

Colección Trópico Húmedo

La producción de
nuez
de macadamia

en el trópico húmedo de México:

avances y retos en la gestión
de la innovación

Esteban Escamilla Prado
José Domingo Robledo Martínez
Edgar Iván García Sánchez



Universidad Autónoma Chapingo

Colección Trópico Húmedo

**La producción de nuez de macadamia
en el trópico húmedo de México:**

avances y retos en la gestión de la innovación

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

RECTOR

Dr. Ramón Valdivia Alcalá

DIRECTOR GENERAL ACADÉMICO

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Ing. J. Guadalupe Gaytán Ruelas

DIRECTOR GENERAL DE ADMINISTRACIÓN

M.C. Domingo Montalvo Hernández

DIRECTOR GENERAL DE PATRONATO UNIVERSITARIO

Ing. Raúl Reyes Bustos

DIRECTOR GENERAL DE DIFUSIÓN CULTURAL Y SERVICIO

Dr. V. Horacio Santoyo Cortés

DIRECTOR DEL CIESTAAM

Lic. Rocío Guzmán Benítez

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES, DGDCyS

Colección Trópico Húmedo

**La producción de nuez de macadamia
en el trópico húmedo de México:**

avances y retos en la gestión de la innovación

Esteban Escamilla Prado
José Domingo Robledo Martínez
Edgar Iván García Sánchez

Universidad Autónoma Chapingo

Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial

Esta obra fue dictaminada por pares académicos

Esteban Escamilla Prado, José Domingo Robledo Martínez,
Edgar Iván García Sánchez
Colaboradora: María Guadalupe Arroyo Pozos

Diseño de portada: Carlos de la Cruz
Corrección de estilo: Augusto Alejandro Merino Sepúlveda
Formación: Gloria Villa Hernández

Primera edición, noviembre 2013
ISBN: 978-607-12-0324-3 (colección)
ISBN: 978-607-12-0328-1 (volumen)

D.R.® Universidad Autónoma Chapingo
km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230
Tel. 01(595) 952-1500, ext. 5142.
Correo electrónico: isbnchapingo@gmail.com

Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)
<http://www.ciestaam.edu.mx>

Todos los derechos reservados. Cualquier forma de reproducción (total o parcial), distribución, comunicación pública o transformación de esta obra, por cualquier otro medio requiere autorización del Representante Legal de la Universidad Autónoma Chapingo, salvo en las excepciones previstas por la Ley Federal del Derecho de Autor.

Contenido

Introducción	11
Origen e historia de la macadamia	11
Introducción de la macadamia a México	12
Valor nutritivo	12
Usos	13
<i>Modos de uso de la macadamia:</i>	14
1. Contexto internacional de la producción y consumo	15
1.1 Producción y distribución mundial	15
1.2 Principales países consumidores	18
1.3 Producción nacional de macadamia	19
1.3.1 <i>Valor de la producción nacional</i>	20
1.3.2 <i>Macadamia en Veracruz</i>	20
1.3.3 <i>Macadamia en Puebla</i>	21
2. Principios para el establecimiento de plantaciones	22
2.1 Superficie apta para el cultivo de macadamia	22
2.2 Requerimientos agroclimáticos	23
2.2.1 <i>Clima</i>	23
2.2.2 <i>Altitud</i>	23
2.2.3 <i>Temperatura</i>	24
2.2.4 <i>Viento</i>	24
2.2.5 <i>Suelo</i>	24
2.2.6 <i>Drenaje</i>	25
2.2.7 <i>Pendiente</i>	25
2.2.8 <i>Requerimiento de agua</i>	26
2.3 Variedades	26
2.3.1 <i>Variedades alrededor del mundo</i>	27
2.3.2 <i>Variedades introducidas en México</i>	29
2.3.3 <i>Selecciones de macadamia en México</i>	31
3. Manejo agronómico	33
3.1 Propagación de plantas	33
3.2 Condiciones para la Instalación del vivero	33
3.3 Construcción del vivero	34
3.4 Propagación	35
3.4.1 <i>Semilleros</i>	35
3.4.2 <i>Los sustratos</i>	36

3.4.3	<i>Siembra</i>	36
3.4.4	<i>Llenado de bolsa o macetas</i>	37
3.4.5	<i>Trasplante</i>	38
3.4.6	<i>Injertos</i>	38
3.5	Los sistemas de cultivo de macadamia	49
3.6	Establecimiento de plantación	50
3.6.1	<i>Preparación del terreno</i>	50
3.6.2	<i>Diseño y trazo</i>	50
3.6.3	<i>Ahoyado</i>	51
3.6.4	<i>Trasplante</i>	51
3.7	Manejo del cultivo	53
3.7.1	<i>Control de arvenses</i>	53
3.7.2	<i>Podas</i>	54
3.7.3	<i>Nutrición</i>	55
3.7.4	<i>Plagas y enfermedades</i>	58
3.8	Cosecha	61
3.8.1	<i>Indicadores de cosecha</i>	61
3.8.2	<i>Rendimientos</i>	62
3.8.3	<i>Estacionalidad de la producción</i>	63
4.	Manejo poscosecha	63
4.1	Recepción	64
4.2	Descascarado	64
4.3	Clasificación	64
4.4	Presecado	65
4.5	Secado	65
4.6	Quebrado de la concha	66
4.7	Selección	67
4.8	Empaque y almacenamiento	68
4.9	Procesamiento	68
4.10	Presentación del producto	69
5.	Comercialización y red de abasto	70
5.1	Comercialización en el mercado nacional y estatal	70
5.2	Red de abasto	73
5.2.1	<i>Agroindustria Artesanal</i>	74
5.2.2	<i>Agroindustrias Empresariales</i>	76
6.	Dinámica de la innovación	79
6.1	Concepto de innovación	79
6.2	Gestión de la innovación en la cadena productiva de macadamia	80
6.2.1	<i>El modelo AGI-DP</i>	80

6.2.2 <i>La metodología AGI-DP</i>	81
6.3 Análisis de la innovación en macadamia	82
6.4 Perfil del Productor y atributos de la unidad de producción	83
6.5 Indicadores utilizados para medir el grado de innovación	85
6.6 Indicadores de innovación en el cultivo de macadamia en México	86
6.6.1 <i>Índice de adopción de innovaciones (InAI)</i>	86
6.6.2 <i>Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI)</i>	89
7. Perspectivas del cultivo de la macadamia en México	91
Referencias citadas	95
Anexos	103
Anexo 1. Catálogo de innovaciones en plantaciones de macadamia	103
Anexo 2. Tasa de adopción de innovaciones en la producción de macadamia en Veracruz, México	104
Apéndice A. Botánica	106
Apéndice B. Valor nutritivo	111
Apéndice C. Aplicaciones y sustancias que contiene	112
<i>Modos de uso de la macadamia</i>	113
Abreviaturas usadas	115
Índice de cuadros, figuras y fotografías	117

Introducción

La macadamia (*Macadamia spp*) es un árbol frutal originario de Australia, un cultivo exótico con gran potencial debido a que produce una de las nueces más finas del mundo, se estableció en las zonas cafetaleras de algunos estados productores de México hace poco más de 30 años como un cultivo alternativo. Por su alto contenido de aceite mono insaturado, es un alimento de excelente calidad y valor nutritivo, esta nuez es consumida en forma natural o industrializada, como botana, en galletas, confitería, paletas y nieves, así como en una amplia gama de platillos. Por la calidad de su fruto y sus importantes beneficios para la salud, permiten catalogar este árbol como uno de los cultivos con gran valor comercial y creciente demanda en el mercado internacional. Este trabajo presenta un panorama actual del cultivo de macadamia en México, considerando estados productores, tecnología de producción, cosecha, transformación, mercado y comercialización, en la perspectiva de aportar elementos técnicos que permitan al usuario conocer la importancia del cultivo y servir como marco de referencia para trabajos con temáticas relacionadas a esta especie frutal.

Origen e historia de la macadamia

La colonización de Australia por los Británicos comenzó en 1788, pero fue hasta 1857 que se inició la historia de la macadamia. Ferdinand Von Mueller, botánico de Melbourne y Walter Hill, Director del jardín Botánico de Brisbane, realizaron colectas en los bosques, alrededor del Río Pino, en la Bahía Moretón, Distrito de Queensland, Australia. Las semillas de árbol del cual se cosechan las nueces de macadamia los aborígenes australianos la denominaron "*Kindal Kindal*", luego se le llamó nuez de Queensland y después nuez de Australia (Canet, 1983; Robledo, 2003; Robledo, Escamilla y Paz, 2006).

Los botánicos descubrieron unas especies de árboles de la familia Proteaceae, estas especies no se reportaban como género dentro de la familia, por lo que en 1858 Mueller establece un nuevo género, *Macadamia*, nombrándolo así en honor de John Mac Adam (1827-1865), Secretario del Instituto Filosófico de Victoria, médico y químico australiano.

Introducción de la macadamia a México

En 1955, un Italiano llevó 100 árboles de macadamia de diferentes variedades a Huauchinango, Puebla donde los estableció en los ranchos, los Patitos y San Andrés (ASERCA, 2000). En los años 1968 y 1969 el Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ), como parte de un programa de diversificación de cultivos en zonas cafetaleras, importó cerca de 1 000 árboles de semilla de San Diego, California. El germoplasma se distribuyó en algunos estados cafetaleros estableciéndolos en lotes de pruebas en Guerrero, Jalisco, Nayarit y Veracruz. El Sr. Enrique Bautista, en 1971 estableció en la región de Uruapan, Michoacán las primeras huertas de macadamia con lo que se inicia la producción comercial de esta especie (Bautista, 1986). En el bienio 1978-1979, el INMECAFÉ introdujo cultivares comerciales provenientes de Hawái y California, que se plantaron en lotes de prueba en Michoacán y Chiapas (Mosqueda, 1994).

Posteriormente, la especie se distribuyó a varios estados, entre ellos Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Guerrero, Nayarit, Jalisco, Chiapas y Colima. En 1995 se estimaba una población de 228 000 árboles de macadamia establecidos en el país (Martínez y Cooper, 1995).

Valor nutritivo

De acuerdo con la Sociedad Australiana de Macadamia (Australian Macadamia Society, 2012), la nuez que nos ocupa es un alimento con alto contenido energético. Los aceites naturales de la macadamia contienen 78% de aceites mono insaturados, incluso superior al del aceite de oliva. Las investigaciones han mostrado que los aceites mono insaturados pueden ayudar a reducir el colesterol en la sangre y los riesgos asociados de una enfermedad cardiovascular. Estas nueces son una buena fuente de proteína, calcio, potasio y fibra dietética, además de un bajo contenido de sodio. Esas características, son consideradas como importantes para una buena salud y bienestar.

El consumo regular y moderado de seis a 20 nueces al día, puede reducir activamente el riesgo de una enfermedad cardiovascular. En pruebas clínicas se ha demostrado que reduce 7% el nivel de colesterol en cuatro semanas. La incidencia de una afección cardíaca es significativamente menor en personas que comen

nueces más de cinco veces por semana, que en aquellas que lo hacen menos de una vez a la semana.

Usos

La nuez de macadamia es exquisita, de buen sabor, alto poder alimenticio, está considerada como la más fina del mundo, se utiliza por el mercado gourmet; como un aditivo especial en cualquier clase de comidas, ensaladas y en cócteles.

Este producto es utilizado por la industria confitera, en diferentes presentaciones y elaboraciones como chocolates, galletas, pasteles, helados y postres. Las almendras pueden consumirse de forma natural (crudas), asadas, saladas o sazonadas, según el gusto (Fotografía 1). Además, puede consumirse como un suplemento por personas con altos niveles de colesterol en sangre.

En Australia, aproximadamente el 60% de la población de adultos tiene sobrepeso, por lo que las investigaciones están avanzando en entender el papel que juega la macadamia.

Estudios clínicos han demostrado que en el corto plazo, dietas moderadamente altas en grasas enriquecidas con nueces de macadamia, aguacate o cacahuates no aumentan el peso corporal, en comparación con dietas bajas en grasas.

El aceite de macadamia es uno de los más saludables y apropiado para usarse como aceite de ensalada y de cocina; con la ventaja de tener un punto inferior para flamear que con relación a otros aceites vegetales, incluso sobrepasando las cualidades del aceite de oliva.

Por su alto contenido de ácido palmitoleico, la cosmetología se interesa en el aceite de macadamia para la elaboración de productos como cremas hidratantes para la piel, jabones y aceites para masaje.

Fotografía 1.

Presentaciones de nuez de macadamia



Fuente: Imágenes de campo.

Por su fino aroma, es considerada como una de las nueces comestibles más nobles. Ligeramente tostada con o sin aceite de coco y sal incrementa su aroma.

Modos de uso de la macadamia:

- Cruda o tostada, entera o despedazada.
- La almendra procesada se utiliza para chocolatería, repostería, puré de nuez, salsas y helados.
- La nuez de menor calidad puede ser destinada para la obtención de aceite comestible, jabones y cosméticos.
- La fibra obtenida luego de la extracción del aceite puede ser usada como alimento para ganado.
- El pericarpio o cáscara verde debe estar un año en compost antes de servir como abono, se usa como cubierta de suelo.

- La concha o endocarpio contiene celulosa por lo que es utilizada como combustible y puede ser usada para el secado de las nueces así como para tostar café y la obtención de carbón vegetal.

1. Contexto internacional de la producción y consumo

1.1 Producción y distribución mundial

Las zonas de producción más importantes de esta especie son Australia, Hawái, Sudáfrica, Kenia, Malawi, Guatemala, Brasil, Costa Rica y Zimbabue, otros países donde también se cultiva pero en menor proporción son: Estados Unidos, Israel, México, Taiwán, Tanzania y Tailandia, tal como se aprecia en la figura siguiente.

Figura 1.

Distribución mundial de la nuez de macadamia



Fuente: www.macadamia.org.uk (2013).

El alto valor de mercado de las nueces y la necesidad de diversificación de la agricultura han llevado al aumento de su producción en algunos países subdesarrollados. La Isla de Hawái, fue el mayor productor y comercializador en el siglo pasado, pero su producción se ha mantenido constante en los últimos 10 años debido a la ausencia de nuevas plantaciones. Sudáfrica se está convirtiendo en un productor importante ya que el país tiene 1,4 millones de árboles juveniles y otros 934 000 árboles en inicio de producción (Nagao, 2011).

Estadísticas de la Sociedad Australiana de Macadamia (AMS)(2012), muestran que la producción mundial es de aproximadamente 131 117 t de nuez en concha, y la mayor parte de la producción proviene de Australia (28%), Hawái (12%), Sudáfrica (25%), Kenia (13 %), Malawi (7%), Guatemala (6%), Brasil (3%), Zimbabue (1%) y otros (85%).

Pedro Piza (2006) señala que la producción de macadamia en el mundo es de 108 907 toneladas métricas de nuez en concha, y de 27 460 toneladas métricas de nuez en almendra, donde Australia aporta el 35% de la nuez en concha y el 37% de la nuez en almendra; Hawái contribuye con el 22% de ambas presentaciones; Sudáfrica 15 y 16%; Kenia 11 y 9%; Guatemala 6 y 5%, y Brasil 3%, respectivamente. Hay otros países que producen macadamia, como México, pero su producción no es significativa.

Entre 1996 y 2004, la producción mundial aumentó 42% debido al gran incremento de Sudáfrica, Australia y Guatemala. Datos de la Asociación Sudafricana de nuez de macadamia, indican que un total de 26 123 toneladas métricas de nuez en almendra fueron producidas en el 2008 por Australia, África del Sur, Hawái, Kenia, Malawi, Guatemala, Brasil, Costa Rica y Zimbabue (SAMAC, 2009).

Cuadro 1.
Producción mundial de Nuez de Macadamia, 2012

País	Superficie (ha)	Número de árboles	Número de productores	Producción (t)	%
Australia	21 500	6 000 000	870	37 070 ¹ -38 000 ²	28
Sudáfrica	18 579	4 273 000	1000	34 500	25
Kenya ³	13 000	2 000 000	150 000	18 000	13
Hawái (EUA)	7 406	1 300 000	nd	16 500-20 000	12
Malawi	5 995	1 112 000	nd	9 660-6 035	7
Guatemala	9 000	1 200 000	nd	8 280-7 185	6
Brasil	4 722	1 040 000	nd	nd	3
Costa Rica	800	160 000	nd	nd	1
Zimbabwe	1 305	300 000	nd	nd	1
Colombia	1 200	144 000	nd	nd	nd
México	700	140 000	nd	nd	nd
Mozambique	1 000	nd	nd	nd	nd
Bolivia	840	105 052	nd	nd	Nd
Ecuador	400	100 000	nd	nd	nd
Paraguay	440	63 400	nd	117	nd
Nueva Zelanda	213	80 000	nd	nd	nd
Vietnam	60	12 000	nd	nd	nd
China	16 513	500 000	nd	3 500	nd

Fuente: Elaboración propia construida con las fuentes siguientes: ¹ Australian Macadamia Society (AMS) and the Department of Agriculture Fisheries and Forestry, Queensland. 2012. In: 6° Simposio Internacional de Macadamia. Brisbane, Australia. 2012; ² Australian Macadamia Handlers Association (AHMA) 2012. In: 6° Simposio Internacional de Macadamia. Brisbane, Australia. 2012; ³ Nut Processors Association of Kenya. 2012. In: 6° Simposio Internacional de Macadamia. Brisbane, Australia. 2012; Wilson K. 2012. Australia & Mexico. Macadamia farming. Conferencia impartida en el Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. México. 22 de noviembre 2012; nd: información no disponible.

Cuadro 2.

Principales países productores de nuez de macadamia, 2006

País	Nuez en concha (t)	Nuez en almendra (t)
Australia	37 700	10 150
África del Sur	16 500	4 500
Hawái- EUA	23 600	6 000
Malawi	5 500	1 500
Brasil	3 350	760
Kenia	12 500	2 500
Guatemala	6 200	1 250
Zimbabue	1 000	250
Colombia	1 200	240
País	Nuez en concha (t)	Nuez en almendra (t)
México	90	20
Costa Rica	750	170
Bolivia	121	29
País	Nuez en concha (t)	Nuez en almendra (t)
Ecuador	250	50
Nueva Zelanda	110	33
Paraguay	36	7
Total	108 907	27 459

Fuente: Piza (2006).

1.2 Principales países consumidores

Los principales consumidores de nuez de macadamia en el mundo, en orden de importancia son: Estados Unidos de América (EUA), Alemania y Japón (López, 2007).

Japón, es el principal importador de la nuez de macadamia producida en EUA, con compras de alrededor del 62% del total de sus exportaciones.

Japón es uno de los tres principales consumidores de la macadamia, con una participación del 65% en el mercado. Su principal forma de consumo es como *snack* (botanas y aperitivos) recubiertos de chocolate, comercializados básicamente en tres sectores, a saber: restaurante, panadería y comercio de productos de confitería.

Cuadro 3.

Principales países consumidores de nuez de macadamia

País	Participación en el mercado (%)
Estados Unidos (EUA)	53
Comunidad Europea	16
Japón	15
Australia (autoabastecimiento)	10
Otros	6

Fuente: Ortiz (2007).

Otro de los mercados con enorme potencial de macadamia es Europa. En los últimos 10 años incrementó el consumo de 400 a 5 600 toneladas métricas. Alemania consume el 50% de las nueces importadas, mientras que el Reino Unido, España, Francia y Países Bajos están incrementando su consumo.

1.3 Producción nacional de macadamia

La producción nacional durante el periodo 2001 - 2011 se concentró en los estados de Puebla, Veracruz, Michoacán, Chiapas y México, con una participación de 71%, 16.5%, 6.3%, 3.9% y 3%, respectivamente (SAGARPA -SIAP, 2013).

Cuadro 4.

Producción de nuez de macadamia en México, 2001-2011

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Promedio	%
Puebla	1 711	1 767.80	2 665	2 187	1 944	2 012	1 815	762	1 312	1 179	1 187	1 685.69	71.1
Veracruz	178	199	188	352	913	899	358	247	244	603	130	391.90	16.5
Michoacán	234	182	140	48	136	187	139	149	126	155	146	149.30	6.3
Chiapas	14	30	47	37	93	87	103	136	108	137	216	91.80	3.9
México				80	80	80	76	84	80	48	40	71.00	3.0
Total	2 136	2 179	3 041	2 703	3 167	3 265	2 491	1 379	1 870	2 122	1 719	2 370	100.0

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA- SIAP (2013).

1.3.1 Valor de la producción nacional

El valor nominal de la producción (en miles de pesos reales), de los principales estados productores del país se observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.

Valor nominal de la producción de nuez de macadamia en México, 2001-2011

Estado	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Chiapas	127	913	1366	858	2 422	2 219	2 219	2 506	2 149	2 481	3 989
México	0	0	0	2 701	2 502	936	1 685	1 730	1 570	858	688
Michoacán	1977	2341	1 651	448	1 418	1 976	1439	1 257	1 016	1 263	775
Puebla	18 920	17 937	26 655	24 305	18 041	15 702	13409	4 973	6 743	7 142	6 146
Veracruz	993	10 116	2 261	4 889	14 278	12 627	4743	2 752	2 693	11 410	1 341
Nacional	22 018	31 307	31 933	33 200	38 661	33 461	23 495	13 217	14 170	23 154	12 939

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA-SIAP (2013).

1.3.2 Macadamia en Veracruz

Para el estado de Veracruz, de acuerdo a la AGI-DP Corporativo Macaira (2012) existían 201.72 ha, distribuidas en 19 municipios de la zona centro del estado. El cuadro 6 muestra los municipios productores de macadamia.

Para la zona centro del estado de Veracruz, la mayor superficie de nuez de macadamia se encuentra establecida con árboles de pie franco de la variedad *527* y *Huatusco*, entre otras. En el Cuadro 7, se describen las principales variedades de nuez de macadamia establecidas en la entidad (AGI-DP Corporativo Macaira, 2012).

Con base en el trabajo realizado en Veracruz por la AGI-DP Corporativo Macaira (2012), se estima que existen 439.60 ha en producción y 73.73 ha en desarrollo, lo que equivale a un total de 513.33 ha. Cabe señalar que en el estado se encuentra la “Finca Cassandra” que dispone de la mayor superficie cultivada de macadamia en México, así como, la empresa que cuenta con la procesadora de nuez más desarrollada para productos de mercado nacional y exportación.

Cuadro 6.

