cardoso, Jorge L. Brasil, and Silvio L.P. Dias. 2009. "Pecan Nutshell as Biosorbent to Remove Cu(II), Mn(II) and Pb(II) from Aqueous Solutions." *Journal of Hazardous Materials* 162 (1): 270–80. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.05.039.
Velasco, Reinaldo J., Héctor S. Villada, and Jorge E. Carrera. 2007. "Aplicaciones de Los Fluidos Supercríticos En La Agroindustria." *Informacion Tecnologica* 18 (1): 53–66. https://doi.org/10.4067/S0718-07642007000100009.
Villarreal-Lozoya, Jose E., Leonardo Lombardini, and Luis Cisneros-Zevallos. 2007. "Phytochemical Constituents and Antioxidant Capacity of Different Pecan [Carya Illinoinensis (Wangenh.) K. Koch] Cultivars." *Food Chemistry* 102 (4): 1241–49.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS A PARTIR DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES DE LA NUEZ PECANERA

Morales-Landa Juan L.[1], Reyes-Vázquez Nohemí del C.[1*], García-Fajardo Jorge A.[1]Flores-Montaño José L.[2], Obregón-Solis Efrain[1], Adame-Guzmán Karla I.[1]

[1] Subsede Noreste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Vía de la Innovación 404. Autopista Mty-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT. C.P. 66629. Apodaca, Nuevo León, México.
[2] Dirección Adjunta de Vinculación y Transferencia de Tecnología (DAVyTT). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Av. Normalistas No. 800 Colonia Colinas de la Normal C.P. 44270. Guadalajara, Jalisco, México.

** autor de correspondencia: nreyes@ciatej.mx*

3.1. Introducción.

En la actualidad el sector alimentario es un sector que se le considera basado en la ciencia, sobre todo a partir del desarrollo de los alimentos funcionales y también del impacto creciente de la biotecnología en el sector, lo que ha impactado en la innovación y uso de subproductos agroindustriales como ingredientes, que originan introducir en el mercado un nuevo producto o un nuevo proceso de fabricación en una empresa. Adicionalmente, una de las ventajas que cuenta México es su riqueza en gastronomía artesanal, atribuida a factores sociales y culturales que incrementan las preferencias de los consumidores por productos más naturales; y dietas basados en tradiciones rurales que se podrían mantener más estables a lo largo del tiempo, y con ello ofrecer una ventaja competitiva para los emprendedores, y dueños de pequeñas y medianas empresas que continúan usando técnicas, métodos e ingredientes tradicionales con empresas multinacionales que utilizan modernas tecnologías.

Hoy en día el consumidor está más informado en la elección de los alimentos, por lo que la incorporación de nuevos productos en su dieta es más selectiva, determinada principalmente por los avances científicos o tecnológicos como a las regulaciones nutricionales y de seguridad alimentaria así como a cambios sociales y demográficos tales como la urbanización, envejecimiento de la población, actividad laboral de la mujer fuera de casa, dimensiones y características de las familias; y a cambios en el mercado ingresos, precios, globalización de las preferencias, apertura de nuevos mercados, expansión de las multinacionales, competencia basada en diferenciación, etc. En la actualidad y en los siguientes años las preferencias de la industria agroalimentaria estarán en función de ingredientes naturales; y los subproductos agroindustriales ofrecen una alternativa de para el uso de nuevos ingredientes con elevado contenido nutrimental que aún no es aprovechado,

El desarrollo de nuevos productos alimenticios a base de subproductos agroindustriales es una iniciativa propia para las condiciones actuales de las políticas públicas del gobierno federal en nuestro país, quien ha declarado emergencias en combate a la desnutrición en la población infantil, diabetes, sobrepeso y obesidad por la falta de alimentos nutritivos, que pueden propiciar padecimientos como problemas al corazón, hipertensión, arteriosclerosiss, cáncer, etc. Para enfrentar esta situación es necesaria una dieta que contenga alimentos funcionales y probióticos, baja en grasas saturadas y colesterol que beneficien la salud.

De esta manera, explorar nuevas alternativas de comercialización, puede ser utilizado como materia prima y/o ingrediente en la industria alimentaria y cocina gourmet para la elaboración de alimentos como salsas, sopas, pastas, snacks, aderezos, en confitería; enriquecedor de proteína en productos cárnicos como embutidos y madurados, carnes procesadas; como sazonador o condimento en productos lácteos como quesos, cremas, mantequillas, para acompañar en carnes, pescados, mariscos y vegetales, en la comida tradicional mexicana y en la innovación de nuevos platillos de la cocina internacional. Adicionalmente, no hay que olvidar la composición química nutrimental de las pastas de nuez pueden ser considerados como suplementos alimenticios, antioxidantes, prebióticos o nutracéuticos, para la elaboración de fórmulas concentradas, capsulas o tabletas energéticas para deportistas, niños y/o adultos mayores.

El aprovechamiento de la pasta generada como subproductos, a partir de la obtención de aceites de la nuez pueden tener un uso como ingrediente funcional que enriquezca o suplemente diversos productos alimenticios, Sin embargo, a la fecha no ha sido evaluado sus características fisicoquímicas, ni tampoco sus cualidades tecno funcionales que permitan determinar hacia qué productos alimenticios puede utilizarse. Por lo tanto, se presentan algunos aspectos de la composición química, y usos potenciales de estas pastas en la elaboración de productos alimenticios innovadores que pueden apoyar a la promoción de alimentación y salud integral de la población mexicana, a la par de dar un enfoque más integral en la comercialización e industrialización de esta oleaginosa.

3.2. Usos potenciales de la pasta de nuez.

Las pastas agotadas de aceite son los residuos sólidos producidos en la extracción de aceites de semillas o frutos oleaginosos. Subproductos resultantes de la trituración y prensado en la fabricación de aceite. Normalmente presenta del 50 al 75% de masa de las semillas o en ocasiones pueden representar un menor porcentaje. Las pastas agotadas de la nuez son consideradas con un valor alto de proteínas y fibra, y con un contenido residual de aceite, por lo que presentan bajo valor energético en comparación con la almendra con toda su grasa. En el cuadro 3.1 se muestra la calidad nutritiva de la pasta de nuez en comparación con su almendra. Asimismo, se reporta en las pastas agotadas una elevada cantidad de micronutrientes como Mg, Mn y Co, presentando habilidad de absorber aceite y retener humedad y una elevada cantidad de fitocompuestos como polifenoles y taninos condensados, por lo que estas cualidades nutritivas demuestran que estas pastas agotadas representan un ingrediente potencial como aditivo en alimentos(Maciel *et al*., 2020).

Cuadro 3.1. Composición nutrimental de la pasta desgrasada (Maciel et al., 2020)

Componente (g 100 g^{-1})	*Nuez pecanera*	*Pasta desgrasada*
Proteínas	8.61	21.87
Lípidos	62.17	16.64
Carbohidratos	12.87	40.50
Humedad	3.37	5.03
Cenizas	1.86	2.97
Fibra Cruda	11.10	13.01
Energía*	645.54	398.81

*Nota: Los valores de energía son expresados kcal

Otros estudios que demuestran la potencial aplicación de las pastas de nuez pecanera, como el que se reporta en cultivos de Brasil. Esta pasta fue obtenida de la obtención de la extracción aceite mediante prensado mecánico de la nuez variedad Barton y Desirable. La composición de la pasta residual indica una cantidad de humedad, proteína y lípidos de 5.9, 19 y 36% respectivamente, además de 13.7% de fibra total. Estas pastas contenían un perfil de ácidos grasos con una presencia mayoritaria de ácido oleico y una alta capacidad antioxidante, sugiriendo un alto potencial para general producto de alto valor agregado (Salvador *et al*., 2016). Lo anterior demuestra que partir de residuos agroindustriales como son las pastas de nuez pecanera, y dadas las características nutritivas y tecno funcionales pueden ser utilizados como ingredientes para diversos alimentos. Enseguida, se muestran algunas aplicaciones potenciales en la elaboración de alimentos.

3.2.1. Aplicación en elaboración de leche.

Otro producto con un alto valor agregado, puede ser la leche de nuez pecana como una alternativa para las personas intolerantes a la lactosa. La leche se puede preparar a partir de

nueces (aproximadamente 80 gramos), o bien de pastas desgrasadas. Estas nueces o pastas se puede agregar azúcar o stevia, se licúa y se filtra.

3.2.2. Uso en productos de panificación.

La alimentación en sus aspectos conceptuales ha sufrido importantes modificaciones a lo largo de los últimos años. La necesidad de atender a nuevas exigencias sociales y de salud ha motivado la aparición de los alimentos funcionales y nutracéuticos, que, además de sus funciones nutritivas generales, presentan determinadas propiedades para el mantenimiento de la salud (Tojo-Sierra, *et al*., 2001). En la actualidad la comercialización de alimentos funcionales elaborados con nuevos ingredientes a base de subproductos agroindustriales con propiedades tecnofuncionales benéficos están agarrando terreno para la elaboración de nuevos productos de repostería y panificación.

