

Colección Trópico Húmedo

La palma de aceite

(*Elaeis guineensis* Jacq.):

avances y retos en la gestión
de la innovación

Norman Aguilar Gallegos
Nolver Atanacio Arias Arias
Vinicio Horacio Santoyo Cortés



Universidad Autónoma Chapingo

Colección Trópico Húmedo

La palma de aceite
(*Elaeis guineensis* Jacq.):

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 CUESTAAM

Lic. Rocío Guzmán Benítez

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES, DGDCyS

Colección Trópico Húmedo

La palma de aceite
(*Elaeis guineensis* Jacq.):

avances y retos en la gestión de la innovación

Norman Aguilar Gallegos

Nolver Atanacio Arias Arias

Vinicio Horacio Santoyo Cortés

Universidad Autónoma Chapingo

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

Esta obra fue dictaminada por pares académicos

Norman Aguilar Gallegos, Nolver Atanacio Arias Arias,
Vinicio Horacio Santoyo Cortés

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: 978-607-12-0329-8 (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
1. El contexto internacional de la producción de palma de aceite y la comercialización de aceite de palma	12
1.1 El contexto internacional	12
1.2 Los principales países productores de palma de aceite	14
1.3 Los principales países exportadores de aceite de palma	15
1.4 Los principales países importadores de aceite de palma	16
1.5 Precios internacionales del aceite de palma	18
2. El contexto nacional de la producción de palma de aceite	19
2.1 Producción de palma de aceite en México	19
2.2 Entidades productoras de palma de aceite en México	20
2.3 Exportaciones e importaciones de México	22
2.4 Principales usos de la palma de aceite	24
3. Consideraciones para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite y diseño de Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP)	25
3.1.1 <i>Materiales requeridos para el diseño de las UMAP</i>	28
3.1.2 <i>Metodología</i>	28
3.1.3 <i>Definición de Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP)</i>	29
3.2 Ejemplo de la aplicación de la metodología para diseño de UMAP en un área nueva	30
3.2.1 <i>Textura de los suelos encontrados</i>	33
3.2.2 <i>Bases intercambiables de los suelos encontrados</i>	33
3.3 Ejemplo de la aplicación de la metodología para diseño de UMAP en un área ya establecida con palma de aceite	35
3.3.1 <i>Resumen</i>	35
3.3.2 <i>Muestreo de campo</i>	35
3.3.3 <i>Definición de unidades de manejo de la plantación (UMAP)</i>	40
3.3.4 <i>Análisis estadístico</i>	41
3.3.5 <i>Resultados y discusión. Estudio de Caso: Finca Montecarlo – Plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.</i>	42
3.3.6 <i>Conclusiones y recomendaciones</i>	55
4. Prácticas de manejo de una plantación de palma de aceite. Metodología para evaluar el nivel tecnológico de la plantación	55
4.1 Descripción de la metodología	55
4.2 Evaluación del nivel tecnológico en plantaciones mayores de 3 años	57

4.2.1	<i>Establecimiento del cultivo</i>	57
4.2.2	<i>Labores de mantenimiento</i>	63
4.2.3	<i>Manejo nutricional</i>	69
4.2.4	<i>Manejo de la sanidad vegetal</i>	77
4.2.5	<i>Cosecha y producción</i>	83
4.2.6	<i>Producción</i>	86
4.3	Evaluación del nivel de uso de la tecnología utilizada al momento de la siembra y durante los dos primeros años del cultivo	87
4.3.1	<i>Establecimiento del cultivo</i>	87
4.3.2	<i>Material de siembra</i>	87
4.3.3	<i>Manejo fitosanitario</i>	91
5.	Red de abasto y comercialización de la palma de aceite	96
5.1	Proceso de extracción del aceite de Palma Africana	96
5.1.1	<i>Esterilización</i>	96
5.1.2	<i>Desfrute</i>	96
5.1.3	<i>Digestión</i>	96
5.1.4	<i>Prensado</i>	97
5.1.5	<i>Clarificación</i>	97
5.1.6	<i>Desfibrado</i>	98
5.1.7	<i>Almacenamiento</i>	98
5.2	Perfil de la agroindustria	99
5.2.1	<i>Agroindustrias (AI) pequeñas</i>	100
5.2.2	<i>Agroindustrias medianas</i>	101
5.3	Red de Abasto y comercialización	103
6.	Dinámica de la innovación	104
6.1	Concepto de innovación	104
6.2	Gestión de la innovación en la palma de aceite	104
6.3	El modelo AGI-DP	105
6.4	Análisis de la innovación en plantaciones de palma de aceite	108
6.5	Indicadores utilizados para medir el nivel de innovación	109
6.6	Perfil del productor y de su unidad de producción	111
6.7	La Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI)	113
6.7.1	<i>Diagnóstico de los productores/proveedores de la Agroindustria</i>	113
6.7.2	<i>Selección de innovaciones</i>	114
6.7.3	<i>Selección de productores</i>	114
6.7.4	<i>Ejemplo del diseño de una EGI</i>	115
6.8	Indicadores de innovación en plantaciones de palma de aceite en el sur-sureste de México	117

6.8.1 <i>Índice de adopción de innovaciones (InAI)</i>	117
6.8.2 <i>Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI)</i>	122
7. Expectativas de la agroindustria palma de aceite	125
Referencias citadas	129
Anexo	133
Anexo 1. Tasas de adopción de innovaciones (TAI%) en plantaciones de palma de aceite en México, después de la intervención AGI-DP	133
Abreviaturas usadas	135
Índice de cuadros, figuras y fotografías	137

Introducción

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), originaria del Golfo de Guinea, es un cultivo oleaginoso de alto valor productivo y económico, debido a ello en la actualidad se ha expandido a todas las regiones tropicales del mundo donde se le otorga gran importancia pues representa una excelente opción de producción con grandes expectativas a futuro.

La palma de aceite produce hasta 10 veces más aceite en comparación con otros cultivos oleaginosos, su rendimiento por ha supera a la soya, la canola, el girasol y el algodón. Es por esto que en el último decenio, el aceite de palma se ha convertido en el segundo aceite más importante en términos de producción, detrás de la soya, pero en el primer lugar en importancia en cuanto a volúmenes comercializados alrededor del mundo.

Además de los rendimientos de aceite que se alcanzan por ha, la palma de aceite también es importante por los usos tan diversos que tiene y ello se debe a los dos principales aceites que produce, que son el aceite de palma extraído de la pulpa del fruto y el aceite de almendra de palma o palmiste que son utilizados ampliamente por la industria alimenticia y hasta en la industria química. Actualmente su uso adquiere mayor importancia desde el punto de vista energético en la generación de combustibles renovables y de combustión más limpia, es decir, ha cobrado mucha relevancia en la producción de biocombustibles.

En México, el cultivo de la palma de aceite se extiende principalmente en los estados del sur-sureste del país. Es un cultivo muy dinámico y en los últimos diez años pasa de 2 700 a 32 700 ha cosechadas, que equivale a una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 25.5%. A nivel nacional, el cultivo representa una alternativa para los agricultores de la región sur-sureste de México para mejorar sus ingresos y bienestar social; pero también es importante para reducir las importaciones de aceite vegetal, sólo en aceite de palma para el 2010 México gastó 314.3 millones de dólares. El escenario no es tan desalentador pues con el crecimiento del cultivo, principalmente en los estados de Chiapas y Tabasco, México ha pasado de 7.5% de autosuficiencia de aceite de palma en el 2000, a 20.7% para el 2010.

Sin embargo, México tiene rendimientos de 15.5 t ha^{-1} , apenas por encima de los promedios mundiales pero por debajo de los principales países productores. Es así que se debe tener en cuenta que el crecimiento productivo del cultivo no sólo

reside en el crecimiento extensivo sino en el intensivo, a través de mejores prácticas de cultivo, mejoramiento genético, integración de la cadena productiva, etcétera.

En este sentido, la innovación en el medio rural juega un papel muy importante para las plantaciones de palma de aceite, donde existe una gran oportunidad para dinamizar la innovación entre los productores y en casi toda la cadena productiva, desde innovaciones en las unidades de producción, la organización de productores, la administración de sus empresas rurales, hasta la articulación efectiva con la agroindustria y los procesos de comercialización. De esta manera, a través de la innovación se pueden generar cambios importantes basados en el conocimiento empírico de los productores, combinándolo con el codificado de las instituciones de enseñanza e investigación, igualmente se pueden canalizar y focalizar de mejor manera los apoyos gubernamentales y además articular a diferentes actores en torno del cultivo todo ello para incrementar la generación de valor y riqueza por los productores y en las regiones y así incentivar el cultivo, haciéndolo también más competitivo conformando con ello verdaderas redes de innovación.

1. El contexto internacional de la producción de palma de aceite y la comercialización de aceite de palma

1.1 El contexto internacional

De acuerdo con información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), en el periodo comprendido entre 1980 y 2011, la producción de palma de aceite a nivel mundial se incrementó en un 683.1%, al pasar de casi 30 millones a poco más de 230 millones de t, lo que implicó una tasa de crecimiento media anual de 6.7%, estos resultados se deben principalmente al incremento en 280.3% la superficie cosechada, que pasa de 4.28 a 16.27 millones de ha y, al incremento en 105.9% de los rendimientos, lo que significa aumentar la producción por unidad de superficie de 6.98 a 14.37 t ha⁻¹. Es importante mencionar que los datos del Cuadro 1 indican que el principal incremento en los rendimientos de palma de aceite se dio en la década de 1980 y; por otra parte, el incremento más importante en la superficie sembrada fue en la década de 1990.

Cuadro 1.

Producción mundial de palma de aceite

Año	Área cosechada (miles de ha)	Producción (miles de t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
1980	4 277	29 859	6.98
1985	4 899	43 224	8.82
1990	6 115	60 902	9.96
1995	7 998	88 106	11.02
2000	10 030	120 473	12.01
2005	12 896	182 220	14.13
2010	15 827	225 743	14.26
2011	16 265	233 811	14.37

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2013).

De la producción de palma de aceite, se obtiene el aceite de palma que proviene de la pulpa del fruto (representa entre un 40-50% en aceite crudo) y en menor proporción se obtiene el aceite de almendra, también llamado aceite de palmito (5% en promedio). En este sentido, con el incremento en la producción de la palma de aceite, se incrementa también el comercio a nivel mundial de los productos obtenidos del fruto, es decir, del aceite de palma y aceite de almendra de palma (Cuadro 2). Actualmente, el aceite de palma es el más comercializado en el mundo, incluso por arriba del aceite de soya (oleaginosa más producida) que para el 2010 tuvo un comercio de exportación de 10.8 millones de t (FAO, 2013), comparado con 35.3 millones de t de aceite de palma. En el periodo 2000 al 2010, las exportaciones de aceite de palma aumentaron en volumen un 103.8%, pero en valor esto representa un incremento de 407.5%, es decir, el mercado del aceite de palma es muy dinámico y de rápido crecimiento. El valor que generó el comercio mundial de los aceites provenientes de la palma en 2010, fue de 32 832 millones de dólares, donde el aceite de palma representa el 91.2% (Cuadro 2).

Cuadro 2.

Comercio mundial de la palma de aceite de 1980 al 2010

Producto / Año	Cantidad (miles de toneladas)		Valor (millones de US\$)	
	Importaciones	Exportaciones	Importaciones	Exportaciones
<i>Aceite de Palma</i>				
1980	3 412	3 617	2 012	2 038
1985	4 875	5 221	2 771	2 638
1990	7 847	8 072	2 797	2 449
1995	9 619	10 217	6 640	6 404
2000	13 358	14 162	5 038	4 523
2005	25 204	26 768	11 576	10 338
2010	34 409	35 319	29 302	29 933
<i>Aceite de Almendras de Palma</i>				
1980	399	379	298	247
1985	592	629	419	336
1990	839	918	384	308
1995	762	834	573	579
2000	1 141	1 199	661	571
2005	2 050	2 014	1 343	1 236
2010	2 905	2 443	3 120	2 899

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2013).

1.2 Los principales países productores de palma de aceite

En 2011, de las 233.8 millones de t de palma de aceite producidas a nivel mundial, Indonesia y Malasia produjeron el 81.1% del total; sin embargo, de las 16.3 millones de ha cosechadas, ambos países sólo tienen el 62.1%, además en el caso de Malasia sus rendimientos son mayores en comparación con los de Indonesia (Cuadro 3). Por su parte, México se ubica en la posición número 19 al aportar sólo el 0.22% de la producción total mundial, a su vez, sólo posee el 0.20% de la superficie cosechada, sin embargo los rendimientos en México son superiores a los de la media mundial (12.0 t ha^{-1}) pero existe una brecha importante si lo comparamos con Colombia (Cuadro 3), principal país productor de América Latina, cuyos rendimientos alcanzan las 22.9 t ha^{-1} .

Cuadro 3.

Principales países productores de palma de aceite y rendimientos para 2011

País	Superficie		Producción		Rendimiento (t ha ⁻¹)
	Miles de ha	% del total	Miles de t	% del total	
Indonesia (1)*	6 090	37.44	101 700	43.50	16.7
Malasia (2)	4 010	24.65	87 825	37.56	21.9
Tailandia (3)	600	3.69	10 777	4.61	18.0
Nigeria (4)	3 200	19.67	8 500	3.64	2.7
Colombia (5)	165	1.01	3 780	1.62	22.9
México (19)	33	0.20	507	0.22	15.5
Otros	2 168	13.33	20 722	8.86	11.3
Total	16 265	100.00	233 811	100.00	12.0

*El número entre paréntesis representa el lugar que ocupan en producción a nivel mundial.
Fuente: elaboración propia con datos de la FAO (2013).

1.3 Los principales países exportadores de aceite de palma

Las exportaciones mundiales del aceite de palma, sin incluir al aceite de almendra de palma, pasaron de 3.6 a 35.3 millones de t (ver Cuadro 2), lo que significa una tasa media de crecimiento anual de 7.9% en el periodo 1980 a 2010, en general el incremento es de 876.6%. Indonesia y Malasia además de ser los productores más importantes de palma de aceite a nivel mundial, son los principales exportadores de aceite de palma; en el año 2010 contribuyeron con el 87.8% del comercio mundial (46.1 y 41.7%, respectivamente), en el año 2000 habían exportado el 86.5%.

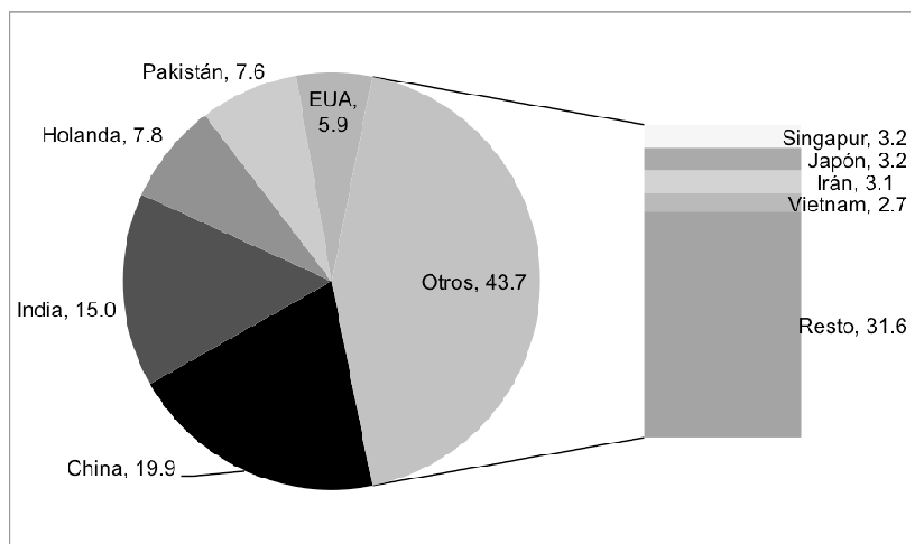
Por su parte, en 2010, México no reporta exportaciones de aceite de palma pero sí de aceite de almendra de palma: 199 toneladas que representan un ingreso de 326 000 dólares. A nivel mundial se exportan 2.4 millones de t de este tipo de aceite (ver Cuadro 2).