Producción por municipio en el estado de Veracruz

Municipio	Producción (ha)	%
Chocamán	3.8	1.9
Coatepec	7.9	3.92
Comapa	2.24	1.11
Córdoba	4.5	2.23
Cosautlán de Carbajal	10.5	5.21
Coscomatepec	1	0.50
Huatusco	72.5	35.94
Ixhuatlán del Café	1.6	0.79
Ixtaczoquitlán	0.5	0.25
Los Reyes	3	1.49
Rio Blanco	5	2.48
Sochiapa	35.6	17.65
Tlaltetela	16.75	8.30
Tlanelhuayocán	1.5	0.74
Tomatlán	1.6	0.79
Totutla	23.475	11.64
Xico	6	2.97
Zentla	1	0.50
Zongolica	3.25	1.61
Total	201.72	100.0

Fuente: AGI-DP Corporativo Macaira (2012).

Cuadro 7.

Total de hectáreas y árboles en producción por variedad

Variedad	Producción (ha)	Número de árboles
527	31.76	4663
Híbrido	1.00	400
Huatusco	6.43	621
Ika ika	0.65	120
Pie franco	155.55	24945
Victoria	5.00	400
Lewis	0.5	85
Keau 660	0.5	100
Wallace	0.33	30
Total	201.72	31364

Fuente: AGI-DP Corporativo Macaira (2012).

1.3.3 Macadamia en Puebla

1. Los primeros árboles de macadamia del estado de Puebla fueron traídos en 1955 y sembrados en El Sifón, en la Junta Auxiliar de Totolapa, Municipio

de Huauchinango. En la actualidad se cuenta con alrededor 100 hectáreas de producción ubicadas en las comunidades de Huilacapixtla, Cuauxinca, Cuautlita, Tepetzintla, Ozomatlán, Cuahueyatla (Cruz, 2013).

En la zona norte en la región de Cuetzalan, productores integrados en la organización regional Tosepan Titataniske tienen plantados más de 5 000 árboles.

2. Principios para el establecimiento de plantaciones

2.1 Superficie apta para el cultivo de macadamia

México por la privilegiada ubicación a nivel mundial es uno de los pocos países donde hay una gran biodiversidad de especies endémicas y no endémicas, gracias a sus diversos ambientes se pueden desarrollar una gran cantidad de especies. Estudios realizados por Antaramián y Ramírez (2009), mencionan que en México existen alrededor de 30 292 km² aptos para el cultivo de la macadamia, la mayoría en las vertientes de barlovento de las principales cadenas montañosas, sin embargo, actualmente sólo 13.07 km² son cultivadas con esta especie frutal.

Figura 2.

Área apta para el cultivo de macadamia en México



Fuente: Antaramián y Ramírez (2009).

2.2 Requerimientos agroclimáticos

2.2.1 Clima

En México se cultivan dos especies de macadamia, se diferencian por la adaptación climática, la *M. integrifolia* se desarrolla mejor en climas calurosos, con alta humedad y sin diferencias en las fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche. Sin embargo, *M. tetraphylla*, soporta mejor el clima subtropical y veranos más secos con temperaturas que fluctúan entre 15 y 35 °C. Las plantas jóvenes son muy susceptibles a ser dañadas por heladas débiles y vientos fuertes, ya que poseen corteza blanda y un sistema radicular muy poco desarrollado. Las plantas adultas son más tolerantes a los fríos, llegando a soportar temperaturas menores a 6 – 3 °C dependiendo de su etapa de desarrollo.

La mayoría de las plantaciones en México se ubican de acuerdo a la clasificación climática de Koopen, modificada por García (1973), en climas semicálidos, en particular los subtipos climáticos (A)C(m) (f), (A) C (m) y (A)C(fm), y templados con los subtipos C(m), C(fm) y en menor escala climas cálidos A(m). No obstante, la amplitud ecológica reportada para la macadamia, en los climas cálidos se han encontrado condiciones limitantes para el cultivo, en particular en los climas cálido subhúmedos, del tipo Aw.

2.2.2 Altitud

La macadamia se desarrolla en regiones subtropicales, en los estados de Veracruz, Puebla, Oaxaca y Chiapas. La calidad de la almendra se incrementa a partir de los 700 msnm; favorecida por la humedad y las bajas temperaturas que pueden ser provocadas por el ascenso de la neblina. En Kenia por ejemplo, se encuentran plantaciones exitosas entre los 1 000 y 1 900 msnm, con un clima estacional. Allí el crecimiento vegetativo y la floración están sincronizados luego de un período frío y nublado, teniéndose como estación importante aquella con suficiente radiación solar. En nuestro México, podemos cultivar los árboles de macadamia desde los 400 hasta los 1 900 msnm, dependiendo de la especie, estableciendo *Macadamia integrifolia* a los 300 - 1 000 msnm, *Macadamia tetraphylla* a los 1 000 – 1 900 msnm y los híbridos a los 600 – 1 300 msnm.

2.2.3 Temperatura

La temperatura es un factor determinante en el crecimiento y la productividad de la macadamia. La temperatura óptima es de 16 a 25 °C; períodos prolongados de temperaturas altas provocarán estrés en el árbol. Temperaturas mayores a 35 °C en el periodo de floración producen aborto de flores y un alto porcentaje de nueces inmaduras que caerán durante las primeras etapas de desarrollo. La temperatura óptima para la formación de flores y el desarrollo de nueces de alta calidad es de 18 °C.

2.2.4 Viento

La madera de macadamia es quebradiza y propensa a sufrir daños por vientos. Es preferible evitar su siembra en zonas con vientos fuertes. De cualquier forma se deben establecer barreras rompe vientos, especialmente para los árboles jóvenes y también para asegurar el proceso de polinización y proteger a los frutos. Vientos fuertes reducen el crecimiento vegetativo, la floración y la producción.

2.2.5 Suelo

La macadamia se adapta a un amplio rango de suelos; sin embargo, el requerimiento básico de los árboles de macadamia es un suelo profundo, en promedio de 80 cm y bien drenado. Se adapta a diferentes tipos de suelos, tanto pesados (con alto contenido de arcillas) como ligeros y suelos pobres, siempre y cuando se les dé un manejo adecuado.

En México los suelos en donde se ubican las plantaciones de macadamia de acuerdo a la clasificación FAO-UNESCO-ISRIC (1991), son: Andosol, Luvisol, Acrisol, Cambisol y Litosol, predominando los suelos Andosoles y Luvisoles, denominados localmente como suelos “polvillos” y “barreales”, respectivamente.

Para el establecimiento de una huerta es importante evaluar las características del suelo para el crecimiento y producción de los árboles de macadamia.

La textura ideal del suelo para sembrar nuez de macadamia es la denominada “franca”, debe contener entre el 20% y el 30% de arcilla. Un alto contenido de materia orgánica favorece el crecimiento y desarrollo de los árboles, por lo que una vez que la plantación comience a producir, se recomienda utilizar los desechos de materia orgánica que genere la huerta; como son: la cáscara verde

pre composteada y la concha triturada, desechos excelentes que ayudan a mejorar la textura del suelo.

El pH oscila entre 5.0 - 6.5 siendo el óptimo de 5.0 - 5.5. La macadamia es moderadamente sensible a la salinidad en comparación con otros cultivos.

2.2.6 Drenaje

El drenaje es un factor muy importante para el crecimiento de la macadamia y depende del tipo de suelo. En el Cuadro 8, se observa que el color del suelo puede indicar aspectos con relación al drenaje. El suelo no debe presentar ninguna obstrucción como piedras o capas de arcilla que eviten el movimiento del agua en el primer metro de profundidad, ya que las raíces de los árboles mueren en suelos saturados y que no permiten el movimiento adecuado del oxígeno. Un suelo óptimo es aquel con una profundidad mayor a un metro, con un contenido de arcilla del 15 al 40% y que muy probablemente tendrá un color entre rojo y café.

Cuadro 8.
Elementos de un suelo con buen potencial productivo

Profundidad del suelo (m)			Contenido de arcilla (%)			Color		
Óptimo	Aceptable	No aceptable	Óptimo	Aceptable	No aceptable	Óptimo	Aceptable	No aceptable
> 1.0	0.5-1.0	Menor a 0.5	15-40%	5-15% y 45% máx.	Mayor a 55%	Rojo o café	Amarillo y oscuro	Gris y azulado

Fuente: Bracrombie y Maartens (2001), citados por De Villers (2003).

2.2.7 Pendiente

Las plantaciones se desarrollan bien en pendientes no mayores de 30%. Sin embargo en México las condiciones en que se desarrolla este cultivo son zonas con pendientes que varían de 5% a más del 30%. Para Veracruz las plantaciones se ubican en lomeríos con pendientes del 5%, seguido de lomeríos ondulados, con pendientes de entre 15% y un 30% y en menor medida en laderas y cañadas abruptas con pendientes mayores al 30%.

2.2.8 Requerimiento de agua

La macadamia puede cultivarse en áreas con precipitaciones mínimas anuales de 1 000 mm bien distribuidos a lo largo del año. El riego puede suplir las deficiencias de precipitación en algunas zonas. Es muy importante que los árboles tengan humedad en el suelo en temporada de sequía, principalmente en periodos de floración, fructificación, desarrollo de la nuez y formación de aceites.

En suelos ligeros (arenosos) las cantidades óptimas de agua en periodo estival son:

- Árboles nuevos: 9.5 L por árbol por día.
- Árboles de 10 años: 19 L por árbol por día.

2.3 Variedades

En México, derivado del proceso de introducción de materiales genéticos de macadamia, se cuenta con más de 20 variedades procedentes de Australia, EUA y Guatemala (Fotografía 2). En México se han efectuado selecciones de materiales sobresalientes, por parte de productores de esta especie, se tienen alrededor de diez selecciones, considerando elementos agronómicos importantes, tales como, precocidad en la producción y calidad de frutos.

Fotografía 2.

Variedades de macadamia introducidas en México



Fuente: Imágenes de campo.

2.3.1 Variedades alrededor del mundo

Australia: En el año 2000, los cultivares más plantados en este país fueron 'Keauhou', 'Kakea', 'Ikaika', 'Makai', 'Keaau', 'HAES 849', 'Hinde', 'A4', 'A16' y 'A38' (Paz, Escamilla y Robledo, 2000). Según estudios desarrollados en el sureste de Queensland, los cinco cultivares más propicios para esta región son 'HAES 849', 'Propio Venture', 'HAES 814', 'A4' y 'HAES 804'; basado en el rendimiento general, el cultivar que presenta el mayor rendimiento fue 'HAES 344' (Hardner, Greaves, Co-verdale y Wegener, 2006).

Hawái: En esta isla y derivado de evaluaciones de rendimiento, calidad y consumo actualmente se cultivan las variedades 'Kau', 'Keaau' y 'Mauka' para el establecimiento de nuevas plantaciones (Ito y Hamilton 1989; Yamaguchi, 2006). Anteriormente en 2003, 'Pahala', 'Makai' y 'Purvis' eran los cultivares más comunes (Nagao, Ito, Tsumura y Kawabata, 2003), aunque la mayoría de las huertas permanecieron plantadas con 'Keauhou', 'Ikaika', 'Kau', 'Kakea' y 'Keaau' (Yamaguchi, 2006).

Sudáfrica: En la década de 1990, las variedades 'Mauka', 'Pahala' y 'Makai' se consideraban como superiores a 'Keauhou', 'Ikaika', 'Kakea', 'Purvis', y 'Cate' basándose en su almendral de mejor calidad y rendimiento. Otros cultivares también considerados como superiores eran: 'Keaau', 'Beaumont', 'Kau', 'HAES 781', 'HAES 814', 'HAES 816' y 'Nelmak 2' (Allan y Cairns, 1999). En contraste, otros productores consideraban los cultivares 'A4', 'A16' y 'Beaumont' como superiores a 'Kau', 'Mauka', 'HAES 816' y 'Makai' (McCubbin y Lee, 1996).

Las principales variedades de cultivos en huertos comerciales en Sudáfrica, en 1999, fueron: 'Keauhou', 'Fuji', 'Nelmak 2', 'Keaau' y 'Kau' (Swanepoel y Hobson, 1999). En particular, el cultivar 'Beaumont' ha sido plantado extensamente en todo el país y también es popular como porta injerto clonal (McConchie, 2007a).

China: En este país durante la década de 1970 se introdujeron variedades de macadamia provenientes de Hawái y Australia como 'Hinde', 'Elección', 'A4' y 'A16' (Xiao y Pingan, 2002b). Durante la década siguiente, estos cultivares se utilizaron para establecer huertos en las zonas costeras (Guanxi, Ueng Nang, provincias de Shichuan, Hainan y Fujien); Sin embargo, estas huertas sufrieron daños por ciclones (Xiao y Pingan, 2002a; Xiao y Pingan, 2002b).

Desde 1997, se han establecido nuevas plantaciones en el interior de las provincias de Uengnang y Shichuan, aunque las temperaturas frías y altas precipitaciones predominantes en estas áreas pueden limitar la productividad de la macadamia (Xiao y Pingan, 2002a). Los cultivares 'Hinde', 'Elección' y 'Beaumont' mostraron ser tolerantes al frío, al viento y producir buenos rendimientos en la región de azulejo de la provincia de Shichuan (Zheng y Zhang, 2002; Xiao y Pingan, 2002a; Xiao y Pingan, 2002b). El cultivar 'Hinde' en el ensayo experimental mostró ser vigoroso y con rendimientos a los nueve años de 8 a 10 kg por árbol, se le considera muy resistente a la sequía y al viento frío pero susceptible a los suelos pobres. Por su parte 'Beaumont' es considerado como precoz y conveniente para su plantación en el interior y en las zonas montañosas de China (Lu, Zeng y Zhang, 2004). El cultivar denominado 'Propia elección' también es demandado ya que es más resistente al viento y sequías (Xiao y Pingan, 2002a). La mayoría de los principales cultivares hawaianos excepto 'Pahala' no son apreciados debido a la pobre floración que presenta al cuarto año de edad de la planta (Xiao y Pingan, 2002a). En cuanto al cultivar 'Makai', este tiene bajo crecimiento en China (Xiao y Pingan, 2002b).

Otros países: Existe información limitada sobre la utilización de material genético por parte de otros países productores de macadamia.

Los cultivares hawaianos dominaban en las huertas en Brasil en la década de 1990, con las variedades más comunes como: 'Kau', 'Kakea', 'Keaau', 'Mauka' y 'Makai' (Sacramento, Pereira, Kimura, Della y Oliveira, 1995).

Los cultivares 'Elimbah' y 'Cate' son preferidos en California porque su especie se considera más adecuada para su clima más fresco (Cavaletto, 1983).

Varias selecciones de híbridos de *M. tetraphylla* han sido identificadas para Kenia (Gathungu y Likimani, 1975).

En Nueva Zelanda se han utilizado plantas híbridas, un 75% de los cultivos estaban plantados con 'Beaumont'; en 1991, existían pequeñas plantaciones de 'Renombre'.

Las principales variedades que se cultivan en Guatemala y el mundo tienen su origen en la selección realizada en la Universidad de Hawái; en el siguiente cuadro se presentan las variedades cultivadas en este país centroamericano.

Cuadro 9.

Características de las variedades de macadamia cultivadas en Guatemala

Núm.	Nombre	Copa	Hojas	Nueces por libra
246	Keauhou	Muy densa Ramas con uniones muy débiles	Espatulada Borde ondulado Base aguda Ápice obtuso	55
333	Ikaika	Redonda Uniones fuertes Ramas muy abiertas Muy precoz	Lisas y anchas Borde ondulado	60
508	Kakea	Densa, vertical	Sin terminaciones puntiagudas en su borde	60
344	Kau	Compacta, vertical	Espatulada, ápice obtuso, base aguda	55
660	Keaau	Mediana, vertical, resistente a vientos, susceptible a sequía	Sin terminaciones puntiagudas en su borde	65

Fuente: ANACAFE (2004).

2.3.2 Variedades introducidas en México

'IKA IKA -333' [*M. integrifolia*]: Originada en una plantación de Ohau, Hawái, Esta variedad es de polinización abierta, con nueces de tamaño medio, árboles muy productivos y resistentes al viento.

'KEAUHOU -246' [*M. integrifolia*]. Originada en Kona, Hawái. Produce nueces de tamaño medio a grande; concha ligeramente granulosa de grosor medio. Nuez de 37 a 40% de almendra.

'KAKEA -508' [*M. integrifolia*]: Originada en Honolulu, Hawái. Produce semillas de excelente calidad, nueces con una proporción de 35 a 40% de almendra, los árboles son muy productivos, vigorosos, fuertes, con buena resistencia a antracnosis (Brooks and Olmo, 1978).

KAU -344' [*M. integrifolia*]: Fue seleccionada en 1935 como una variedad muy productiva y de adaptación a alturas de 100 a 600 msnm.

KEAAU -660' [*M. integrifolia*]: Originada en Lawai, Valley, Kalaheo, Kauai, Hawái en la plantación Deschwanden. Produce una nuez de tamaño medio, concha lisa, color café claro, delgada, de buena calidad. Se desarrolla en un amplio rango de alturas incluyendo áreas arriba de los 600 msnm (Brooks and Olmo, 1978).

'MAUKA -741' [*M. integrifolia*]: Es una variedad seleccionada en 1957 y nombrada en 1977 (Hamilton e Ito, 1977). Se desarrolla en alturas superiores a los 700 msnm.

'PAHALA -788' [*M. integrifolia*]: Fue seleccionada en 1963 en Pahala, distrito de Hawái y nombrada en 1981 (Hamilton, Ito y Cavaletto, 1981). El hábito de crecimiento del árbol es menor que el de otras variedades.

'MAKAI 800' [*M. integrifolia*]: Makai es una palabra hawaiana que significa "hacia el mar" porque se adapta mejor que otras variedades a sitios de baja altitud.

'WG-2-10-3' [*M. integrifolia*]: Selección de la Universidad de Hawái, Waillamea, efectuada por el Dr. Hamilton.

'WG-1-9-24' [*M. integrifolia*]: Selección de la Universidad de Hawái, Waillamea, efectuada por el Dr. Hamilton, de una huerta de 5 000 árboles de pie franco.

'REYNA SUAVE' [*M. integrifolia*]: Originada en Hawái; seleccionada por productores. Árbol de crecimiento columnar, con fruto de cáscara delgada, es recomendado como cortina rompevientos.

'N-3' [*M. tetraphylla*]: originaria de Nueva Zelanda. Árbol de tamaño mediano, fruto con nueces de tamaño medio y testa gruesa. Se adapta bien en áreas semi-cálidas y templadas.

'CATE' [*M. tetraphylla*]: Originada en la propiedad de William R. Cate, de Malibu, California; frutos de tamaño medio, semillas de concha gruesa. Con 40% de almendra.

'G-687' [*M. tetraphylla*]: Seleccionada en Australia y llevada por Storey a Hawái. El árbol es de crecimiento irregular, con frutos de tamaño intermedio y muy productivo.

'UCLA' [*M. tetraphylla*]: Selección del Dr. Storey en la década de 1950. Se seleccionó de un árbol ubicado en terrenos de la Universidad de California, en los Ángeles, California.

'L-1' [*M. tetraphylla*]: Selección originada en Australia por el Dr. Storey y llevada a la Universidad de Hawái. Denominada mamut por el tamaño del fruto. Los frutos son grandes, plantas de crecimiento erecto y ramas quebradizas.

'L-4' [*M. tetraphylla*]: Selección originada en Australia por el Dr. Storey, la cáscara o pericarpio del fruto y su concha son más delgadas. Los árboles tienen crecimiento erecto, con ángulos cerrados y ramas quebradizas.

'M-LEWIS' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección hecha por Nelson Westree en Carlsbart, California. Es un árbol de crecimiento intermedio, que se forma solo. Sus frutos son de tamaño intermedio a pequeño, de cáscara gruesa, de cosecha intermitente a lo largo del año.

'W-WALLACE' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección hecha en 1978 por el señor Gabor Czegeny, en Santa Fe, California, en el rancho del Sr. Wallace. Produce nueces de buena calidad, fruto de concha delgada.

'BEAUMONT' HAES 695 [*integrifolia x tetraphylla*]. Seleccionada en Highfields, Nueva Gales del Sur, Australia, Sus frutos son redondos, de tamaño mediano; la cáscara es gruesa, algunas nueces son persistentes y pueden abrirse en el árbol y dañarse; fruto de textura y buen sabor.

2.3.3 Selecciones de macadamia en México

'A-527' [*M. tetraphylla*]. Selección hecha en 1974–1975 por el Sr. Gabor Czegeny y el Ing. José Carlos Bautista, en Uruapan, Michoacán. Los frutos son grandes, con pericarpio verde o morado. Rendimientos excelentes y nueces de buena calidad. Es muy utilizada como patrón.

'A-490' [*M. tetraphylla*]. Selección hecha en 1974–1975 por el Sr. Gabor Czegeny y el Ing. José Carlos Bautista, en Uruapan, Michoacán. Los árboles fueron seleccionados de una huerta de 2 000 árboles de la huerta de Nelson Vestree, en Hawái¹.

'A-447' [*M. tetraphylla*]. Selección hecha en 1974–1975 por el Sr. Gabor Czegeny y el Ing. José Carlos Bautista, en Uruapan, Michoacán en el vivero La Alberca, propiedad del Ing. Bautista² (ver Fotografía 3).

'VICTORIA' [*integrifolia x tetraphylla*]. Seleccionada en Xalapa, Veracruz, en 1987, en la finca del Sr. Enrique Valderrama. De porte medio, fruto de tamaño intermedio, árbol que se forma bien y de crecimiento irregular (ver Fotografía 3).

'XICO' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección hecha en la región de Xalapa, Veracruz, de la variedad Beaumont³.

¹ Czegeny, Gabor, comunicación personal, 2003.

² Czegeny, Gabor, comunicación personal, 2003.

³ Czegeny, Gabor, comunicación personal, 2003.

'HUATUSCO I' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección hecha en 1987-1989 en la finca del Ing. Montalvo, en Sabanas, Huatusco, Veracruz. El árbol es de crecimiento vertical, de ramas cerradas y con frutos de tamaño mediano⁴.

'HUATUSCO II' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección hecha en 1987-1989 en la finca de macadamia intercalada con café propiedad del Ing. Montalvo, en Sabanas, Huatusco, Veracruz. Los frutos son de tamaño mediano y es de crecimiento intermedio.

'HUATUSCO III' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección hecha en 1987-1989 en la finca del Ing. Montalvo, en Sabanas, Huatusco, Veracruz. Frutos de tamaño mediano, cáscara pubescente.