Un análisis proximal, propiedades fiscoquímicas y tecnofuncionales tales como: retención de agua en el caso de productos de panadería; inhibición de cristalización en fórmulas de alto contenido de azúcar; índice de emulsificación para el desarrollo de textura en crema pastelera, rellenos cremosos, rellenos para pie, en fórmulas de bajo contenido de grasa, consistencia apropiada y estabilidad en sistemas de elevada acidez, consistencia adecuada en cremas resistentes al horneado, así como de proveer sólidos y viscosidad; y promover el desarrollo de color en costra de pan de levadura. En el desarrollo de productos de pastelería la pasta de nuez reducida en grasa puede ser considerada con aplicación en la elaboración de pan de levadura, pasteles galletas y confitería, coberturas para pastel, rellenos para galletas y pie, cremas mermeladas y jaleas resistente al horneado.

La innovación de nuevos productos a llevado a investigación a implementar y optar por sustituir ingredientes que aporten más nutrientes a productos. Los productos horneados son adecuados para alimentos funcionales, como es el caso de las pastas agotadas de aceite que son adecuadas para panificación, principalmente en sustitución de las harinas de trigo. El horneado es un proceso clave para los productos de panadería y pastelería. En este proceso, la masa inicial es transformada en un material solido liviano y poroso y a su vez se desarrollan todos los sabores y aromas característicos de los productos (Andresen *et al*., 2013).

Algunos estudios en la elaboración de productos horneados utilizando pastas de oleaginosas entre ellas nuez indicaron que la sustitución de 10, 20, 30 y 40% por pasta de nuez pecanera cultivada en Brasil, mostrando que el porcentaje de la adicción de la pasta de 20% y 30% obtuvo mayor rendimiento y densidad de poros altas. En el análisis sensorial los muffins mostraron una buena aceptación sensorial con 7.9 en una escala hedónica de 9 puntos (Marchetti *et al*., 2018). Otros autores informaron resultados sobre caracterización y la sustitución de harina de trigo en productos horneados con pasta desgrasas de almendra brasileña (harina de Barú), evaluando su uso para la elaboración de galletas con un alto contenido en fibra y compuestos fenólicos. En las formulaciones la harina de trigo fue

sustituida por la harina de Barú con 25, 50, 75 y 100 g por 100 g^{-1}, evaluando sensorialmente los productos mediante pruebas de aceptación. Los resultados de esta investigación demostraron que la galleta hecha con el 25% de harina de Barú fue la que presentó una mejor aceptación general, apariencia, sabor y textura por los consumidores. Las observaciones de los consumidores indicaron que prefirieron una galleta con una textura más suave y blanda (Pineli *et al*., 2015). En este sentido, en el laboratorios de tecnología alimentaria del CIATEJ Subsede Noreste, se han realizado esfuerzos en evaluar las características tecno funcionales de las pastas agotadas parcialmente de aceite provenientes de nuez pecanera de dos variedades de la región de Chihuahua, evaluando sensorialmente su aplicación en la elaboración de productos de panificación.

Entre los resultados principales, destaca la obtención de pastas desgrasadas de nuez obtenidas como subproductos de extracción de aceite mediante prensado en frío utilizando la prensa tornillo SPELLER M7O Oil Press. Estas pastas contenían diferentes cantidades de aceite residual que fluctuaron para pastas de nuez criolla y Wichita-Western de 48% a 52% respectivamente. En la figura 3.1 se muestra el aspecto de las pastas desgrasadas obtenidas.

Figura 3.1 Aspecto de las pastas agotadas de aceite de nuez criolla (a); y Wichita-Western (b)

Las pastas obtenidas presentaron diferentes cualidades funcionales con relación a la variedad y cantidad de aceite residual (Cuadro 3.2). La nuez criolla presentó una mayor solubilidad en agua fría, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsificación que la pasta de wichita western, muy posiblemente relacionada con la menor cantidad de aceite residual que contenía con un 4% en relación a la western-wichita. Este comportamiento se ha presentado en harinas de otras oleaginosas como cacahuate y macadamia, y ha sido relacionado con la remoción de lípidos, que permite una mejor hidratación de las moléculas polares como los son proteína y fibra (Joshi y Sathe, 2015).

Cuadro 3.2. Propiedades funcionales de las pastas de nuez pecanera parcialmente agotadas de aceite.

Pasta agotada de nuez	*Solubilidad en agua fría*	*Solubilidad en agua caliente*	*CR Agua*	*CE*
		%		
Criolla	8.39±3.81[b]	21.34±5.98[a]	546.74±24.48[b]	66.87±5.15[b]
Wichita-Western	8.87±1.72[a]	21.82±2.61[b]	405.20±26.22[a]	63.75±1.44[a]

CRA Agua= capacidad de retención de agua, CE= capacidad de emulsificación
Letras distintas en la misma columna denotan diferencia estadística significativa (P<0.05)

Con base a las propiedades funcionales obtenidas se seleccionó a la pasa de nuez criolla para ser utilizada en la elaboración de galletas soletas utilizando los niveles de 25 y 50% de adición en sustitución de la harina de trigo, formulando también un control sin pasta de nuez. La formulación de la galleta a evaluar se presenta a continuación.

3.2.2.1. Elaboración de galletas soletas.

Fundamento tecnológico: Espuma (dispersión de aire en agua): Las espumas son muy útiles como agentes de textura en alimentos, el mejor espumante corresponde a la proteína de la clara de huevo (albúmina), es importante que éste sea fresco para que las propiedades de la albúmina sean las más altas. Para elaborar una espuma se requiere de un esfuerzo mecánico que ayude a la incorporación de aire en la solución de la proteína. Este aire se dispersa en pequeños glóbulos en la solución acuosa y luego la proteína rodea cada glóbulo de aire, manteniéndolo estable y separado de lo demás. Por su parte la yema de huevo se estabiliza con el principio de la emulsión (aceite en agua), en donde podemos distinguir dos fases principales: la fase continua que corresponde al agua, y la fase dispersa que corresponde a la parte lipídica de la yema, la incorporación se lleva a cabo con ayuda de un esfuerzo mecánico (batidora) que genere pequeñas gotas dispersas de aceite que estarán rodeadas de agua (Badui-Dergal, 2012).

Las soletas o también conocidas como lenguas de gatos son galletas con característica esponja muy sencillas de elaborar, fabricadas con harina de trigo embebidas con clara y yema de huevo bajo el principio de dispersión de aire en agua y emulsión. Sirven para acompañar nieve, un café, para forrar pasteles y por supuesto para elaborar postres como el Tiramisú. Con una duya y manga para repostería se forman las galletas con la característica forma redondeada. Recién hechas son suaves y esponjadas, y duran por varios días con excelente textura.

Ingredientes:

3 Piezas de huevos completos.
150 gramos de azúcar refinada.
75 gramos de harina de trigo.
75 gramos de pasta de nuez.
1 cucharadita de esencia de nuez.
Azúcar glas para espolvorear.
Trocitos de nuez para decorar

Utensilios:

Tazón de mezclas y balanza.
Pala de madera o plástico para batir.
Charola de aluminio para horneo.
Colador y cernidor de harina.
Batidor de globo o batidora eléctrica.
Maga y duya lisa de 1 cm.
Papel encerado para hornear.
Horno para panificación.

Procedimiento:

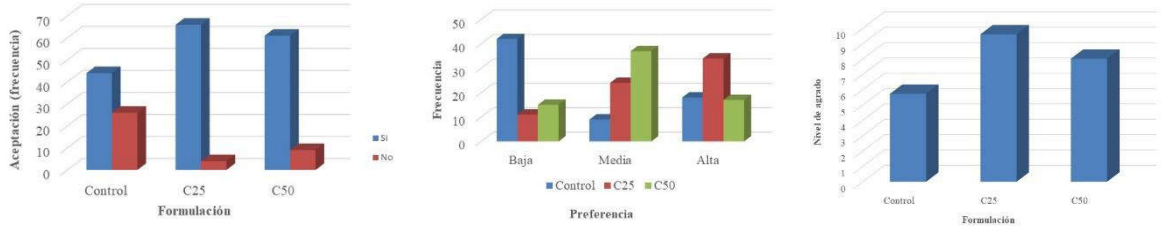
1. Separar las yemas de las claras; y colocar en tazones diferentes. Las yemas se baten con la cucharadita (5 mililitros) de la esencia de nuez y la mitad del azúcar con el batidor de globo o la batidora hasta que la mezcla se aclare (amarillo claro) y esponjen a punto de nieve suave o punto de listón. De igual manera y en otro tazón se bate las claras con el resto del azúcar hasta alcanzar punto de nieve o merengue; al finalizar, unir ambas mezclas poco a poco, hasta que se incorpore por completo.
2. Cernir la harina y juntar con la pasta de nuez, e incorporar poco a poco a la mezcla de yemas y claras de forma envolvente con la ayuda de una pala espátula.
3. Cuando la mezcla esté integrada, la masa se vacía a una manga con duya lisa de 1 cm. y se forma las soletas en forma de tiras de 8 cm. en una charola previamente forrada con papel para encerado para hornear o sobre un tapete de silicón; decorar con trocitos de nuez y espolvorear con azúcar glass.
4. Precalentar 15 minutos el horno y hornear al horno a 175ºC o 350ºF durante 15 a 20 minutos aproximadamente hasta que las soletas se vean doraditas. Se sacan del horno y se despegan las galletas con una espátula o pala cuando se encuentren tibias.
5. Las galletas se conservan en una caja o bolsa cerrada, y disfrutar (figura 3.3).

Figura 3.2. Proceso general de elaboración de galletas soletas a base de pasta de nuez.