La exportación del aceite de palma, para el año 2010, representa flujos comerciales por 29 933 millones de dólares; el 86.4% corresponde a Indonesia y Malasia.

Para el año 2012, el MPOB (2013) reporta que las exportaciones de Malasia de aceite de palma alcanzaron 17.6 millones de t, en el 2010 fueron 14.7 millones de t (FAO, 2013), lo que representa un incremento de 14.8%. Los principales países a los que exportó Malasia en el año 2012, fueron China, India, Holanda, Pakistán y EUA.

Figura 1.

Porcentaje de las exportaciones de aceite de palma de Malasia por país destino en el año 2012



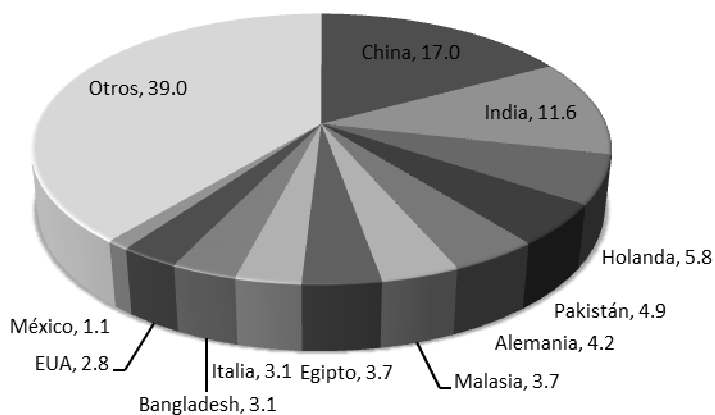
Fuente: Elaboración propia con datos de MPOB (2013).

1.4 Los principales países importadores de aceite de palma

Para el año 2010, la FAO (2013) reporta importaciones de aceite de palma por 179 países. De las 34.4 millones de t que se importan a nivel mundial y cuyo valor alcanza a 29 302 millones de dólares (ver Cuadro 2), 10 países importaron 59.8% del volumen total (Figura 2). Destacan por su volumen de importación: China e India con 28.6%, Holanda, Pakistán y Alemania con casi 15%; otros países como Malasia, Egipto, Italia, Bangladesh y EUA suman 16.4%. México importó en ese mismo año el 1.1% que equivalen a 370 312 t de aceite de palma y con ese volumen se ubica en el lugar número 24. China es el país que importa más aceite de palma y sus principales abastecedores son Malasia, Indonesia, India, Japón, Holanda y Sri Lanka (ver Figura 3).

Figura 2.

Porcentaje de importaciones de aceite de palma a nivel mundial para el año 2010



Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2013).

Figura 3.

Importaciones de aceite de palma de China por país de origen en el año 2010



Fuente: FAO (2013).

1.5 Precios internacionales del aceite de palma

A partir del año 2000, el precio del aceite de palma presenta una tendencia al alza (Cuadro 4); para el periodo 2000 al 2010 la tasa media de crecimiento anual (TMCA) es 9.7%. El factor principal que ayuda al incremento de los precios, es la demanda insatisfecha del aceite de palma pues sus usos se han diversificado y por la creciente demanda de biocombustibles, situación que se acentúa en 2008 cuando a nivel internacional se presenta una presión importante por cultivos para biocombustibles. Los mayores incrementos de los precios se presentan en Indonesia y Malasia con TMCA de 12.1 y 10.4% respectivamente, es interesante observar (Cuadro 4) que aunque Holanda no es un productor de palma de aceite, sí es un país que importa-exporta el aceite derivado del fruto. En este rubro la TMCA de los precios ha sido menor (7.6%).

Los precios de aceite de palma, como los de muchos productos agroindustriales, varían a través del año y los más altos se alcanzan en los meses de febrero a mayo, llegando casi a los 1 200 dólares por t (Figura 4). Cabe mencionar que aunque el aceite de palma es el aceite que más se comercializa a nivel mundial en cuanto a volumen, en comparación con los segundos más importantes (soya y canola), el de palma es más barato a través del año (Figura 4).

Cuadro 4.

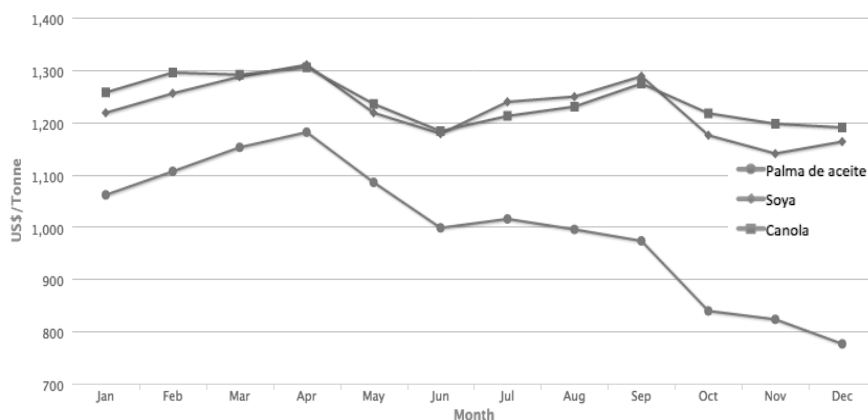
Precio del aceite de palma de tres países exportadores destacados

Año	Indonesia (US\$ t ⁻¹)	Malasia (US\$ t ⁻¹)	Holanda (US\$ t ⁻¹)
2000	264.5	314.3	476.5
2001	220.4	253.4	347.3
2002	330.4	366.0	461.4
2003	384.4	432.1	586.5
2004	397.4	462.2	630.2
2005	362.0	371.8	574.2
2006	398.1	406.6	620.3
2007	773.9	705.1	802.9
2008	866.0	902.9	1,077.1
2009	616.0	664.7	892.6
2010	826.7	841.7	994.2

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2013).

Figura 4.

Estacionalidad de los precios de algunos aceites a través del año en los mercados de Europa noroccidental en 2012



Fuente: Oil World a través del MPOB (2013).

2. El contexto nacional de la producción de palma de aceite

2.1 Producción de palma de aceite en México

La producción de palma de aceite en México se desarrolla principalmente en estados ubicados en el sur-sureste del país. Es un cultivo muy dinámico y en el último decenio ha experimentado un crecimiento muy importante, pasando de 2 700 a 32 700 ha cosechadas (Cuadro 5), que equivale a una TCMA de 25.5%. Del 2000 a 2005 se registra el crecimiento más alto en cuanto a superficie cosechada. Sin embargo, los rendimientos han fluctuado de manera notable entre los años 2000 y 2010, con un crecimiento neto negativo pues pasaron de 18.7 a 15.5 t ha⁻¹, lo que representa un decremento de -1.68% en su TCMA. Debido principalmente al incremento de la superficie cosechada, el volumen de producción también se incrementa notablemente, aun con el efecto negativo de los rendimientos, el aumento es de casi 900% pues pasa de 51 300 a 507 000 t de producción; sin embargo, es importante tener en cuenta que para incrementar la producción de palma de

aceite en México no basta con aumentar la superficie, se tienen que incrementar los rendimientos, hacerlos más estables, así el volumen de producción se incrementaría a nivel nacional.

En secciones anteriores se mostró el incremento en el precio de las exportaciones del aceite de palma (ver Cuadro 4), el precio interno de la materia prima también aumentó considerablemente del 2000 al 2010, pasa de 480 a 1 678 \$ tn⁻¹, cabe hacer la aclaración que los precios presentados en el Cuadro 5 corresponden al precio de la fruta de la palma de aceite; es decir, al precio pagado al productor por cada t de racimo de fruta fresca (TRFF) y no al aceite proveniente de la pulpa del fruto como se manejó en el Cuadro 4.

Al ser un cultivo muy dinámico, la palma de aceite pasa de un valor de producción de \$ 24.6 millones en el año 2010, a \$ 850.6 millones en 2011.

Cuadro 5.

La producción de palma de aceite en México, periodo 2000-2011

Año	Superficie cosechada (miles ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Volumen producción (miles t)	Precio medio rural (\$ t ⁻¹)	Valor producción (miles \$)
2000	2.7	18.7	51.3	480.0	24 645.7
2001	6.9	19.7	135.7	500.0	67 848.0
2002	6.9	19.9	137.1	420.0	57 582.9
2003	13.6	16.0	217.1	731.3	158 728.7
2004	17.8	13.9	247.9	627.3	155 509.0
2005	18.4	11.9	219.3	542.3	118 899.5
2006	22.0	14.1	309.6	638.3	197 596.4
2007	23.8	12.3	292.5	1,163.2	340 238.6
2008	25.9	11.9	307.8	913.4	281 096.7
2009	28.2	13.0	367.1	1,094.7	401 833.1
2010	31.8	13.8	438.2	1,535.6	672 867.2
2011	32.7	15.5	507.0	1,677.7	850 622.7

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

2.2 Entidades productoras de palma de aceite en México

De acuerdo con SAGARPA (2013), en México son cuatro estados los que producen palma de aceite: Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz (Cuadro 6). El principal

productor en 2011 fue Chiapas, con 63.9% de la superficie cosechada y 78.9% de la producción total nacional (Figura 5), igualmente registra el rendimiento promedio más alto comparado con los demás estados productores, en el año mencionado, SAGARPA (2013) reporta 19.2 t ha^{-1} , rendimiento comparable al de los principales países productores del cultivo (ver Cuadro 3). El segundo estado productor es Tabasco con una participación de 9.8% del volumen de producción seguido por Veracruz y Campeche con 8.2 y 3.1%, respectivamente (Figura 5).

Entre estos cuatro estados existen brechas en los rendimientos muy importantes que se ven reflejadas en el rendimiento nacional promedio que es de 15.5 t ha^{-1} . Cabe destacar también la diferencia existente entre los precios medios rurales pagados: en el estado de Veracruz se pagan los más altos, y en Campeche los menores, la diferencia entre ellos alcanza a los 470 pesos por t.

Cuadro 6.

Importancia de la palma de aceite por estado productor para el año 2011.

Estado	Superficie cosechada (miles ha)	Rendimiento (t ha^{-1})	Volumen producción (miles t)	Precio medio rural ($\$ \text{t}^{-1}$)	Valor producción (miles \$)
Campeche	1.3	11.8	15.6	1 382.06	21 607.9
Chiapas	20.9	19.2	400.2	1 663.40	665 652.9
Tabasco	4.1	12.0	49.5	1 740.29	86 124.7
Veracruz	6.4	6.6	41.7	1 851.69	77 237.3
Total	32.7	15.5	507.0	1 677.72	850 622.7

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



en el periodo mencionado, la TMCA fue de 5.3%. En 2010 se importaron 67 000 t de aceite de almendra de palma con un valor de 74.2 millones de dólares.

Aunque en el periodo mencionado existen fluctuaciones en las cantidades importadas, la tendencia en los últimos años es positiva y no se observa una contra tendencia a la baja. Sin embargo, México pasa de una autosuficiencia del 7.5% en aceite de palma en el 2000, a 20.7% para el 2010 (Cuadro 8), es decir, de cada cinco t de aceite de palma que se consume en el país, México produce una. De manera complementaria, el país exporta muy poco de ambos aceites, para el año 2010 no se reportan exportaciones de aceite de palma mientras que del aceite de almendra se exportaron 199 t con un valor de 326 000 dólares.

Cuadro 7.

Importaciones y exportaciones de los aceites derivados de la palma de aceite en México 2000 – 2010

Año	Aceite de palma				Aceite de almendra de palma			
	Importaciones		Exportaciones		Importaciones		Exportaciones	
	Miles de t	Millones US\$	(t)	Miles US\$	Miles de t	Millones US\$	(t)	Miles US\$
2000	138.9	50.7	70	294	39.9	24.4	3	15
2001	166.7	51.4	4	6	41.0	14.8	48	207
2002	186.6	77.0	32	25	47.6	20.8	1	3
2003	200.8	93.1	75	59	45.6	23.3	0	0
2004	287.7	126.5	238	272	22.1	14.5	1	1
2005	280.7	129.9	179	140	36.2	24.7	1	3
2006	335.7	168.4	667	511	47.6	30.7	1	2
2007	302.4	221.1	636	658	49.2	45.3	2	13
2008	326.6	348.5	343	361	41.9	57.0	0	0
2009	359.6	266.0	1 907	1 722	67.6	48.8	139	158
2010	370.3	314.3	0	0	67.0	74.2	199	326

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2013).

Cuadro 8.

Consumo aparente de aceite de palma en México

Aceite de palma	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Producción* (t)	11 296	30 162	54 539	68 108	67 707	96 398
Importaciones (t)	138 895	186 576	287 745	335 663	326 572	370 312
Exportaciones (t)	70	32	238	667	343	0
Consumo Aparente (t)	150 121	216 706	342 046	403 104	393 936	466 710
Autosuficiencia (%)	7.5	13.9	15.9	16.9	17.2	20.7

* Para el cálculo de la producción de aceite de palma, se utilizó un factor de 0.22 por cada tonelada producida de palma de aceite, en México.

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO (2013) y SAGARPA (2013).

2.4 Principales usos de la palma de aceite

Como se ha mencionado, el principal producto obtenido de la palma de aceite es el aceite de palma, que es una rica fuente de energía. Este aceite, también provee ácido linoléico y es importante porque el metabolismo humano no lo produce. El aceite de palma, antes de ser refinado, es muy rico en vitaminas A y E, principalmente de la primera, antioxidantes que protegen al cuerpo del cáncer y la trombosis (Hernández, Olivera, Palacios, 2006). Sin embargo, durante el proceso de refinación pierde parte de estas características.

Tanto el aceite obtenido de la pulpa como de la almendra del fruto de palma, se emplean para producir diferentes productos finales, tales como: margarinas, mantecas, aceite de cocina, helados, alimentos pre cocidos, galletas, deshidratados, sopas instantáneas, salsas, sustituto lácteo en comidas para bebés, leche en polvo, cremas para mezclar con café, sustituto de manteca de cacao, entre otros. El aceite de pulpa se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes, crema para zapatos, tinta de imprenta, velas, etc. Se utiliza también en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, en la trefilación de metales y en la producción de ácidos grasos y vitamina A.

Es excelente materia prima para la producción de oleoquímicos, incluyendo ácidos grasos, alcoholes y glicerol que son utilizados en la fabricación de cosméticos, fármacos, artículos de uso doméstico e industrial. Los oleoquímicos producidos a partir de aceite de palma se están empleando en la elaboración de detergentes no contaminantes del medio ambiente debido a que son biodegradables (Palacios, Estrada y Tucuch, 2003). En la industria química es importante en la producción de pintura, barniz y resina.