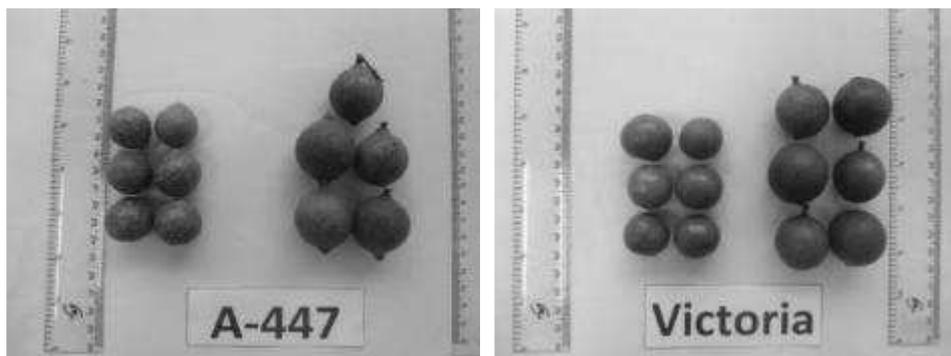
'HUATUSCO IV' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección hecha en 1987-1989 en la finca del Ing. Montalvo, en Sabanas, Huatusco, Veracruz. Árbol precoz y de buen rendimiento entre otras.

'YAUTEPEC' [*integrifolia x tetraphylla*]. Selección Hecha por Frank Magdhal en 1987. Árbol propagado por acodo aéreo de un pie franco en vivero, en Yautepec, Morelos⁵.

GABOR: Selección hecha en Uruapan, Michoacán, por Gabor Czegeny⁶.

Fotografía 3.

Selecciones de macadamia en México



Fuente: Imágenes de campo.

⁴ Czegeny, Gabor, comunicación personal, 2003.

⁵ Czegeny, Gabor, comunicación personal, 2003.

⁶ Czegeny, Gabor, comunicación personal, 2003.

3. Manejo agronómico

3.1 Propagación de plantas

La propagación de macadamia puede ser sexual por semilla o pie franco o asexual mediante el injerto. La mayoría de los productores que cultivan macadamia poseen plantas con una procedencia incierta y algunos reportan plantas producidas por semilla, también denominados "pie franco". La propagación de plantas mediante la técnica de injertación permite disponer de las mejores variedades, constituye una de las actividades fundamentales para asegurar que la producción de los árboles sea alta, garantizar almendras de calidad y disminuir el periodo preproductivo de los árboles. Las primeras experiencias fueron con los sistemas tradicionales de enchapado lateral, empleando portainjertos con diámetro del tallo igual al grosor de un lápiz, sin embargo, los prendimientos eran muy bajos e inciertos, además de que el tiempo para producir planta se incrementaba considerablemente. Posteriormente se evaluó el injerto juvenil de púa terminal, que mejoró los porcentajes de prendimiento y redujo los tiempos de producción de planta. Este método de injerto juvenil, a diferencia del enchapado lateral, requería colocar sombra y embolsar cada planta con bolsas de plástico, actividades que demandaban mayores cuidados y dificultaban el prendimiento. Actualmente se ha mejorado el sistema de injerto juvenil, con la colocación de malla sombra, el uso del parafilm (material biodegradable) y se han sustituido las bolsas de plástico mediante el uso de envases de refresco, que facilitan el manejo de las plantas. Con esta técnica los prendimientos de macadamia son superiores al 90%.

3.2 Condiciones para la Instalación del vivero

Se recomienda buscar un área plana, libre de viento fuerte, accesible al transporte y cercana al área para riego. Para habilitarla es necesario limpiar el terreno de arvenses, trazar líneas rectas para guiar el raspado o zanjeado donde se colocaran las bolsas; el almacigo hay que separarlo en bloques dejando calles de 1 m. para permitir el manejo.

Para la instalación y el manejo del vivero se deben tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- *Ubicación.* Es conveniente que el vivero esté localizado cercano a los sitios de siembra; la cercanía a las fuentes de semillas disminuye los costos e impide su deterioro en el traslado.
- *Acceso.* Al vivero se debe ingresar con facilidad para favorecer la entrada de materiales y la salida de plantas.
- *Disponibilidad de agua.* Se debe contar con una fuente permanente de agua de buena calidad; es recomendable instalar tanques de almacenamiento para las épocas de escasez o sequía.
- *Topografía.* Es preferible contar con un sitio plano o con poca pendiente, de lo contrario construir desagües y hacer terrazas.

3.3 Construcción del vivero

Preparación del sitio

- *Limpieza del terreno.* Se eliminan residuos, basuras y troncos.
- *Nivelación.* Eliminar depresiones y sitios por encima del nivel, dándole una leve caída para que las aguas lluvias y las sobrantes de los riegos se dirijan hacia los drenajes.
- *Construcción de terrazas.* En sitios con pendientes es necesario construir terrazas para el montaje de las camas.
- *Construcción de drenajes.* Construir un sistema de drenaje que permita el movimiento e infiltración de agua para evitar encharcamientos.
- *Camas de germinación.* Deben estar construidas de manera que faciliten la realización de tareas de limpieza, riegos, mantenimiento, trasplante, entre otros. Las camas pueden ser a nivel del piso (temporales) de 20 x 50 cm, o bien de concreto (permanentes) de 0.50 x 1.0 m y de longitud variable.
- *Camas de crecimiento.* Son áreas de 1.0 m ancho y una longitud inferior a 10 m. para facilitar el desplazamiento dentro del vivero. Se debe emplear una cubierta de malla sombra de 40 – 60%, en los viveros temporales.
- *Calles.* El espacio entre las camas de crecimiento debe ser de 50 cm de ancho, para mover una carretilla y para el transporte de materiales.
- *Bodega.* Se usa para guardar las herramientas, fertilizantes, agroquímicos, materiales, semillas y equipos.

- *Mesa de trabajo.* Se instalan para la manipulación de semillas y frutos de una manera cómoda y ordenada. Se puede construir de madera o bambú. Esta mesa también facilita la fase de injertación.
- *Sistema de riego.* Un sistema de riego es necesario tanto en la zona de germinadores como en la zona de manejo de plantas.
- *Cercas y aislamiento.* Los cercos sirven para proteger el vivero del ingreso de animales y para evitar el robo de materiales.
- *Área de llenado de bolsas.* Sirve de depósito de tierra, otros sustratos y materiales. Debe tener techo.

3.4 Propagación

3.4.1 Semilleros

El semillero se establece para la producción de patrones. Se recomienda el uso de semilla seleccionada para que la planta germine vigorosa (la semilla de la especie *tetraphylla* es de superficie rugosa y de la especie *integrifolia* lisa). La experiencia nos muestra que la especie *tetraphylla* es mejor como patrón principalmente para las zonas de mayor altura. Hamilton e Ito (1977) citado por Ramos (1979), menciona que usando a *Macadamia tetraphylla* como patrón y a *Macadamia integrifolia* como injerto, la producción ocurre dos años más pronto que cuando se usa como patrón *Macadamia integrifolia*.

La semilla de macadamia tiene un porcentaje de germinación que se considera aceptable cuando es de un 80%, para ello, debe ser recién cosechada, posteriormente se seleccionan sumergiéndolas en tinas o cubetas con agua, separando aquellas que flotan al agitar el líquido. Como tratamiento pre-germinación se deben remojar las semillas por uno o tres días y posteriormente exponerlas al sol durante 24 horas para que se abra la sutura que tiene la semilla (escarificación natural), como se observa en la fotografía siguiente.

Fotografía 4.

Proceso de escarificación de semillas



Fuente: Imágenes de campo.

3.4.2 Los sustratos

El sustrato es el medio que sirve de soporte físico para el crecimiento y desarrollo de las plantas, de él depende la calidad de su sistema radicular y su vigor. Existen muchos tipos de sustratos pero los más usados son las cascarillas, arena y tierra, solos o mezclados. Se debe buscar un sustrato que no produzca pudriciones ni requiera riegos continuos. El mejor sustrato para esta actividad es la arena.

3.4.3 Siembra

Al realizar la siembra en los semilleros se debe procurar que la sutura o línea que rodea la semilla quede en la parte superior. La profundidad de siembra de la semilla no debe ser mayor de dos centímetros para asegurar una buena germinación. Por lo general, las semillas germinan de tres a cinco semanas y permanecen en el semillero hasta que alcancen de 7 a 12 cm. de altura, que es cuando están listas para la injertación.

3.4.4 Llenado de bolsa o macetas

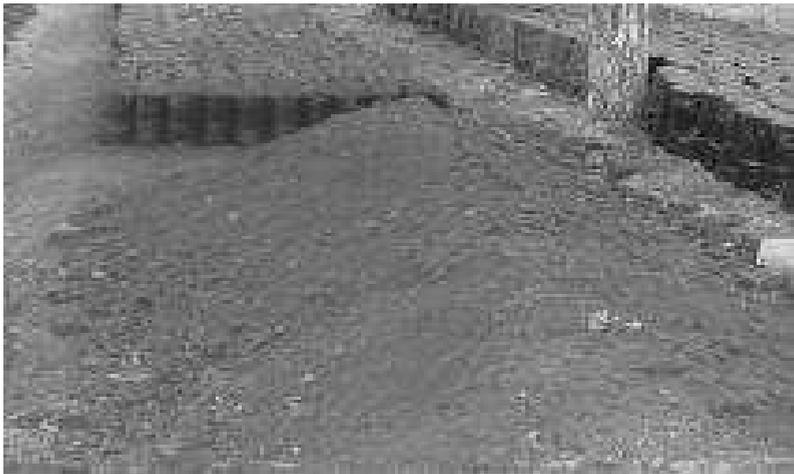
Para el llenado de las bolsas el sustrato más utilizado es la tierra que por su alto contenido de materia orgánica asegura el desarrollo de la planta después del trasplante, misma que debe estar limpia de residuos, piedra y otros elementos, es aconsejable pasarla por una malla o harnero. También se puede adicionar arena, gallinaza, humus, cascarilla u otro material que mejore la fertilidad del sustrato. Se recomienda adicionar en promedio por bolsa un kilo de lombricomposta, para tener un desarrollo más vigoroso de la planta

La mezcla de suelo para llenar las bolsas está en proporción de 2:2:1 es decir 40% de tierra, 40% de materia orgánica obtenida de la descomposición de la cáscara de nuez del año anterior y 20% de arena, si los suelos son arcillosos.

El tamaño de bolsa o tubo a utilizar es de 18 x 30, 22 x 30 y 25 x 35 cm, es recomendable esta última. En áreas con mucha pendiente se coloca un soporte de alambre, pita o estacas detrás de las bolsas para evitar que se caigan. Es necesario tratar los suelos para evitar ataque de plagas y enfermedades.

Fotografía 5.

Mezcla de sustrato para el llenado de bolsas



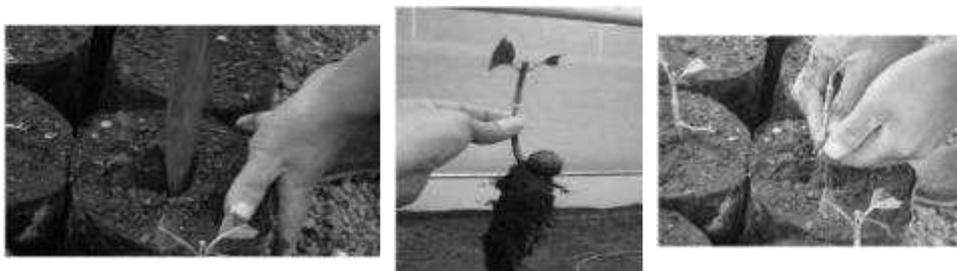
Fuente: Imágenes de campo.

3.4.5 *Trasplante*

Una vez germinada la semilla (cuatro a seis semanas), se trasplanta a las bolsas llenadas previamente, de acuerdo a lo siguiente: a) Se extrae la planta del semillero cuidadosamente procurando no maltratar la raíz; b) Se trasplanta a las bolsas haciendo un orificio en el centro de estas con un sembrador (palo de madera con punta) a una profundidad de 15 cm; c) Se introduce la planta procurando que la raíz no quede doblada y dejando el embrión fuera de la superficie de la tierra el cual no debe desprenderse; d) Se aprieta la planta haciendo presión con el sembrador de la orilla hacia el centro de la bolsa y se apisona con la mano.

Fotografía 6.

Procedimiento de trasplante



Fuente: Imágenes de campo.

3.4.6 *Injertos*

El injerto es una práctica necesaria en la macadamia, ya que con esto se homogeniza la calidad del fruto y se induce a la precocidad, pues si se utiliza planta obtenida de semilla se tiene el inconveniente de alargar el inicio de la producción de los 8 a los 12 años y con una calidad impredecible de frutos.

A continuación se presentan los procedimientos y tipos de injertos utilizados en la macadamia. Los pasos previos a la injertación son los siguientes:

- a. *Anillado*: Antes de realizar el injerto, es importante hacer el anillado que consiste en quitar de todas las ramas de las variedades seleccionadas para obtener varetas y de la parte inferior de la rama un anillo de corteza de

uno a tres cm de largo, haciendo un raspado con navaja a la madera que queda al descubierto. Se seleccionan las varetas que provienen exclusivamente de variedades previamente identificadas y que presenten un grosor adecuado, suficiente follaje, etcétera. De cada rama anillada se obtienen de tres a cuatro varetas. El anillado se hace 45 días antes de cortar la vareta, para que acumule suficientes carbohidratos y se asegure el rebrote en la injertación. Los patrones listos para injertar, deben tener un año de edad y una altura mínima de 40 a 50 cm y un diámetro aproximado de 0.75 a 1 cm. Las plantas deben ser de un solo eje, eliminando todas las ramas axilares.

- b. *Obtención de varetas*: Es muy importante hacer una buena selección de vareta ya que de ello dependen los prendimientos; en primer lugar hay que conocer el comportamiento de crecimiento del árbol durante el año para saber el momento más adecuado para cortar vareta ya que la experiencia nos muestra que cuando se corta antes de que salgan brotes nuevos o antes de la floración se pueden mejorar los prendimientos.

Fotografía 7.

Aspecto de varetas aptas para injertar



Fuente: Imágenes de campo.

La vareta para injertar debe tener las siguientes características: provenir de un árbol sano y que sus yemas se encuentren abultadas, éstas se encuentran en el lado donde la rama está más soleada, dependiendo del tipo y método de injertar, pero con un solo nudo es suficiente para un injerto. Las varetas utilizadas provienen principalmente de las propias plantaciones y a veces se compran a otros productores o instituciones especializadas, si lo que se busca es mejorar el material genético. Una vez obtenidas las varetas se recomienda darles un baño en una solución al 95% de parafina con 5% de cera de abeja para evitar secamiento y deterioro.

Fotografía 8.

Aspecto de varetas listas para injertarse



Fuente: Imágenes de campo.

- c. *Encerado*: Para el encerado se utiliza parafina en barra, se le puede adicionar una pequeña cantidad de cera de abeja para que ablande y no se quiebre la parafina, se derrite a fuego directo o en "Baño María" y se procede al encerado; el momento adecuado, es cuando se introduce la vareta por un instante y al sacarla inmediatamente seca la parafina.

i. Tipos de injertos

En macadamia se tiene experiencia en los tipos de injertos de enchapado lateral, inglés simple, incrustación o púa terminal, por aproximación e injerto juvenil de púa terminal. A continuación se describen los métodos más comunes de injertación de este cultivo.

- a. *Enchapado lateral*: Es uno de los más utilizados en vivero y con algunas modificaciones sirve para injertar plantas adultas. Para realizar este injerto se suprimen las hojas un poco arriba de donde se va hacer el corte en el patrón, en seguida, se hace un corte vertical de tres a cuatro cm sobre la corteza, el corte se recomienda realizarlo a una altura arriba de los 20 cm sobre la base (ver fotografía siguiente).

Fotografía 9.

Ejemplo de un injerto tipo “enchapado lateral”



Fuente: Imágenes de campo.

A la púa se le hace un corte similar a la realizada en el patrón y por el lado contrario un corte de menor tamaño 1.5 a 2 cm de modo que se forme una pequeña cuña, se introduce en el corte del patrón, se recorta la corteza que se desprendió del patrón dejando una pestaña que cubra el corte pequeño que se hizo en la vareta. Cuando la vareta y el patrón son

de diferente tamaño se busca que por lo menos un lado de las zonas del cambium coincida, posteriormente se amarra con plástico o cinta parafilm.

- b. *Inglés simple*: Este tipo de injerto es uno de los más sencillos de realizar y consiste en realizar un corte oblicuo y del mismo tamaño, tanto en patrón como en la vareta buscando que los tallos de ambos sean del mismo diámetro para que coincidan los cortes.

Fotografía 10.

Injerto inglés simple



Fuente: Imágenes de campo.

- c. *Incrustación o Púa terminal*: Este es el método más común que se utiliza para realizar el injerto en etapa juvenil, se selecciona el patrón, se despunta y se hace un corte transversal de dos a tres cm de profundidad. De preferencia la vareta debe tener un diámetro similar al del patrón y a ésta se le hacen dos cortes iguales al tamaño del corte que se hizo en el patrón a modo que se forme una cuña; debe quedar un nudo con yemas encima

del corte para que pueda prender el injerto. Se introduce la vareta en el patrón y se busca que coincidan las áreas de cambium mientras se va realizando las ataduras. Los árboles injertados producen cuatro o cinco veces más que los árboles que provienen de semilla.

Fotografía 11.
Injerto de púa



Fuente: Imágenes de campo.

- d. *Injerto por aproximación*: Este tipo de injerto es utilizado en ocasiones muy especiales; cuando se necesita rejuvenecer, sanar o remediar daños por plagas, enfermedades, y contrarrestar adversidades climatológicas que hayan afectado a alguna planta. En macadamia es común que se apuntele la base con un injerto de aproximación para controlar o prevenir daños a las raíces (ver fotografía siguiente).

Fotografía 12.

Injerto por aproximación



Fuente: Imágenes de campo.

- e. *Injerto juvenil de púa terminal*: En este caso, se realiza el procedimiento parecido al injerto en el cultivo de café, es decir, se siembra la semilla en semilleros o camas de germinación, en donde una vez germinada esta se convierte en patrón y se dejan hasta que tienen una altura de 10 - 15 cm, posteriormente los patrones son extraídos y antes de ser trasplantados a la bolsa son injertados.

ii. Formas de injertar la macadamia

Una vez conocidos los injertos utilizados en macadamia, se definen las formas de injertar, siendo las más comunes las siguientes:

- Injerto en etapa juvenil
 - Injerto embolsado
 - Injerto con vareta encerada
 - Injerto en planta adulta
- a. *Injerto en etapa juvenil*. Este tipo de injerto ha sido desarrollado por investigadores del CRUO (Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo) como una modificación al sistema de embolsado y con el objetivo de incrementar el prendimiento, se han obtenido

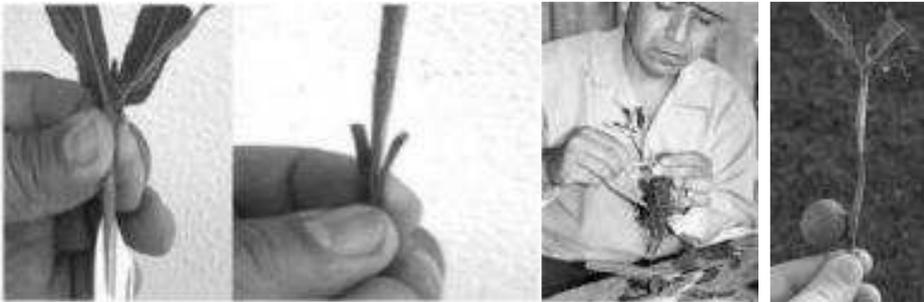
prendimientos del 95% comparado con 30 – 40% logrados con el método de embolsado. Se inicia cuando la planta tiene dos pares de hojas y aún no ha tirado los cotiledones (más o menos dos meses después de sembrada la semilla). Para realizar los injertos hay que tener una maceta llena y un sombreado con malla del 75%.

Para hacer el injerto juvenil, se puede llevar a cabo bajo diferentes tipos de injertación, pero comercialmente son dos los recomendados: i) Injerto inglés simple, y ii) Injerto de incrustación, cabe mencionar, que estos son los mismos que se usan también para injertar café.

Se lava la planta para que quede el tallo limpio y no entre tierra al corte y para que el material de amarre parafilm se adhiera mejor.

Fotografía 13.

Injerto de macadamia en fase juvenil



Fuente: Imágenes de campo.

Al realizar el injerto, se debe seleccionar las plantas que presenten una raíz principal derecha con suficiente raíz secundaria, además se cuida que los cotiledones (nuez) aún se encuentren adheridos al tallo de la planta, este aspecto es muy importante, si los cotiledones, se caen los prendimientos bajan, o el desarrollo es lento, ya que de ellos toma los nutrientes mientras se lleva a cabo el prendimiento.

Es necesario eliminar las plantas raquílicas, las que tengan raíces enfermas, torcidas, o con poca raíz secundaria. Los injertos se deben efectuar en un lugar sombreado.

Después del injerto se realiza el trasplante teniendo cuidado que la raíz principal no quede torcida, se cubre el injerto con una botella de plástico, cortada previamente del fondo para protección y crear un ambiente propicio para el prendimiento del injerto; si usa bolsa para tapar, cuide que esta no pegue en la vareta. Se deben eliminar los retoños de los patrones (deschuponar). A los dos meses de realizado el injerto, se recomienda la eliminación parcial de la sombra y se procede al retiro de material de amarre, cuando se observa que el injerto ha soldado se corta y retira la cinta de amarre, esto en caso de no usar parafilm.

La planta recién injertada es colocada en bolsa y posteriormente se le coloca una botella de plástico para generar un microclima que permita acelerar el prendimiento del injerto. A los dos meses se retira la botella cuando se asegura que prendió el injerto.

Fotografía 14.

Botella para crear microclima



Fuente: Imágenes de campo.

El prendimiento de un injerto se da cuando se pone en contacto el cambium de la vareta y el del patrón, siempre y cuando exista compatibilidad entre ambos. El cambium es un tejido de las plantas leñosas que se encuentra entre la corteza y la madera.

- b. *Injerto de embolsado*. Este tipo de injerto se utiliza cuando el patrón tiene entre seis y dieciocho meses de edad, se recomienda hacer un riego a los patrones antes de injertar así como dejar algunas hojas arriba de donde se hace el injerto, cuando este es de enchapado lateral; o abajo, cuando es de punta terminal.

Fotografía 15.

Injerto de embolsado en plantas de un año



Fuente: Imágenes de campo.

También a la vareta se le deja un tercio de la hoja en el último nudo. No es recomendable hacer muy alto el injerto para facilitar el tapado, posteriormente se debe poner un aro de alambre del número 12 y tapar con una bolsa amarrada a la maceta, cuidando que no quede en contacto con la vareta y evitar directamente los rayos del sol al injerto.