Estas formulaciones fueron evaluadas sensorialmente por un panel de consumidores compuesto de 70 personas. De ellos, 53 de 18 a 25 años, 9 de 25 a 35 años y 7 mayores de 35 años; del total el 56 % fueron hombres y el 44% mujeres. Todos ellos fueron orientados

acerca del método a seguir en el estudio, realizándose las pruebas de aceptación, preferencia y nivel de agrado. En forma general, la sustitución de pasta de nuez por harina de trigo en los niveles de adición de 25 y 50 % tuvo una mayor aceptación con relación al control que no la contenía (figura 3.3a). La mayor aceptación fue para 25 % de sustitución con 65 evaluadores que si las aceptaron y 5 que no; que también se reflejó en la preferencia (figura 3.3 b). C25 fue calificada con preferencia alta expresada por 34 panelistas, mientras 24 tuvieron una preferencia media y 11 baja.

La sustitución de 50% en C50 produjo una preferencia alta, media y baja de 17, 37 y 15 jueces respectivamente. En cuanto al nivel de agrado evaluado en una escala hedónica de 10 cm (figura 3.3c), indica para C25 un nivel mayor con 9.61, lo que equivale a un nivel de agrado máximo, seguido de C50 con una calificación de 8.02; mientras que el control presentó 5.73, lo que representa un agrado ligeramente mayor al de la indiferencia.



(a) (b) (c)

Figura 3.3. Evaluación sensorial de las galletas formuladas con pasta de nuez pecanera en sustitución de harina de trigo en cuanto a su aceptación, preferencia y nivel de agrado. El nivel de agrado se evaluó en escala hedónica estructurada. Control= galletas formuladas sin pasta de nuez, C25= galletas formuladas con 25 % de pasta de nuez y C50= galletas formuladas con 50% de pasta de nuez.

Por lo que es posible elaborar un producto horneado tipo galleta sustituyendo 25 y aún 50% de harina de trigo por pasta de nuez pecanera con 48% de grasa en su composición con buena aceptación sensorial. Estos productos representan un ejemplo del potencial de aplicación de los subproductos de nuez pecanera, y aún más representan también la posibilidad de mejorar la calidad nutritiva del producto en cuanto el enriquecimiento en proteína y fibra resultante que beneficiaría directamente al consumidor.

3.2.2.2. Elaboración de pan de muerto (masa fermentada).

Fundamento tecnológico: Fermentación (gasificantes para panificación): El proceso enzimático de más trascendencia en la fabricación del pan es la fermentación. La obtención de un pan voluminoso, de miga uniformemente alveolada, de color satisfactorio, etc., no sólo depende de la calidad de la harina empleada, sino que también viene condicionada por el adecuado control de toda una serie de transformaciones químicas y enzimáticas que reciben el nombre de fermentación y que tienen lugar desde que comienza el amasado hasta los primeros momentos de la cocción. En el curso de la

fermentación, la levadura transforma ciertos azúcares en alcohol y anhídrido carbónico en condiciones de temperatura, humedad y acidez adecuadas. El tradicional pan de muerto mexicano se consume en los festejos de Todos los Santos y de los Fieles Difuntos, que tiene su origen en la época colonial. Elaborado a base de masa fermentada y combinación de sabores, permite disfrutar de un sabroso postre con textura esponjosa. La combinación con nuevos ingredientes da toque distinto al paladar más exigente(Badui-Dergal, 2012).

Ingredientes:

900 gramos de harina de trigo.
200 gramos de azúcar refinada.
30 gramos de levadura seca.
10 gramos de sal.
50 gramos de leche en polvo.
5 huevos enteros.
1 cucharadas de esencia de nuez.
200 gramos de mantequilla
240 mililitros de agua.
100 gramos de pasta de nuez.
Azúcar refinada la necesaria.

Utensilios:

Tazón de mezclas.
Pala de madera o plástico para batir.
Charola de aluminio para horneo.
Cernidor de harina.
Amasadora eléctrica.
Espátula.
Horno para panificación.
Brocha de panadería.
Balanza granataria.
Cucharas medidoras.

Procedimiento:

1. Cernir la harina de trigo, combinar los polvos (harina, paste de nuez, azúcar, leche en polvo, levadura, la sal) en la batidora eléctrica con gancho para pan o colocar los ingredientes sobre la mesa haciendo un pozo, en el interior agregar 100 gramos de mantequilla, los huevos, a esencia de nuez y el agua.
2. Incorporar los ingredientes y amasar hasta tener una masa lisa, aproximadamente 10 a 20 minutos. Agregar el resto de la mantequilla amasando para que se integre. (Si la mantequilla está firme, suavizarla para que tenga consistencia similar a la de la masa del pan.) Amasar hasta que la masa esté firme y estire.
3. Pesar 100 gramos de pasa y bolear hasta tener una bola uniforme e irlas colocando sobre una charola de pan previamente engrasada y enharinada.
4. Pesar bolitas de masa de 5 y10 gramos para formar las canillas y colocarlas entre cruzadas en la bola de masa.
5. Cubrir la charola con una bolsa plática de color obscuro y dejarla reposar a temperatura ambiente hasta que duplique su volumen, alrededor de 2 horas. Para disminuir el tiempo de fermentación colocar las charolas en cuarto de fermentación a 30 – 35°C.
6. Hornear a 180 ºC durante 25 minutos o hasta que esté dorado, sacar el pan del horno y dejar enfriar.
7. Decorar los panes untarlo con mantequilla fundida y espolvorearlo con azúcar refinada (figura 3.4).

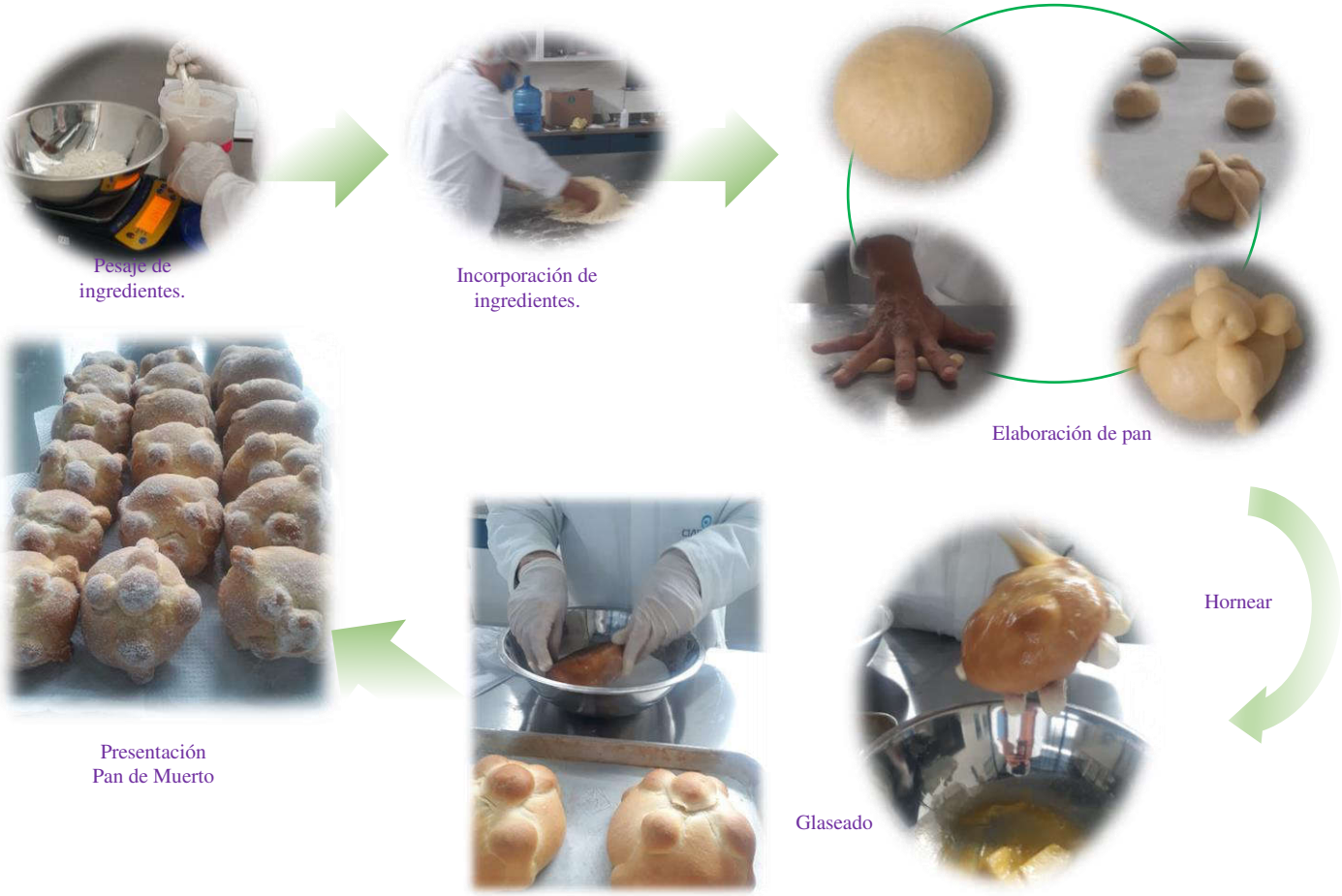


Figura 3.4. Proceso general de elaboración de masa fermentada (Pan de muerto con nuez).