Finalmente otro de sus usos está en la producción de biodiesel, combustible que se obtiene de la reacción química de una grasa con un alcohol. En EUA, el aceite de soya es la fuente más importante para producir biodiesel; aunque también se puede obtener de los aceites de maíz, canola, algodón y palma de aceite. Actualmente, el biodiesel se considera una alternativa para el abasto de energía renovable (Hernández *et al.*, 2006).

Por último, los residuos sólidos obtenidos del proceso de extracción del aceite de la almendra, llamados torta de palma o de palmiste se utilizan en la alimentación animal.

3. Consideraciones para el establecimiento del cultivo de la palma de aceite y diseño de Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP)

Antes de tomar la decisión de sembrar palma, es necesario verificar que la finca o parcela seleccionada, cumpla ciertos requerimientos de clima y suelos, bajo los cuales se logran las mejores producciones y por tanto, se garantice la sostenibilidad económica y ambiental del cultivo.

La palma es un cultivo que se desarrolla bien en zonas donde no se presente estacionalidad climática y que se encuentren por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, bajo el cual predominan temperaturas promedio entre 28 y 32 grados centígrados. De acuerdo con los investigadores Arias, Obando, Motta, Mosquera, Pedro, Pedro, Álvarez, Betancourt, Díaz y Bernal (2008), se necesita además de alta radiación, en términos de horas luz, superior a 1 800 horas anuales y que no se presenten vientos fuertes, por encima de 30 km h⁻¹. Por otra parte, la

precipitación anual es determinante, ya que la palma requiere en promedio 150 mm de lluvia mensual, por tanto se debe sembrar en zonas con 1 800 mm anuales o más, con una buena distribución a lo largo del año, a menos que se cuente con posibilidad de establecer sistemas de riego.

Con respecto al suelo la profundidad es muy importante y debe ser superior a 50 cm para permitir un buen desarrollo radicular y almacenamiento de agua. Suelos francos a franco arenosos, con mediana a alta fertilidad y alto contenido de bases intercambiables, son recomendables. Además, la pendiente del terreno no debe ser superior al 15%. Pendientes superiores dificultarán la cosecha y el manejo del cultivo en general (Romero, Moreno y Munévar, 1999).

Además del suelo y clima, otro factor a tener en cuenta es la distancia al centro de acopio o planta extractora. Se recomienda una distancia no superior a 30 kilómetros, para no encarecer los costos de producción, y resulta conveniente que el costo del transporte nos sea superior al 5% de los costos totales de producción.

Una vez verificado el terreno, si cumple con las condiciones para sembrar el cultivo, el siguiente paso es el establecimiento, el cual es una de las etapas más importantes, ya que representa la oportunidad de efectuar bien el manejo, mejorar las condiciones del suelo y garantizar desde un comienzo el potencial productivo de acuerdo a la zona o región donde se haya decidido sembrar palma.

El establecimiento comienza con el desmonte de la vegetación, en caso de ser necesario, y termina con la siembra de la palma. En esta etapa el objetivo es dar a la planta las mejores condiciones para su desarrollo y reducir el riesgo de ataque de plagas y enfermedades en las primeras etapas del cultivo.

Al considerar que el manejo del suelo es una de las variables agronómicas de mayor importancia para el desarrollo de un cultivo de manera sustentable, en este apartado, se presenta una metodología para la caracterización de suelos y diseño de Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP), las cuales son: una fracción de un lote, el lote o un conjunto de lotes con un mismo tipo de suelo; por lo tanto, en dichas unidades se diseñan programas de manejo de la nutrición específicos y acordes a las características del tipo de los diferentes grupos de suelo. En el caso de cultivos establecidos, además de la homogeneidad del suelo, es necesario considerar la edad y el material sembrado, es decir, al interior de la UMAP, el material y el año de siembra de la palma deben ser igualmente homogéneos.

La metodología que se describe fue desarrollada en Colombia, es aplicable tanto para la etapa de establecimiento, como para cultivos establecidos de palma de aceite; a continuación se presenta un ejemplo de su aplicación.

Considerando que el suelo es una variable de gran importancia en el manejo de la nutrición de cultivos, se hace necesario conocer los diferentes tipos de suelos en los cuales se establece la palma de aceite ya que el estado nutricional de las plantas en general varía de acuerdo a las propiedades físicas y químicas del terreno donde se encuentran establecidas.

La presente metodología se ha diseñado para áreas nuevas y para cultivos establecidos, ya que la gran mayoría de los cultivos existentes, en el caso de México, no tienen estudios de suelos. La metodología se basa en el estudio de las propiedades físicas de los suelos, identificando en campo las características físicas más relevantes de los dos primeros horizontes de suelo (textura, estructura, color y, profundidad del horizonte); teniendo como punto de referencia una cuadrícula de 50 metros de campo, en el caso de áreas nuevas, o también para las palmas ya establecidas.

Se busca entonces identificar grandes grupos de suelo, con características distintas y una vez identificados éstos, definir las correspondientes UMAP y los respectivos programas de manejo de la nutrición acorde a grupos de suelo; todo ello en un claro acercamiento a la denominada "agricultura de manejo por sitio específico" conducente al desarrollo de agricultura económicamente viable, ambientalmente sostenible y socialmente aceptable.

Según Munévar y Franco (1998), la fertilización es una práctica de manejo muy importante en el cultivo de la palma de aceite, ya que con ella se corrigen las deficiencias nutricionales del cultivo y se proporcionan nutrientes necesarios para la producción de aceite y además la inversión en fertilizantes para la palma, representa más del 30% de los costos variables en el manejo del cultivo. Esta inversión amerita que se tomen todas las precauciones técnicas para que el dinero que se está invirtiendo, se vea reflejado en la productividad del cultivo.

Para diseñar la UMAP es necesario establecer las variaciones físicas y químicas que registran los suelos y el resultado esperado de esta metodología es la identificación de grupos de suelo con características bastante disímiles y una vez identificados estos grupos, definir y delimitar en el campo las correspondientes UMAP.

3.1.1 Materiales requeridos para el diseño de las UMAP

- Plano del lote o plantación y marcación en campo cada 50 m, en cuadrícula, o en mapa con localización de palmas para cada lote o parcela.
- Planilla de campo para registro de muestras. En ella se registran las características de cada sitio muestreado.
- Bolsas o fundas plásticas (de aproximadamente un kilo de capacidad).
- Cinta adhesiva o cinta con papel pegante.
- Barreno y/o pala recta.
- Lápiz y/o plumones.
- Cámara fotográfica.

3.1.2 Metodología

Se basa en el cateo de suelos, cada 50 metros en cuadrícula o cada seis palmas y cada seis líneas (en plantaciones ya establecidas), realizando lo siguiente:

1. Se registra en el formato respectivo (Anexo 1), la ubicación de cada estaca o el número de palma y línea correspondiente. Para áreas nuevas, se recomienda que la nomenclatura de las estacas sea con las letras del alfabeto para el caso de las líneas y al interior de cada línea, en cada estaca se le asigna un número. De esta manera, la primera estaca sería la A1, la segunda A2 y así sucesivamente. La segunda línea sería la B, la tercera la C y así hasta cubrir toda el área a caracterizar.
2. En cada sitio de muestreo, con la ayuda del barreno o pala, se observa el primer horizonte del suelo hasta encontrar el segundo y se registrará: la profundidad del primer horizonte, color, textura, estructura, presencia de gravas, rocas o elementos gruesos.
3. Se toma una muestra de suelo del primer horizonte, aproximadamente 200 gramos y se deposita en una bolsa plástica. Se etiqueta la muestra con cinta adhesiva y se anota: punto de muestreo, lote, número de palma y número de línea.
4. Del segundo horizonte de suelo se registra: color, textura, estructura, presencia de gravas o elementos gruesos y se toma una muestra de acuerdo al proceso anteriormente descrito.

5. Se procede hasta el siguiente punto de muestreo y se repiten los puntos 1 y 2. Si se observa diferencia en algunas de las variables registradas, se repiten los puntos 3 y 4.
6. Se continúa con el recorrido y cada vez que se encuentren diferencias en las características del suelo, se toman las respectivas muestras. Al terminar de muestrear un lote o parcela se tendrán tantas muestras de suelo como variaciones sucesivas se encuentren.

Observación: las diferencias en las características de los suelos se evalúan con referencia al último punto muestreado. Es decir, se compara con la última muestra tomada y se puede dar el caso que un mismo tipo de suelo se repita.

Trabajo de gabinete

1. Se reúnen las muestras de suelo recolectadas en campo.
2. Se ubican el primer y segundo horizonte, tratando de imitar la disposición natural en campo.
3. Se ordenan las muestras de suelo, de acuerdo con su ubicación espacial en el campo.
4. Teniendo las muestras ordenadas, se determinan cuántos grupos de suelo se pueden tener en el lote. Para una descripción posterior es necesario tener registro fotográfico de los grupos de suelo obtenidos para el lote de estudio.
5. Sobre los puntos de la cuadrícula del lote o el mapa de localización de palmas, se unen los puntos homogéneos y se determina de acuerdo con el número de puntos o número de palmas el área del lote correspondiente a cada grupo de suelos.

3.1.3 Definición de Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP)

Cuando las áreas de grupos de suelo superan una hectárea, es necesario considerarlas como UMAP diferente. Con este criterio se procede a lo siguiente:

1. Se identifica el número de palma y línea que se tomará como unidad de muestreo para cada tipo de suelo.
2. Se registra en el formato respectivo.

3. Se elabora el mapa, el cual se puede hacer de forma manual, con el uso de Excel® o con programas especializados que consideran datos de geo referencia.

A continuación presentamos el procedimiento descrito y la aplicación de la metodología tanto en un área nueva, como en una plantación ya establecida de palma de aceite.

3.2 Ejemplo de la aplicación de la metodología para diseño de UMAP en un área nueva

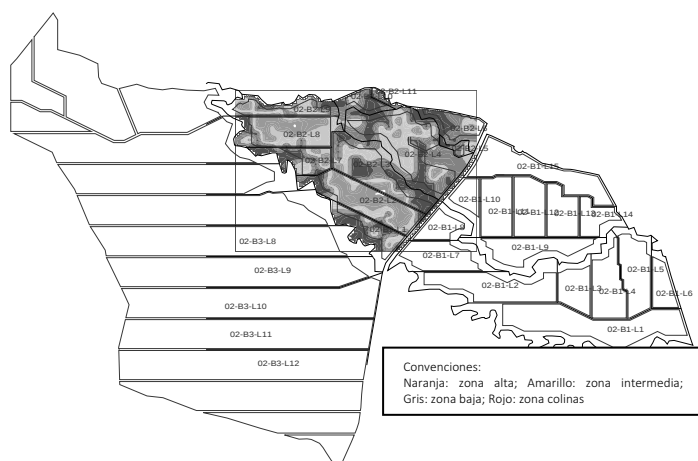
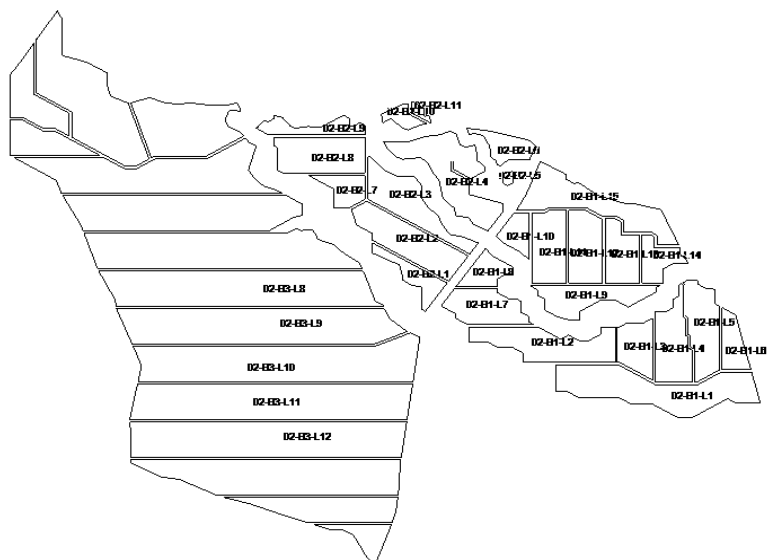
Este ejemplo corresponde a una plantación de 80 ha, en la cual se había ejecutado el desmonte y como paso previo para la aplicación de enmiendas y correctivos al suelo, se aplicó la metodología de diseño de UMAP, para ubicar espacialmente la variación de los suelos, en este caso influenciada por diferencias de nivel en el terreno. En la Figura 6 se muestra el diseño inicial de la plantación, en la cual se observan las carreteras y el diseño de drenajes.

En este caso, para conocer la distribución de los suelos referenciados, se realizó un muestreo detallado de suelos que consistió en la demarcación topográfica de una cuadrícula cada 50 metros. Para ejecutar un trabajo detallado, se colectaron absolutamente todas las muestras de todos los puntos de muestreo para su posterior descripción en gabinete.

En cada punto se realizó un muestreo con barreno y se tomaron muestras de los tres primeros horizontes. Luego se correlacionaron los puntos más homogéneos y en cada grupo de suelos se realizaron las respectivas calicatas para descripción química y física.

Se identificaron cuatro grupos de suelos, los cuales fueron denominados como: colinas, zona alta, zona intermedia y zona baja. El perfil típico para cada uno de ellos se aprecia en las fotografías 1, 2, 3 y 4.

Estos suelos fueron ubicados espacialmente con ayuda del Software Surfer 8, los resultados se muestran en la Figura 7.



Fotografía 1. Suelo de colinas



Fotografía 2. Suelo de zona alta



Fotografía 3. Suelo de zona intermedia



Fotografía 4. Suelo de zona baja

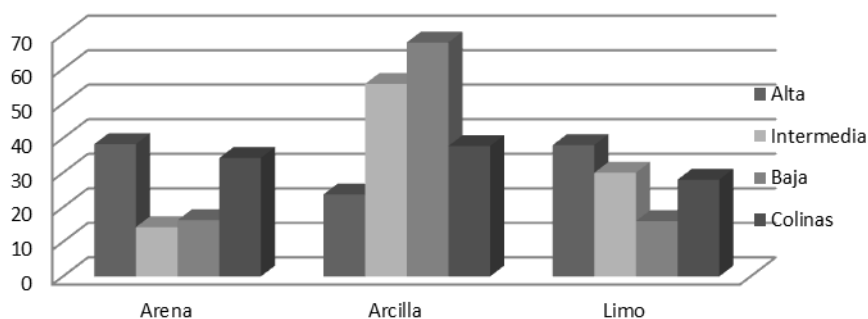


A continuación se presentan las principales características fisicoquímicas con base en los resultados del análisis de suelos en las cuatro zonas, y se muestran en las figuras 8 y 9, corroborando la validez de la aplicación de la metodología.

3.2.1 Textura de los suelos encontrados

De acuerdo con la figura 8, se tienen texturas que varían desde la franco arcillosa hasta la arcillosa destacándose la acumulación de arcillas que se presentan para los suelos de las zonas baja e intermedia que corresponden igualmente a las posiciones fisiográficas más bajas.