- c. *Injerto con vareta encerada*. Este tipo de injerto se realiza de preferencia en patrones mayores de un año, pero que tengan un grosor mayor a un centímetro; a diferencia del injerto embolsado, este no se tapa individualmente, aquí el encerado es el que protege a la vareta para que no se deshidrate, la forma de realizar el injerto puede ser de enchapado lateral, incrustación, inglés, u otro.

- d. *Injerto en árboles adultos*. Se utiliza para cambiar de variedad cuando la que se tiene ya no es deseable, también para rejuvenecer árboles de edad avanzada, o injertar los que se propagaron por semilla. Para injertar un árbol, lo primero que hay que hacer es eliminar un tercio del total de ramas, de preferencia las que se encuentran del lado donde se va a realizar el injerto; en seguida se elige una o dos varetas de acuerdo al grosor del árbol a injertar.

Fotografía 16.
Injerto encerado



Fuente: Imágenes de campo.

En el árbol se hace un corte con machete o serrate eliminando la corteza y una parte de madera a modo de formar una silla, se procede a realizar los cortes en la vareta formando una cuña.

Teniendo la vareta con los cortes se procede a presentarla sobre el lugar donde se va a injertar realizando dos cortes para levantar la corteza del

patrón, los cortes se realizan en forma vertical y al ancho del corte de la vareta para que quede ajustado y con mejores posibilidades de prendimiento; la vareta se incrusta entre la corteza y la madera del patrón y se procede a efectuar el amarre con plástico y después se cubre con parafina para que no le entre agua y aire al corte.

Fotografía 17.

Injerto en árboles adultos



Fuente: Imágenes de campo.

3.5 Los sistemas de cultivo de macadamia

Considerando los indicadores a) componente productivo, b) condiciones ambientales y c) manejo del cultivo; se han identificado los siguientes sistemas de cultivo de macadamia (Fotografía 18).

- Macadamia en monocultivo.
- Policultivo comercial café – macadamia.
- Policultivo comercial macadamia - frutales (aguacate - guanábana).
- Sistema agroforestal (macadamia - forestales).
- Sistema agropastoril (macadamia - ovinos y/o bovinos).
- Sistema de cultivo de traspatio.

Fotografía 18.

Los sistemas de cultivo de macadamia



Con bovinos

Monocultivo

Con café

Fuente: Robledo (2006).

3.6 Establecimiento de plantación

3.6.1 Preparación del terreno

Si se va a establecer una plantación nueva, el proceso inicia con la limpia del terreno que consiste en la eliminación de materiales vegetales tales como árboles, arbustos, arvenses utilizando hacha y machete.

3.6.2 Diseño y trazo

El proceso inicia considerando el sistema de cultivo a establecer por el productor. En el caso de las huertas de monocultivo y en los cafetales con policultivo comercial, lo más frecuente es el trazo cuadrado o marco real, con distancias que varían de 5 x 5 m a 10 x 10 m, y densidades de plantación desde 400 hasta 100 plantas por hectárea. En las huertas de macadamia intercaladas con café, frutales y forestales, la tendencia es a aumentar distancias, en cambio en los monocultivos se reducen la distancia. Con menor frecuencia se reportan trazos de plantación rectangular y tresbolillo. La distancia de plantación también depende del tipo de suelo y de la variedad a plantar, así, variedades con crecimiento erecto como Keaau 660, Kau 344 y la selección Huatusco I, pueden plantarse a menor distancia y las variedades de crecimiento abierto como Keauhou 246, Kakea 508 y las selecciones A-527, A-447 y A-490 pueden plantarse a distancias mayores.

3.6.3 Ahoyado

Esta actividad consiste en abrir cepas u hoyos para la siembra y cuyas dimensiones varían de 40 x 40 x 40 cm a 60 x 60 x 60 cm, asociadas a las condiciones del suelo (profundidad, pedregosidad y textura, y a los recursos disponibles del productor. Se utilizan en esta actividad azadón y pala recta.

Fotografía 19.

Preparación de cepa (ahoyado)

51



Fuente: Imágenes de campo.

3.6.4 Trasplante

El trasplante se realiza de junio a septiembre, para aprovechar la temporada de lluvias de verano, sin embargo, si se siembra en otra época será necesario implementar algún sistema de riego.

Fotografía 20.

Trasplante de macadamia

52



Fuente: Imágenes de campo.

Antes de colocar la planta se debe cortar la base de la bolsa, y de ser necesario cortar las raíces que sobresalen para evitar que queden dobladas, lo que retrasa el desarrollo de la planta. Al sembrar, se coloca la planta en el hoyo y se llena con tierra hasta el nivel de suelo, después se apisona el suelo alrededor de la planta; se coloca una estaca de 1.5 m de alto y se amarra a esta la planta para que el tallo crezca recto evitando que se dañe por el viento. Es de gran ayuda colocar encima una pequeña capa de materia orgánica como hojas o composta que ayude a mantener la humedad en las raíces. En la fotografía siguiente, se observa el proceso de siembra.

Fotografía 21.
Llenado de cepas



Fuente: Imágenes de campo.

3.7 Manejo del cultivo

3.7.1 Control de arvenses

Esta práctica consiste en eliminar las arvenses que compiten con la planta por nutrientes, eliminación que se realiza en forma manual, mecánica o química; para la primera, los productores utilizan machete, en la segunda y en menor proporción utilizan chapeadora y pocos realizan el control químico con herbicidas. Los productores que reportan el pastoreo de bovinos y ovinos, aprovechan las hierbas para la alimentación de sus animales, además del aporte de materia orgánica. Esta actividad se realiza antes y después de la cosecha.

Fotografía 22.

Control de arvenses



Fuente: Imágenes de campo; Robledo (2006).

3.7.2 Podas

Dependiendo de la edad de la planta y patrón de crecimiento, se establece un programa de podas, para favorecer el crecimiento vegetativo se realizan podas de formación o "despunte", y posteriormente podas sanitarias. La poda de formación se efectúa en los primeros años, cuando la planta alcanza alturas entre 1.0 a 1.5 m y está encaminada a romper el crecimiento apical para lograr una mejor formación de las ramas laterales que constituyen los verticilos (a diferencia de otras plantas, la macadamia presenta de tres a cuatro grupos de ramas o verticilos dependiendo de la especie, misma que se integra por tres yemas vegetativas sobrepuestas, en donde la primera da origen a ramas con ángulos cerrados; la segunda a ángulos intermedios; la tercera a ángulos muy abiertos; por lo que se debe favorecer el crecimiento de las yemas intermedias, mismas que darán origen a ramas de ángulos intermedios). Posteriormente, se pueden realizar despuntes sucesivos, dejando entre cada grupo de ramas de 1 - 1.5 m hasta que la altura de la planta lo permita. Estos despuntes tienen el propósito de proporcionar al árbol una estructura fuerte y bien balanceada, evitando con ello el crecimiento tipo columnar, que hace a esta planta vulnerable a los desgajamientos de tallos y ramas. Esta actividad, se realiza en los meses de febrero y junio utilizando tijeras de podar.

Fotografía 23.
Poda de formación



Fuente: Imágenes de campo.

La poda sanitaria se realiza después de la cosecha a inicios de la primavera y consiste en eliminar ramas dañadas por plagas, enfermas, improductivas, viejas, quebradas, secas y aquellas que crecen de forma irregular. Esta práctica está encaminada a mejorar la productividad de la planta para el siguiente ciclo. Se utilizan tijeras de podar, serrote y machete o *moruna*.

3.7.3 Nutrición

La nutrición de las plantas es parte integral en la producción de una huerta sana. Un árbol bien alimentado será menos susceptible a enfermedades y plagas. Para optimizar los nutrientes en el árbol de macadamia es importante elaborar un programa anual de nutrición que incluya las fechas, el método de aplicación, las cantidades y el tipo de fertilizante, tomando como base los resultados del análisis foliar y de suelo elaborados previamente. No existe una receta para fertilizar las huertas puesto que hay muchas variables que influyen, tales como; la variedad cultivada, tipo de suelo, recursos locales con que contamos, edad del árbol, época del año y el período de crecimiento. Esta práctica es poco común y depende del sistema de

cultivo establecido. La fuente de nutrientes es orgánica y química con una tendencia a la producción orgánica. La macadamia no tolera condiciones pobres en nutrición y a las primeras señales de deficiencia, presenta una marcada reducción en la producción y luego decadencia en la condición del árbol, con menos cantidad de hojas y más distanciadas.

i. Fertilización orgánica

Esta práctica es realizada por algunos productores y se hace durante el trasplante; se recomienda poner en el hoyo o cepa uno a dos kg de lombricomposta para mejorar la fertilidad del suelo, pues los árboles recién plantados necesitan establecerse y desarrollar raíces nuevas que puedan absorber los nutrientes del suelo. Posteriormente, a los seis meses y cuando la planta presenta al menos dos grupos de ramas se pueden aplicar composta, lombricomposta, abonos y/o estiércoles de borrego, vaca y cerdo, procurando que estén lo suficientemente descompuestos para que puedan ser aprovechado por la planta, ya que, en estado fresco producen oxígeno en demasía y esto puede dañar la planta. Las cantidades pueden variar dependiendo del tamaño de la planta, así en árboles de uno a dos años se recomienda aplicar de 1 - 3 kg de fertilizante; árboles de dos a cuatro años se puede incrementar de 3 - 5 kg aplicados en el área de goteo de la planta; árboles de más de cinco años de edad se incrementa la cantidad al menos de 5 - 7 kg de acuerdo al estado de la planta y a la disponibilidad de recursos del productor.

Otra estrategia complementaria es la aportación de mineral a los suelos a través de la aplicación de harina de rocas; aplicaciones de harina de basalto con alto contenido de potasio se traduce en buenos resultados. Se recomienda usar harinas de basalto que tengan un grosor de grano de entre dos y cinco mm.

ii. Nutrición mineral

Esta práctica se realiza en todos los sistemas de cultivo de macadamia; sin embargo, en el sistema de intercalación con café, se aprovecha el fertilizante aplicado a éste (18-12-08; 17-17-17; 46-0-0 y 0-46-0) para favorecer a la macadamia. Después del segundo brote se inicia la fertilización con pequeñas cantidades, a una distancia de 20 o 50 cm del tallo principal y posteriormente se incrementa de acuerdo al diámetro de copa o área foliar, en forma circular.

Los productos y dosis recomendadas se presentan como sigue:

a) Elementos mayores en etapa preproductiva. Las fertilizaciones con nitrógeno (urea, fórmula química es $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) y productos altos en potasio son necesarias y se pueden aplicar en el caso del nitrógeno de 50 a 100 gramos por año por árbol en plantas de un año de edad, a los 90 días de sembrada, y entre los 45 y 60 después de la primera aplicación. Para el segundo año la planta se nutre con potasio y nitrógeno en relación 1:1 (100 - 200 g por planta); para el tercer año la dosis se incrementan de 300 - 400 g por planta; a partir del año cuatro y hasta el 11, se aplican de 500 - 1 000 g por planta. A partir del año 12 se aplican dosis de 3 - 4.5 kg por planta.

b) Elementos menores en etapa productiva. Calcio: Dependiendo de la acidez del suelo o pH, se pueden aplicar calcio o cal dolomítica (calcio - magnesio) aplicando 1 t ha⁻¹ al año.

Boro: El boro se considera un elemento importante en la nutrición de la macadamia, ya que es responsable de la división celular, transporte de carbohidratos a través de las paredes celulares, y el desplazamiento de las hormonas en la planta. Las flores y los frutos son sensibles a la deficiencia de boro. Para fortalecer este proceso y favorecer la producción e incrementar la calidad de la nuez se realizan aplicaciones de boro foliar en dosis de 500 cc en 200 L de agua. Al suelo se pueden aplicar tres g de solubor o bórax por árbol.

Zinc: Este elemento juega una función importante en la floración, se pueden hacer aplicaciones en forma foliar en dosis de 500 cc en 200 L de agua.

c) Deficiencias nutrimentales. Las hojas amarillentas o de color verde claro indican una patología llamada *clorosis*, que puede deberse a la falta de nitrógeno o alguna deficiencia mineral. Las hojas quemadas se presentan cuando hay deficiencia de potasio o se asocian con un exceso de fósforo.

La deficiencia de magnesio se muestra como un moteado amarillo entre las venas de las hojas más viejas.

Otro síntoma es cuando las hojas viejas tienen una apariencia normal pero las hojas jóvenes, en particular los brotes a finales del verano, son amarillos, a veces con una delgada franja verde a ambos lados de las venas. En casos severos, las hojas se ven casi blancas. Normalmente, este síntoma se debe a una falta de hierro que es provocada por un alto pH (>6.5) de la tierra, a inundaciones, compactación del suelo o a la fertilización con demasiados fosfatos. Cada una de estas

razones puede inmovilizar el hierro en la tierra.; es necesario hacer análisis de hojas y suelo regularmente para controlar la fertilización.

La clorosis también puede ser causada por bajas temperaturas en brotes de invierno o altas temperaturas de varios días durante el crecimiento de nuevas hojas en el verano.

d) *Coberturas y abonos verdes*. Es deseable tener una cubierta vegetal entre los surcos del cultivo para favorecer la protección de las raíces, fijación de nitrógeno, conservación del suelo, evitar evaporación y hacer uso de esta como forraje. Además es importante promover la asociación de la macadamia con abonos verdes y coberturas que le proveen de nutrientes y mejoran sus características nutricionales.

Los aspectos favorables de las coberturas son:

- Proteger la raíz de temperaturas externas.
- Fortalecer la fauna del suelo.
- Incrementar la humedad y evitar la evaporación.
- Evitar el encharcamiento del suelo.
- Promover el crecimiento de las raíces.
- Regular la presencia de malezas.
- Incrementar el material orgánico del suelo, mejorando por lo general las propiedades del mismo.

El material recomendado como coberturas muertas puede ser las arvenses chapeadas, material originado de podas de árboles, cáscara verde procesada en composta, pastos, bagazo de caña de azúcar, follaje de leguminosas, tallos de maíz y sorgo, cáscaras de cacahuate entre otros. Como coberturas vivas se puede utilizar el cacahuate forrajero (*Arachis pinto*), matlate (*Commelina* sp.).

3.7.4 Plagas y enfermedades

Por ser un cultivo de reciente introducción a nuestro país, la macadamia presenta plagas y enfermedades mismas que se controlan de forma incipiente, ya que el productor no le da importancia pues los daños hasta el momento son de poca consideración y no influyen en la venta del producto.

Robledo, Escamilla y Paz (2006) reportan los principales problemas fitosanitarios en Veracruz, que son ocasionados por plagas como: roedores, barrenadores

del fruto y defoliadores. Asimismo, se reportan enfermedades, principalmente antracnosis, sarna y pudriciones de raíz.

Los roedores, ardillas (*Sciurus granatensis*), ratas (*Rattus* sp) y ratones se alimentan de la almendra perforando el fruto, su daño principal tiene lugar en la etapa de fructificación de julio a octubre. Pueden causar daños considerables en la cosecha, sin embargo, no se controlan. En el caso de las ardillas en algunas plantaciones se reportan daños considerables. En menor proporción se reportan daños ocasionados a las raíces de los árboles por tuzas (*Orthogeomys- Heterogeomys* spp.), en especial este daño se asocia a árboles jóvenes y en suelos de textura franco-arenosa (Andosoles o "polvillos").

Barrenadores (*Cryptophlebia illepida* y *Cryptophlebia ombrodelta*), especies de insectos lepidópteros, cuyas larvas atacan el fruto, perforando el endocarpio y se alimenta de la almendra, se ha detectado en la región de Huatusco.

Se reportan diversas especies de insectos defoliadores que se alimentan de las hojas nuevas.

Sarna o roña. Enfermedad fungosa ocasionada por *Cladosporium dendriticum* y que afecta los frutos, que se caracteriza por un tejido de consistencia corchosa, que se extiende del ápice al pedúnculo, dañando el endocarpio, no así a la semilla, se ha identificado en la mayoría de las localidades productoras

Fotografía 24.

Frutos de macadamia dañados por sarna o roña



Fuente: Robledo (2006).

También se han reportado daños por hongos, como son: Antracnosis (*Colletotrichum* sp), que ocasiona que las brácteas de las nueces inmaduras se ennegrezcan y mueran reduciendo su calidad; se presenta en condiciones de alta humedad. En las regiones productoras se han reportado enfermedades que afectan las raíces, como: pudrición de la raíz (*Armillaria mellea*), llaga negra (*Rosellinia bunodes*) y pudrición negra de la raíz (*Ceratocystis fimbriata*). De estas enfermedades, la más frecuente y perjudicial, es la pudrición de raíz ocasionada por *Rosellinia*, que en huertas del municipio de Tlalnahuayocan, Veracruz requirió fortalecer el sistema radical de las plantas afectadas mediante la siembra de portainjertos alrededor de los árboles para injertar por el método de aproximación.

Fotografía 25.

Árbol dañado por *Rosellinia*



Fuente: Robledo (2006).

3.8 Cosecha

La cosecha se realiza en forma manual ubicándose para zonas cálidas de junio a octubre y en zonas semicálidas y templadas de agosto a febrero.

3.8.1 Indicadores de cosecha

En macadamia el fruto no se corta ya que una vez que llega a la madurez fisiológica, se desprende del árbol cayendo al suelo donde posteriormente es recogido. Algunos indicadores de cosecha a considerar son el tamaño de fruto, adherencia de la cáscara a la concha, color de concha o endocarpio. El período de cosecha puede durar de tres a seis meses dependiendo de la variedad y el clima.

Fotografía 26.

Cosecha de macadamia



Fuente: Imágenes de campo.

3.8.2 Rendimientos

Las plantas procedentes de semillas tienen un comportamiento heterogéneo la mayoría inician la producción hasta después de los cinco años de plantadas en cambio las propagadas por injerto, inician entre los tres o cuatro años. En particular la variedad A-527 que está mostrando alta producción en las regiones cafetaleras que se ubican arriba de los 1 000 msnm.

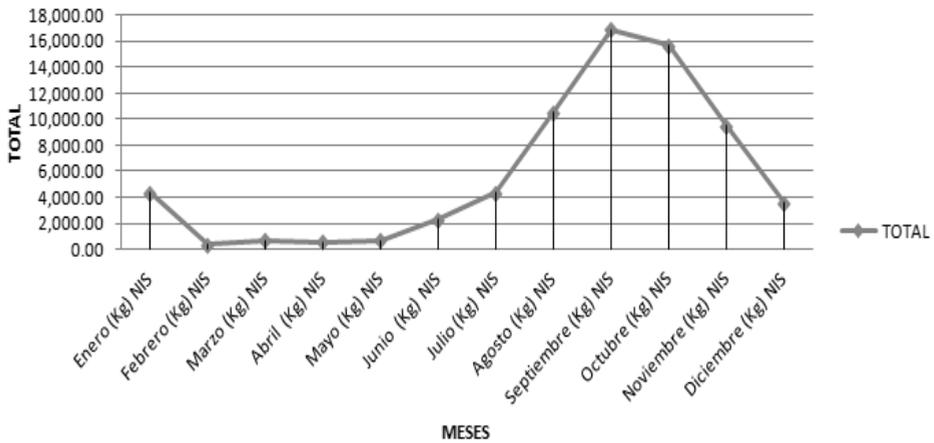
La primera cosecha económicamente significativa se obtiene a los cinco años después de la plantación. A los 15-20 años se llega a la capacidad máxima de producción posible (20 a 25 kg en concha/árbol). Los rendimientos están en función de la densidad de plantación, la zona de producción el manejo y la edad de los árboles. En México existen plantaciones que han registrado un promedio de producción de nuez en concha de 2.5 t/ha aunque el promedio son 2 t/ha. La recolección se hace manualmente. Del peso total del fruto maduro, la mitad corresponde a pericarpio (cáscara verde) y la otra mitad al endocarpio (concha), el 16% del peso total del fruto corresponde a almendra.

3.8.3 Estacionalidad de la producción

La estacionalidad de la producción se da en los meses de julio a enero del año siguiente, como se describe en la Figura 3, siendo septiembre y octubre los meses donde se concentra la mayor producción. (AGI-DP nuez de macadamia).

Figura 3.

Estacionalidad de la producción de nuez de macadamia



Fuente: Elaboración propia con datos de UTE-Innovación (2013).

4. Manejo poscosecha

Esta fase considera una serie de actividades que requieren en algunos momentos de la participación del productor o bien de la empresa receptora, a saber: a) Recepción, b) Descascarado, c) Clasificación, d) Presecado, e) Secado, f) Quebrado, g) Selección, h) Empaque, Procesamiento, i) Almacenamiento; descritas enseguida:

4.1 Recepción

Esta etapa consiste en el acopio del producto por parte del comprador o el productor una vez realizada la recolección del fruto y su traslado en vehículo o cualquier otro medio de transporte.

4.2 Descascarado

Para evitar el calentamiento de las nueces, se quita la cáscara verde antes de las 24 horas posteriores a la recolección. Se quitará en forma manual, si lo hace el productor, o bien de forma mecánica, si es la empresa.

4.3 Clasificación

Se clasifican las nueces por peso y tamaño; para el primer caso mediante el procedimiento de flotación en agua, las nueces inmaduras flotarán, las nueces maduras descenderán. La clasificación por tamaño se hace en separadores mecánicos.

Fotografía 27.

Clasificación de macadamia



Fuente: Imágenes de campo.

4.4 Presecado

Las nueces en concha son comercializadas en forma inmediata o secadas a la sombra en sitios con ventilación permanente hasta obtener un 30% de humedad utilizando harrereros con malla.

Fotografía 28.

Presecado de macadamia



Fuente: Imágenes de campo.

4.5 Secado

Las nueces se secan en cilindros o silos metálicos durante 8 - 10 días utilizando aire caliente que circula de la base hacia la punta del cilindro. En este proceso la humedad de la nuez se reduce al 1.5%. La nuez seca se separa de la concha, facilitando el quebrado.

Fotografía 29.

Secado de macadamia



Fuente: Imágenes de campo.

4.6 Quebrado de la concha

Consiste en separar mecánicamente, la concha, cáscara dura o endocarpio, que es de color café y dura. La maquinaria utilizada debe estar diseñada para romper la concha sin afectar la almendra. Se utilizan sistemas de cuchillas fijas y móviles, o rodillos que comprimen la nuez sobre un plato base.

Fotografía 30.

Quebrado de macadamia



Fuente: Imágenes de campo.

4.7 Selección

Se realiza una selección de la almendra de acuerdo a sus características o atributos. Se usa clasificadora por color o se puede hacer una selección manual. De acuerdo a los requerimientos del cliente, las nueces de macadamia se venden crudas o tostadas en seco.