3.2.3. Uso como sustitutos de carne.

Los embutidos son productos derivados cárnicos preparados a partir de una mezcla de carne picada, grasas, sal, condimentos, especias y aditivos e introducidos en tripas naturales o artificiales, y que en algunos casos son sometidos en su fabricación a la acción del calor, alcanzando en su punto crítico una temperatura suficiente para lograr la coagulación total o parcial de sus proteínas cárnicas para su posterior ahumado y/o madurado opcional. Los embutidos surgieron empíricamente como consecuencia de la necesidad de conservar los alimentos. Su evolución posterior, que ha dado origen a una gran variedad de productos de características bien diferenciadas, fue consecuencia de los distintos procesos de elaboración impuestos por la disponibilidad de materias primas y de las condiciones climáticas existentes.

Las características y selección de las materias primas son de gran importancia en cuanto a que condicionan los procesos de elaboración y la calidad del producto final. Por lo que el desarrollo de nuevas formulaciones y productos cárnicos elaborados con nuevos ingredientes, aunado con la necesidad de contar con mejores sabores, texturas, bajo en grasa y con elevado valor nutrimental permite incorporar subproductos agroalimentarios de alto

valor nutrimental, tal es el caso de la pasta gastada de nuez. Un estudio realizado por (Sánchez-García *et al*., 2014), evaluaron las preferencias de 70 alimentos seleccionados y estado de nutrición en un grupo de 1,456 niños de ocho escuelas públicas de la Ciudad de México, de los cuales el 48.6% tuvo sobrepeso u obesidad; los alimentos con mayor preferencia fueron frutas, pizzas, leche con sabor y papas fritas a la francesa.

Los alimentos menos preferidos fueron bebidas, azucaradas verduras, cereales integrales, pescado, carnes y queso panela. El patrón de preferencias alimentarias de estos niños, representa un riesgo para el consumo inadecuado de alimentos y el aumento en la prevalencia de obesidad. Se requiere de intervenciones oportunas para promover un entorno alimentario saludable y que las preferencias nutricionales sean adecuadas desde edades tempranas. El diseño de un alimento a base de proteína cárnica acompañada pasta de nuez provee un alimento más nutritivo, que puede acompañarse fácilmente con huevos, leguminosos o verdura preparar emparedados o sandwiches saludables para toda ocasión.

En esta aplicación a pesar de que los reportes son escasos, dado sus cantidades de proteína y las características tecno funcionales las nueces presentan potencial de aplicación, por lo que han sido evaluadas en un producto cárnico, incorporándolas en la cantidad adecuada de consumo por persona por día y de acuerdo a las recomendaciones de su consumo regulado (FDA. Food and Drug Administration. Nutrition, 2003). El estudio no detalla características de calidad y percepción sensorial del producto final, considerando la biodisponibilidad de los componentes derivados de la nuez y el impacto del consumo regular sobre marcadores de riesgo cardiovascular (Alonso *et al*., 2004).

3.2.3.1. Elaboración de chorizo artesanal.

Fundamento tecnológico: La charcutería, encurtidos o carnes maduradas surge por la necesidad en la conservación de alimentos cárnicos desde hace más de 3,500 años. La elaboración de chorizo artesanal contempla las propiedades de la marinación, condimentación, ablandamiento y conservación de la carne, por su parte el vinagre, el limón, ácido acético, cítrico o láctico en la formulación, tiene efecto en las proteínas de la carne, por lo que facilitan la conversión térmica del colágeno en gelatina, la desnaturalización y deshidratación del músculo. La combinación de sabores y texturas son muy apreciadas por los comensales más exigentes (Badui-Dergal, 2012).

Ingredientes:

750 g de carne de cerdo molida, refrigerada 1 h antes de empezar la preparación.
250 g de papada de cerdo congelada y picada lo más fino posible.
½ litro de agua fría, hervida o clorada.

4 ½ cucharadas soperas de pimentón molido.
¼ de taza de vinagre.
4 chiles guajillo, secos, sin semillas ni venas, remójelos en el vinagre.
1 ¾ cucharadas soperas de sal de mesa.
½ cucharada sopera de comino en polvo.
½ cebolla mediana.
1 diente de ajo.
¼ de cucharada sopera de pimienta negra molida.
Una pizca de nitrito de sodio.
½ cucharada de azúcar.

Utensilios:
Licuadora o procesador eléctrico de alimentos.
Recipiente de plástico o vidrio con tapa y capacidad mínima de 2 L.
Cuchara o pala grande para cocinar, de acero inoxidable o peltre.
10 metros de tripa natural de cerdo tripa de colágeno para embutidos con un calibre de entre 3 y 4 cm., 15 metros de cordel de algodón para chorizo.
Guantes de látex.

Procedimiento:

1. Limpiar los chiles y remójalos en el agua a punto de ebullición durante 5 minutos; y licuarlos junto con el ajo, la cebolla y el vinagre para hacer un adobo.
2. Colocar la carne en un recipiente y haciendo que la carne absorba todo el adobo; agregar el pimentón, la sal, el comino y el nitrito de sodio, después vacíala al recipiente de plástico 2 L y mezclarla, taparla muy bien y deja 12 horas dentro del refrigerador para conseguir que se cure la carne. Mover cada cuatro horas con la cuchara, para que el curado sea uniforme.
3. Envasado y conservación: Transcurrido el tiempo de maduración, el chorizo artesanal se embute en tripa de cerdo natural, con ayuda de un embudo, molino de carne manual o molino embutidor eléctrico.
4. Con la ayuda de un cordel del algodón, realizar amarres cada 10 centímetros aproximadamente en la tripa embutida.
5. El chorizo fresco se cuelga para perder un 10% de humedad y está listo para consumir.
6. A cada lote de chorizo elaborado, se coloca una etiqueta con el nombre del producto, fecha de elaboración y tiempo preferente de consumo (4 semanas).
7. Es muy importante que cuando se elabore el producto, la carne, utensilios y manos, estén limpios, pues de esto dependerá la calidad del producto y se asegurará el tiempo de conservación. Las manos deben estar limpias, sin alhajas, con uñas cortas y sin esmalte, más aún cuando estén en contacto directo con los alimentos de preferencia usar guantes de látex. La carne debe tener un color brillante y de aspecto jugoso, de lo contrario significa que tiene varios días almacenada y ya no es fresca.

8. La cantidad de sal puede variar de 1 a 1 3/4 cucharadas, debido a que funciona para curar la carne, que es lo que conserva al producto.

3.2.4. Elaboración de aderezos.

Por definición, y con base a la Legislación Sanitaria Mexicana la mayonesa es el producto emulsificado de aspecto cremoso, elaborado de aceite vegetal comestible, yema de huevo, vinagre, adicionado o no de jugo de limón, sal, edulcorantes, especias, condimentos y aditivos para alimentos, excepto azafrán cúrcuma y espesantes, mientras que el aderezo tipo mayonesa permite incluir en la formulación aditivos alimenticios. Cabe destacar, que la cantidad de lípidos en la mayonesa es de 65 % mínimo, que resulta un alimento con densidad energética elevada. En consecuencia, es deseable incorporar nuevas fuentes de lípidos que sean más saludables, sin que se vea modificada las características de palatabilidad y textura en el producto, con la cualidad que aporten menos calorías y atributos y evaluar su efecto en la calidad sensorial, fisicoquímica, proximal, cantidad y calidad de grasa, densidad calórica, etc. al producto final.

Actualmente hay interés por parte del consumidor de ingerir alimentos funcionales, es decir, que además de que les proporcionen los nutrimentos necesarios para su alimentación, les confieran beneficios a su salud. Por lo que, la suplementación de la base tipo mayonesa o aderezo con productos regionales ricos en flavonoides con significativa actividad antioxidante, como podrían ser la pasta de nuez, mejorarían las cualidades nutritivas del producto. Estos aderezos son elaborados podrían ser elaborados de forma industrial con el toque artesanal, por lo que es necesario desarrollar un proceso tecnológico estandarizado para elaborar la base tipo mayonesa que le permita la preparación y comercialización de sus aderezos con las mismas características de calidad microbiológica, fisicoquímica, sensorial y nutritiva a un menor costo de producción. Actualmente se considera que el mercado de los aderezos es una buena oportunidad de negocio, por lo que la tendencia en desarrollar nuevos productos originales y distintivos que se enfoquen en dos conceptos principales: beneficio en la salud de consumidor y que contenga productos regionales para evaluar la suplementación de los aderezos bajos en grasa saturadas.

3.2.4.1 Elaboración de mayonesa tipo aderezo.

Fundamento: Una emulsión es un coloide estable de agua y aceite en el que uno de ellos se dispersa en forma de gotas en el otro. La emulsión de aceite en agua, como la mayonesa, leche, helados y aderezos, cuyas gotas de aceite están dispersas en la fase continua de agua. Por sus diferencias en densidad (1.0 y 0.92 g/ml) y en polaridad, el agua y el aceite se separan naturalmente, pero se estabilizan para integrar una emulsión mediante el uso de emulsionantes, como en los aderezos, mediante la reducción mecánica del tamaño de los glóbulos de grasa

como en el caso de la homogeneización de la leche, o a través del incremento de la viscosidad mediante la adición de espesantes como en los helados (Badui-Dergal, 2012).