Figura 8.
Contenidos de arena, limo y arcilla en los cuatro suelos

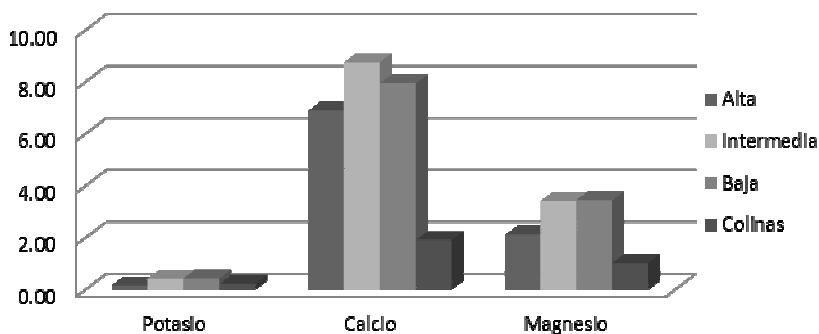


3.2.2 Bases intercambiables de los suelos encontrados

Destacan el alto contenido de calcio en las zonas baja e intermedia, mientras que es muy bajo en la zona de colinas, además de su amplio desbalance con respecto al magnesio y principalmente con el potasio (Figura 9). También se encontraron otras características que diferencian a los cuatro suelos (Cuadro 9).

Figura 9.

Contenidos de calcio, magnesio y potasio en cuatro suelos



Cuadro 9.

Otras características contrastantes de los cuatro suelos encontrados

Característica	Alta	Intermedia	Baja	Colinas
Aluminio (meq/100g)	0.19	2.55	2.69	2.69
Fósforo (ppm)	3.17	2.63	11.65	4.38
pH (unidades)	4.33	5.00	4.74	4.24

En general se tienen suelos ácidos, con alta saturación de bases (superior al 70%), que aumenta en la medida que los suelos se ubican en posiciones más bajas, con saturación de aluminio no limitante para la mayoría de los cultivos y con bajos niveles de fósforo.

Con base en estos resultados, se tendrían en principio cuatro UMAP, dependientes de los contenidos de arcillas y la alta saturación de calcio en el suelo.

3.3 Ejemplo de la aplicación de la metodología para diseño de UMAP en un área ya establecida con palma de aceite

3.3.1 Resumen

El conocimiento de la variabilidad física y química de los suelos constituye uno de los principios básicos para el manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de la palma de aceite, ya que a partir de este es posible diseñar Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP) con un alto grado de homogeneidad dentro de las mismas. Con el propósito de diseñar UMAP de acuerdo con la variabilidad de los suelos en cultivos establecidos de palma de aceite, se desarrolló un trabajo de muestreo en cuadrícula en la finca Montecarlo – Puerto Wilches en un área de cultivo de 556 hectáreas. El muestreo en una cuadrícula 6x6 (cada seis palmas cada seis líneas), se orientó a la búsqueda de cambios perceptibles en el color y la textura de los dos primeros horizontes de suelo. Ello permitió identificar dos tipos predominantes de suelos, los cuales fueron mapeados y caracterizados física y químicamente. Con la información de tipos de suelos, parámetros químicos, material y año de siembra fue posible conformar 18 UMAP, acordes a la variabilidad de los suelos.

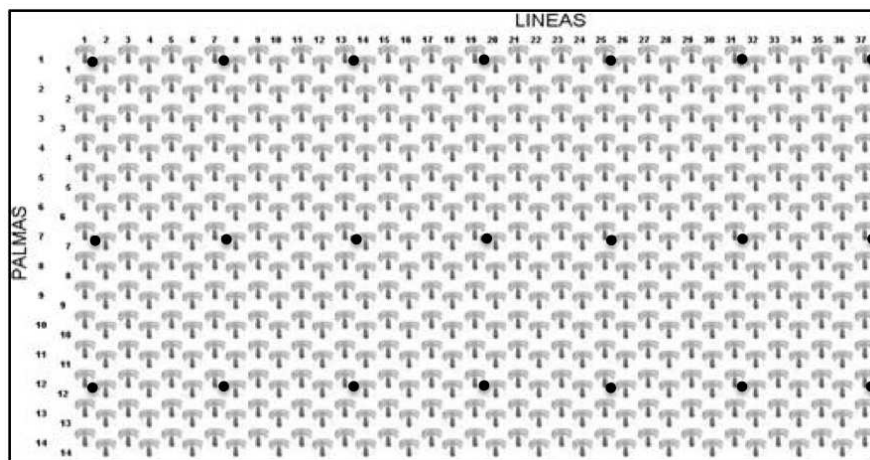
3.3.2 Muestreo de campo

En el año 2002 se implementó la metodología para el diseño de UMAP en la Finca Montecarlo, propiedad de Palmas Oleaginosas Bucarelia, que se ubica en el municipio de Puerto Wilches – Santander, Colombia, con una extensión total de 556 hectáreas netas establecidas de palma de aceite con siembras de los años 1992, 1993 y 1997. Esta actividad se realizó en un período de seis meses, con la ayuda de un operario de campo y un estudiante de ingeniería agronómica, bajo la supervisión de un profesional del área de Cenipalma.

El muestreo utilizado es el llamado en red o en cuadrícula, que se prefiere por cuanto suministra observaciones igualmente espaciadas. Para el objeto de la caracterización de los suelos se tienen en cuenta determinados puntos dentro de los lotes, que fueron establecidos previamente de acuerdo a una densidad de 6x6, es decir, cada seis líneas cada seis palmas (Figura 10). Los puntos en negro representan los sitios para el muestreo del suelo.

Figura 10.

Muestreo 6x6 cada seis líneas y cada seis palmas

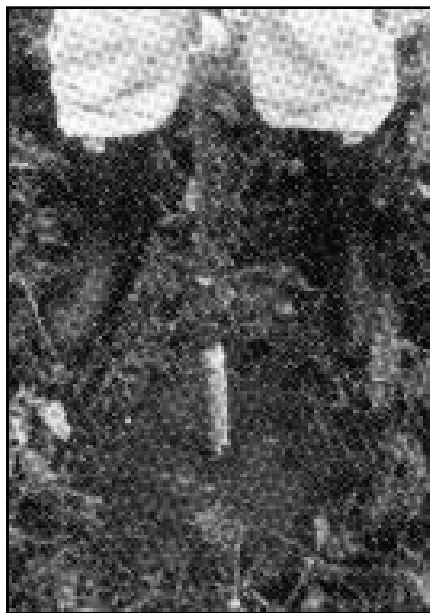
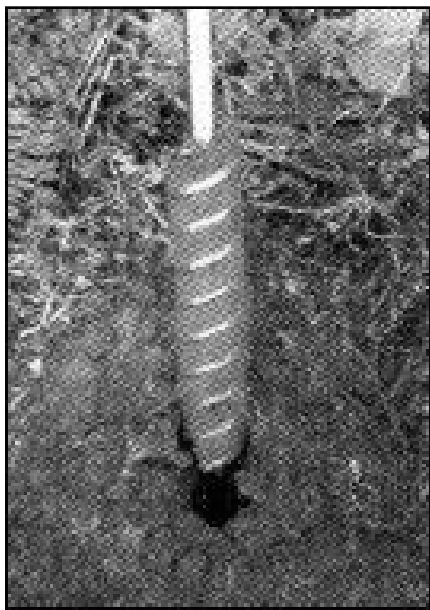


En campo, una vez ubicados en la palma seleccionada (punto de muestreo) a dos metros del estípote por la calle de cosecha (donde no deben arrojarse residuos vegetales del cultivo y transitan los semovientes empleados en todas las labores de cosecha y mantenimiento del cultivo); en este sitio con la ayuda de un barreno (Fotografía 5), se extrajo el suelo inicialmente hasta una profundidad en la que no se presentaran cambios en la coloración de éste (horizonte A); una vez se observaban cambios en la coloración del suelo se realizó una última barrenada para tomar el registro de esta segunda capa de suelo que se denominó horizonte B. Las diferencias más apreciables entre los horizontes A y B fueron: color (generalmente más oscuro en el horizonte A), estructura (mejor agregada y fuerte en el horizonte A), presencia de raíces y macro organismos (más abundantes en el horizonte A) y cambios en la textura, siendo más livianos los suelos en el horizonte A, generalmente.

En cada uno de los puntos de muestreo fueron colectadas dos muestras de aproximadamente 200 gramos cada una, que fueron depositadas en una bolsa plástica, la cual fue identificada con la siguiente información: número de lote, número de línea y número de palma.

Fotografía 5.

Barreno utilizado para el muestreo



Para cada sitio de muestreo se consignaron los datos de: color, textura, estructura, profundidad, presencia de elementos gruesos o rocas, presencia de macro organismos y observaciones relevantes para la diferenciación de los suelos muestreados. Esta información se registró para los horizontes A y B en cada uno de los sitios de muestreo.

Luego de tomar la información del primer sitio de muestreo se procedió al siguiente punto ubicado a seis palmas o seis líneas de palmas de acuerdo al caso (ver Figura 10). En este sitio se repitió el procedimiento de muestreo descrito para el primer punto y se consignó la información en el formato respectivo, con la particularidad de que si no se presentaban diferencias con respecto el primer sitio, no se tomaban las muestras de suelos. En caso contrario, se tomaban nuevamente las muestras de suelos.

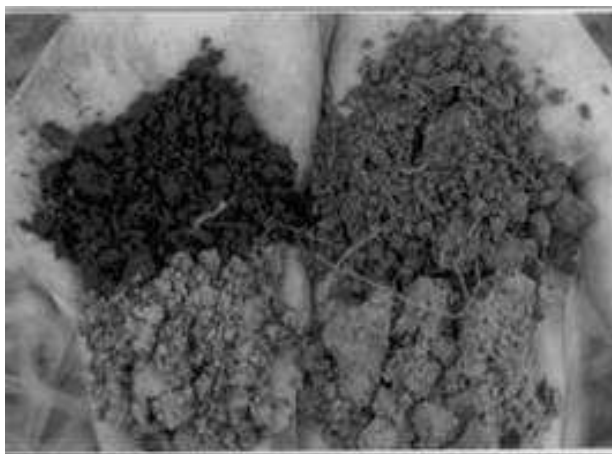
Este procedimiento se repite sucesivamente hasta abarcar todos los puntos de muestro del lote y posteriormente de toda la plantación. Es conveniente muestrear toda la plantación debido a que de esta manera se pueden conformar UMAP de mayor tamaño si en principio presentan suelos similares.

En el caso de la plantación Montecarlo, se encontraron dos tipos contrastantes de suelos, como se observa en la fotografía 6, los colores oscuros indican altos contenidos de materia orgánica, los grises excesos de humedad y; los colores amarillentos, buen drenaje y baja materia orgánica. La parte superior de la figura corresponde al horizonte más superficial.

Una vez terminada la labor de campo, se procede a generar el mapa de distribución de suelos de acuerdo con los grupos establecidos, mediante la utilización del programa Surfer Versión 8.0¹, que combina la información obtenida en campo, la cual está registrada en una base de datos con la información de lote, línea, palma y las coordenadas correspondientes al punto de muestreo obteniendo un mapa de distribución de los grupos de suelos (Figura 11).

Fotografía 6.

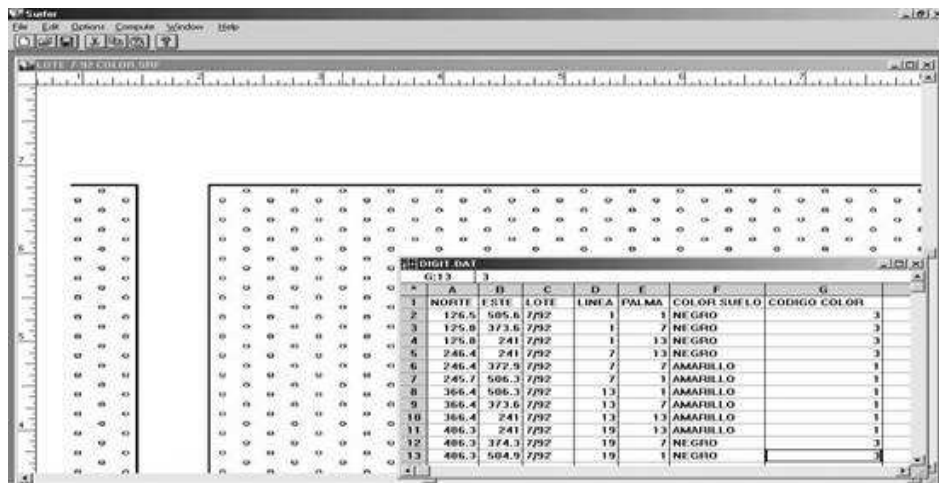
Tipos de suelos encontrados en la plantación Montecarlo



¹ Surfer 8. Es un software utilizado para la visualización y representación de datos geográficos, topográficos y modelación del paisaje, cuencas hidrográficas, entre otras utilidades. Derechos reservados de Golden Software, Inc. 2002.

Figura 11.

Visualización de la generación de mapas con el uso del software Surfer 6



Esta información permitió definir las áreas homogéneas por color, que fueron posteriormente estudiadas para los análisis foliares y de suelos por grupo de suelo relacionándolo con el lote correspondiente.

Teniendo en cuenta que la forma en cómo se realice la toma de la muestra influye directamente en los resultados que se obtengan de los análisis de laboratorio, este procedimiento se realiza de acuerdo a las recomendaciones técnicas hechas por Cenipalma (Munévar y Franco, 1998).

Para la determinación de cada unidad de muestreo (UM), se utilizan los mapas obtenidos en la caracterización de los grupos de suelos en los que se definían las áreas que corresponden a cada uno de los grupos de suelos encontrados. Para cada una de las unidades de muestreo se realiza la toma de submuestras cada diez líneas cada diez palmas.

Cada una de las palmas que se muestrean, se marcan con el fin de identificarlas para utilizarlas en posteriores muestreos que se realicen en la plantación.

La toma de muestras se debe realizar en una época en que las condiciones climáticas no sean extremas (ni muy secas ni muy húmedas), deben realizarse por lo menos dos meses después de la última fertilización, y para el muestreo foliar las

muestras se toman antes de las diez de la mañana, en la hoja 17 para palmas adultas y hoja nueve para palmas jóvenes, menores de cuatro años.

Para la caracterización de la fertilidad, las muestras de suelo se toman en las mismas palmas en las que se realizó el muestreo para el análisis foliar. Por la calle de cosecha a dos metros del estípite con la ayuda de un barreno se toma una muestra de suelos a una profundidad de 0 a 15 cm aproximadamente; posteriormente se colocan en un balde limpio de plástico identificado con la profundidad de la toma, seguido a esto en el mismo hoyo se continua tomando la muestra correspondiente a la profundidad de 15 a 30 cm, la cual se coloca en otro balde identificado con la profundidad de la muestra.

Una vez colectadas las submuestras, éstas se mezclan y se toman aproximadamente 500 gramos de suelo, los cuales se colocan en una bolsa plástica identificada con el número del lote, la siembra y el grupo de suelos al que pertenece, para luego ser remitidos al laboratorio para análisis foliar y de suelos correspondiente.

Con el fin de conocer la distribución y las diferencias en las características de textura y los contenidos nutricionales, se procede a generar mapas donde se observan las condiciones de fertilidad de los grupos de suelos.

3.3.3 Definición de unidades de manejo de la plantación (UMAP)

Partimos del hecho de que las unidades de manejo agronómico suponen áreas superiores a una hectárea. Si una vez cuantificadas estas áreas, resultan de tamaño inferior para un lote en particular, es necesario entonces observar las similitudes que se presentan con los lotes vecinos, teniendo en cuenta: edad del cultivo, material de siembra y los programas de nutrición ejecutados.

Una vez recibidos los resultados de los análisis de suelos, es posible aumentar el tamaño de las UMAP de acuerdo con la similitud en los datos obtenidos, siempre y cuando se tengan características similares de material y edad de siembra.