Fotografía 31.

Selección manual de nueces



Fuente: Imágenes de campo.

4.8 Empaque y almacenamiento

La nuez seleccionada se empaca dentro de bolsas de calidad grado alimenticio y son conservadas a temperatura de 20 °C y atmósfera seca. La vida de anaquel del producto se puede prolongar hasta por cuatro años a una temperatura de 4 °C. El almacén debe tener condiciones de seguridad e higiene.

4.9 Procesamiento

La almendra se puede tostar o freír (en aceite de coco) artesanal o industrialmente. Artesanalmente, se usan hornos precalentados a temperaturas alrededor de 125 °C. Se colocan las nueces enteras en recipientes poco profundos, que estén bien aireados y se tuestan por 12 o 15 minutos con agitación continua sin dejar que adquieran un color dorado. Industrialmente se realiza el tostado en seco, que ofrece

más estabilidad y calidad a la nuez al no mezclarla con otros aceites ni contaminando con aguas residuales.

4.10 Presentación del producto

La calidad de la nuez de macadamia se juzga según su color y forma. Nueces enteras, uniformes, de color blanco cremoso cumplen con los requerimientos.

En el Cuadro 10, se especifican las diversas presentaciones de la Nuez según estándares internacionales. Además de estas presentaciones, otros grados y estilos se pueden procesar.

Cuadro 10.
Presentación de macadamia

Presentación	% Mínimo de nueces enteras/mitades	Tamaño (mm)
Super Premium Wholes	98% de nueces enteras	Mayor de 20 mm
Premium Wholes	95% de nueces enteras	Mayor de 17 mm
Premium Wholes and Halves	Mezcla de 50/50	Mayor a 13 mm (o bajo especificaciones diferentes)
Premium Cocktail Mix	15% de nueces enteras y mitades	Mayor a 13 mm
Premium Halves	80% de mitades	Entre 10-14 mm
Premium Large Chips	Chips	Entre 8-12 mm
Premium Chips	Chips	Entre 5-9 mm
Premium Small Chips	Chips	Entre 3-6 mm
Premium Fine Granule		

Fuente: Elaborado con datos de la ANACAFÉ (2004).

El manejo del cultivo en campo tiene impacto directo sobre la calidad de la nuez, por lo que es importante que la producción primaria, lleve a cabo buenas prácticas agrícolas; incremente rendimientos, mejore la calidad y baje los costos de producción.

El Cuadro 11 muestra las normas internacionales de calidad de la nuez de macadamia.

Cuadro 11.
Especificaciones Internacionales de Calidad

Concepto	Valor
Contenido de Humedad	1.5 % máximo
Valor de peróxidos(rancidez)	3 meq /kg máximo
Ácidos grasos libres	0.5% máximo
Coniformes	200/gr máximo
<i>E. coli</i>	Menor a 3 g.
Salmonella	Negativo
Bacterias aerobias	10 000/gr máximo
Pedazos de concha	Ausente en estilos enteros. 1/100 kg en los estilos con trozo menor a 9 mm
Defectos en tostado	Máximo 2.5% del peso total
Infestación de insectos	Ninguna
Daño por insectos	Máximo 1% del peso total

Fuente: United Nations (2010).

5. Comercialización y red de abasto

5.1 Comercialización en el mercado nacional y estatal

La macadamia se comercializa a nivel nacional en las regiones donde se cultiva, en la Sierra Norte de Chiapas; en el Municipio Yajalón se pueden encontrar productos de macadamia. En San Luis Potosí, en la Huasteca Potosina; en el Municipio de Xilitla, también se comercializa a nivel local esta nuez. En Puebla, en la región de Xicotepec - Huauchinango algunos productores elaboran productos tales como galletas, pay, macadamia seca salada o enchilada, mismos que venden a nivel local. En Cuetzalan, la organización Tosepan Titataniske produce macadamia. En la Meseta Tarasca, Michoacán, la familia Bautista produce planta, tiene plantaciones y elabora productos de macadamia, además de trabajar una línea de extracción de aceite. En el parque Eduardo Ruíz, se puede encontrar puestos con venta de productos de macadamia tales como nieves, helados, frita, salada y/o enchilada, entre otros.

En Veracruz, en el Rancho el Padre propiedad del Sr. Juan Zendejas, localizado en la Luz Palotal, Municipio de Córdoba la macadamia está intercalada con café y los productos que se elaboran los venden a nivel local.

En la región del Municipio de Río Blanco en el centro del estado, existe una microempresa que procesa macadamia misma que se abastece con compras a productores de la región y de sus propias plantaciones. Actualmente elabora productos cosmetológicos tales como cremas para cara, manos y cuerpo, jabones, aceite; también está desarrollando nuevos productos para el área automotriz tales como desengrasantes, limpiadores, shampoos, entre otros.

A nivel microindustrial, en la región de Coatepec-Xalapa, se ubican dos microempresas, una integrada como empresa social denominada Macadamia de Veracruz S.P.R. de R.L., que elabora macadamia salada, confitada y enchilada, envasadas al alto vacío, así como galletas, chocolates y "foundant". Los productos obtenidos se venden en la región y en la Ciudad de México.

Otra microempresa que elabora galletas y dulces de macadamia es propiedad del Sr. Enrique Valderrama, y comercializa sus productos en la ciudad de Xalapa (Fotografía 32).

En la ciudad de Coatepec, se venden en tiendas, pastelerías (La Toga) y neverías: macadamia seca en bolsa, macadamia surtida, garapiñado de macadamia, pastel, pay, mini pan, polvorones, galletas, rollo de macadamia con salsa de caramelo, tarta de París, pastel de tres leches relleno de macadamia, pan de macadamia y salsa macha de macadamia (Fotografía 33).

En el municipio de Huatusco, se pueden encontrar también productos de macadamia como galletas, fritas, saladas, enchiladas, naturales y salsa macha de macadamia.

En las afueras de Huatusco se ubica la Finca Cassandra que integra la producción bajo el sistema de intercalación de café y macadamia en donde el proceso de plantación, cosecha, procesamiento y control de calidad se realizan bajo la premisa de producción amigable con el medio ambiente y está certificada por Rainforest Alliance, esta certificación promueve y garantiza mejoras agrícolas y forestales; su sello de aprobación independiente, asegura que los bienes y servicios fueron producidos obedeciendo regulaciones de protección del medio ambiente, con especies nativas, trabajadores y comunidades locales.

Fotografía 32.
Macadamia salada



Fuente: Robledo (2013).

Fotografía 33.
Productos regionales de macadamia



Fuente: Robledo (2013).

La procesadora de macadamia es a la fecha la mejor en México, algunos de los equipos fueron adquiridos en el extranjero, también se cuenta con una relación de intercambio comercial y tecnológico a través de la empresa Green Farms Nut Corporation, principal productora y procesadora de nuez de macadamia a nivel mundial. Las instalaciones tienen actualmente una capacidad de procesamiento de 300 t de nuez en concha por temporada trabajando un solo turno.

La plantación de macadamia que se tiene en la Finca Cassandra es de aproximadamente 50 000 árboles, lo que sin duda la convierte en la más grande del país, con un potencial de producción que se detonará al 100 % en los próximos cinco años una vez que la totalidad de los árboles alcancen su edad de máxima producción. Finca Cassandra, vende parte de su producción en Estados Unidos y desarrolla una estrategia de comercialización participando en exposiciones y ferias internacionales de café y nuez de macadamia en las cuales obtienen clientes muy importantes, que piden mayores volúmenes de lo que esta finca es capaz de producir por sí misma. En el Cuadro 12, se pueden ver los principales clientes que adquieren su producción.

Cuadro 12.

Principales destinos de la producción de la Finca Cassandra

Mercado o cliente	Volumen (kg) (Kernel)	Requisitos de calidad	Precios (\$ kg ⁻¹)
Grupo Agroindustrial San Miguel	5 000	Nuez de primera calidad estilos 3 y 4	140
De Alba Colombia	10 000	Nuez de primera calidad estilos 1 y 2	240
Manitoba Colombia	10 000	Nuez de primera calidad Estilos 1 y 2	250
Estados Unidos	5 000	Nuez de Primera Calidad Estilo 0	240
Central de abastos México, D.F.	5 000	Nuez de Primera Calidad Estilo 3,4 y mix	132 Promedio

Fuente: Finca Cassandra S.A. de C.V. (2013), citado por UTE-Innovación (2013).

5.2 Red de abasto

En el sistema agroindustrial organizado en torno a la producción, transformación, conservación y comercialización de nuez de macadamia se distinguen dos tipos

de agroindustria, de acuerdo a su capacidad de procesamiento y acceso a mercados, cada una de ellas presenta una red de abasto y comercialización diferente.

Cuadro 13.

Tipos de agroindustrias identificadas para la producción, acopio y transformación de la nuez de macadamia

Característica	Artisanal	Empresarial
Atributos de la materia prima	Peso y tamaño heterogéneo, con presencia de daños mecánicos e incidencia de enfermedades.	Materia prima propia: Relación concha/almendra: 0.2. Parámetros internacionales de calidad Materia prima externa: Peso y tamaño heterogéneo, con daños mecánicos y con síntomas de enfermedades y presencia de insectos
Procesos poscosecha	Selección por tamaño y apariencia	Selección, por tamaño, porcentaje de gránulos enteros, tostado
Mercado objetivo	Nacional (90%); Regional (10%)	Internacional (90%) Nacional (10%)
Control de calidad	Únicamente basado en tamaño, aplicación de controles de calidad flexible	Basados en parámetros internacionales
Certificaciones/Acreditaciones	Ninguna	Protección del medio ambiente, ecológicamente producidas
Ejemplo	Unión de Productores Agropecuarios y Forestales de la Zona alta de Coatepec, A. C	Finca Cassandra

Fuente: Elaboración propia. UTE-Innovación (2013).

5.2.1 Agroindustria Artesanal

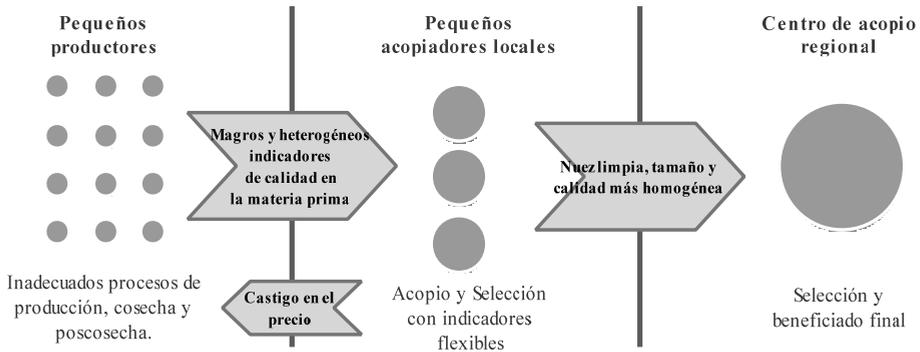
i. Acopio

Las agroindustrias (A) artesanales son centros de acopio de nuez de macadamia, administrados por organizaciones de productores y están ubicados generalmente lejos de las zonas productoras.

La nuez acopiada en estos centros de acopio difícilmente cumple con los parámetros óptimos de calidad, debido a los inadecuados procesos de producción,

cosecha y poscosecha que los productores llevan a cabo. Las grandes distancias entre las zonas productivas y los compradores, provoca que los productores prefieran vender sus semillas en verde a acopiadores locales, causando daños físicos e incidencia de plagas y enfermedades.

Figura 4.
Proceso de acopio para la A/artesanal



Fuente: Elaboración propia con datos de UTE-Innovación (2013).

ii. Proceso de recepción, selección y beneficiado de materia prima

- a. Recolección de semillas en arpillas que permitan una ventilación adecuada. En la entrega de las arpillas en la planta de proceso se verifica la presencia de humedad externa en la semillas y se informa a los responsables en las plantaciones para que se tomen las medidas pertinentes y se coloquen las arpillas en zonas secas y protegidas antes de ser llevadas a la planta procesadora.
- b. Se mide el porcentaje de semillas vanas, en caso de exceder el 10% se castiga el precio por kilogramo.
- c. Selección por tamaño. Se considera un tamaño adecuado de concha de primera calidad a aquellas nueces que tienen entre 2.5 y 3.2 cm de diámetro. La producción de socios productores es seleccionada de esta manera en la planta de procesamiento sin incidir en el pago por kilogramo; en el caso de productores no socios, se aplica un castigo en el precio por kilo cuando el porcentaje de concha de primera calidad es menor al 60%.

- d. Después del secado y quebrado de las semillas, se realiza un control visual de calidad sobre almendras manchadas u oscuras, que no presenten la tonalidad blanco cremosa uniforme promedio. Se reduce el precio de compra cuando la almendra manchada sobrepasa el 5%.

iii. Mercado objetivo

Son las agroindustrias (*A/*) cuyo mercado objetivo es el nacional y en menor medida el regional. Estas *A/* comercializan nuez beneficiada a los grandes centros de abasto nacional (alrededor del 90%), donde las empresas transformadoras acuden para adquirir la nuez con mejores indicadores de calidad para continuar con el proceso de transformación y agregación del valor.

La heterogeneidad en las características químicas, físicas, biológicas y organolépticas de la nuez de macadamia acopiada por este tipo de *A/* limitan las oportunidades de acceso a mercados con mejores precios.

5.2.2 Agroindustrias Empresariales

Las *A/* de este tipo tienen gran capacidad de producción, acopio, almacenaje, transformación e intercambio tecnológico, aunado a su vinculación con mercados internacionales y las certificaciones que han obtenido le permiten acceder a mercados con mejores precios, a través de la comercialización de almendras con alto valor agregado.

i. Capacidad de producción

Las empresas ubicadas en esta categoría tienen una capacidad de procesamiento de al menos 300 toneladas de nuez en concha (Nut in Shell) por temporada, trabajando un solo turno. Además cuentan con sus propias plantaciones, por ejemplo Finca Kassandra tiene aproximadamente 51 000 árboles en producción, lo que la convierte en la más grande de México.

Pese a ello, las cantidades procesadas son insuficientes para cubrir los requerimientos de los clientes internacionales, por lo que las *A/* recurren a adquirir materia prima de diversos productores, incrementando los costos de producción, sobre todo en los costos relacionados con el acopio, selección y acondicionamiento de la materia prima, pues algunas nueces presentan un elevado contenido de humedad o no se encuentran en el estado de madurez adecuado.

ii. Proceso de recepción, selección y beneficiado de materia prima

El valor de referencia para la relación concha/almendra, principal parámetro de calidad según las recomendaciones internacionales, es del 25% - 26% y el rendimiento de los proveedores de las empresas nacionales alcanzan el 20% en promedio.

A continuación se muestra el proceso de selección y beneficiado de la materia prima:

- En la etapa de muestreo se hace una selección de la nuez por flotación, en este proceso la nuez que flota se separa y se desecha.
- En las bandas seleccionadoras se separan las nueces manchadas, con hongos o que no presentan el grado de madurez adecuado.
- En las mesas de selección se separan por tamaño y porcentaje de nuez entera.
- Se mide constantemente durante el proceso la humedad de la nuez.

El proceso de selección clasifica las almendras según su tamaño y el porcentaje de nueces enteras/mitades.

iii. Mercado objetivo

La nuez de macadamia es un fruto poco conocido por el consumidor mexicano, por lo que el 70% de la producción se exporta a Colombia y Estados Unidos, la cantidad demandada de este producto por parte de las llamadas "boutiques" de alimentos se incrementa cada año. Las empresas de este tipo tienen fuertes vínculos con comercializadoras con presencia internacional, como es el caso de Finca Kassandra (México) con Green Farms Nut Corporation (Sudáfrica). El 30% restante se comercializa en el Distrito Federal.

Cuadro 14.

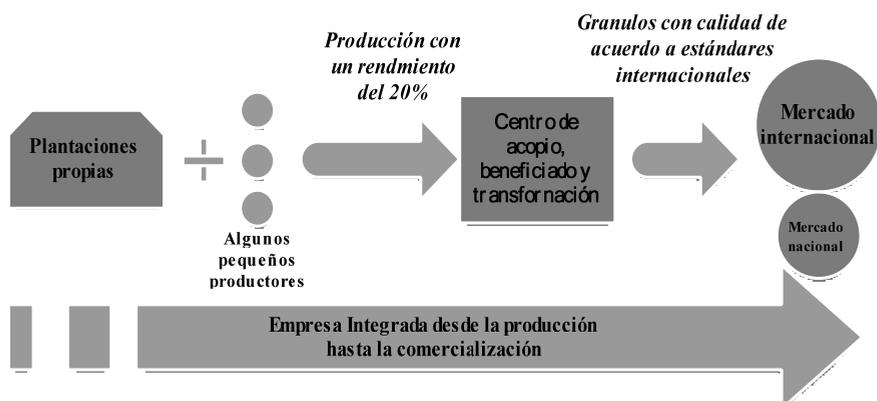
Clasificación internacional de la nuez de macadamia como alimento gourmet

Estilo	Categoría	Descripción
1	Enteros Súper Premium (21 mm en adelante)	Debido a su gran tamaño y alta calidad, El estilo 0 es ideal para aperitivos dulces hechos a mano o gourmet.
2	Enteros Premium (19 - 21 mm)	La forma y tamaño más popular de macadamia debido a su versatilidad y relación calidad-precio, contiene en un mínimo del 95 % del núcleo entero.
3	Enteros Premium y mitades (15 - 19 mm)	Una mezcla 50/50 de grano entero y piezas grandes; es ampliamente utilizada en aplicaciones comerciales.
4	Mitades de primera calidad (12 - 15 mm)	Contiene aproximadamente 80 % de kernels grado medio. Se pueden mezclar o añadir a una gran variedad de productos. Excelente como ingrediente para panadería.
5	Chips más grandes Premium (9 - 12 mm)	Este nuevo estilo es un "chip grande", variedad que se produce naturalmente a través de un proceso de selección especial. Estos chips son grandes y pueden adicionarse a los helados o ensaladas.
6	Fichas de primera calidad (6 - 9 mm)	Seleccionado por panaderos, pasteleros y cocineros para su utilización como ingrediente o coberturas. El estilo 6 también se podría describir como "picado pequeño".
7	Premium en pequeños chips (5 - 6 mm)	El estilo 7 saca el máximo partido de cada partícula extraído de la cáscara de macadamia. Estos "cositas" se usan principalmente para coberturas.
8	Granulado Fino Premiun (máx. 4 mm)	Este alimento se utiliza principalmente como un ingrediente para hornear y cocinar.

Fuente: Golden International, (2013).

Figura 5.

Integración vertical de la A/Empresarial



Fuente: Elaboración propia con datos de UTE-Innovación (2013).

Estas *A/* deben cumplir con las normativas internacionales relacionadas con inocuidad, contenido de agua, tostado, daños físicos o biológicos.

Cuadro 15.

Características mínimas aceptables para la exportación e importación de nuez de macadamia

Atributo	Valor
Contenido de humedad	2% máximo
Valor Peróxido (Rancidez)	5 meq kg-1 máx
Ácidos grasos libres	1.5% máx.
Coliformes	10 g-1 máx.
Salmonella	Negativo
Recuento estándar	50 000 g máx.
Levadura y moldes	5 000 g máx.
Materiales extraños	1 pedazo de cáscara o casco por cada 500 lb. 1 trozo de material extraño por 2.0 libras.

Fuente: USDA National Nutrient Database (2009). Disponible en <http://ndb.nal.usda.gov>

6. Dinámica de la innovación

6.1 Concepto de innovación

La innovación se considera como un importante instrumento para elevar la competitividad de las empresas, incluyendo las unidades de producción rural y se define como "todo cambio basado en conocimientos que genera riqueza" (COTEC, 2006). De ahí que los tomadores de decisiones consideren impulsarla a través del diseño de una estrategia de gestión de innovación (EGI) que permita facilitar los cambios (tecnológicos, comerciales, organizativos y financieros) dentro de los procesos productivos, y que dichos cambios estén soportados por conocimientos científicos y empíricos comprobados que contribuyan a generar riqueza.

6.2 Gestión de la innovación en la cadena productiva de macadamia

La gestión de la innovación se refiere a procesos orientados a organizar y dirigir los recursos disponibles con el objetivo de aumentar la aplicación de nuevos conocimientos e ideas para obtener nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los ya existentes. En el sector agrícola, en el sureste de nuestro país dicha tarea se ha realizado a través de las Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores (AGI-DP) que operan desde el año 2010 en diferentes cadenas agroalimentarias, entre las que se encuentra la macadamia como uno de los cultivos estratégicos del Programa Trópico Húmedo (PTH) de la SAGARPA.

Particularmente, en el estado de Veracruz en la región de Huatusco, la AGI-DP Macaira Corporativo SC, ha gestionado la innovación mediante procesos de asistencia técnica y de transferencia de tecnología a productores de macadamia a nivel regional, atendiendo de forma directa a 102 productores que suman una superficie en producción de alrededor 272 ha. Adicionalmente, se atendieron indirectamente a 500 productores potenciales más, es decir, aquellos que podrían establecer el cultivo en sus parcelas ya sea en monocultivo o intercalado en sus cafetales. Con estas experiencias, se ha compilado mucha información de carácter local en relación al proceso productivo de la macadamia.

6.2.1 El modelo AGI-DP

Las AGI-DP son equipos de profesionales orientados a gestionar la innovación bajo un enfoque de redes. Se integran con base en un proceso de selección de Prestadores de Servicios Profesionales (PSP) el cual valora su experiencia técnica y organizativa en la cadena, su residencia y reconocimiento al nivel territorial por actores clave, la capacidad para trabajar en equipo y la solvencia moral.

Las AGI-DP identifican las innovaciones y actores clave mediante mapeos territoriales de innovación, focalizando su atención tanto en promover innovaciones relevantes como en el trabajo con ellos para la difusión y la estructuración de las redes. El equipo técnico tiene claro en su operación el ¿Qué?, ¿Para qué?, ¿Cómo?, y ¿Con quién? intervenir para contribuir a la competitividad de la cadena, apoyando las prioridades establecidas por los gobiernos federal, estatal, y municipal, los productores y otros actores de interés (Aguilar, Rendón, Muñoz, Altamirano y Santoyo, 2011).