Ingredientes:
2 tazas de aceite vegetal.
100 gramos de pasta de nuez.
6 cucharadas de vinagre blanco.
El jugo de medio limón.
¼ Cucharadita de azúcar.
¾ Cucharadita de sal.
¼ Cucharadita de mostaza de Dijon.
1/8 Cucharadita de pimienta blanca.

Utensilios:
Batidor de globo o batidora eléctrica.
Taza medidora.
Pala de madera.
Recipientes para mezclas.
Frascos de vidrio con tapa.
Cucharas medidoras.
Etiquetas autoadheribles.

Procedimiento:

1. En un recipiente pequeño agregar el vinagre, el jugo de limón, la mostaza, y la pimienta, mezclar hasta disolver e incorporar. Agregar el azúcar y mezclar.
2. En otro recipiente batir las yemas hasta que tomen una coloración amarillo claro y doblen su tamaño en volumen con una consistencia cremosa y espesa.
3. Sin dejar de batir, añadir poco a poco el aceite vegetal dejando caer en forma de hilo fino, cuando se termine agregar la mezcla de vinagre con especias y el agua. Batir hasta incorporar completamente y obtener una consistencia cremosa.
4. Verter la mayonesa en frascos de vidrio con tapa hermética y cerrar perfectamente.

3.3. Casos de éxito sobre la transferencia tecnológica y proyectos vinculados con CIATEJ.

Los proyectos o casos exitosos no son fáciles de definir ni de evaluar, esto es más complejo cuando se evalúan por individuos o instituciones que generan los mismos proyectos; la tentación de una definición y evaluación subjetiva puede ser una situación real de las instituciones. Por ello hoy sabemos que existen metodologías, criterios, términos de referencia, métricas, evaluadores expertos y grupos colegiados en algún tema para determinar si un proyecto merece o no el adjetivo de exitoso.

Hoy en día se tiene una lista interesante de proyectos exitosos de alto impacto del CIATEJ que se han difundido en los últimos años en diferentes escenarios y medios:

1. "AGARED Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves".
2. "Aprovechamiento de subproductos agrícolas de *Capsicum chinense* J., cultivado en dos tipos de suelos de Yucatán, como fuente de compuestos bioactivos"

3. "Contenido nutricional de especies alimenticias nativas de la Península de Yucatán: Manual para el aprovechamiento sustentable y taller para mujeres mayas"
4. "Desarrollo de un producto con metabolitos bioactivos por bacterias *Streptomyces* para el control biológico de hongos patógenos que afectan frutos tropicales en la etapa postcosecha".
5. "Desarrollo de formulaciones con aditivos naturales de postas de tilapia, empacadas al alto vacío y tratamiento térmico, como opción de alimento saludable".
6. "Plataforma tecnológica de acompañamiento de buenas prácticas para el aseguramiento de la calidad en procesos de certificación orgánica de cacao en el estado de tabasco".
7. "Infusiones té de hoja de ramón (*Brosimum Alicastrum*)".
8. "Impulso de la gastronomía mexicana a través de desarrollos tecnológicos y fortalecimiento de la cadena de valor para el sistema producto calabaza (*Cucurbita* sp.)".
9. "Planta procesadora de frutas y verduras -Banco de alimentos de Tepatitlán-Unidad experimental para agregar valor, aumentar la vida útil de los alimentos recibidos y reducir mermas".
10. "Problemas Nacionales Para atender a productores de café de los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca".
11. "Problemas Nacionales para atender a productores de mezcal de los estados de Oaxaca, Guerrero, Aguascalientes y Zacatecas".
12. "Estudio prospectivo tecnológico y competitivo (mapas de rutas estratégicas) aplicables a las cadenas de valor agroindustriales y sus productos en el Istmo de Tehuantepec".
13. "Mejoramiento Genético vegetal Eustoma (*Lisianthus*)".
14. "Fluorescencia Inducida por Laser para la Detección de Bebidas Alcohólicas Adulteradas".
15. "Polinización asistida y producción de semillas de diversas especies de Agave".
16. "El rol del CIATEJ en las Denominaciones de origen"
17. "Participación en la modificación a la norma de chile habanero NOM-189-SCFI-2017".
18. "Evaluación de la calidad de agua de fuentes de abastecimiento con presencia de CDEs y su riesgo potencial a la salud pública tomando como modelo el Lago de Chapala".
19. "Asesoría para la evaluación de la calidad del agua y medidas de control de la contaminación en la laguna de Cajititlán".
20. "Eliminación de contaminantes emergentes del Lago de Chapala".
21. "Monitoreo y Cuantificación de las Emisiones a la Atmósfera Generadas en la Operación de Hornos del Proceso de Cocción de Ladrillo Rojo Tradicional".
22. "Evaluación de candidato a vacuna contra tuberculosis, en contexto de comorbilidad con diabetes mellitus tipo 2".

23. "Plataforma de Point of Care rentable basada en microfluídica para la detección de enfermedades transmitidas por vectores en América Latina"
24. "Aprovechamiento integral de residuos de la industria citrícola".
25. "Evaluación de riesgo en salud infantil".
26. "Composiciones microbianas hechas a la medida para una agricultura sustentable", entre otros.

Por otra parte, la transferencia de tecnología es un proceso que forma parte de la misma Gestión Tecnológica, cuyo propósito principal es la vinculación con diversos actores, los cuales pueden ser de diferente índole, tales como académicos, gubernamentales, empresariales o con emprendedores. En general se podría entender que la transferencia de tecnología es todo el quehacer que desarrolla un centro de investigación o institución de educación superior y que se vincula con distintos actores de un ecosistema, puede también desprenderse una variante de definición, donde la transferencia de tecnología se entiende solo como aquel conocimiento transferido caracterizado por el uso alguna herramienta de la propiedad intelectual (PI).

En este caso nos referiremos a aquellas transferencias de tecnología donde llevan de por medio alguna solicitud o patente gestionada en CIATEJ, esto es, pasar del proceso de patentamiento a la Innovación Tecnológica (IT). Se trata de proyectos vinculados con el sector productivo y que se caracterizaron por el uso de herramientas como la propiedad intelectual y de los procesos de Transferencia de Tecnología adoptados por el CIATEJ, los cuales en su momento fueron considerados como exitosos, se resumirán algunas experiencias de las transferencias de tecnología realizadas a la fecha y que conllevaron alguna figura de licenciamiento.

La Innovación Tecnológica (IT) es clave en un entorno competitivo (conformado por empresas del sector productivo) para llevar beneficios a los ciudadanos, tal como lo han demostrado otras sociedades que le han apostado a la IT (de acuerdo con el Índice de Innovación anual de Bloomberg) como Corea del Sur, Japón, Alemania, Israel, Estados Unidos de Norteamérica y Suecia entre otros. El Índice de Innovación anual de Bloomberg, ya en su séptimo año, analiza decenas de criterios utilizando siete parámetros, que incluyen gasto en investigación y desarrollo, capacidad de producción y concentración de compañías de alta tecnología que cotizan en bolsa. Se sabe que los motores que mueven la IT (quíntuple hélice) son:

i. Las instituciones que generan conocimiento aplicado o tecnologías innovadoras, esto es, las Instituciones de educación superior (IEs) y/o los centros de investigación (CPIs) ya sean públicos o privados.
ii. Sector productivo que asimila la tecnología (conformado por empresas Mipymes en nuestro caso).

iii. Fondos o programas de apoyo gubernamental (Estímulos fiscales o de Innovación entre otros).
iv. La Sociedad misma o los ciudadanos que demandan bienestar y
v. Las soluciones sustentables.

En el 2018 según el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), que administra uno de los parámetros importantes que alimenta el proceso de innovación, como son las invenciones o patentes registradas (output) en México, las cuales fueron 16,424, siendo 91% de extranjeros y solo 9% (1,555) de mexicanos, 345 corresponden a la Ciudad de México y en segundo lugar nacional al estado de Jalisco con 219. Cabe reconocer el loable esfuerzo a través de sus Fondos y programas administrados por las instituciones nacionales y estatales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Secretaría de Innovación Ciencia y Tecnología (SICYT) han venido haciendo, no solo en el apoyo a la protección del conocimiento o invenciones, sino al mantenimiento mismo de uno de los motores claves de la IT.

En tiempos actuales no podemos perder de vista el proceso o gestión del Emprendimiento sustentable cuyo fin es generar soluciones acordes al contexto ambiental. El emprendimiento no es una ciencia ni un arte, es una práctica. La práctica del espíritu emprendedor se centra en la institución que es el vehículo de la Innovación. Se ocupa de la gestión empresarial en tres áreas: el negocio existente, la institución de servicios públicos y la nueva aventura "emprendedora" (Drucker, 2009).

Las instituciones que ofrecen servicios educativos y de investigación (públicos o privados) se centran en cursos multidisciplinarios en aquellas disciplinas donde los estudiantes aprenden los fundamentos del emprendimiento y la innovación para que puedan crear valor económico y social a partir de su conocimiento. Por otra parte, hay quien asegura que en el futuro los jóvenes van a tener que inventarse sus trabajos (emprendimientos); algunas estimaciones del Fondo Económico Mundial señala que entre un 75 y 80% del mercado laboral de los países industrializados en 2030 estará compuesto por trabajadores independientes o temporales (hoy en día por ej. : plataformas Upwork.com, Freelance.com, Kickstarter, Etsy o Business Talent Group, entre otros), donde lo más importante no serán los conocimientos adquiridos sino la automotivación y las "habilidades blandas" como la creatividad, la capacidad para detectar nuevas oportunidades, la facultad de resolver problemas y el trabajo en equipo (Oppenheimer, 2018).