Con la certeza de la similitud en las propiedades físicas y químicas de los suelos, es posible conformar en forma definitiva las UMAP que se caracterizan por lo siguiente:

- Pueden estar conformadas por fracciones de lotes, dos o tres fracciones de varios lotes.

- Pueden resultar en figuras que no necesariamente son geométricas, ya que en las condiciones de formación de los suelos aluviales es difícil encontrar cuadrados o formas rectangulares.
- Teniendo en cuenta que el plan de manejo agronómico debe ser ejecutable en la práctica, la forma de las UMAP debe considerar la viabilidad y facilidad de operación de estas fracciones de lotes.
- El tamaño mínimo de la UMAP es de una hectárea y como máximo tanto como la homogeneidad de suelos lo determine. Cuando se tengan tamaños inferiores a una hectárea es preferible manejar éstas en forma similar a otros suelos muy parecidos.
- En caso de lotes bastante homogéneos que registren pequeñas áreas con diferentes grupos de suelos, es preferible evitar estas pequeñas áreas al momento de tomar muestras foliares y de suelos, es decir, no mezclar suelos con propiedades físicas distintas, pero sí tomar la muestra de lo más representativo del lote cuando el tamaño de las variaciones en suelos no amerite la conformación de unidades de manejo independiente.
- Las UMAP siempre tienen igual material y año de siembra. Es posible que en cultivos mayores de 15 años se puedan unir lotes cuya diferencia de siembra fluctúe entre uno y tres años, porque en este momento la producción resulta ser estable. Siempre y cuando el material de siembra sea el mismo.

3.3.4 Análisis estadístico

El conjunto de datos fue sometido a un análisis estadístico univariado en el cual se calcularon estadísticos básicos como media, desviación estándar, valores máximos y mínimos y coeficiente de variación (CV) para cada variable. A partir de esos resultados se efectuó un análisis exploratorio de los datos para detectar la presencia de datos anómalos en cada atributo analizado, utilizando los criterios de Chauvenet (Canavos, 1988), en los cuales una lectura puede ser rechazada si la probabilidad de obtener esta desviación en particular con respecto a la media es menor de 0.5.

Adicionalmente, a los grupos de suelos en cada una de sus profundidades muestreadas se les realizó un análisis de varianza y una comparación de medias

de Tukey para conocer si existían diferencias significativas entre sí. Para efecto de la comparación de medias, los datos se agruparon en un diseño completamente al azar.

3.3.5 Resultados y discusión. Estudio de Caso: Finca Montecarlo – Plantación Palmas Oleaginosas Bucarelia, S.A.

Descripción de los grupos de suelos encontrados en la finca Montecarlo

Los grupos de suelos fueron descritos en el sector de Montecarlo como Suelos Bien Drenados - SBD (de tonalidades pardo amarillentas) y Suelos Mal Drenados - SMD (de tonalidades pardo grisáceas) mediante 2 440 puntos de referencia para delimitar las áreas pertenecientes a unos u otros. Para el caso de los SMD se encontraron 1 410 puntos de muestreo y para los SBD 1 030, es decir, que los suelos catalogados como el grupo de SMD ocupan el 57.78% del área del sector de Montecarlo mientras que el grupo de los SBD representa el 42.21% del área.

En el Cuadro 10 se aprecian diferencias a nivel de texturas en los dos tipos de suelos ya que los SBD poseen alto contenidos de arenas, lo cual combinado con su estructura, le confiere a estos suelos un drenaje natural externo e interno rápido y medio respectivamente. Los SMD por tener un contenido mayor en limos y arcillas explican que su drenaje natural externo e interno sea lento. Estas zonas que ya fueron drenadas le confieren una mejor retención de humedad a estos suelos, con los beneficios que conlleva.

A nivel de grupos de suelos, con relación a la textura, se encontraron diferencias significativas en los contenidos de arena y de limo (diferencias porcentuales superiores al 9%), los SMD tienen contenidos mayores de limos que los SBD, mientras que en el caso de la arena es inverso. Con respecto a la arcilla, además de haber diferencias significativas entre suelos, al interior de los SMD hay diferencias en profundidad.

Los suelos de Montecarlo son fuertemente ácidos (valores promedio de 4.3), estadísticamente los SMD son los suelos más ácidos a nivel superficial mientras que los SBD son los menos ácidos a nivel superficial; estos dos tipos de suelos tienen su punto intermedio en la segunda profundidad donde estadísticamente no se observa una diferencia significativa.

Cuadro 10.

Prueba de comparación de medias por Tukey entre SMD y SBD
en las dos profundidades

Parámetro	Unidad	SMD 0-15 cm.	SMD 15-30 cm.	SBD 0-15 cm.	SBD. 15-30 cm.
		Media	Media	Media	Media
Arena	%	29.18b	32.29a	20.25c	20.50c
Arcilla	%	23.06b	21.79b	38.08a	40.04a
Limo	%	46.17b	44.43a	41.28b	39.21b
pH	Unid.	4.31b	4.33ab	4.33ab	4.38a
Acid. Int.	Meq/100g	2.77a	2.57b	1.84c	1.73c
C.I.C.	Meq/100g	14.87a	12.96b	6.44c	5.79c
C. O.	%	4.70a	2.96b	1.67c	1.35c
M O	%	8.11a	5.10b	2.88c	2.33c
Potasio	Meq/100g	0.12a	0.09b	0.09ab	0.09b
Calcio	Meq/100g	0.16a	0.09b	0.17a	0.13ab
Magnesio	Meq/100g	0.09a	0.05c	0.07b	0.05c
Sodio	Meq/100g	0.09a	0.08a	0.07a	0.07a
Aluminio	Meq/100g	2.41a	2.34a	1.57b	1.47b
Fósforo	ppm	12.46a	6.82b	7.48b	4.26b
Azufre	ppm	11.07c	13.10bc	12.24bc	15.78a
Boro	ppm	0.72a	0.73a	0.75a	0.77a
Hierro	ppm	6.60b	5.21b	62.85a	61.75a
Cobre	ppm	0.04b	0.04b	0.06a	0.07a
Manganeso	ppm	0.86a	0.96a	0.61b	0.50b
Zinc	ppm	0.39	0.29b	0.32ab	0.31b

Valores con letras diferentes por fila, indican diferencias significativas $p < 0.05$.

En los SMD a nivel superficial es donde se acumula la mayor cantidad de materia orgánica, aunque su descomposición es lenta por los pH bajos presentes en estos suelos. Se observó la gran variabilidad en los valores de materia orgánica, la cual presentó rangos entre 2 y 19%. Los mayores contenidos de materia orgánica se asociaron a las posiciones más bajas del terreno. Estos suelos presentan en su primera profundidad el mayor contenido de acidez intercambiable debido a que son los suelos con menor pH y mayor contenido de aluminio intercambiable.

Para los SMD en su capa superficial se tienen los mayores valores de capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico y materia orgánica, estos contenidos difieren de manera significativa con los mismos SMD en su segunda profundidad, estos suelos como grupo, son estadísticamente diferentes de los SBD que pertenecen al mismo grupo en sus dos profundidades con un rango bajo.

Los dos tipos de suelos encontrados en el sector de Montecarlo, presentaron bajos contenidos de bases tales como potasio, calcio y magnesio. Pero los SMD por tener acumulación de arcilla y de materia orgánica presentan mejores condiciones para la retención de bases para la reserva del suelo, aunque los SBD en el caso del magnesio presentaron una reserva en su capa superficial por la acción del uso del suelo.

Los contenidos de aluminio presentaron una diferencia marcada para los dos tipos de suelos, los SMD presentan una saturación más alta que los SBD. Se observa entonces que se tienen suelos muy fuertemente ácidos con una presencia importante del aluminio intercambiable como el factor predominante.

Para los suelos de Montecarlo, los contenidos de fósforo presentaron estadísticamente dos categorías, un fósforo medio (Cristancho, Alfonso y Molina, 2012), de los SMD de 0-15 cm y fósforo entre medio y bajo para los otros tres grupos de suelos.

Los contenidos de azufre que se registraron presentaron un incremento en la medida que se profundiza en el horizonte de los SBD; mientras que por el contrario, los SMD superficialmente presentan el valor más bajo, esta variable debe relacionarse con el contenido foliar de este nutriente para el suministro de fuentes que contengan sulfatos.

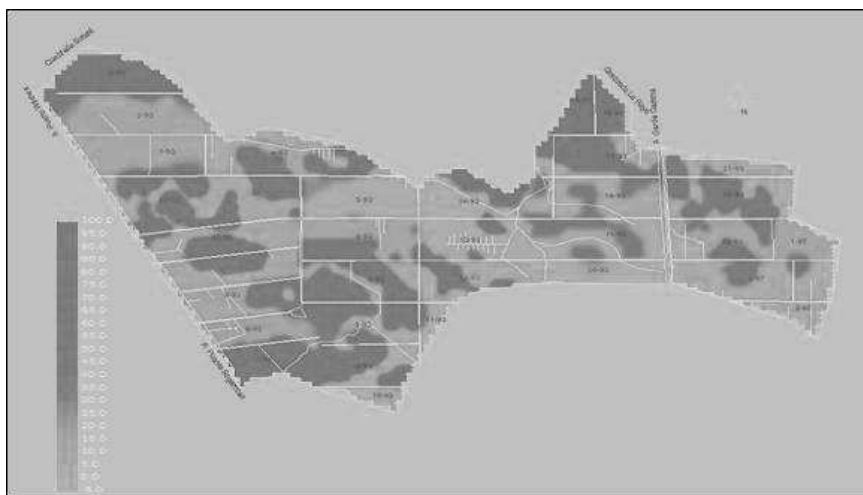
Otra de las diferencias químicas para los dos grupos de suelos fueron los contenidos de hierro que presentan rangos altos en los SBD y extremadamente bajos para los SMD; es la evolución de los suelos la que ha marcado un factor en la liberación de hierro debido a la oxidación de su material de origen para los SBD, en contraste a los SMD que son pobremente drenados y saturados de agua durante largos periodos del año, no permitiendo la liberación continua de hierro.

Aunque los contenidos de cobre son extremadamente bajos hay diferencias estadísticamente significativas, teniendo el valor más alto los SBD. En la figura 12, se observa la variabilidad en la distribución de los valores de hierro y su correspon-

dencia de acuerdo a la posición del tipo de suelo. Caso contrario es lo que sucede con el contenido de manganeso donde los SMD presentaron el valor más alto.

Figura 12.

Variabilidad de los valores de Fe (ppm) en los suelos de la finca Montecarlo



El zinc es muy bajo para los dos tipos de suelos, pero tiene el mismo comportamiento que el contenido de materia orgánica, es decir que los negros en su capa superficial presentan los valores más altos y los amarillos en su segunda profundidad el valor más bajo.

Al realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos de las muestras de tejido foliar (Cuadro 11), se pudo determinar que no existen diferencias significativas en ninguno de los elementos evaluados, a excepción del cobre.

Los contenidos de fierro en los SMD, catalogados como deficientes no son impedimento para obtener contenidos foliares muy altos en las palmas sembradas sobre dichos suelos, lo que hace pensar que el fierro es tomado por la planta a mayor profundidad.

Los contenidos de azufre no presentaron diferencias a nivel foliar mientras que a nivel de suelo si las hay. Esto se puede deber a que el azufre de los SMD estén en forma no asimilable.

Cuadro 11.

Prueba de comparación de medias por Tukey entre los contenidos foliares en SMD y SBD

Parámetro	Unidad	SMD	SBD
		Media	Media
Nitrógeno	%	2.5485a	2.5161a
Fósforo	%	0.1337a	0.1339a
Potasio	%	1.0085a	0.9872a
Calcio	%	0.5819a	0.63a
Magnesio	%	0.1563a	0.1444a
Cloro	%	0.4985a	0.5094a
Azufre	%	0.1881a	0.1933a
Boro	ppm	24.197a	26.638a
Hierro	ppm	155.6a	163a
Cobre	ppm	4.6074b	4.9394a
Manganeso	ppm	115.81a	127.05a
Zinc	ppm	16.607a	16.036a

Valores con letras diferentes por fila, indican diferencias significativas $p < 0.05$.

El comportamiento de los nutrientes a nivel foliar es muy similar para los dos grupos, teniendo en cuenta que es un cultivo establecido, con un manejo nutricional fundamentado en los análisis foliares durante todo el tiempo, desde su siembra se le han suministrado fuentes de N, P, K, Ca, Mg, S y B. Utilizando como criterios la demanda de nutrientes para llevar su concentración foliar al nivel óptimo, la cantidad de nutrientes requerida para compensar la extracción de los mismos en los racimos a cosechar en el ciclo de producción y los ajustes por eficiencia agronómica de los fertilizantes. Además del sistema de aplicación empleado que consiste en aplicación manual al plato en forma de corona a unos 20 cm del estípite.

Conformación de las Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP)

Una vez delimitadas las áreas similares por el tipo de suelo y sus condiciones físicas y químicas, se hizo necesario revisar los contenidos de cada uno de los

componentes químicos, año de siembra, material y cercanía para dar uso a esta información y diseñar unidades de manejo nutricional del cultivo en búsqueda de la nivelación de los mismos.

El primer paso para la definición de las UMAP es contar con el mapa de distribución de suelos generado a partir de la cuadrícula de muestreo. Los dos suelos encontrados se distribuyen de acuerdo con la posición altitudinal del terreno (Figura 13).

47

Figura 13.

Distribución de dos suelos en la finca Montecarlo



Bien drenado: gris claro – Mal drenados: gris oscuro

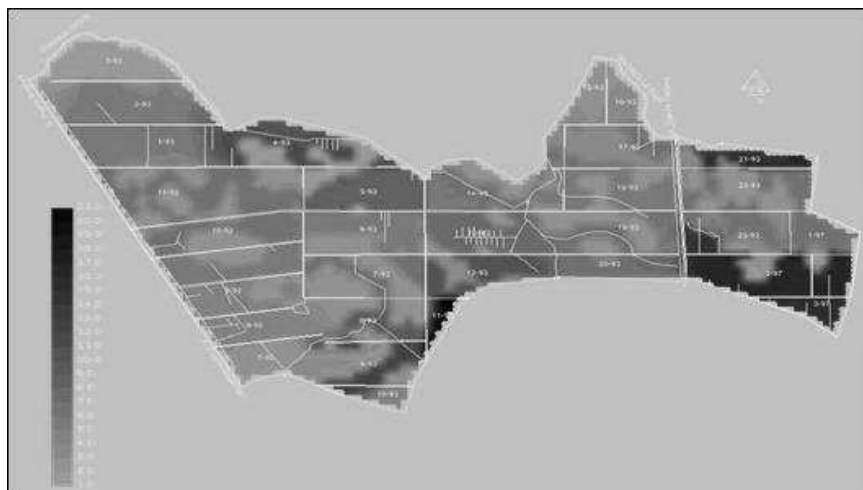
Cambios incluso menores a un metro sobre el nivel del mar, determinan modificaciones tan importantes como el porcentaje de materia orgánica (Figura 14), el drenaje interno del suelo, los contenidos de fierro y la saturación de aluminio. De acuerdo con este mapa en muy pocos casos los lotes presentan un solo tipo de suelo y en la mayoría se registran más de dos fracciones con suelos diferentes. En este punto se trataría entonces de unir fracciones de lotes con el mismo tipo de suelo pero teniendo en cuenta la caracterización química de los mismos, la edad y el material establecido.