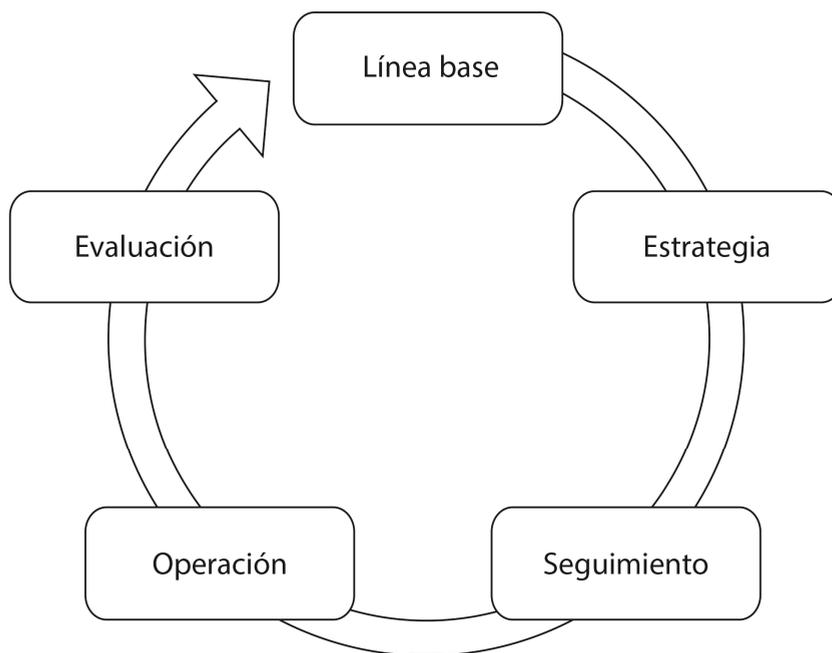
El Modelo AGI-DP fue desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo, aplicando los conocimientos y experiencias generadas por el Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). El modelo cuenta con el respaldo de la Dirección General de Servicios Profesionales de la SAGARPA desde 2006 y del Programa Trópico Húmedo de la misma Secretaría, a partir del 2009. La oficina de la FAO en México ha aportado recursos para sistematizar esta experiencia, el IICA y CYTED han contribuido a difundir algunos de los resultados en el plano internacional.

6.2.2 La metodología AGI-DP

La metodología implementada por las AGI involucra cinco etapas básicas; 1) Construcción de la línea de base; 2) diseño de la estrategia de gestión; 3) sistema de seguimiento; 4) operación; y 5) evaluación. En la figura siguiente se presenta un diagrama con el proceso metodológico observado por las AGI-DP.

1. Construcción de la línea de base: se refiere a un conjunto de indicadores objetivamente verificables definidos en conjunto con actores locales que dan cuenta del punto de partida; en este punto una de las principales fuentes de información la constituye la Encuesta de Línea Base (ELB).
2. Diseño de estrategia de gestión: conjunto de actividades estratégicas, tácticas y operativas a realizar con los actores de la cadena, con el propósito de modificar los indicadores de línea de base; también se le conoce como Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI). La EGI es validada tanto por el equipo técnico de la AGI-DP, como por los productores, AI y entidades gubernamentales que participan en el programa.
3. Sistema de seguimiento: procesos e instrumentos diseñados con el propósito de verificar, constatar y comunicar que las actividades están modificando los indicadores de línea de base.
4. Operación: implementación de la EGI y del sistema de seguimiento, orientado al logro de metas y resultados.
5. Evaluación: valoración objetiva del grado de cumplimiento de las actividades, productos y resultados planteados en la EGI y respaldadas en el sistema de seguimiento. Se considera información de bitácoras técnico productivas y la aplicación de una Encuesta de Línea Final (ELF).

Figura 6.
Proceso integral de gestión de la innovación



Fuente: Aguilar *et al.* (2011).

6.3 Análisis de la innovación en macadamia

Con la finalidad de obtener información local del cultivo de macadamia, se elaboraron dos instrumentos de colecta de datos: una Encuesta de Línea Base (ELB), la cual ayuda a sustentar el diagnóstico y planificar una Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI) y una Encuesta de Línea Final (ELF), para cuantificar los resultados alcanzados por la AGI-DP.

Para evaluar los niveles de innovación en los productores de nuez de macadamia, se analizaron ambas encuestas en el apartado II de la ELB "Dinámica de innovaciones en plantaciones", en el cual se presenta un listado de 32 innovaciones o buenas prácticas de producción que se agrupan en ocho categorías (Anexo 1).

Dicho listado se basa en las recomendaciones para el cultivo de nuez de macadamia formuladas por expertos.

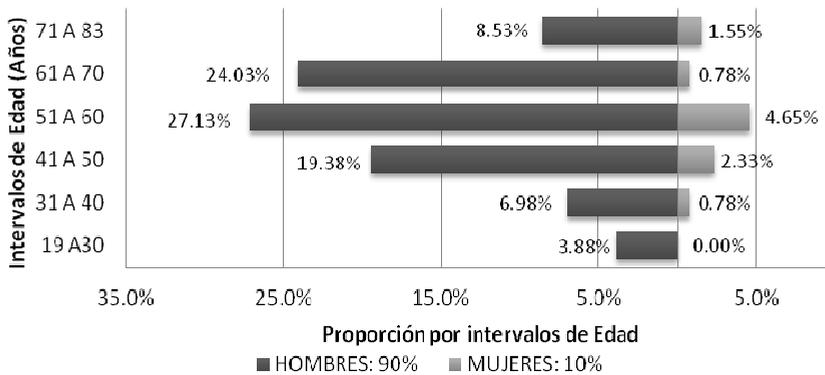
6.4 Perfil del Productor y atributos de la unidad de producción

Para planear adecuadamente la gestión de la innovación es necesario conocer los atributos básicos del productor y de la unidad de producción.

Caracterizando el perfil de los productores de macadamia, la mayoría es de edad avanzada con un promedio de 55 años, la responsabilidad de la unidad de producción está a cargo principalmente de los hombres, la participación de las mujeres es muy escasa con sólo el 10%, figura siguiente).

Figura 7.

Distribución de la edad y género de los productores de macadamia en Veracruz



Fuente: Elaboración propia con datos de. UTE Innovación (2013).

El 60% de los productores entrevistados terminó su educación primaria, de ellos el 17% son profesionistas. En relación a la experiencia en el cultivo, esta oscila de uno a treinta años, considerando la edad máxima de algunas plantaciones, las cuales sólo se establecieron como alternativa para sombra de café sin darle el cuidado adecuado que requiere el cultivo.

La importancia que le dan los productores entrevistados a este cultivo es mínima, ya que el 97% de ellos, mencionan que del total de sus ingresos económicos,

menos de una cuarta parte proviene del cultivo de macadamia, para el 92% de los casos, es una actividad complementaria, sólo lo usan como árbol de sombra para el cultivo de café; un 5%, la considera como distracción; y sólo el 3% la considera como una actividad de tiempo completo, estos son productores que tienen superficies cultivadas mayores a 10 ha. En ese sentido, el punto de vista de los productores respecto al progreso de su unidad de producción se encuentra dividido: el 49% dice que la actividad se encuentra estancada, mientras que el 51% opina que está creciendo.

Cuadro 16.

Perfil de los productores de macadamia en el estado de Veracruz

Atributo	Mínima	Máxima	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente de Variación (%)
Edad (años)	19.0	83.0	55.0	12.4	22.5%
Escolaridad (años)	0.0	25.0	7.3	5.9	80.8%
Experiencia (años)	1.0	30.0	10.9	5.4	49.5%

Fuente: Elaboración propia con datos de. UTE Innovación (2013).

En relación a los atributos de la unidad de producción, el 79.1% de los productores poseen superficies cultivadas de dos hectáreas o menos; el 16.2% entre tres y diez; mientras que el otro 4.7% tiene superficies de 10 a 30 ha. En el orden de rangos, ocupan el 31%, 35% y 34% respectivamente de la superficie total en cuestión.

En general, los perfiles de las unidades de producción no son homogéneos, ya que existe una gran heterogeneidad en las variables que la caracterizan. Hay productores que tienen desde 0.1 hasta 30 ha, y desde cinco hasta 10 000 árboles. Los valores promedio varían en función de la variedad como se observa en el Cuadro 16. De la superficie en producción, predomina el establecimiento con Pie Franco con 62.7%, mientras la variedad A-527 representa el 20%, esta última ha sido considerada la variedad de mayor adaptación y productividad en la región de Huatusco por parte del CRUO - Chapingo. Ambas ocupan 1.9 ha en promedio y una densidad de población entre 100 y 120 plantas ha⁻¹, sin embargo, considerando el uso de otras variedades, el promedio de la superficie en producción se reduce a 1.7 ha, con una edad de alrededor de 12 años y una densidad de población promedio de 106 árboles ha⁻¹. En lo referente a la superficie en desarrollo, las

unidades de producción tienen cerca de 0.69 ha de macadamia con edad de alrededor de 3.5 años, y una densidad de población que oscila entre los 113 y 262 árboles ha⁻¹. También, se observa mayor inclinación al uso de la variedad pie franco, la cual se encuentra establecida en un 71% de las plantaciones menores a cinco años de edad.

Cuadro 17.
Perfil de la unidad de producción de macadamia

Proporción %	Varietades usadas /Variables estadísticas	Superficie ha	Número de árboles	Edad de la plantación (Años)	Densidad de población (árboles ha ⁻¹)
<i>En producción</i>					
62.7	Pie franco	1.96	332	11.0	100
20.0	A-527	1.88	217	14.3	122
10.7	Huatusco	0.49	49	11.9	90
6.6	Otras	0.10	149	14.5	148
100.0	<i>Promedio general</i>	1.72	266	12.0	106
	Desviación Estándar	3.54	919	5.6	73
	Coefficiente de variación %	205 %	346%	47%	69%
<i>En desarrollo</i>					
71.1	Pie franco	0.58	93	3.3	133
10.5	A-527	0.28	35	4.0	113
7.9	Huatusco	0.42	73	3.0	160
10.5	Otras	2.03	479	4.8	263
100.0	<i>Promedio general</i>	0.69	126	3.5	148
	Desviación Estándar	0.83	207.897	1.520	116.075
	Coefficiente de variación (%)	121%	165%	43%	78%

Fuente: Elaboración propia con datos de UTE-Innovación (2013).

6.5 Indicadores utilizados para medir el grado de innovación

- a. *Índice de adopción de innovaciones (InAI)*. Este indicador se usa para medir la capacidad innovadora de cada productor o Empresa Rural (ER), tomando como base los aportes de Aguilar *et al.* (2011). Se calcula de manera global (considerando las 32 innovaciones) y por cada una de las ocho categorías descritas en el Anexo 1. Este índice toma valores que van

de cero a uno, donde cero indica que no se adoptan innovaciones y uno que todo el catálogo de innovaciones es adoptado.

- b. *Tasa de adopción de innovaciones (TAI)*. Expresa el porcentaje de productores adoptantes para cada una de las 32 innovaciones.
- c. *Brecha de adopción de innovaciones (entre individuos)*. Se define como la diferencia que existe entre la ER con mayor InAI y la ER con menor InAI. Se expresa en puntos porcentuales.

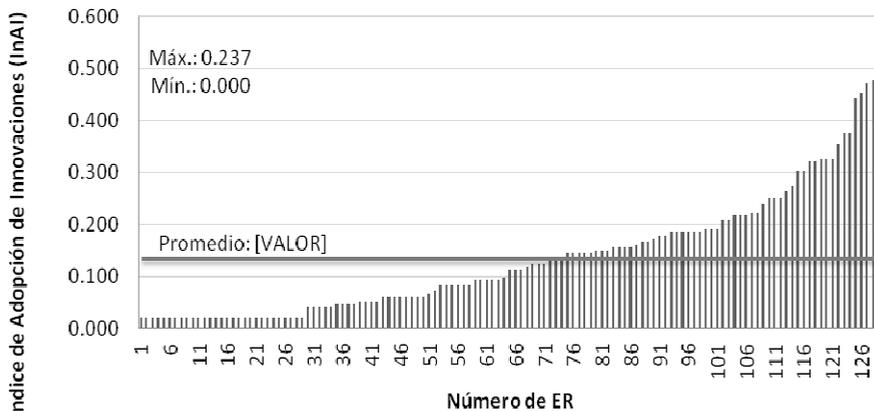
6.6 Indicadores de innovación en el cultivo de macadamia en México

6.6.1 Índice de adopción de innovaciones (InAI)

Con el propósito de conocer los niveles de adopción de innovaciones que poseen convencionalmente los productores de macadamia, se analizaron en forma conjunta dos ELB, debido que todos los entrevistados son diferentes en cada caso. De esta manera, se obtuvieron los valores del InAI que se distribuye entre 0.021 y 0.237, en un comportamiento exponencial, y con un promedio de 0.135. Es decir los productores implementan de una a siete innovaciones por productor, con un promedio de cuatro.

Figura 8.

Caracterización del InAI general (ELB) en Productores de macadamia en Veracruz



Fuente: Elaboración propia con datos UTE-Innovación (2013).

En el análisis por periodos de intervención, se obtuvo un InAI promedio de 0.118 en la ELB 2011, indica el estatus inicial del nivel innovador de los productores, y al término del segundo periodo de acuerdo con la ELF 2012, el valor promedio fue de 0.475, con lo que se obtuvo un incremento del InAI general del 300%, es decir, en dos años de gestión se triplicó el número de innovaciones adoptadas por el productor, a través del asesoramiento y asistencia técnica; así para fines del 2012 se logró que cada productor adoptara en promedio unas 15 innovaciones (Cuadro 18), lo que representa casi la mitad del total que se incluye en el paquete tecnológico (Anexo 1).

En el proceso de gestión de la innovación los resultados alcanzados por periodos, decrecen a medida que disminuye la brecha de oportunidad de innovar, de esta manera durante el 2011 la Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) fue de 235%, mientras que para año 2012, fue de 141%.

Cuadro 18.

Índice de adopción de innovaciones en productores de macadamia en Veracruz, México

Periodo	Etapa	Número de productores (n)	InAI Promedio	Desviación estándar	Coficiente de variación (%)
2011	Línea base	102	0.118	0.103	0.871
	Línea final	74	0.397	0.104	0.263
	Incremento		0.278		
	TMCA1 %		235		
2012	Línea base	27	0.198	0.137	0.694
	Línea final	100	0.475	0.127	0.268
	Incremento		0.278		
	TMCA ¹ %		141		
Del 2011 al 2012	Incremento		0.357		
	Cambio %		301.4		

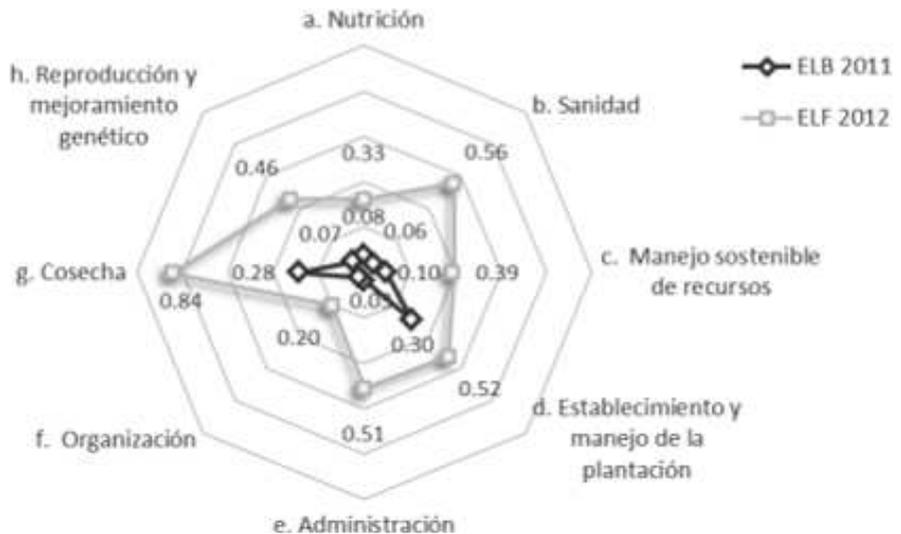
TMCA¹: Tasa Media de Crecimiento Anual.

Fuente: Elaboración propia con datos UTE-Innovación (2013).

Diferenciando el InAI por categorías, de acuerdo con la ELB los productores se concentraban básicamente en el establecimiento y manejo de la plantación (0.296) y en la cosecha (0.284), las demás categorías obtuvieron valores inferiores a 0.096 siendo administración y organización las categorías de menor aplicación.

Figura 9.

Índice de adopción de innovaciones por categoría en productores de macadamia en México



Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF.

Ante esta situación, la intervención de la AGI-DP logró incrementos significativos en la gestión de actividades relacionadas a las categorías de: cosecha, que en ambos momentos fue una de las de mayor prioridad de adopción, y con una diferencia entre ELB y ELF de 0.556 se incrementó 195%; sanidad, que inicialmente obtuvo un valor bajo (0.059) pasó a ser una de las innovaciones con mayor aceptación, alcanzó un índice de adopción de 0.557 que es ocho veces mayor que en un inicio; y administración, que en la ELB fue casi nulo, logró un InAI de 0.508 en la ELF.

En la ELF, también resalta la categoría de establecimiento y manejo de la plantación, la cual creció un 76%, en la ELB era la que más se aplicaba, seguida

de la categoría reproducción y mejoramiento genético cuyo índice de adopción de 0.069 pasó a 0.460. Respecto a nutrición y manejo sostenible de los recursos, que en ELB tuvieron valores de InAI de 0.078 y 0.096 respectivamente, ambos incrementaron su valor poco más del 300%. Finalmente, la organización fue la categoría de menor adopción pues apenas alcanzó un InAI de 0.201 en la ELF, esto denota escasa confianza y comunicación entre los productores.

Cuadro 19.

Índice de adopción de innovaciones por categoría en productores de macadamia en México

Categoría	ELB 2011	ELF 2011	ELB 2012	ELF 2012	Diferencia	Cambio (%)
a. Nutrición	0.078	0.419	0.160	0.327	0.248	316.5
b. Sanidad	0.059	0.351	0.099	0.557	0.498	846.3
c. Manejo sostenible de recursos	0.096	0.233	0.130	0.388	0.292	305.4
d. Establecimiento y manejo de la plantación	0.296	0.448	0.414	0.522	0.226	76.4
e. Administración	0.034	0.574	0.065	0.508	0.473	1379.0
f. Organización	0.031	0.227	0.096	0.202	0.171	543.9
g. Cosecha	0.284	0.791	0.370	0.840	0.556	195.4
h. Reproducción y mejoramiento genético	0.069	0.131	0.247	0.460	0.391	570.3

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y la ELF Nodo Proveedores (2011). UTE-Innovación (2013).

6.6.2 Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI)

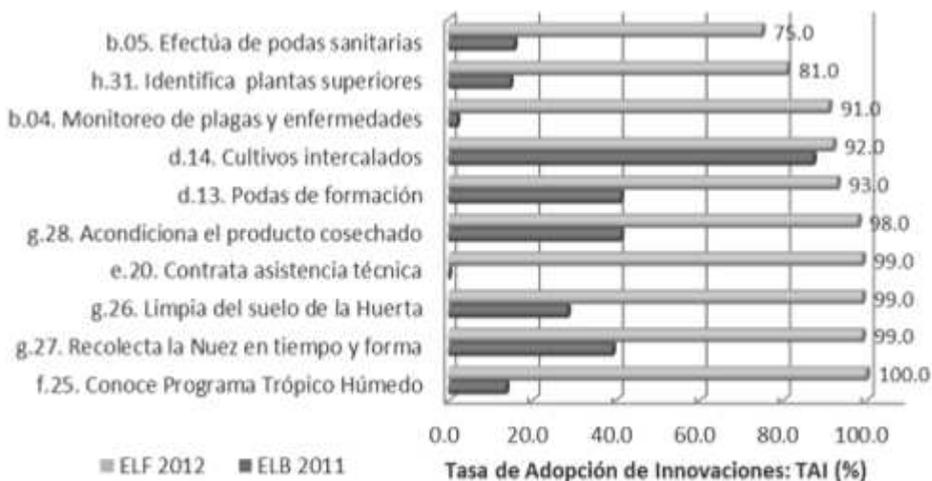
Mediante el análisis individual, se obtuvieron las tasas de adopción de cada una de las innovaciones, donde según datos de la ELB, la implementación de cultivos intercalado fue la innovación más adoptada por los productores con una TAI de 87.3%. Seguida del acondicionamiento del producto cosechado y podas de formación con 41.2%, también resaltan dos innovaciones más; cosecha y limpia del suelo de la huerta con tasas de adopción de 39.2% y 28.4% respectivamente.

Otras buenas prácticas que sobresalieron en el diagnóstico inicial (ELB 2011), fue el diseño de la huerta, incorporación de cascara verde al suelo y el procedimiento correcto de siembra (Anexo 2). En menor proporción, en la ELB se observó el interés de implementar las innovaciones de podas sanitarias e identificación de plantas superiores con una TAI de alrededor del 15%.

Bajo la misma lógica de estudio en la ELF se observan incrementos en la adopción de cinco innovaciones alcanzando tasas de adopción entre 98% y 100% (Figura 10), de las cuales; conocer el Programa Trópico Húmedo y contratación de asistencia técnica, partieron de tasas muy bajas en la ELB (12.7% y 0% respectivamente). A diferencia de las otras tres innovaciones, que se realizaban en la ELB y que mediante la gestión de la AGI-DP fueron adoptadas casi en su totalidad, tales como; limpia del suelo de las huertas, recolecta la nuez en tiempo y forma, y acondicionamiento del producto cosechado.

Figura 10.

Principales innovaciones adoptadas en el cultivo de macadamia en México



Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y la ELF Nodo Proveedores (2011). UTE-Innovación (2013).

Dentro de un segundo nivel en la ELF, se encuentran las categorías de podas de formación, cultivos intercalados, monitoreo de plagas y enfermedades, con una tasa de adopción de 93%, 92% y 91% respectivamente, la primera, logró tal valor con un incremento en su TAI de 126%, la segunda el 5.4%.

Entre las diez primeras innovaciones adoptadas en la ELF resaltan: la identificación plantas superiores con un incremento de 66 %, y efectuar podas sanitarias el 59% con respecto a la ELB.

En resumen, las innovaciones de mayor adopción son aquellas consideradas de bajo costo, alto impacto y fácil adopción por parte de los productores, además de las que fueron facilitadas por los servicios de la AGI-DP.

En contraparte, tanto en la ELB como en la ELF, las innovaciones de menor tasa de adopción son básicamente las relacionadas con organización y aquellas que implican costos adicionales, por ejemplo, la contratación de servicios en forma grupal, aplicación de estimulantes, efectuar compras y ventas consolidadas, introducción de colmenas para mejorar la polinización y la aplicación de fertilizantes foliares (químicos y orgánicos); ver Anexo 2.