Aunado a lo anterior, así como al momento histórico que vive México, será imperativo para los tomadores de decisión, que los motores estén bien afinados, alineados y en perfecta sincronía para que su impulso sea suficientemente fuerte y trascienda en innovaciones tecnológicas, que impacten con nuevos negocios sustentables, más empresas y empleos que lleven beneficios a la sociedad para mejorar su prosperidad, el riesgo de no proteger la

excelente calidad de la productividad científica mexicana, puede exponernos a que otros se aprovechen de las excelentes ideas y se apropien del conocimiento que se produce en México. El objetivo principal del capítulo es hacer algunas reflexiones sobre las lecciones aprendidas y las áreas de oportunidad que el equipo de la DAVyTT del CIATEJ ha propuesto en el seno del Comité de Innovación (CI), aunado a los tiempos actuales apremiantes por el cuidado de la Soberanía del Conocimiento y la necesidad imperiosa de la generación de empleos a nivel nacional.

3.3.1. Proceso de transferencia de tecnología del CIATEJ.

El CIATEJ ha tenido actividades de PI desde hace más de 25 años, y comenzó a profesionalizar dicha actividad junto con los procesos requeridos para su Transferencia de Tecnología (TT) a partir del 2010, que fue cuando se estableció la DAVyTT, posteriormente se adecuó un centro de patentamiento (CEPAT) y una Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT) virtual reconocida por la Secretaría de Economía; desde entonces se han venido profesionalizando las actividades y procesos de TT (figura 3.5).

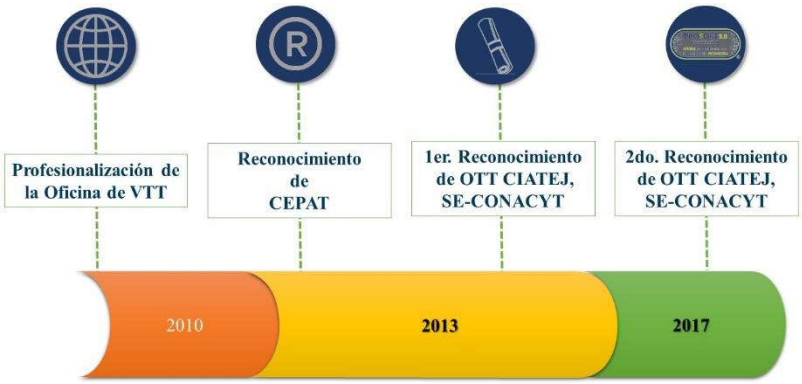


Figura 3.5. Evolución de la DAVyTT en CIATEJ.

La DAVyTT está conformada por siete profesionales: dos que atienden el CEPAT y que internamente se denomina Oficina de Propiedad Intelectual, dos para gestionar asuntos de la Oficina de Vinculación, un profesional que atiende asuntos jurídicos inherentes a la generación de contratos o convenio empresariales, un profesional para las funciones de atención a clientes y un director adjunto (no oficial ante Órgano de Gobierno) que coordina al grupo de profesionales de la DAVyTT. Las funciones generales de la DAVYTT se resumen en aquellas actividades de apoyo que ayudan a: la adjudicación de proyectos, generar esquemas de asociación y relaciones colaborativas con el sector productivo, la prospección de mercados, impulsar la innovación, proteger el conocimiento, promover la generación de empresas de base tecnológica, la difusión, la conformación de redes colaborativas, promoción y la divulgación de las tecnologías disponibles.

Adicional a lo anterior, el CIATEJ estableció en 2015 un comité de Innovación (CI) que preside el Director General en turno donde el secretario técnico es el Director adjunto de la

DAVyTT, el objetivo principal del CI es ayudar en la toma de decisiones de forma colegiada en temas relevantes en la administración de la TT y PI; cabe señalar que los procesos y procedimientos de la DAVYTT, así como de la OTT están enmarcados en la Ley de Ciencia y Tecnología y sus correspondientes lineamientos de PI, de vinculación y del mismo CI.

El proceso de TT (ver Figura 3.6) se resume en una suma de procesos centrados en agregar valor a los resultados de la I+D; un primer piso de Desarrollo Tecnológico que incluye procesos de evaluación y validación de los resultados de I+D, donde aparecen procesos de pre evaluación comercial, aspectos normativos, pruebas de concepto a nivel laboratorio y piloto, pre evaluación técnica, económica y financiera, estrategia divulgación y de protección del conocimiento; un segundo piso de procesos de desarrollo comercial, de promoción o comercialización tecnológica, desarrollo de presentaciones ante distintos actores (inversionistas), desarrollo de modelos de transferencia, de modelos de negocio, validación de mercado y formalización de convenios de opción de licencia o de licenciamiento en su caso; un tercer piso de Licenciamiento, con actividades de seguimiento, de monitoreo, prototipado y en su caso de pre incubación de empresa de base tecnológica (EBT).

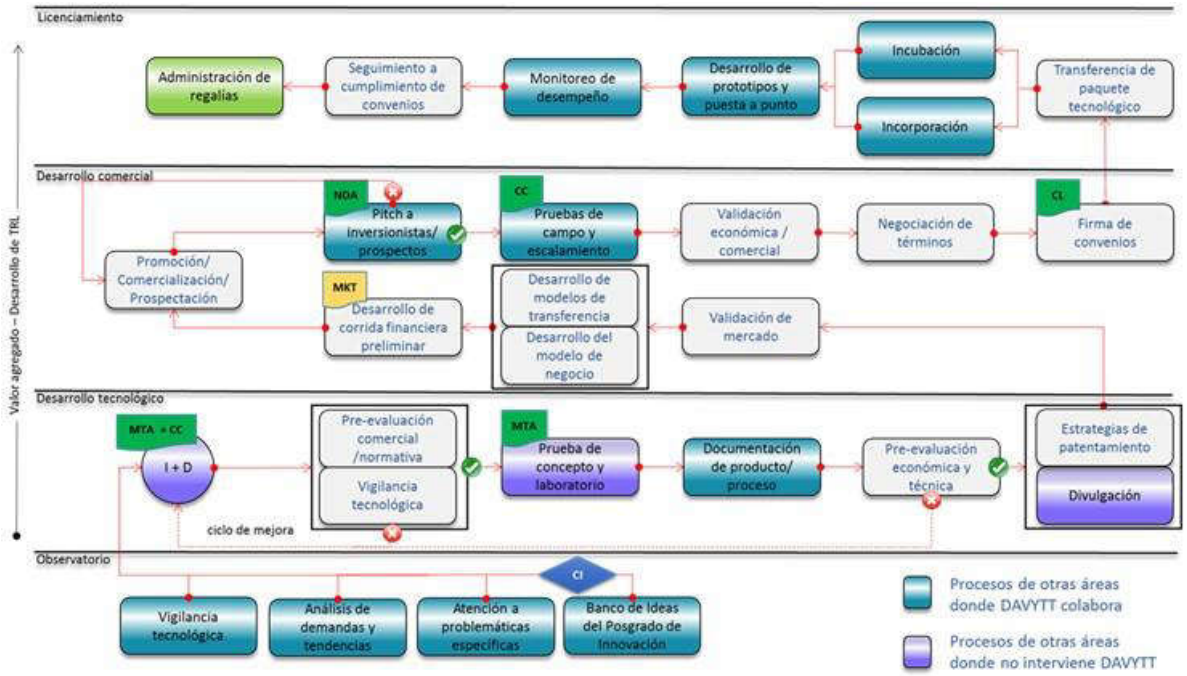


Figura 3.6. Proceso de Transferencia de Tecnología del CIATEJ.

3.3.2. Evaluación de Tecnologías y Proyectos.

Hace poco más de 12 años en CIATEJ se ha implementado un sistema maestro institucional de la Gestión de la Calidad (SGC) basado en ISO9001:2015. Dicho sistema utiliza otras normatividades que apoyan el desarrollo de los proyectos y los procesos claves de I+D, Servicios Tecnológicos y la Formación de Recursos Humanos. En el caso de los proyectos, se utilizan principalmente normatividades del sistema de la gestión tecnológica (NMX-GT-

001-IMNC-2007, NMX-GT-002-IMNC-2008, NMX-GT-003-IMNC-2008 y NMX-GT-004-IMNC-2011) así como las diez áreas de conocimiento del "Project Management Institute" (PMI) que se coordina a través de la oficina de administración de proyectos del CIATEJ.

En la figura 3.7, se aprecia que a partir de los requisitos tecnológicos (problemas de mercado) se propone una solución tecnológica basada en las capacidades de la institución, en el entorno o contexto actual, las políticas institucionales que dicte la alta dirección, para que las áreas operativas de la organización administren un proyecto innovador considerando un ciclo de planeación, proveeduría, protección y vigilancia tecnológica.

Cabe mencionar que la parte normativa y gobernanza para los procesos de Transferencia de Tecnología del CIATEJ, donde se incluyen los aspectos de PI, están enmarcados en la Ley de Ciencia y Tecnología, en los Lineamientos de Vinculación, de Propiedad Intelectual y los del Comité de Innovación vigentes. Para una evaluación holística de las tecnologías o proyectos, la DAVyTT ha empezado a utilizar metodologías que han ido madurando para dicho propósito, una de ellas es la "Metodología para la medición del potencial de transferencia tecnológica".