El segundo paso fue revisar el material y año de siembra para cada uno de estos lotes. Los materiales de palma de aceite pueden presentar comportamientos diferentes no sólo en el aspecto nutricional sino también en lo relacionado con plagas y enfermedades. Por otra parte, la edad es determinante en la concentración de nutrientes, tal es el caso del nitrógeno, que en la medida que el cultivo envejece, sus niveles contenidos en la palma tienden a disminuir.

Para el caso de Montecarlo, se tiene el registro de lotes, material, año de siembra y unidad de manejo existente para el año 2002 (Cuadro 12). En Montecarlo se tienen dos materiales y tres años de siembra, lo cual representa una baja variabilidad y un aspecto favorable para la fácil conformación de las UMAP. Con respecto a la conformación de las unidades de manejo del año 2002, se observa que correspondían a lotes completos que en la mayoría de los casos presentaron los dos tipos de suelo encontrados.

Figura 14.

Distribución de los contenidos de materia orgánica en la plantación Montecarlo



Cuadro 12.

Lotes, área, material y año de siembra establecidos en la Finca Montecarlo
(antes de 2002)

Lote	Material	Año de siembra	Área (ha)	UMAP (2002)
7/92	IRHO	1992	10.14	1
8/92	IRHO	1992	11.79	1
9A/92	IRHO	1992	17.64	1
9B/92	IRHO	1992	16.22	2
10/92	IRHO	1992	20.66	3
11/92	IRHO	1992	39.24	4
1/93	IRHO	1993	25.54	4
2/93	IRHO	1993	27.21	4
3/93	IRHO	1993	17.16	6
4/93	IRHO	1993	24.87	6
5/93	IRHO	1993	21.33	7
6/93	Camerún	1993	21.43	7
7/93	Camerún	1993	21.65	8
8/93	Camerún	1993	15.83	8
9/93	Camerún	1993	20.90	8
10/93	Camerún	1993	5.48	9
11/93	Camerún	1993	4.73	9
12/93	Camerún	1993	16.22	9
13/93	Camerún	1993	18.83	9
14/93	Camerún	1993	19.93	10
15/93	IRHO	1993	7.81	10
16/93	Camerún	1993	3.69	10
17/93	Camerún	1993	20.41	10
18/93	Camerún	1993	22.85	11
19/93	Camerún	1993	22.75	11
20/93	Camerún	1993	9.47	11
21/93	Camerún	1993	7.74	12
22/93	Camerún	1993	21.97	12
23/93	Camerún	1993	15.44	12
1/97	IRHO	1997	13.15	13
2/97	IRHO	1997	27.12	14
3/97	IRHO	1997	6.52	14
Total			555.72	

En otros casos las UMAP reunían lotes con diferentes materiales y edades de siembra. Para Montecarlo en el caso de las siembras 93 y 92 se consideró que para un mismo material era posible incluirlos dentro de una misma UMAP ya que se trata de cultivos adultos. En caso de cultivos jóvenes, menores de cinco años, las diferencias fisiológicas en edad de siembra, así sea por una año de diferencia, suelen ser muy importantes.

Luego de realizado el trabajo de caracterización de suelos se determinó para cada lote el área perteneciente a los dos grupos de suelos establecidos. Los resultados se aprecian en el cuadro 13 y se puede observar que en un alto porcentaje de los lotes se registraron los dos tipos de suelo. En aquellos lotes donde se tiene el 100% como perteneciente a uno de los tipos de suelo, se consideró así cuando por lo menos dicho suelo predominaba en el 90% del área del lote. En dichos lotes lo reducido de la fracción diferente de suelo y su difícil demarcación con fines de manejo agronómico, llevó a no considerarlo como UMAP separada. Al momento de tomar la muestra para la caracterización de la fertilidad, los puntos de muestreo diferentes al suelo predominante fueron excluidos.

Teniendo fracciones de lotes con suelo similar (desde el punto de vista físico), material y año de siembra; se procedió a considerar las similitudes de dichas fracciones ahora desde el punto de vista químico y analizar si existían diferencias estadísticas significativas. Para toda el área de Montecarlo se obtuvieron 52 fracciones de lotes, que muestreadas a dos profundidades, arrojaron 104 muestras de suelo con el análisis completo de todos los parámetros químicos. En este punto, se tuvo en cuenta la cercanía de las fracciones de lote ya que en caso de estar demasiado separadas se podrían presentar diferencias climáticas significativas.

Conociendo el tipo de suelo, sus características químicas, el material y año de siembra de cada una de las fracciones de lotes; se procedió a la conformación de las UMAP, como se observa en el cuadro 14. Se conformaron 18 UMAP, con características de suelo similares, material, año de siembra y proximidad geográfica. Se incrementó en cuatro las UMAP existentes pero con la certeza de que la homogeneidad interna dentro de las mismas es mucho mayor. Un tamaño

promedio de 30 ha UMAP¹ se considera viable desde el punto de vista de la logística de manejo de plantaciones.

Luego se procedió al diseño de UMAP (Figura 15), la mayoría de ellas conformadas por fracciones de lotes. Para la demarcación de las fracciones de lotes se utilizaron canales de drenaje existentes, drenajes naturales, vías internas y líneas de palma. En el caso de las líneas de palma mediante observaciones de campo se determinó donde terminaba un tipo de suelo y comenzaba el siguiente. Se entiende que se trata de una aproximación para encontrar un mejor diseño de UMAP.

Cuadro 13.

Área y porcentaje de dos tipos de suelo en lotes de la Finca Montecarlo

Lote	Área total (ha)	Área (SBD)	Área (SMD)	%(SBD)	%(SMD)
7/92	10.14	10.14		100	0
8/92	11.79		11.79	0	100
9A/92	17.64	7.83	9.80	44	56
9B/92	16.22		16.22	0	100
10/92	20.66	9.58	11.08	46	54
11/92	39.24	21.72	17.52	55	45
1/93	25.54		25.54	0	100
2/93	27.21	15.52	11.69	57	43
3/93	17.16	17.16		100	0
4/93	24.87	13.63	11.24	55	45
5/93	21.33		21.33	0	100
6/93	21.43		21.43	0	100
7/93	21.65	21.65		100	0
8/93	15.83	15.83		100	0
9/93	20.90	20.90		100	0
10/93	5.48	5.48		100	0
11/93	4.73		4.73	0	100
12/93	16.22		16.22	0	100
13/93	18.83		18.83	0	100
14/93	19.93	11.27	8.66	57	43
15/93	7.81	7.81		100	0
16/93	3.69	3.69		100	0
17/93	20.41	20.41		100	0
18/93	22.85		22.85	0	100
19/93	22.75	12.84	9.91	56	44
20/93	9.47		9.47	0	100
21/93	7.74		7.74	0	100
22/93	21.97	21.97		100	0
23/93	15.44		15.44	0	100
1/97	13.15		13.15	0	100
2/97	27.12		27.12	0	100
3/97	6.52		6.52	0	100
Total	555.72	237.42	318.30	43	57

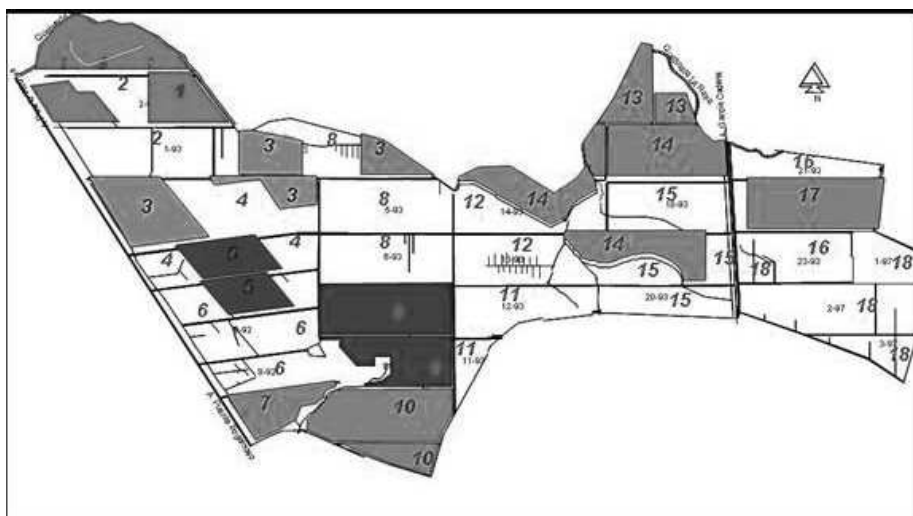
Cuadro 14.

Conformación de 18 Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP)
en la finca Montecarlo (2002)

UMAP	Lotes Integrados	Suelo	Palmas	Hectáreas.
1	3/93+2/93	Bien Drenado	4 673	32.68
2	2/93+1/93	Mal Drenado	5 324	37.23
3	11/92+4/93	Bien Drenado	5 055	35.35
4	11/92+10/92	Mal Drenado	4 091	28.61
5	10/92+9A/92	Bien Drenado	2 490	17.41
6	9A/92+9B/92+8/92	Mal Drenado	5 408	37.82
7	7/92	Bien Drenado	1 450	10.14
8	4/93+5/93+6/93	Mal Drenado	7 721	53.99
9	7/93+8/93	Bien Drenado	5 359	37.48
10	9/93+10/93	Bien Drenado	3 772	26.38
11	11/93+12/93	Mal Drenado	2 996	20.95
12	13/93+14/93	Mal Drenado	3 931	27.49
13	15/93+16/93	Bien Drenado	1 645	11.50
14	14/93+17/93+19/93	Bien Drenado	6 365	44.51
15	18/93+19/93+20/93	Mal Drenado	6 039	42.23
16	21/93+23/93	Mal Drenado	3 315	23.18
17	22/93	Bien Drenado	3 142	21.97
18	1/97+2/97+3/97	Mal Drenado	6 692	46.80
Total			79 468	555.72

Figura 15.

Visualización de las 18 UMAP conformadas en la Finca Montecarlo



Conformadas las UMAP se procedió a diseñar los programas de manejo nutricional para cada una de ellas. Desde el punto de vista de la logística de cosecha no se dieron cambios importantes ya que para el cálculo de la cantidad de fruto producido en cada UMAP se realizan muestreos de producción y cálculos de peso promedio de racimos cada dos meses; con la medición de estas variables es posible lograr pronósticos de producción con márgenes de error inferior al 3%

Costo del diseño de Unidades de Manejo de la Plantación en Montecarlo

Los costos incurridos para el diseño de UMAP en Montecarlo fueron: ejecución del muestreo de campo en cuadrícula 6x6, material como bolsas plásticas, cinta, barreno, colecta y envío de muestras foliares y de suelos al laboratorio, y los propios análisis de resultados.

El costo, en pesos del año 2002, fue de US\$ 15 ha⁻¹, lo cual es económicamente viable teniendo en cuenta el grado de detalle logrado en la identificación de suelos predominantes en la plantación.

3.3.6 Conclusiones y recomendaciones

El alcance del diseño y rediseño de las unidades de manejo agronómico tiene que ver con el mejoramiento de la eficiencia en el uso de recursos y tratar de homogeneizar al máximo las prácticas de manejo dentro de unidades que a diferencia de los lotes tradicionales, poseen características igualmente homogéneas dentro de ellas.

Una característica dominante de los suelos es su heterogeneidad, como es el caso del sector de Montecarlo. Esta heterogeneidad induce una variabilidad en las propiedades del suelo que puede llegar a ser de considerable magnitud y afectar grandemente las generalizaciones y predicciones que se hagan con ellas.

La variabilidad en el color de los suelos puede utilizarse como herramienta básica para encontrar diferencia entre grupos de suelos. Esto se corroboró mediante la caracterización química realizada a los suelos de Montecarlo.

Es posible diseñar UMAP aun en cultivos establecidos utilizando metodologías de fácil implementación y que supervisadas por el personal técnico de las plantaciones nos puede aproximar a la agricultura de manejo específico por sitio.

4. Prácticas de manejo de una plantación de palma de aceite. Metodología para evaluar el nivel tecnológico de la plantación

4.1 Descripción de la metodología

La evaluación del nivel tecnológico de las plantaciones se basa en la aplicación de un formato de calificación que pretende ubicar en una escala numérica el grado de adopción de tecnología que se tiene en un lote, unidad de manejo de la plantación (UMAP), finca o plantación de palma de aceite.

La escala numérica va de 0 a 100 puntos. Mientras más alta la valoración numérica, más alto será el grado de aplicación de la tecnología disponible al cultivo.

Se contempla la evaluación de los siguientes componentes:

Para palma en producción (mayor de tres años):

- Establecimiento del cultivo.
- Labores de mantenimiento.

- Manejo de la nutrición.
- Manejo de la sanidad vegetal.
- Manejo de la cosecha y producción.

Para siembra y dos primeros años del cultivo.

- Establecimiento del cultivo.
- Labores de mantenimiento.
- Manejo de la sanidad vegetal.
- Material de vivero y calidad de la siembra.

A su vez cada uno de estos componentes, tiene los siguientes subcomponentes:

- *Establecimiento del cultivo*: estudios de suelos, estudios o levantamientos topográficos, diseño de drenajes, diseño de UMAP, adecuación y preparación de suelos y, establecimiento de leguminosas.
- *Labores de mantenimiento*: plateos, limpieza de calles, podas, disposición de podas, mantenimiento de infraestructura.
- *Manejo de la nutrición*: análisis foliares, análisis de suelos, muestreos de producción, fraccionamiento de la fertilización, época de aplicación de fertilizantes, cálculo de eficiencia de la fertilización y toma de medidas vegetativas.
- *Manejo de la sanidad vegetal*: seguimiento y registro de plagas, control oportuno de plagas, calidad del follaje, área foliar, registro de enfermedades, manejo de palmas anormales.
- *Manejo de la cosecha y producción*: criterio y ciclos de cosecha, presencia de palmas espontáneas, presencia de racimos podridos, calidad de la cosecha en el vaciadero o patio y rendimiento ($t\ ha^{-1}$).
- Además, para cultivos menores de tres años se contemplan los siguientes componentes y subcomponentes:
 - *Material de vivero y calidad de la siembra*: edad de las palmas de vivero, disponibilidad para la resiembra, presencia de palmas anormales, calidad de la palma, oportunidad de la siembra, ahoyado y siembra.
 - *Manejo fitosanitario*: ejecución de rondas fitosanitarias, manejo de *Strategus aloeus*, manejo de pudriciones de flecha y cogollo.

La calificación está dada de acuerdo al grado de aplicación de la tecnología y es independiente para cada uno de los componentes, de acuerdo a su impacto

en la productividad del cultivo. La escala de valoración tecnológica se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 15.

Escala de valoración tecnológica para plantaciones de palma de aceite

Nivel tecnológico	Calificación (puntos)
Alto	90 – 100
Mediano	70 – 89
Bajo	60 – 69
Deficiente	< 60

Fuente: Franco, Arias y Beltrán (2012).

La aplicación de este formato se debe hacer por lote, bloque o UMAP. Para obtener el promedio tecnológico de la plantación, debe efectuarse conforme al tamaño de cada área. De esta forma se tendrá un promedio ponderado más representativo que el promedio aritmético. La evaluación es dinámica y debe implementarse anualmente, buscando siempre el establecimiento de metas y su cumplimiento anual. Por lo general será más fácil obtener mejoramiento en aquellas áreas que aparecen más deficientes. Se parte de la premisa de que el mejoramiento tecnológico deberá finalmente traducirse en aumento de los rendimientos y/o rentabilidad, siendo totalmente verificable esta situación en un período máximo de un año.