7. Perspectivas del cultivo de la macadamia en México

La macadamia es un árbol frutal originario de Australia que produce una de las nueces más finas del mundo. Por su alto contenido de aceite monoinsaturado, es un alimento de excelente calidad y valor nutritivo, es consumida en forma natural o industrializada, ya sea como botana, en galletas, confitería, paletas y nieves, así como en una amplia gama de platillos, además del aprovechamiento como aceite en las industrias alimenticia y cosmética. La calidad de esta nuez, la diversidad de usos y sus importantes beneficios nutritivos la convierten en una opción viable de validar en nuestro país, tanto en las regiones productoras de los estados cafetaleros como en todas aquellas que presenten condiciones ambientales para su desarrollo y producción.

En el ámbito mundial, se producen cerca de 109 mil toneladas de nuez en cáscara de macadamia, siendo Estados Unidos el primer consumidor y Australia el principal exportador, de forma tal que el comercio mundial genera aproximada-

mente 350 millones de dólares, lo que lo convierte para México en un productor con grandes perspectivas por su demanda creciente y excelentes precios a pesar de ser poco conocido en el país.

A más de 35 años de la introducción de la macadamia en México, se han generado importantes experiencias productivas en las regiones cafetaleras de los estados de Veracruz, Puebla, Chiapas y Oaxaca, sin embargo, la difusión y adopción por parte de los productores es un proceso gradual y progresivo, por lo que es necesario implementar una estrategia que considere acciones de diagnóstico a nivel nacional para identificar indicadores de áreas productoras, condiciones ambientales, sistemas de producción, manejo de plantaciones, cosecha y comercialización, aunado a los procesos organizativos inherentes al sistema producto. Lo anterior permitirá contar con una zonificación agroecológica del cultivo y la determinación de regiones aptas para cada variedad o selección permitiendo con esto una mejor adaptación, y mejoramiento de la calidad del fruto.

La macadamia se cultiva bajo diversos sistemas de cultivo, sin embargo, la intercalación con café, aguacate y cítricos, en sistema de policultivo comercial, constituye la modalidad más frecuente: como monocultivos es una alternativa desarrollada por productores de tipo empresarial. En este caso se debe promover la producción de esta especie bajo el sistema diversificado para productores que poseen superficies menores a tres ha y como monocultivo para productores de tipo empresarial.

Con base en la experiencia productiva en las regiones cafetaleras y a los resultados de investigación, que consideran principalmente los criterios de productividad, precocidad, adaptación, propagación, características del fruto (grosor de concha, contenido de aceite y tamaño de la semilla), parentesco genético y altitud; zonas altas (>1 200 msnm), las selecciones recomendadas de *Macadamia tetraphylla* son A-527, A-447 y Huatusco-1; para zonas medias y bajas (< 1 200 msnm), y en el caso de *Macadamia integrifolia* las variedades recomendadas son Kakea-508, Keaau-660, Mauka-741 y Makai-800.

En este ámbito es importante considerar que en nuestro país se cuenta con al menos diez selecciones de materiales sobresalientes los cuales deben ser patentados y elevados a la categoría de variedades de acuerdo a estudios de parentesco genético, ya que no obstante el incremento de la superficie cultivada de

macadamia a nivel nacional, la variabilidad genética disponible en México es muy reducida por su condición de cultivo introducido.

Debido a que la macadamia es una especie de reciente introducción a México, se cuenta con pocas experiencias respecto a la tecnología del cultivo, destaca el Centro Regional Universitario Oriente (CRUO) de la Universidad Autónoma Chapingo donde se han desarrollado trabajos de diagnóstico productivo, caracterización y manejo del cultivo, generándose conocimientos que se transfieren a los productores mediante cursos, talleres y asistencia técnica. También se ha desarrollado la técnica de *Injerto juvenil con púa terminal* que representa la mejor opción para la propagación de árboles de macadamia, al reducir costo y tiempo, e incrementar los porcentajes de prendimiento (95%). Por lo anterior, se debe validar esta técnica al propagar esta especie, además de que es recomendable utilizar en plantaciones nuevas variedades de alta calidad productiva.

Los bajos rendimientos en macadamia están determinados por la presencia de árboles propagados por semilla (pie franco), una proporción alta de árboles jóvenes y el reducido manejo agronómico; al respecto es necesario implementar un programa de reinjertación de árboles propagados por semilla para transformarlos en variedades comerciales logrando con esto homogeneizar tanto la producción como las características de calidad de los frutos, lo que permitirá un mejor precio. Asimismo se debe impulsar una estrategia de intensificación del manejo basado en un sistema de buenas prácticas agrícolas para lo cual se debe contar con un proceso de capacitación integral a técnicos y productores.

Como estrategia para incrementar rendimientos y calidad se debe intensificar el manejo del cultivo considerando: limpiezas con machete, podas de formación y sanitarias, fertilización partiendo de un análisis de suelos que permitan elaborar un programa de nutrición de acuerdo a los requerimientos de la planta; control de plagas y enfermedades, sobre todo a las ardillas que constituyen una gran problema por el nivel de daño, también al barrenador del fruto que se ha detectado en algunas huertas del estado de Veracruz; en cuanto a enfermedades fungosas, se ha incrementado el daño por el hongo del género *Rosellinia*, que seca la planta y causa muerte descendente.

Especial importancia debe recibir todo lo concerniente a la cosecha, ya que es la fase donde más se descuida la calidad por falta de conocimiento sobre el manejo pre y poscosecha.

El nivel de transformación y comercialización de la macadamia es incipiente dado que los procesos se dan particularmente a nivel microindustrial y en forma localizada. En forma gradual los canales de comercialización se están desarrollando y se incrementa la demanda local y regional.

En nuestro país se ha implementado una estrategia de productos diversificados en diferentes áreas como el mercado de los cosméticos, aprovechando el aceite que ha resultado ser un excelente humectante para la piel y una magnífica base para los cosméticos, por lo que empresas como AVON, Copertone, NIVEA lo utilizan para elaborar cremas antiarrugas y protectores solares. También se encuentra en el mercado shampoo de macadamia de la marca GALAFLEX entre otros.

Referencias citadas

- Agencia de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores (AGI-DP) Macaira Corporativo. 2012. Encuesta de Línea Base y Línea Final del Nodo Proveedores. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo. Huatusco, Veracruz.
- Agencia de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores (AGI-DP) Macaira Corporativo. 2011. Encuesta de Línea Base y Línea Final del Nodo Proveedores. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo. Huatusco, Veracruz.
- Aguilar Á., J.; Rendón M., R.; Muñoz R., M.; Altamirano C., J.R. y Santoyo C. V.H. 2011. Agencias para la Gestión de la Innovación en Territorios Rurales, *En: Pensado E., M.R. (coord) Territorio y ambiente: aproximaciones metodológicas*. Siglo XXI Editores. México. pp. 79-98.
- AHMA, The Australian Macadamia Handlers Association 2012. In: 6° Simposio Internacional de Macadamia. Brisbane, Australia. 2012.
- Allan P., N.B.; and A.L.P. Cairns. 1999. Cultivar performance at Ukulinga. *In: Proc. First Intl. Macadamia Symp. in Africa*. 27–30 Sept. 1999. Mpumulanga Parks Board, Nelsprint, South Africa. pp: 114– 138.
- Anacafé (Asociación Nacional del Café). 2004. "Cultivo de macadamia, Programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera.
- Antaramián H., E.; y C.A. Ramírez S. 2009. Determinación de áreas con aptitud para el cultivo de *Macadamia integrifolia* en México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. *Revista biológicas* 11: 73-78.
- ASERCA. (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). Mayo 2000. Macadamia, la nuez más fina del mundo. Macadamia y Sorgo. *Revista Claridades Agropecuarias* 81: 1-39. [Internet] Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/081/ca081.pdf> (Consultado: abril, 2013).
- Asociación Naturland. 2000. "Macadamia". Agricultura orgánica del Trópico y Subtrópico.

- Augstburger, F.; Berger, J.; Censkowsky, U.; Heid, P.; Milz, J.; and C. Streit. 2000. Organic Farming in the Tropics and Subtropics: Macadamia. Naturland e.V. 1st edition. Germany.
- Australian Macadamia Society LTD. 2013. Fact sheet 4. Eating macadamia to improve health. www.australian-macadamias.org/download.php? Consultado el 23 de octubre de 2013.
- Australian Macadamia Society. 2012. News bulletin. August 2012. NSW. Australia. 40 (3): 1-80.
- Australian Macadamia Society. 2012. 6th International Macadamia Symposium. 'The nut rush prospecting for gold'. Presentations and conferences. 18-20 September 2012. Brisbane, Queensland Australia.
- Australian Macadamia Society (AMS) and the Department of Agriculture Fisheries and Forestry, Queensland. 2012. In: 6° Simposio Internacional de Macadamia. Brisbane, Australia. 2012.
- Australian Macadamia Handlers Association (AHMA) 2012. In: 6° Simposio Internacional de Macadamia. Brisbane, Australia. 2012.
- Bautista V., J.C. 1986. La nuez de macadamia. *Fruticultura de Michoacán*, 163: 7-9, 30.
- Bell, H.F.D. 1996. "The propagation of macadamia from cuttings". In: R.A. Stephenson and C.W. Winks (eds.), *Challenges for horticulture in the tropics*. Proc. Third Austral. *Soc. Hort. Sci.* Conf. 18–22 Aug. 1996. Broadbeach. pp: 223–222.
- Brooks R., M.; and H.P. Olmo. 1978. Register of new fruit and nut varieties. List 31. *HortScience* 13: 522 – 532.
- Canet, G. 1983. El cultivo de la Macadamia. San José de Costa Rica. Cafesa. 75 p.
- Cavaletto C., G. 1983. Macadamia nuts. In: *Handbook of Tropical Foods*. H.T. Chan, Jr. (ed). pp: 361 - 397.
- Claridades Agropecuarias. 2000. Macadamia, la nuez más fina del mundo. Macadamia y sorgo Núm. 81: 1-39. [Internet] Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/081/ca081.pdf>
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. 2006. "Monografía de la Nuez de Macadamia". Gobierno del Estado de Veracruz. pp. 7-9.
- COTEC. 2006. La persona protagonista de la innovación. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica / Club Asturiano de la Innovación. España.
- Cruz Bonilla., M. 2012. El Sol de Puebla, Febrero de 2013.

- De Villiers, E. A. 2003. The cultivation of macadamia. Institute for tropical and sub-tropical crops. South Africa.
- El Sol de Puebla. 2013. Ingresa al mercado nacional la nuez Macadamia de Huauchi. Puebla.
- FAO – UNESCO - ISRIC. 1991. Mapa Mundial de Suelos. Leyenda revisada. Informe sobre el recurso mundial de suelo 60. [Trad. por T. Carballas; F. Macías; F. Díaz; M. Carballas; y J.A. Fernández U.] Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. España.
- FUDECO. 2008. “Desarrollo de plantación y beneficio de macadamia”. Fundación para el Desarrollo de la Región Centro Occidental de Venezuela.
- García C., M. T.; F. Cuevas A.; P. Pérez J. y R. Ibarra G. 2000. El cultivo de macadamia en la región golfo centro del estado de Veracruz. Universidad Veracruzana. Especialización en fruticultura tropical sustentable. Xalapa, Ver.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México.
- Gathungu C., N., and E.P. Likimani. 1975. Macadamia nut selection programme in Kenya. *Acta Hort.* 49:231–236.
- Golden International. 2013. Premium Industrial Ingredient Brokers Macadamia. Orinda, CA,USA. Disponible en: <http://www.goldeninternationaldist.com/Products/Macadamias.html>, Consultado 20 octubre 2013.
- Gordon, I. 1987. Macadamia varieties and selections in New Zealand. p. 225. In: Proc. 2nd Australian Macadamia Res. Workshop, 15–19 Sept. 1987, Bangalore.
- Hamilton, R A., and E.T. Fukunaga. 1970. Hawaiian macadamia nut cultivars. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 14: 1–6.
- Hamilton, R.A., and P.J. Ito. 1977. ‘Mauka’ and ‘Makai’, two new macadamia cultivars suitable for high and low elevation. Hawaii Mac. Prod. Assoc. 17 th Ann. Mtg. Proc. pp: 34-40. Citado por Ramos, 1979.
- Hamilton, R.A., P.J. Ito, and C.G. Cavaletto. 1981. ‘Pahala’ a new macadamia cultivar of outstanding quality. California Mac. Soc. Yearbook. 77-82.
- Hardner *et al.* 2009. “Genetic Resources and Domestication of Macadamia”. *Horticultural Reviews*, Volume (35): 96-104.

- Hardner C., M.; Greaves, B.; Coverdale, C.; and M. Wegener. 2006. Application of economic modelling to support selection decisions in macadamia. In: C.F. Mercer (ed.). Proc. 13th Australasian Plant Breed. Conf., 18–21 April 2006, Christchurch. p: 436-431.
- Hardner C. M.; and C.A. McConchie. 2003. The future of macadamia genetic improvement in Australia. pp. 85–89. In: Proc. 2nd Intl. Macadamia Symp., 29 Sept.–4 Oct. 2003, Tweed Heads, Australia.
- Hernández, H. 2013. Ingresa al Mercado nacional la nuez de Macadamia de Huachi. El Sol de Puebla. Puebla, México. 23 de febrero de 2013. <http://www.oem.com.mx/elsoldepuebla/notas/n2895987.htm> (Consultado el 20 de junio de 2013).
- Horticulture Australia Limited (HAL).2008. "Macadamia". Australian Macadamias.
- Ito, P.J.; & A. Hamilton R. 1988. Adaption of Hawaiian cultivars to higher elevations. *Proc. Second Australian macadamia Res. Workshop*. pp: 26-29. Australian Macadamia Soc. Brisbane.
- Jones V., P. 2002. "Macadamia integrated pest management: IPM of insects and mites attacking macadamia nuts in Hawaii". College of Tropical Agriculture and Human resources, Univ. Hawaii, Hilo, Hawaii.
- LaRue H., J. 2011. Frutos secos y semillas: nuevas directrices dietéticas gubernamentales de MyPlate. The Washington Post. 22 junio 2011. <http://americanpistachios.es/about-apg/news/frutos-secos-y-semillas-nuevas-directrices-diet%C3%A9ticas-gubernamentales-de-myplate> Consultado 20 de octubre 2013.
- Lemus S., G. 2001. Frutales de nuez no tradicionales: Macadamia, pistacho, pecano, avellano europeo. Serie Acta N°7. INIA- CRI la Platina. pp: 9-14.
- Lemus S., G. 2004. El cultivo de la Macadamia (*Macadamia integrifolia*). Gobierno de Chile, Ministerio de Agricultura INIA - la Platina.
- López C., L.D. 2007. Sistema de costos predeterminados por proceso continuo de una agroindustria guatemalteca procesadora y exportadora de nuez de macadamia. Tesis Licenciatura de Contador Público y Auditor Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Lu, C.; Zeng, H.; and H. Zhang. 2004. Studies on yield, kernel quality and wind resistance of macadamia cultivar Own Choice. *J. Fruit Sci.* 21: 82–84.

- Lu, C., Z. Chen, and P. Luo. 1998a. Investigation on the wind resistance of macadamia varieties. *South China Fruits* 27:27.
- Lu, C., Z. Chen, and P. Luo. 1998b. Wind damage investigation of *Macadamia integrifolia* in the coast region of Guangdong Province. *J. Fruit Sci.* 15:164–171.
- Martínez M., J.; and H. Cooper T. 1995. Macadamia nuts. Agricultural review prepared for macadamia of México. Keiser Manufacturing. TX. 78155:1- 49.
- McConchie, C.A.; Albertson, P.L.; Forrester, R.L.; and K. McDonagh. 2007a. Measurement of kernel color in roasted macadamia. In: C. [A.] McConchie and P.[L.] Albertson (eds.), Control of after-roast darkening in macadamia. *Hort. Australia*. Sydney. pp: 42–66.
- McCubbin P., D.; and P.F. W. Lee. 1996. The comparative performance of two Australian and five Hawaiian macadamia cultivars in South Africa. In: R.A. Stephenson and C.W. Winks (eds.). Challenges for Horticulture in the Tropics. Proc. 3rd Australian Soc. Hort. Sci. Conf., 18–22 Aug. 1996, Broadbeach. pp. 212–216.
- Monroy R., C. 2011a. Paquete tecnológico macadamia (*Macadamia tetraphylla*) establecimiento y mantenimiento. Centro de Investigación Regional Golfo Centro, INIFAP, Campo Experimental El Palmar. pp: 3-10.
- Monroy R. C. 2011b. “Paquete tecnológico macadamia (*Macadamia tetraphylla* y *macadamia integrifolia*) producción de planta”. Centro de Investigación Regional Golfo Centro, INIFAP, Campo Experimental El Palmar. pp: 2-11.
- Mosqueda V., R. 1994. Situación actual y perspectivas de la Macadamia en México. En: Frutales nativos e introducidos con demanda nacional e internacional. XXXV Aniversario Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. pp: 55-73.
- Muñoz R., M.; Rendón M., R.; Aguilar Á., J.; García M., J.G. y Altamirano C., J.R. 2004. Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural. Michoacán, México. Universidad Autónoma Chapingo / Fundación Produce Michoacán A.C.
- Muñoz R., M.; Rendón M., R.; Aguilar Á., J.; García M., J.G. y Altamirano C., J.R. 2007. Análisis de la Dinámica de la Innovación en cadenas agroalimentarias. Universidad Autónoma Chapingo / CIESTAAM / PIIAI.
- Nagao M., A. 2011. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Macadamia Nut (*Macadamia integrifolia* and *M. tetraphylla*). Specialty Crops for

- Pacific Island Agroforestry. pp. 3-6. [Internet] Disponible en: <http://agroforestry.net/scps>
- Nagao M., A.; Ito, P.J.; Tsumura, T.; and A.M. Kawabata. 2003. Performance of new macadamia selections in Hawaii. *In: Second International Macadamia Symposium*. Tweed Heads, Australia. pp. 76-79.
- Nut Processors Association of Kenya. 2012. *In: 6° Simposio Internacional de Macadamia*. Brisbane, Australia. 2012.
- Ortiz V., L.R. 2007. Diseño de un plan de negocios para la producción, procesamiento y comercialización de la nuez de macadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche.) de la Plantación de la Hacienda Natuhuailla del Cantón Santo Domingo de Los Colorados. Proyecto de Tesis. Escuela Politécnica del Ejército. Carrera de Ingeniero en Ciencias Agropecuarias. Santo Domingo de Los Colorados, Ecuador.
- Paz G., A.; E. Escamilla P. y J.D. Robledo M. 2000. Los injertos en los árboles de nuez de macadamia. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. Mecanoescrito.
- Piza P. 2006. Tercer Simposio de Macadamia. Brasil. [Internet] Disponible en: www.macadamiademexico.com/descargas/Manualmacadamia.pdf
- Quinlan, K. 2007. "Organic macadamia growing". NSW Department of Primary Industries. Primefact 685.
- Quintas G., S. 2011a. Manual técnico para productores de nuez de macadamia, guía de siembra, manejo y procesamiento. Asociación Mexicana de Productores, Procesadores y Exportadores de Nuez de Macadamia, A.C.
- Quintas G., S. 2011b. Nuez de macadamia para México. Editorial Instituto Literario de Veracruz, México, D.F.
- Ramos N., J. A. 1979. El cultivo de la Macadamia. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Richardson, A., and T. Dawson. 1991. New Zealand macadamias: the industry and its research needs. *Orchardist of New Zealand*, 64: 30-33.
- Robledo M., J.D. 2003. Caracterización Genética de Germoplasma de Macadamia (*Macadamia spp*). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Programa de Fruticultura. Montecillo, Estado de México. México.

- Robledo M., J.D.; E. Escamilla P. y A. Paz G. 2006. La nuez de macadamia en las regiones cafetaleras de Veracruz. En: Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (ed). El cafetal del futuro. Realidades y Visiones. ECOSUR. SHAKER. VERLAG. Germany. pp: 257-278.
- Sacramento C., K.; Pereira., M.; Kimura., F.M.; Della L., R.C.; and S. Oliveira E. 1995. Nuts quality of five Hawaiian macadamia cultivars in two locations in Brazil. *Acta Horticulturae* pp: 239-242.
- SAGARPA. 2011. "Nuez de Macadamia, ficha técnica del cultivo". FUNPROVER.
- SAGARPA-SIAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Cultivo de interés. Macadamia. [Internet]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>
- SAMAC. 2009. World Macadamia Production Projections, South African Macadamias Growers Association. [Internet] Disponible en: <http://www.samac.org.za/docs/Projections.pdf> (Consultado el 9 de junio del 2013).
- Swanepoel J., F.; and M.E. Hobson. 1999. Preliminary yield potential assessment and nut quality of macadamia cultivars. In: Proc. 1st Intl. Macadamia Symp. In Africa, Mpumalanga Parks Board, 27–30 Sept. 1999, Nelspruit, South Africa. pp: 145–154.
- United Nations. 2010. UNECE standard DDP-22 concerning the marketing and commercial quality control of Inshell Macadamia Nuts. 2010 Edition. November 2010. United Nations New York and Geneva.
- USDA (Department of Agriculture, US). 2013. National Nutrient Database for Standard reference. <http://ndb.nal.usda.gov>. (Consultado 9 de junio de 2013)
- UTE-Innovación (Unidad Técnica Especializada en Gestión de la Innovación). 2013. Informe de operación 2012. Proyecto Estratégico Trópico Húmedo. CIES-TAAM – Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Walforth S., H.; y C. de los Ríos. 2006. "El cultivo de la macadamia" Del alba. pp: 7-13.
- Warren, V. 2003. World round-up-New Zealand. In: Proc. 2nd Intl. Macadamia Symp, 29 Sept.-4 Oct. 2003, Tweed Heads. pp: 13-14.
- Wiid, M.; and L. Hobson. 1996. Why macadamia cultivar Beaumont produces high yields under ultra-high density conditions in South Africa. In: R.A. Stephenson

and C.W. Winks (eds.), *Challenges for horticulture in the tropics*. Proc. 3rd Australian Soc. *Hort. Sci.* Conf., 18–22. Aug. 1996, Broadbeach. pp: 220-223.

Wilson, K. 2012. Australia & Mexico. Macadamia farming. Conferencia impartida en el Centro Regional Universitario Oriente de la Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Veracruz. México. 22 de Noviembre 2012.

Xiao, L., C.J.; and Z. Pingan. 2002a. The performance of Australian commercial macadamia varieties in the Panxi area. *South China Fruits*. 31: 45-46.

Xiao, L., C.J.; and Z. Pingan. 2002b. Some problems during the development of macadamia in China. *South China Fruits*. 31: 36-37.

Yamaguchi, A. 2006. Macadamia grower view. In: P. Piza (ed.), 3rd Intl. Macadamia Symp, 28-30 Aug. 2006, Sao Pedro, Brazil. pp. 72–75.