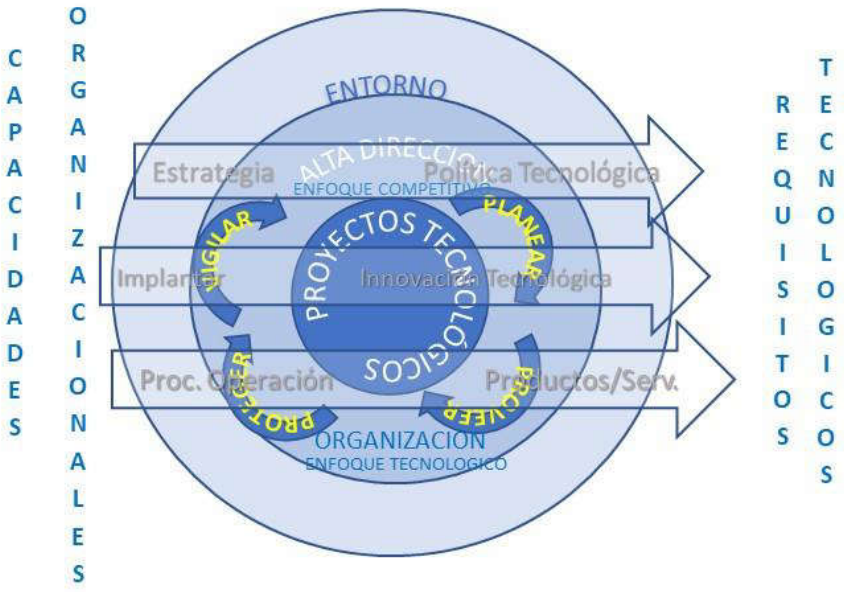


Figura 3.7. Modelo del Sistema de Gestión Tecnológica

El proceso de investigación y desarrollo tecnológico que se lleva a cabo en el CIATEJ para el cumplimiento de su misión, debe orientarse a generar resultados, ya sea en la forma de productos, servicios, procesos o equipos nuevos o mejorados, que contribuyan a dinamizar el desarrollo de los diversos sectores económicos y sociales que atiende en la región y en el país de manera sustentable y efectiva, mediante la generación de conocimiento de vanguardia

y la aplicación innovadora de la ciencia y la tecnología. Esto implica el desarrollo de diversas actividades que tienen que ver con la aceptación de las innovaciones por parte de la sociedad y/o los sectores a los que se dirige, la valorización de la tecnología, su debida protección y gestión, su inserción en las organizaciones o espacios de explotación productiva y la medición de sus resultados e impactos. Estas actividades, entre otras, son los que integran el proceso de transferencia de tecnología antes mencionado.

Actualmente se cuenta con un inventario extenso de tecnologías protegidas (más de 180 registros entre solicitudes y patentes) que se encuentran en diversos puntos de desarrollo o madurez, por lo que se hace necesario prever identificar aquellas que puedan ser transferidas en el menor tiempo posible y plantear los proyectos que permitan llevar a cabo dichas transferencias con las mayores probabilidades de éxito. Con este propósito se inició la construcción de una metodología, llamada METRA, buscando integrar mecanismos objetivos de evaluación basados en indicadores o criterios cuantitativos sobre el avance de los proyectos a partir de información proporcionada por los propios investigadores, pero contando a la vez con una evaluación cualitativa del equipo de la DAVyTT. Los criterios y forma de llenar este formato se describen a continuación:

METRA se ha pensado como una metodología que pueda coordinar todo el proceso creativo, desde la gestación de un proyecto de investigación y desarrollo hasta la transferencia de los resultados, integrando una estructura de toma de decisiones basadas en mejores prácticas para incrementar las probabilidades de éxito de las innovaciones, entendido éste como su contribución efectiva al desarrollo sustentable de los diversos sectores económicos y sociales que atiende CIATEJ en la región y en el país. METRA considera etapas y puntos de decisión. En esta primera versión de la metodología, considera tecnologías ya disponibles en el inventario, incluye un conjunto de 25 indicadores distribuidos en cinco áreas:

I. proyecto de I+D+i.
II. Propiedad y derechos
III. Potencial tecnológico.
IV. Potencial de mercado
V. Impacto.

Cada uno de estos indicadores puede representar una calificación de 1 a 4 puntos, dependiendo de la respuesta que seleccionará el evaluador entre cuatro opciones con base en la información que proporcione el investigador, el equipo de la DAVyTT o sea investigada por el propio evaluador. En la figura 3.8, se pueden apreciar las cinco áreas comentadas donde sus indicadores son:

Proyectos de I+D.

1) La madurez de la Tecnología “Technology Readness Level” (TRL),
2) Tiempo faltante para integrar un paquete tecnológico transferible,
3) Inversión requerida para concluir el proyecto de I+D de acuerdo al TRL,

4) Inversión requerida para el escalamiento y explotación industrial,
5) Inversión requerida para la comercialización de la tecnología;

Propiedad y derechos.

6) Estatus de la PI
7) Escala geográfica de la protección
8) Entidades involucradas en el proyecto y la PI
9) Entidades potencialmente involucradas en la TT
10) Facilidad para monitorear infringimientos a la PI

Potencial tecnológico.

11) Aplicaciones de la tecnología en el desarrollo de nuevos productos o procesos
12) Potencial de nuevos proyectos (familia de patentes)
13) Desempeño de los estándares tecnológicos vs tecnologías actuales
14) Capacidad e interés de inversionistas en la TT
15) Capacidad en interés de empresarios/emprendedores

Potencial de mercado.

16) Escala geográfica del mercado de nuevos productos o servicios
17) Tamaño del mercado
18) Crecimiento potencial del mercado
19) Posibilidad de acceder al mercado
20) Valor percibido y aceptación potencial del mercado meta

Impacto.

21) Retroalimentación de la industria
22) Potencial para contribuir en el desarrollo económico
23) Potencial para contribuir en la mejora al medio ambiente
24) Potencial para contribuir en la salud o al bienestar de las personas
25) Riesgo de una percepción social negativa del impacto o la comercialización

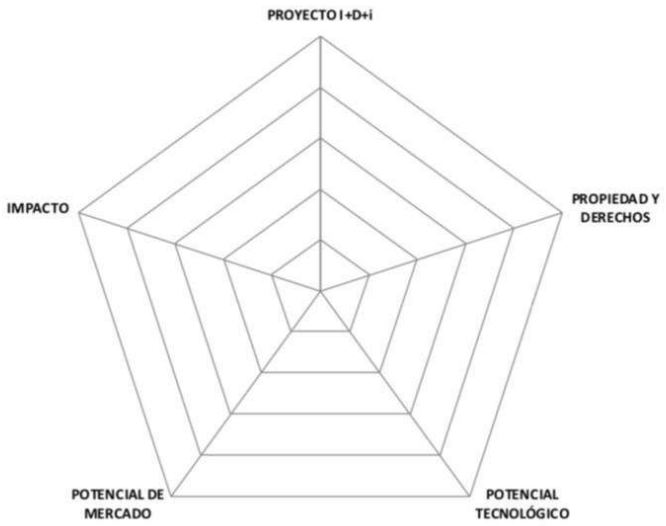


Figura 3.8. Modelo propio para evaluar tecnologías CIATEJ.

3.3.3. Resultados y primeros logros.

Desde el 2013 se inició un impulso a las tecnologías protegidas mediante convocatorias afines como fue el caso de los FINOVA principalmente, que le permitían a la institución invertirle a aquellas tecnologías que mostraban cierta viabilidad, así como por acuerdos tomados en las sesiones del CI, aunado a que en el programa estratégico de mediano plazo del periodo 2014-2018 estaban comprometidos las metas e indicadores del convenio de administración por resultados (CAR) 26 solicitudes de patente por año al término del periodo y 5 licenciamientos acumulados al final del mismo, ambos indicadores fueron alcanzados sin mayor problema. Entre el 2018 y 2019 se ha estado aplicando por primera vez la metodología (METRA), para contar con una herramienta objetiva de evaluación basada en indicadores cuantitativos complementados con una evaluación cualitativa del equipo. En una primera vuelta, se evaluaron 45 tecnologías protegidas, entrevistando al investigador líder o a un miembro del equipo de desarrollo en cada caso, recolectando información de las patentes y otras fuentes.

Dicha experiencia fue interesante porque una coordinadora externa recabó información e hizo algunas interpretaciones como: existen proyectos suspendidos por falta de recursos o de espacios de pruebas y validación a escala industrial o de explotación; se observaron proyectos que compartiendo bases de conocimiento y/o recursos, no se desarrollan de manera colaborativa, dispersando la inversión y restando alcance e impacto a los resultados; proyectos que sin ser de ciencia básica no tienen un "destino" claro en términos de la transferencia y explotación de los resultados; proyectos cuyos resultados o trayectoria se alejan en la práctica de lo protegido en la patente; proyectos que carecen del apoyo de un equipo multidisciplinario que defina una estrategia clara y acompañe los esfuerzos del equipo investigador en todas las etapas del proyecto, desde su gestación hasta la transferencia en estrecha alineación con una estrategia general.