4.2 Evaluación del nivel tecnológico en plantaciones mayores de 3 años

4.2.1 Establecimiento del cultivo

Las prácticas realizadas al momento de la siembra representan un alto porcentaje del logro de un elevado potencial ya que existen actividades como la adecuación química y física de los suelos que es mejor cuando se tiene un terreno despejado y libre de cultivos. Por lo tanto este componente tiene un alto valor dentro de la evaluación de la tecnología implementada. Se desagrega de acuerdo a los siguientes subcomponentes: estudios o levantamientos de suelos, estudios topográficos,

diseño de drenajes, diseño de Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP), establecimiento de leguminosas de coberturas y, adecuación de suelos.

Estudios o levantamientos de suelos: este estudio es el producto de ejecutar investigación de gabinete sobre las características generales de relieve, clima y suelo, observaciones a nivel de campo (Fotografía 7), y análisis de laboratorio para reconocer y clasificar los suelos en un sistema taxonómico y finalmente se representan gráficamente los suelos en un denominado mapa de suelos. Los productos del estudio de suelos son: un mapa de suelos donde se representan espacialmente las unidades de suelos encontradas y una memoria técnica donde se describen las características del área geográfica y de los suelos mismos.

Fotografía 7.

Calicata con perfil de suelo para su descripción geomorfológica, física y química



Para la palma de aceite el nivel mínimo de precisión es la ejecución de estudios detallados a escala 1:10 000. La principal utilidad de estos levantamientos es la planificación del uso del suelo de acuerdo a su aptitud y la orientación de actividades propias de manejo agronómico tales como: definición del sistema de siembra, aplicación de enmiendas y correctivos, mecanización, necesidades de

adecuación física, prácticas más adecuadas de riego, fraccionamiento de la fertilización, entre otras. Tener el estudio detallado de suelos es el primer paso para empezar a manejar adecuadamente el recurso más valioso para la producción agrícola.

Estudios topográficos: es un estudio realizado con el objeto de conocer el área de un terreno así como las variaciones en altitud que se presenten dentro del mismo. De esta manera el estudio debe contener tanto la planimetría, referenciada espacialmente y en formato digital para facilitar su incorporación a sistemas de información geográfica, como la altimetría con curvas de nivel por lo menos cada 25 cm y que correspondan a resultado de una cuadrícula no mayor a 50 metros. El estudio de altimetría debe incorporar igualmente información básica sobre fuentes de agua y drenajes naturales, tales como: cotas de fondo y cotas de borde.

Uno de los principales usos de los estudios topográficos es que se convierten en la base para el diseño de obras de riego y drenajes. Todo lo relacionado con el diseño de canales, obras de adecuación y en complemento con el estudio de suelos se diseñan las obras básicas para la conservación de los suelos.

Diseño de drenajes: este diseño utiliza como insumos los levantamientos de suelos y los estudios topográficos. Además, debe tener como soporte el registro de una red freatimétrica o de pozos de observación del nivel freático con el propósito de conocer las fluctuaciones de dicho nivel tanto para las épocas secas como para la de altas precipitaciones.

En resumen, el estudio de drenajes permite: identificar la existencia de un problema tal, identificar y cuantificar las causas del problema de drenaje interno en el suelo y en la superficie, identificar las fuentes de excesos de agua y conocer la fluctuación de los niveles freáticos para las épocas de altas y bajas precipitaciones. Con base en esto, se procede a la ejecución de obras de campo para el manejo eficiente del agua.

Una palma sin problemas de drenaje (Fotografía 8), es una planta que puede tomar de manera eficiente los nutrientes aportados y tiene una baja susceptibilidad a problemas de plagas y enfermedades.

Diseño de Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP): la UMAP es una unidad espacial con o sin cultivo de palma de aceite dentro de la cual hay una relativa homogeneidad de las características de los recursos biofísicos que

intervienen en la producción: clima, suelo, agua, material de siembra y edad del cultivo para el caso de lotes que ya cuenta con cultivo sembrado.

Fotografía 8.

Palma en adecuadas condiciones de drenaje



Para diseñar la UMAP es necesario contar entonces con los estudios de suelos, estudios topográficos, diseño de drenajes, y conocimiento básico de las características de los materiales sembrados y su edad de siembra ya que ésta se relaciona directamente con la demanda de nutrientes y desarrollo vegetativo.

El diseño de la UMAP va encaminado al manejo específico por sitio del cultivo y es la primera aproximación de la agroindustria de la palma hacia la agricultura de precisión y tiene como principal objetivo el uso eficiente de los recursos: recurso suelo, recurso planta, recurso ambiente. Con esto se busca obtener el máximo de producción para cada sitio acorde a la posibilidad de manejar sus limitantes de manera eficiente.

Las UMAP, deben estar representadas en un mapa y corresponden a lotes o grupos de lotes que conservan las características descritas en la definición de UMAP. Cada una posee su registro independiente de las variables de seguimiento

tales como: producción, área foliar, materia seca foliar, comportamiento nutricional en planta y suelo, entre otras características.

Establecimiento de leguminosas de coberturas: las leguminosas son especies de plantas que se utilizan para cubrir el suelo (Fotografía 9) y que tienen como característica principal, la capacidad biológica de asociarse con microorganismos del suelos y realizar fijación biológica de nitrógeno, es decir, convertir el nitrógeno contenido en el aire del suelo a nitrógeno disponible para la planta.

61

Fotografía 9.

Cultivo de palma con cobertura de leguminosa (*Pueraria phaseoloides*)



Para la palma de aceite se establecen leguminosas perennes, que tengan la capacidad de competir con las malezas, que cubran la mayor área de suelo y que sean tolerantes a la sombra que produce el cultivo una vez que éste cierra las calles de la plantación.

Las leguminosas más utilizadas en palma de aceite en Colombia son: Kudzú (*Pueraria phaseoloides*), Desmodium (*Desmodium ovalifolium*), Centrosema (*Centrosema molle* y *C. macrocarpum*), Maquenque (*Desmodium heterocarpom*), Cratilia

(*Cratilya argentea*), Flemingia (*Flemingia macrophylla*), Mucuna (*Mucuna bracteata* y *M. pruriens*).

Con el establecimiento de leguminosas se busca: aportar nitrógeno al cultivo, aportar materia orgánica al suelo, reciclaje y aporte de otros nutrientes, mejorar las condiciones físicas de suelo, mejorar la infiltración del agua y reducir la escorrentía, reducir la erosión, eliminar plantas hospederas de agentes vectores de enfermedades, entre otros beneficios.

Adecuación de suelos. consiste en el mejoramiento de las condiciones físicas (Fotografía 10) y químicas de acuerdo a los requerimientos del cultivo de la palma de aceite. En términos generales la palma requiere suelos francos o de texturas medias, con profundidad efectiva superior a 70 cm, suelos sueltos sin problemas de compactación, aireados, con valores de pH moderadamente ácidos, saturación de bases cercana al 70% y una capacidad de intercambio catiónico cercana a 20 Cmol kg^{-1} de suelo.

Fotografía 10.

Aplicación de subsoleado



Con el subsoleado se busca mejorar la aireación. La adecuación utiliza como herramientas los estudios de suelos, topográficos y de drenaje como base para la

toma de decisiones. La adecuación física generalmente utiliza herramientas como maquinaria para remover el suelo, airearlo y mejorar la infiltración hasta los niveles requeridos por el cultivo y las leguminosas.

La adecuación química se orienta a corregir aquellas limitaciones que pueden resultar nocivas para el cultivo tales como niveles altos de saturación de aluminio o sales en el suelo, y a la creación de un banco de reserva de nutrientes en el suelo hasta los niveles considerados como mínimos para el cultivo (Castro, Obando y Beltrán, 2011). De acuerdo a esto se emplean generalmente materiales encalantes y fertilizantes de baja solubilidad. Una palma que no tiene limitantes para el desarrollo de las raíces y la toma de nutrientes y agua, es una planta que mostrará su potencial genético sin restricciones.

4.2.2 Labores de mantenimiento

Comprende aquellas actividades orientadas a conservar la palma en las mejores condiciones de manera que se pueda acceder a ella sin limitaciones o dificultades. Dentro de este punto se comprende: cajeteo o plateo, mantenimiento de calles de cosecha, mantenimiento de infraestructura, podas y disposición de podas.

Cajeteo o plateo: consiste en eliminar las malezas alrededor de la palma o a mantenerlas a niveles tales que no afecten la ejecución de otras labores del cultivo. En palma joven el tamaño del plato lo determina el largo de las hojas bajas y en palma adulta se manejan cajetes entre 2.0 y 2.5 metros de diámetro.

El cajeteo puede ser manual (con machete), mecánico (con guadaña) o químico (con herbicidas). En palmas jóvenes no se recomienda el plateo químico ya que puede ocasionar desórdenes fisiológicos al cultivo y aún en cultivos adultos se pueden ocasionar daños a las raíces superficiales (Turner, 1988).

El objetivo principal de mantener el cajete limpio (Fotografía 11), es facilitar la recolección del fruto desgranado cuando los racimos maduran y al momento del corte. Generalmente si el cajete está sucio esta labor no se ejecuta por el temor de los operarios a ser picados por artrópodos o serpientes. Otro aspecto a tener en cuenta es que las malezas ubicadas en el cajete compiten por los nutrientes aportados al cultivo.

Fotografía 11.

Palma con cajete limpio



Dependiendo de la edad del cultivo, la periodicidad del cajeteo puede oscilar entre 45 días y tres meses, también influyen las condiciones ambientales y la presión ejercida por las malezas.

Limpieza de calles de cosecha: las calles de cosecha o de tráfico se definen como aquellas calles destinadas al tráfico permanente de personas, animales y equipos para la ejecución de labores propias del cultivo. Cuando se tienen coberturas de leguminosas u otras especies, éstas no deben sobrepasar una altura aproximada de 40 cm, alturas superiores dificultan el tráfico.

Se necesita entonces una calle libre de obstáculos tales como árboles, troncos, residuos espinosos de podas, palmas espontáneas y cualquier otro objeto que dificulte la movilidad al interior del lote, diferente a lo observado en la Fotografía 12.

La finalidad de tener una calle de cosecha limpia es lograr un ágil desplazamiento que facilite la ejecución de las labores y que además sea un medio libre de serpientes que presenten peligro para los operarios.

Fotografía 12.

Palma con calle de cosecha enmalezada



Calles sucias desmotivan la ejecución eficiente de las labores. En palma joven esta labor se efectúa cada tres o cuatro meses y en palma adulta cada seis meses dependiendo de las condiciones ambientales. Esta práctica se ejecuta con guadaña, con corta maleza aperada a un tractor o con un rodillo metálico.

Podas: la poda consiste en eliminar las hojas viejas de la palma, las cuales por la sombra que reciben, ya no aportan energía a la palma. Para determinar cuáles hojas se deben podar se siguen los siguientes criterios: una palma menor de dos años debe tener entre 56 y 64 hojas sanas; una palma entre dos y seis años debe tener entre 56 y 48 hojas, una palma entre seis y 10 años debe tener entre 48 y 32 hojas; y una palma mayor de 10 años, por lo menos 32 hojas sanas (Rankine y Fairhurst, 2008).

Otros criterios son: al segundo año de siembra se efectúa una poda sanitaria, eliminando solamente hojas secas. La poda en palma joven se inicia cuando el estipe tiene una altura superior a 60 cm. Luego de esta altura el criterio es dejar por lo menos una hoja por debajo del racimo maduro y dos hojas por debajo del racimo verde (Fotografía 13).

Fotografía 13.

Palma podada adecuadamente. Dos hojas por debajo del racimo verde



Con la poda de hojas no funcionales se busca facilitar la labor de cosecha al permitir una más fácil observación de los racimos, evitar que estas hojas viejas se conviertan en reservorio de plagas y enfermedades (Fotografía 14), procurar el reciclaje de nutrientes ya que las hojas podadas retornan sus nutrientes al suelo, entre otros.

En sistemas de cosecha normal, las podas se hacen con una periodicidad máxima de seis meses y en sistemas de cosecha poda como su nombre lo indica, se ejecutan las dos labores al mismo tiempo.

Fotografía 14.

Palma con exceso de hojas, en este caso es necesaria una poda inmediata



Disposición de hojas podadas: las hojas podadas son una reserva importante de nutrientes que deben reciclarse y volver al cultivo. Por otra parte pueden convertirse en una barrera física para desacelerar procesos de escorrentía y erosión del suelo. Si lo que se busca es el reciclaje de nutrientes, en la medida en que queden más expuestas a los microorganismos del suelo se acelera su descomposición y posterior reciclaje, no es conveniente amontonarlas ya que torna lento el proceso de descomposición y se generan sitios de diferente fertilidad al interior de los lotes (Rankine y Fairhurst, 2008).

En este sentido, la parte no espinosa de las hojas debe disponerse en cualquier sitio fuera del área del plato (Fotografía 15), preferiblemente en el sitio donde cae la hoja al momento de la poda; la parte espinosa, se debe disponer en el denominado cajón o entrepalma para evitar que interfiera con las labores del cultivo.

En el caso de palma sembrada en zonas de lomas o colinas, las podas se deben disponer en sentido perpendicular a la pendiente del terreno para reducir la velocidad del agua y arrastre de materiales al momento de las lluvias.

Fotografía 15.

Adecuada disposición de hojas podadas



Mantenimiento de infraestructura: hace referencia al mantenimiento de vías, puentes, cercas, drenajes, entre otros. Por obvias razones el objeto de mantener esta infraestructura en buen estado es facilitar la ejecución de todas las labores del cultivo tales como cosecha, transporte de fruto, fertilización, seguridad de la plantación, etcétera.

Cuando la infraestructura no es adecuada se incrementan los costos de producción por la ineficiencia en la ejecución de las labores. Para el caso de los drenajes se puede incurrir en predisposición de la planta a plagas, enfermedades y aparición de deficiencias nutricionales.

Dependiendo de las condicionales ambientales, es necesario realizar actividades de mantenimiento de vías y puentes a lo menos una vez al año. Para los drenajes, tanto naturales como contruidos, deben ser revisados dos veces al año para verificar su efectivo funcionamiento y eliminar elementos que obstaculicen el flujo del agua.

4.2.3 Manejo nutricional

Es un componente importante ya que afecta directamente los rendimientos, representa un costo variable alto en el cultivo, y su correcto manejo disminuye la probabilidad y severidad de la incidencia de plagas y enfermedades.

El éxito en el manejo de este componente está directamente relacionado con el buen establecimiento del cultivo ya que se utiliza información proveniente de los estudios de suelos, estudios de drenajes, establecimiento de coberturas y diseño de Unidades de Manejo de Plantación (UMAP). El manejo nutricional involucra: toma de muestras foliares, de suelos, medidas vegetativas, muestreos de producción, época de aplicación de fertilizantes y cálculo de la eficiencia de la fertilización.

Toma de muestras para análisis foliar: este procedimiento es una de las herramientas utilizadas para el seguimiento de los programas de manejo nutricional efectuados en el cultivo. El principal objetivo es la detección oportuna de deficiencias nutricionales, es decir, antes de que se observen síntomas visuales y también poder determinar posibles excesos o desbalances nutricionales que puedan llegar a afectar la asimilación de nutrientes y finalmente la productividad.