Zheng, H.; and H. Zhang. 2002. The introduction of Australian macadamia variety H2. *South China Fruits*. 31: 36.

Anexos

Anexo 1. Catálogo de innovaciones en plantaciones de macadamia

Categoría	Innovación
a. Nutrición	01. Uso de análisis foliar y de suelo para la determinación de dosis de fertilización
	02. Aplicación de fertilizantes al suelo en dos o más aplicaciones (Orgánicos o químicos)
	03. Aplicación de fertilizantes foliares (macro y micro nutrientes) (Orgánicos o químicos)
b. Sanidad	04. Monitoreo de plagas y enfermedades
	05. Efectúa de podas sanitarias
	06. Determinación de umbrales para control de plagas
c. Manejo sostenible de recursos	07. Incorporación de cascara verde (Husk) al suelo
	08. Control fitosanitario biológico
	09. Producción y/o uso de abonos orgánicos
	10. Estrategias de conservación de suelo
d. Establecimiento y manejo de la plantación	11. Diseño de la Huerta (Distribución y Orientación de los Arboles)
	12. Sigue un Procedimiento correcto de Siembra
	13. Podas de formación
	14. Cultivos intercalados
	15. Aplicación de estimulantes
	16. Introducción de Colmenas de abejas para mejorar la polinización
e. Administración	17. Cuenta con un calendario de actividades / procesos
	18. Registra las prácticas Efectuadas (fecha, insumos, práctica)
	19. Registra los ingresos y egresos de la unidad de producción
	20. Contrata asistencia técnica / consultoría
f. Organización	21. Efectúa compras consolidadas
	22. Efectúa ventas consolidadas
	23. Contratación de servicios (asesoría, financieros, entre otros) de manera grupal
	24. Cuenta con esquema de articulación con la agroindustria de manera grupal
	25. Está informado del Programa Trópico Húmedo para la obtención de apoyos económicos para el mantenimiento y establecimiento de nuevas plantaciones
g. Cosecha	26. Limpia del suelo de la Huerta
	27. Recolecta la Nuez en tiempo y forma
	28. Efectúa acondicionamiento del producto cosechado (Quita la Cascara Verde el mismo día de su recolección)
	29. Lleva registros anuales donde se anotan los kilogramos de cosecha y los rendimientos de las diferentes áreas de la huerta
h. Reproducción y Mejoramiento genético	30. Usa variedades mejoradas / validadas por el INIFAP
	31. Identifica plantas superiores (rendimiento, resistencia) en la plantación
	32. Reconversión de Pies Francos en variedades de alto rendimiento

Anexo 2. Tasa de adopción de innovaciones en la producción de macadamia en Veracruz, México

Categoría	Innovación	ELB 2011	ELF 2012	Dife- rencia	Cam- bio %
a. Nutrición	a.01. Uso de análisis foliar y de suelo para la determinación de dosis de fertilización	9.8	38.0	28.2	287.6
	a.02. Aplicación de fertilizantes (Orgánicos o químicos)	13.7	56.0	42.3	308.0
	a.03. Aplicación de fertilizantes foliares (macro y micro nutrientes) (Orgánicos o químicos)	0.0	4.0	4.0	
b. Sanidad	b.04. Monitoreo de plagas y enfermedades	2.0	91.0	89.0	4541.0
	b.05. Efectúa podas sanitarias	15.7	75.0	59.3	378.1
	b.06. Determinación de umbrales para control de plagas	0.0	1.0	1.0	
c. Manejos sostenible de recursos	c.07. Incorporación de cascara verde al suelo	23.5	73.0	49.5	210.3
	c.08. Control fitosanitario biológico	0.0	5.0	5.0	
	c.09. Producción y/o uso de abonos orgánicos	9.8	34.0	24.2	246.8
	c.10. Estrategias de conservación de suelo	4.9	43.0	38.1	777.2
d. Establecimiento y manejo de la Plantación	d.11. Diseño de la Huerta	29.4	61.0	31.6	107.4
	d.12. Procedimiento correcto de Siembra	16.7	64.0	47.3	284.0
	d.13. Podas de formación	41.2	93.0	51.8	125.9
	d.14. Cultivos intercalados	87.3	92.0	4.7	5.4
	d.15. Aplicación de estimulantes	0.0	0.0	0.0	
	d.16. Introducción de Colmenas de abejas para mejorar la polinización	2.9	3.0	0.1	2.0
e. Administración	e.17. Cuenta con un calendario de actividades / procesos	2.9	9.0	6.1	206.0
	e.18. Registra las prácticas Efectuadas	3.9	47.0	43.1	1098.5
	e.19. Registra los ingresos y egresos de la unidad de producción	6.9	48.0	41.1	599.4
	e.20. Contrata asistencia técnica	0.0	99.0	99.0	
f. Organización	f.21. Efectúa compras consolidadas	1.0	1.0	0.0	2.0
	f.22. Efectúa ventas consolidadas	0.0	0.0	0.0	
	f.23. Contratación de servicios (asesoría, financieros, entre otros) de manera grupal	0.0	0.0	0.0	
	f.24. Cuenta con esquema de articulación con la agroindustria de manera grupal	1.0	0.0	-1.0	-100.0

La producción de nuez de macadamia en México

	f.25. Conoce Programa Trópico Húmedo	13.7	100.0	86.3	628.6
g. Cosecha	g.26. Limpia el suelo de la Huerta	28.4	99.0	70.6	248.2
	g.27. Recolecta la Nuez en tiempo y forma	39.2	99.0	59.8	152.5
	g.28. Acondiciona el producto cosechado	41.2	98.0	56.8	138.0
	g.29. Lleva registros anuales donde se anotan los kilogramos de cosecha y los rendimientos de las diferentes áreas de la huerta	4.9	40.0	35.1	716.0
h. Reproducción y mejoramiento genético	h.30. Usa variedades mejoradas	2.0	46.0	44.0	2246.0
	h.31. Identifica plantas superiores	14.7	81.0	66.3	450.8
	h.32. Reconversión de Pies Francos en variedades de alto rendimiento	3.9	11.0	7.1	180.5

Fuente: UTE-Innovación (2013).

Apéndice A. Botánica

La macadamia pertenece a la familia Proteaceae, la cual está integrada por 75 géneros y más de 1 000 especies, de las cuales únicamente *Macadamia integrifolia* Maiden and Betche y *Macadamia tetraphylla* L. S. Johnson producen nueces comestibles (Edwin, 1977).

Las diferencias morfológicas contrastantes que permiten diferenciar entre las dos especies de macadamia se presentan en el cuadro siguiente y en la Fotografía 34.

Cuadro 20.

Diferencias morfológicas en especies de macadamia.

Carácter morfológico	Especie	
	<i>Macadamia integrifolia</i>	<i>Macadamia tetraphylla</i>
<i>Hojas</i>		
Borde	Entero a repando	Dentado a espinoso
Pecíolo	Presente	Ausente o sésil
Color de brotes	Verde claro	Marrón
Forma	Redondeada	Alargada
Largo (cm)	8-20	15-40
Ancho (cm)	2.5-5.5	4-7
<i>Hojas por nudo</i>	3	4
<i>Yemas por verticilo</i>	6	8
<i>Flores</i>		
Color	Blanco cremoso	Rosado
Largo del racimo (cm)	10-30	15-45
<i>Fruto</i>		
Forma	Esférico	Elíptico
Pericarpio	Verde claro brillante	Verde grisáceo-morado
Testa o concha	Liso-suave	Áspero-rugoso
<i>Contenido de aceite (%)</i>	72-80	62-75

Fuente: Robledo (2003), Modificado de Hamilton y Fukunaga (1959).

Fotografía 34.

Especies cultivadas de macadamia



Macadamia tetraphylla L. S. Johnson

Macadamia integrifolia Maiden&Betche

Fuente: Robledo (2003).

a) *Forma*. Árbol de 10 a 20 metros de altura, de crecimiento plagiotrópico y ortotrópico, madera de grano grueso, ramas que se desgajan con cierta facilidad; tallo ramificado con corteza de lisa a ligeramente fisurada, de color blanquecino o negruzco (Robledo, 2003).

b) *Hojas*. Dependiendo de la especie las hojas pueden ser simples, en grupos de tres o de cuatro, coriáceas, de borde entero a repando, aserrado o espinoso, ápice de agudo a redondeado, pecíolo presente o ausente, color verde claro o marrón cuando tiernas y verde oscuro a la madurez, de 10.5 a 25.5 cm de largo y 3.5 a 5.5 cm de ancho (Robledo, 2003).

Fotografía 35.

Hojas en especies de macadamia



Macadamia tetraphylla L. S. Johnson



Macadamia integrifolia Maiden & Betche

Fuente: Robledo (2003).

c) *Flores*. Surgen en grupos de tres a cinco, en racimos colgantes que brotan de los nudos de las hojas; miden de 15 a 25 cm de largo y contiene de 100 a 300

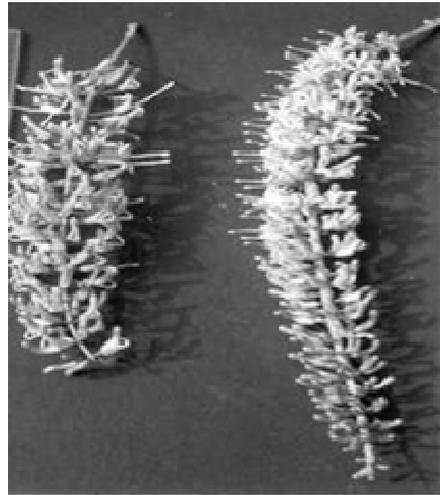
flores por racimo. La flor individual es perfecta, de pedúnculo corto, que consiste de perianto de una sola pieza, que se interpreta como un cáliz petaloide de color blanco o ligeramente rosado, sin pétalos, con sépalos petaloides, que pueden ser de color blanco, crema o rosa.

Fotografía 36.

Flores en especies cultivadas de macadamia



Macadamia tetraphylla L. S. Johnson



Macadamia integrifolia Maiden & Betche

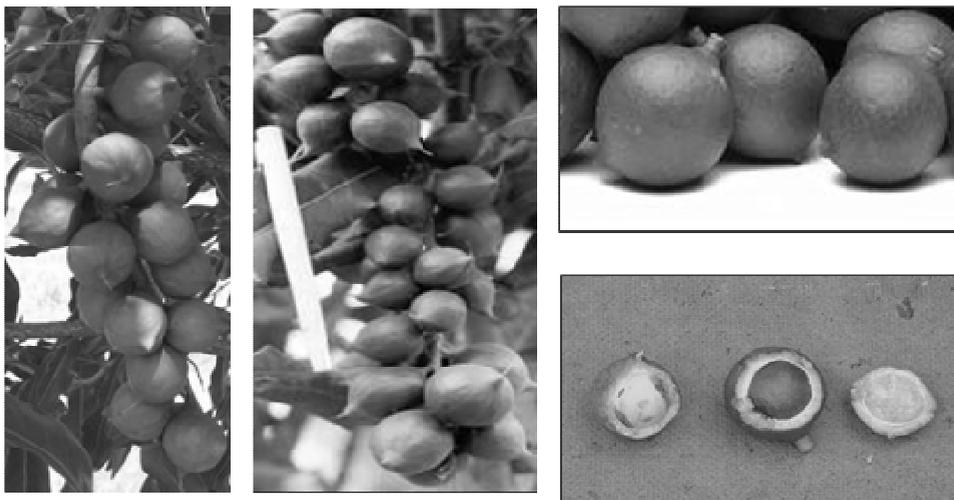
Fuente: Robledo (2013).

d) Frutos. Se define como un folículo esférico, a menudo asimétrico, con el ápice bien desarrollado, que al madurar se desprende del árbol y se abre por una sutura ventral; mide de tres a cinco centímetros de largo. La cáscara o pericarpio es coriácea, de 3 a 4 mm de espesor.

e) Semilla. El fruto contiene una sola semilla llamada comúnmente nuez. La testa o concha de la semilla es dura y gruesa, de color café brillante por fuera, con los tejidos externos formados por fibras compactas de esclerénquima y los internos de parénquima más suave. La semilla es esférica, de superficie lisa para la especie *integrifolia* y rugosa para la *tetraphylla*.

Fotografía 37.

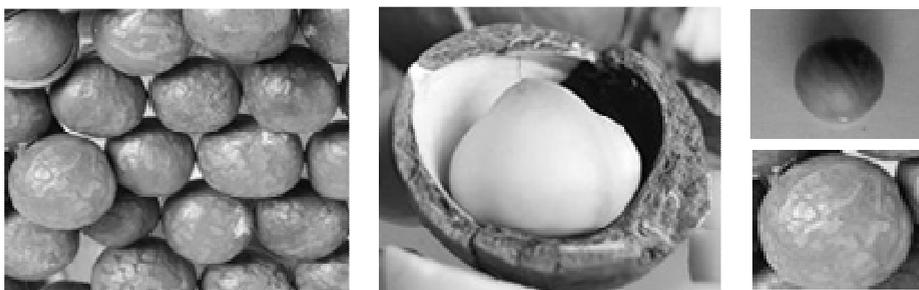
Frutos de especies de macadamia



Fuente: Robledo (2003).

Fotografía 38.

Semilla de macadamia



Fuente: Robledo (2003).

Apéndice B. Valor nutritivo

De acuerdo con la Sociedad Australiana de Macadamia, la nuez que nos ocupa es un alimento de alto contenido energético. Los aceites naturales de la macadamia contienen 78% de aceites mono insaturados, que es el nivel más alto, incluso superior al del aceite de oliva. Las investigaciones han mostrado que los aceites mono insaturados pueden ayudar a reducir el colesterol de la sangre y a la vez las posibilidades de riesgo de una enfermedad cardiovascular. Las macadamia son también una buena fuente de proteína, calcio, potasio y fibra dietética, además de que son muy bajas en el contenido de sodio. Estas características, son las que los profesionales en la salud consideran como las más importantes para una buena salud y bienestar. El consumo regular y con moderación —de 6 a 20 nueces al día—, puede reducir activamente el riesgo de una enfermedad cardiovascular. En pruebas clínicas se ha demostrado que reduce 7% el nivel de colesterol en cuatro semanas. La incidencia de una afección cardíaca es significativamente menor en personas que comen nueces más de cinco veces por semana, que en aquellas que lo hacen menos de una vez a la semana.

Apéndice C. Aplicaciones y sustancias que contiene

La nuez de macadamia es un manjar exquisito, de buen sabor, alto poder alimenticio y se considera como la nuez más fina del mundo, es utilizada por el mercado gourmet; como un aditivo especial en cualquier clase de comidas, ensaladas y en los cócteles.

Por su fino aroma la macadamia es considerada como una de las nueces comestibles más nobles. Ligeramente tostada con o sin aceite de coco y sal incrementa su aroma.

Este producto es utilizado en la industria de la confitura, donde se ubica en diferentes presentaciones y elaboraciones como chocolates, galletas, pasteles, helados y postres. Las almendras pueden consumirse de forma natural (crudas), asadas, saladas o sazonadas, según el gusto.

Fotografía 39.

Productos de nuez de macadamia



Fuente: Robledo (2013).

Además puede ser utilizada por la medicina como un suplemento en el tratamiento de personas con altos niveles de colesterol. En Australia aproximada-

mente el 60% de la población de adultos tiene sobrepeso o es obeso, por lo cual las investigaciones están avanzando en entender el papel que juega la macadamia. Estudios clínicos han demostrado que dietas moderadamente altas en grasas enriquecidas con nueces de macadamia, aguacate o cacahuates no aumentan el peso corporal en comparación con dietas bajas en grasas en el corto plazo. Una preocupación adicional respecto a estas últimas, es que no tienden a conducir a una evolución similarmente favorable en lípidos de la sangre como ocurre con dietas moderadamente altas en grasas en adecuadas proporciones.

El aceite de macadamia es uno de los más saludables y apropiado para usarse en ensaladas y para freír; con la ventaja de tener un punto inferior de flameo que otros aceites vegetales, incluso sobrepasa las cualidades del aceite de oliva.

Por el alto contenido de ácido palmitoleico, la cosmética se interesa en el aceite de macadamia para la elaboración de sus productos, entre ellos las cremas hidratantes para la piel, jabones y aceites para masaje.

Modos de uso de la macadamia

- Cruda o tostada, entera o despedazada.
- La pulpa procesada sirve para chocolatería, repostería, puré de nuez, salsas y helados.
- La pulpa de menor calidad puede ser destinada para la obtención de aceite comestible, jabones y cosméticos.
- La torta obtenida luego de la extrusión del aceite puede ser usada como alimento para ganado.
- El pericarpio debe estar un año en compost antes de servir como abono, se usa como cubierta de suelo.
- La cáscara externa es buena leña y puede ser usada para el secado de las nueces así como para tostar café y la obtención de carbón vegetal.
- Su madera fuerte puede ser usada en carpintería.

Abreviaturas usadas

<i>Abreviatura</i>	<i>Significado</i>
AGI-DP	Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores
AI	Agroindustrias
ANACAFÉ	Asociación Nacional del Café
AMS	Australian Macadamia Society
ISRIC	Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos
ER	Empresa Rural
ELB	Encuesta de Línea Base
ELF	Encuesta de Línea Final
EGI	Estrategia de Gestión de la Innovación
INAI	Índice de Adopción de Innovaciones
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INMECAFÉ	Instituto Mexicano del Café
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
UNESCO	Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
PSP	Prestador de Servicios Profesionales
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
PTH	Programa Trópico Húmedo
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
TAI	Tasa de Adopción de Innovaciones

Índice de cuadros, figuras y fotografías

Cuadro 1. Producción mundial de Nuez de Macadamia, 2012	17
Cuadro 2. Principales países productores de nuez de macadamia, 2006	18
Cuadro 3. Principales países consumidores de nuez de macadamia	19
Cuadro 4. Producción de nuez de macadamia en México, 2001-2011	19
Cuadro 5. Valor nominal de la producción de nuez de macadamia en México (en pesos reales), 2001 - 2011	20
Cuadro 6. Producción por municipio en el estado de Veracruz	21
Cuadro 7. Total de hectáreas y árboles en producción por variedad	21
Cuadro 8. Elementos de un suelo con buen potencial productivo	25
Cuadro 9. Características de las variedades de macadamia cultivadas en Guatemala	29
Cuadro 10. Presentación de macadamia	69
Cuadro 11. Especificaciones Internacionales de Calidad	70
Cuadro 12. Principales destinos de la producción de la Finca Cassandra	73
Cuadro 13. Tipos de agroindustrias identificadas para la producción, acopio y transformación de la nuez de macadamia	74
Cuadro 14. Clasificación internacional de la nuez de macadamia como alimento gourmet	78
Cuadro 15. Características mínimas aceptables para la exportación e importación de nuez de macadamia	79
Cuadro 16. Perfil de los productores de macadamia en el estado de Veracruz	84
Cuadro 17. Perfil de la unidad de producción de macadamia	85
Cuadro 18. Índice de adopción de innovaciones en productores de macadamia en Veracruz, México	87
Cuadro 19. Índice de adopción de innovaciones por categoría en productores de macadamia en México	89
Cuadro 20. Diferencias morfológicas en especies de macadamia.	106
Figura 1. Distribución mundial de la nuez de macadamia	15
Figura 2. Área apta para el cultivo de macadamia en México	22
Figura 3. Estacionalidad de la producción de nuez de macadamia	63
Figura 4. Proceso de acopio para la AI artesanal	75
Figura 5. Integración vertical de la AI Empresarial	78
Figura 6. Proceso integral de gestión de la innovación	82
Figura 7. Distribución de la edad y género de los productores de macadamia en Veracruz	83

Figura 8. Caracterización del InAI general (ELB) en Productores de macadamia en Veracruz	86
Figura 9. Índice de adopción de innovaciones por categoría en productores de macadamia en México	88
Figura 10. Principales innovaciones adoptadas en el cultivo de macadamia en México	90
Fotografía 1. Presentaciones de nuez de macadamia	14
Fotografía 2. Variedades de macadamia introducidas en México	26
Fotografía 3. Selecciones de macadamia en México	32
Fotografía 4. Proceso de escarificación de semillas	36
Fotografía 5. Mezcla de sustrato para el llenado de bolsas	37
Fotografía 6. Procedimiento de trasplante	38
Fotografía 7. Aspecto de varetas aptas para injertar	39
Fotografía 8. Aspecto de varetas listas para injertarse	40
Fotografía 9. Ejemplo de un injerto tipo “enchapado lateral”	41
Fotografía 10. Injerto inglés simple	42
Fotografía 11. Injerto de púa	43
Fotografía 12. Injerto por aproximación	44
Fotografía 13. Injerto de macadamia en fase juvenil	45
Fotografía 14. Botella para crear microclima	46
Fotografía 15. Injerto de embolsado en plantas de un año	47
Fotografía 16. Injerto encerado	48
Fotografía 17. Injerto en árboles adultos	49
Fotografía 18. Los sistemas de cultivo de macadamia	50
Fotografía 19. Preparación de cepa (ahoyado)	51
Fotografía 20. Trasplante de macadamia	52
Fotografía 21. Llenado de cepas	53
Fotografía 22. Control de arvenses	54
Fotografía 23. Poda de formación	55
Fotografía 24. Frutos de macadamia dañados por sarna o roña	60
Fotografía 25. Árbol dañado por <i>Rosellinia</i>	61
Fotografía 26. Cosecha de macadamia	62
Fotografía 27. Clasificación de macadamia	64
Fotografía 28. Presecado de macadamia	65
Fotografía 29. Secado de macadamia	66

Fotografía 30. Quebrado de macadamia	67
Fotografía 31. Selección manual de nueces	68
Fotografía 32. Macadamia salada	72
Fotografía 33. Productos regionales de macadamia	72
Fotografía 34. Especies cultivadas de macadamia	107
Fotografía 35. Hojas en especies de macadamia	108
Fotografía 36. Flores en especies cultivadas de macadamia	109
Fotografía 37. Frutos de especies de macadamia	110
Fotografía 38. Semilla de macadamia	110
Fotografía 39. Productos de nuez de macadamia	112

Colección Trópico Húmedo

La producción de nuez de macadamia en el trópico húmedo de México:
avances y retos en la gestión de la innovación

Esta publicación estuvo a cargo de la Oficina Editorial del CIESTAAM
al cuidado de Augusto Alejandro Merino Sepúlveda
y Gloria Villa Hernández
Se imprimieron 500 ejemplares
en el mes de diciembre de 2013
en los talleres de Conciencia Gráfica S.A. de C.V.,
con domicilio en Fraccionamiento Cabañas L-2 Oasis, Valsequillo, Puebla.