En relación con esta herramienta lo que sigue es terminar de definir los procesos y actividades a desarrollar en cada etapa, indicando roles y responsabilidades, tiempos y recursos requeridos y entregables a generar, así como definir los criterios, evaluadores y posibles cursos de acción en cada punto de decisión que permitan integrar procesos globales de evaluación. Así también a finales del 2018, con el propósito de incursionar en temas de generación de EBT considerando tecnologías protegidas del CIATEJ, se buscaron proyectos "avanzados" o que en otro momento se catalogaron como exitosos para invitar a emprendedores externos que participaran en un programa del ITESM llamado "Smart living" cuyo objetivo principal era capacitarse en temas de emprendimiento, tales tecnologías fueron: "Bioestimulante agrícola", "Tostador de café", "Olvanil", "Bioluminiscencia", "Suplemento de calcio", "Proteína de microorganismos". De ese ejercicio resultaron dos emprendedores externos que hoy ya conformaron una empresa de base tecnológica respectivamente, cuyas tecnologías de por medio están protegidas no solo en México sino en varias partes del mundo por la vía del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT).

En relación con el retorno económico y social de los actores en los 12 licenciamientos realizados a la fecha en favor de la institución y su comunidad, aquellos han contribuido con una inversión de alrededor de 1 millón de pesos en pagos adelantados, que han permitido hacer inversiones en equipos de laboratorio y de planta piloto del CIATEJ, así como para los gastos y derechos internacionales en el caso de las PCT. Otro punto importante es que este año ya se tuvieron ingresos de las primeras regalías por alrededor de $121,000 pesos, los cuales servirán para reinvertir en tecnologías y para incentivar a los investigadores de acuerdo con los lineamientos de vinculación y de PI vigentes.

3.3.4. Oportunidades y conclusiones.

Hasta el cierre del 2018, el CIATEJ no ha tenido dificultades con las metas que se plantearon, sin embargo, es una gran oportunidad rehacer planteamientos acordes a los nuevos programas y convenios de administración por resultados "2019-2024". Las principales lecciones aprendidas han sido:

- ✓ En PI, los investigadores cuentan con una cultura de protección y dominio en el desarrollo de la estructura y diseño de una estrategia de protección intelectual, cada patente tiene un objetivo claro.
- ✓ El personal de la Oficina de patentes tiene estrategias para no cargar financieramente a la institución, particularmente en abandonos adecuados y pagos efectivos del mantenimiento.
- ✓ Las políticas institucionales para mantener protecciones vía PCT son a cargo de los aliados privados.
- ✓ El hecho de ser líder en PI a nivel regional y nacional, actores importantes en la innovación abierta, voltean a ver al CIATEJ para plantear nuevos modelos de negocio.
- ✓ Se dispone de un portafolio atractivo de registros de propiedad industrial.
- ✓ Se reconoce e incentiva económicamente al personal innovador que protege el conocimiento (hasta con 50 mil pesos para autores de solicitud de patente, patrocinado por el gobierno del estado de Jalisco).
- ✓ Se tiene mas experiencia en la generación de bases de licenciamiento y conformación de paquetes tecnológicos.
    - Oportunidades:
- ✓ Mejorar las investigaciones previas tipo "due dilligence" de los candidatos a licenciar tecnologías.
- ✓ Incrementar el contenido innovador de las tecnologías.
- ✓ Generar más proyectos interinstitucionales.
- ✓ Acelerar la auto sustentabilidad vía retorno social del conocimiento protegido.
- ✓ Motivar a la comunidad con mejores lineamientos de vinculación y de PI, que les permita resolver los conflictos de interés.
- ✓ Fomentar la cultura emprendedora entre la comunidad.

- ✓ Incrementar las capacidades en estrategias de protección y buscar certificaciones en este rubro.
- ✓ Plantear pocas solicitudes de patente nacionales, más por la vía PCT.
- ✓ Incluir en el nuevo CAR emprendimientos de EBT.
- ✓ Recalcular los indicadores CAR en función de las capacidades.

Es perfectible la metodología para considerar los proyectos exitosos dentro de las instituciones, así como para evaluar la atractividad de las tecnologías en su proceso de transferencia; el tema de propiedad intelectual es promisorio y estratégico para el resguardo de la Soberanía científica, puede suceder que si la buena ciencia se va de México, esta regrese en forma de tecnología con patentes que los consumidores tendremos que pagar, perdiendo la oportunidad por un lado de proteger las ideas, respetar el saber y la gran biodiversidad de México, y por otro lado los jóvenes no tendrían oportunidad de sembrar su propio futuro con emprendimientos que les permita generar un autoempleo, ni la riqueza ni el bienestar a la sociedad.

3.4 Referencias Bibliográficas.

Alonso, Olmedilla, Granado Lorencio, Herrero Barbudo, and Blanco Navarro. 2004. "Productos Cárnicos Funcionales Preparados Con Nuez. Evaluación Del Efecto Funcional," 37–41. http://hdl.handle.net/10261/5745.

Andresen, Mette S., Bjørn S. Dissing, and Hanne Løje. 2013. "Quality Assessment of Butter Cookies Applying Multispectral Imaging." *Food Science & Nutrition* 1 (4): 315–23. https://doi.org/10.1002/fsn3.46.

Badui-Dergal, S. 2012. *La Ciencia de Los Alimentos En La Práctica*. México: Pearson Educación.

Drucker, P F. 2009. "Innovation and Entrepreneurship." Harper Collins e-books USA. 2009. https://www.purdue.edu/entr/.

Joshi, Aditya U., Changqi Liu, and Shridhar K. Sathe. 2015. "Functional Properties of Select Seed Flours." *LWT - Food Science and Technology* 60 (1): 325–31. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.038.

Maciel, Laércio Galvão, Flávia Letícia Ribeiro, Gerson Lopes Teixeira, Luciano Molognoni, Jacson Nascimento dos Santos, Itaciara Larroza Nunes, and Jane Mara Block. 2020. "The Potential of the Pecan Nut Cake as an Ingredient for the Food Industry." *Food Research International* 127: 108718. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108718.

Marchetti, L., A. N. Califano, and S. C. Andrés. 2018. "Partial Replacement of Wheat Flour by Pecan Nut Expeller Meal on Bakery Products. Effect on Muffins Quality." *Lwt* 95 (June 2017): 85–91. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.050.

Oppenheimer, A. 2018. "¡Sálvese Quién Pueda!" Penguin Random House. 2018. https://www.penguinrandomhouse.com/books/599061/salvese-quien-pueda-by-andres-oppenheimer/.

Pineli, Lívia de Lacerda de Oliveira, Mariana Veras de Carvalho, Lorena Andrade de Aguiar, Guilherme Theodoro de Oliveira, SÔnia Maria Costa Celestino, Raquel Braz Assunção Botelho, and Marileusa D. Chiarello. 2015. "Use of Baru (Brazilian Almond) Waste from Physical Extraction of Oil Toproduce Flour and Cookies." *LWT - Food Science and Technology* 60 (1): 50–55. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.035.

Salvador, A. A., R. Podestá, J. M. Block, and S. R.S. Ferreira. 2016. "Increasing the Value of Pecan Nut [Carya Illinoinensis (Wangenh) C. Koch] Cake by Means of Oil Extraction and Antioxidant Activity Evaluation." *Journal of Supercritical Fluids* 116: 215–22. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.05.046.

Sánchez-García, Rocío, Hortensia Reyes-Morales, and Marco Aurelio González-Unzaga. 2014. "Preferencias Alimentarias y Estado de Nutrición En Niños Escolares de La Ciudad de México." *Boletin Medico Del Hospital Infantil de Mexico* 71 (6): 358–66. https://doi.org/10.1016/j.bmhimx.2014.12.002.

Tojo Sierra, R., R. Leis Trabazo, and R. Tojo González. 2001. *Alimentos Funcionales y Nutracéuticos*. *Revista Espanola de Pediatria*. Vol. 57.

AGRONOMÍA SUSTENTABLE Y APROVECHAMIENTO ALTERNATIVO DE LA NUEZ

México se ha posicionado como líder mundial en la producción y comercialización de la nuez pecanera. En este contexto, Nuevo León es considerado el quinto estado con mayor área sembrada de nogal pecanero distribuida en 26 municipios; siendo Rayones, Bustamante y General Terán los que concentran una mayor área sembrada y producción. Este posicionamiento resulta favorable para los diversos sectores que participan en la cadena productiva. Sin embargo, existen problemáticas relacionadas con el bajo rendimiento productivo del nogal y la baja calidad de la nuez y en consecuencia menor precio de las diversas variedades que produce el Estado, particularmente criollas. En esta obra, se abordan temas relevantes en el cultivo del nogal como lo es el conocimiento de su fenología, micorrización y riego que pueden contribuir a dar respuesta a estas problemáticas. Adicionalmente, se hace un esfuerzo en sugerir un enfoque distinto en la comercialización de la nuez, que sea más integral en cuanto a la obtención y uso de las distintas fracciones que se pueden obtener como lo son aceites, pastas agotadas de aceite y cáscaras en distintas aplicaciones orientadas además de la industria alimentaria, a la textil y de biocompuestos poliméricos.

EDITORES

NOHEMÍ DEL CARMEN REYES VÁZQUEZ

JUAN LUIS MORALES LANDA

GOBIERNO DE MÉXICO

CONACYT

CIATEJ