Complementario al hecho de que se realice la toma de muestras foliares, de acuerdo a alguna recomendación técnica, se debe verificar en campo que las palmas utilizadas como muestra se encuentren debidamente identificadas y la densidad del muestreo sea de por lo menos 1 palma ha⁻¹. La distribución de estas palmas debe ser en cuadrícula 10x10 (cada 10 palmas, cada 10 líneas) o 12x12. Para cultivos comerciales se recomienda realizar por lo menos un muestreo foliar al año y tomado cuatro folíolos de la parte central de la hoja (Fotografía 16).

Cuando se incluye este punto como medición del nivel tecnológico de la plantación, lo que se pretende es verificar que efectivamente se esté utilizando la herramienta, la cual se verá reflejada al momento de la formulación del programa de nutrición del cultivo.

Toma de muestras para análisis de suelos: cuando se cuenta con estudios detallados de suelos desde el establecimiento del cultivo, los suelos se analizan con el objeto de conocer los efectos que en el mismo están ocasionando los programas de nutrición aplicados al cultivo. Desde este punto de vista es una de las herramientas básicas para el cálculo de la eficiencia de los fertilizantes aplicados

ya que permite conocer qué porcentaje de lo aplicado al cultivo está pasando a la reserva del suelo.

Fotografía 16.

Sitio para la toma de muestra foliar



El análisis de suelos permite hacer seguimiento al estado de los nutrientes en el suelo, conocer posibles desbalances ocasionados por los fertilizantes utilizados, verificar la efectividad de las enmiendas o correctivos utilizados, corroborar la causa de posibles deficiencias o desbalances en el cultivo y tomar decisiones en cuanto a necesidades mínimas para mejorar la fertilidad del suelo.

Al igual que en el muestreo foliar, las submuestras deben tomarse con una densidad mínima de 1 palma ha⁻¹ dispuestas en cuadrícula 10x10 o 12x12, deben estar correctamente identificadas en campo las palmas de muestreo. Algo muy

importante es que la palma a la que se toma el muestreo foliar, debe ser la misma de donde se toma el muestreo de suelo.

Al momento de la toma de muestra, se deben seguir los criterios técnicos documentados por alguna institución relacionada con el medio, por ejemplo Cenipalma en Colombia ha desarrollado esto muy bien (Munévar y Franco, 1998). Las muestras se deben tomar en el sitio donde se aplican los fertilizantes ya que se trata de registrar y dar seguimiento al manejo nutricional.

El muestreo de suelos debe realizarse por lo menos una vez cada tres años y debe provenir de suelos homogéneos debidamente sustentados por la implementación de la UMAP.

Toma de medidas vegetativas: hace referencia al registro de medidas de crecimiento tales como: altura de la palma, diámetro del estipe, número de hojas, área foliar, materia seca foliar, entre otras que se utilizan para la correcta formulación del programa de manejo nutricional. En la medida en que una palma registre mayor peso seco foliar, sus requerimientos nutricionales serán mayores con respecto a una palma de menor crecimiento y desarrollo.

Una de las medidas vegetativas más importantes es el registro de la materia seca foliar (Fotografía 17) ya que con base en ella se determinan las cantidades de nutrientes necesarias para mantener la palma en un óptimo nivel de nutrientes a nivel foliar. En ausencia de esta medida los valores recomendados pueden llegar a subdosificar o sobre dosificar al cultivo; siendo ambas situaciones nocivas para la productividad. Los procedimientos recomendados se encuentran en el Boletín técnico número 19 de Cenipalma (Rey, Ayala, Gómez y Ruiz, 2006).

Las medidas vegetativas se deben ejecutar por lo menos una vez al año y en las mismas palmas y con la misma densidad que se realiza el muestreo foliar y de suelos. Una vez se identifican las palmas, el muestreo debe realizarse siempre en la misma planta para todos los años, al menos que por causas extremas sea necesario cambiar la palma (enfermedad, muerte por descarga eléctrica, afección fuerte de plaga, entre otras).

Ejecución de muestreos de producción: hace referencia al muestreo realizado a los cultivos para conocer el potencial de producción para un período determinado (Fotografía 18), no superior a seis meses. Cuando se realiza este tipo de muestreo se deben contar desde inflorescencias femeninas en antesis hasta

racimos maduros. Además dependiendo el tamaño y color de los racimos es posible determinar de manera aproximada la fecha en la cual estarán disponibles para su corte.

Fotografía 17.

Medición del ancho del peciolo para determinación del peso seco foliar

72



Considerando el comportamiento fisiológico de los racimos y que el tiempo transcurrido entre la antesis y la maduración del fruto es de 5.5 a 6 meses; igualmente un muestreo sólo puede predecir la expectativa de producción para este tiempo.

El muestreo de producción permite programar adecuadamente las recomendaciones de aplicación de nutrientes con base en expectativas reales de producción, permite programar los requerimientos de personal para cosecha, transporte, etcétera.

Si no se ejecuta este muestreo, las expectativas de producción no corresponderán a hechos reales y existe una alta probabilidad de cometer errores en las recomendaciones de los fertilizantes, mismos que van en contra de la eficiencia y la productividad del cultivo.

Fotografía 18.

Proceso de conteo de racimos para estimación de cosecha



La densidad de muestreo debe ser de por lo menos del 3% de las palmas totales, idealmente el 5%. Las palmas se deben distribuir en cuadrícula al interior de la plantación o en su caso de la UMAP, estar debidamente identificadas, ya que siempre se tomarán los datos en las mismas palmas a menos que por causas extremas se deba cambiar la palma como anteriormente se mencionó. Se deben ejecutar por lo menos dos muestreos de producción al año: uno en la primera semana de enero y otro en la última semana del mes de junio.

Época de aplicación de los fertilizantes: hace referencia a la necesidad de tener en cuenta que es necesario evitar la aplicación de fertilizantes en meses muy lluviosos y que generalmente superan los 250 mm de precipitación. Con esto se busca reducir la probabilidad de pérdidas de nutrientes ocasionado por proceso de lixiviación (al interior del suelo) o escorrentía (arrastre en la superficie del suelo)

por excesos de agua que el suelo no puede tomar bien sea porque está saturado con agua o por eventos de lluvias muy intensas, superiores a la tasa de infiltración (Corley y Tinker, 2003).

Para el caso de fertilizantes solubles, las aplicaciones se deben realizar en meses con precipitaciones entre 150 y 250 mm, bajo condición de suelo húmedo y sin encharcamientos.

74

Cuando se aplican fertilizantes y la superficie del suelo presenta encharcamientos (Fotografía 19), al menor evento de lluvia existe la posibilidad de que se originen escurrimientos de agua y consecuente pérdida del fertilizante.

Fotografía 19.

Condiciones de encharcamiento en épocas de lluvias, no aptas para aplicar fertilizantes



En el caso de fertilizantes que contienen nitrógeno, es imperativo que el suelo se encuentre húmedo, en caso contrario se originarán altas pérdidas por volatilización del nitrógeno (Corley y Tinker, 2003).

Las fuentes poco solubles o no solubles en agua se pueden aplicar en épocas secas, pero preferiblemente en las cercanas al inicio de las lluvias. Para las regiones donde el comportamiento de las lluvias es bimodal, generalmente las aplicaciones de fertilizantes se dirigen hacia los meses de marzo – abril, julio – agosto y noviembre – diciembre.

Fraccionamiento de la fertilización: con el fraccionamiento se busca realizar un aporte racional de los nutrientes de acuerdo a los requerimientos puntuales del cultivo y la capacidad del suelo de almacenarlos. El objetivo es reducir el riesgo de pérdida de nutrientes que la palma no toma y que el suelo no almacena y que permanecen expuestos a condiciones ambientales adversas.

Fotografía 20.

Aplicación de fertilizantes en cantidades excesivas y con alto riesgo de pérdida



El fraccionamiento también se relaciona con la solubilidad de las fuentes aplicadas. En términos generales, aquellas fuentes solubles se deben fraccionar un mayor número de veces con respecto a fuentes poco solubles y de lenta liberación de nutrientes al suelo.

En el caso de fuentes solubles, como es el caso del nitrógeno y el potasio, no es recomendable aplicar dosis superiores a 1 kg por palma por evento, ya que hacerlo aumenta la probabilidad de pérdidas. Para fuentes poco solubles es posible aplicar cantidades superiores a 1 kg por palma por evento. A nivel comercial, para fuentes solubles ha sido posible fraccionar la aplicación hasta tres veces al año y para fuentes poco solubles, dos veces al año. El fraccionamiento está relacionado con la textura del suelo. Mientras más arenoso sea un suelo existe la necesidad de fraccionar mayor número de veces el fertilizante ya que la capacidad de almacenamiento del suelo es muy baja.

Cálculo de la eficiencia de la fertilización: hace referencia a la necesidad de calcular la relación existente entre las cantidades de nutrientes aportadas al cultivo y las extraídas o almacenadas en el suelo. Con esta medición se busca conocer que tanto porcentaje de lo aportado se está aprovechando efectivamente e identificar aquellos procesos donde están ocurriendo las pérdidas.

La eficiencia de los nutrientes es diferente para cada uno de ellos y está relacionada con la mayor o menor susceptibilidad a sufrir procesos de pérdidas. En términos generales el orden de eficiencia, de mayor a menor es: potasio > magnesio > calcio > nitrógeno > fósforo.

Si bien es deseable tener eficiencias de la fertilización cercanas al 100%, más allá de los valores obtenidos, lo importante es que se esté realizando el ejercicio y tomando las medidas correctivas para evitar las pérdidas.

Para medir la eficiencia de la fertilización es necesario contar con los siguientes registros históricos: análisis de suelos, análisis foliares, producción por UMAP y, medidas de crecimiento vegetativo. El cálculo de la eficiencia de la fertilización se debe realizar anualmente y con registros de por lo menos tres años (Arias y Beltrán, 2010).

4.2.4 Manejo de la sanidad vegetal

Se refiere al manejo eficiente y oportuno de las plagas y enfermedades que afectan al cultivo con el objeto de reducir su impacto en la productividad. En este punto no se evalúan los costos, sino el resultado de tener plantas sanas en campo y sin defoliaciones severas ($> 15\%$ de pérdida de área foliar).

Comprende los siguientes aspectos: seguimiento y registro de plagas y enfermedades, manejo oportuno de plagas, mantenimiento de baja defoliación, conservación de área foliar mínima, y erradicación de palmas anormales.

Registro y seguimiento de plagas: con esto se busca garantizar la disponibilidad de información requerida para la toma de decisiones oportunas en cuanto al manejo de insectos y otros artrópodos que afectan al cultivo. Para el caso de insectos defoliadores y chupadores, el registro se debe realizar con una periodicidad máxima de quince días, con una densidad de muestreo mínima de 1 palma por hectárea y conformando una red de muestreo dispuesta en cuadrícula.

Es necesario que se registren claramente los diferentes estados de crecimiento de la plaga y si se encuentran afectados por organismos patógenos o depredadores ya que esto es determinante al momento de decidir la intervención del cultivo.

Se registra la cantidad de individuos de acuerdo a cada uno de los estados en términos de número de individuos por hoja. Generalmente las hojas que más se utilizan para la lectura de plagas son las hojas número 17 y 25 (Fotografía 21). Se debe tener en forma ordenada los registros de tal manera que se pueda evidenciar el comportamiento de la plaga en el tiempo.

Registro y seguimiento de enfermedades: esta actividad se realiza con el objeto de actuar oportunamente frente a la presencia de enfermedades, bien sea con erradicaciones oportunas o con el tratamiento curativo a palmas con posibilidad de recuperación. Cuando no se tienen evidencias de enfermedades manifiestas que ameriten rigurosidad en los registros, se deben realizar rondas fitosanitarias por lo menos una vez por semestre. Para el caso de enfermedades letales como la Marchitez sorpresiva y el Anillo rojo (Fotografía 22), la frecuencia de evaluación debe ser mensual o cada 10 días.

Fotografía 21.

Palma de aceite con identificación del número de hoja

78



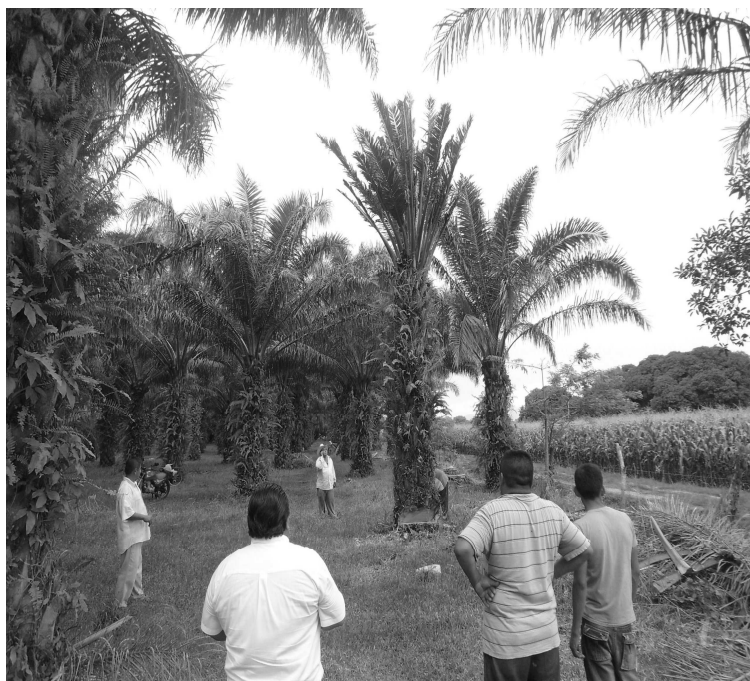
En la visita de campo se podrá verificar que no existan palmas enfermas sin haber recibido el tratamiento necesario de curación o erradicación.

Control oportuno de insectos defoliadores y chupadores: con esto se busca reducir al máximo el impacto negativo de las plagas en la producción y que además los controles se hagan en focos y no en áreas grandes que puedan llegar a afectar la fauna benéfica.

En términos generales es deseable que los controles se realicen en áreas foco no superior al 10% del área total, bien sea de lotes, UMAP o plantaciones. Con la intervención en áreas foco se busca tener el menor impacto ambiental, afectando lo menos posible la fauna benéfica asociada al cultivo y reducir los costos del manejo de plagas.

Fotografía 22.

Erradicación de palma con síntomas de la enfermedad conocida como Anillo rojo



79

Además, en la medida en que las áreas intervenidas son pequeñas, se reduce el riesgo de provocar lesiones al follaje que se convierten en puerta de entrada de patógenos, como es el caso de la Pestalotiopsis.

Por otra parte, el control de focos supone el control de poblaciones bajas. Cuando se controlan poblaciones altas, ya se ha causado daño al cultivo por pérdida de área foliar y susceptibilidad de la palma al ataque de patógenos.

Calidad del follaje – Defoliación menor al 15%: la defoliación es la pérdida de área foliar ocasionada por el ataque directo de insectos defoliadores o chupadores (Fotografía 23), o la existencia de tejidos secos ocasionados por la presencia de fuertes deficiencias nutricionales. Si bien existen otras causas de defoliación como los incendios o la ocurrencia de vientos fuertes que ocasionan doblamiento de

hojas, para efectos del diagnóstico tecnológico no se incluyen debido a que son poco frecuentes.

Fotografía 23.

Cultivo de palma con defoliación superior al 10%, por ataque de insectos plaga



El potencial de producción del cultivo está ligado directamente a la capacidad de la planta de realizar fotosíntesis y transformar energía lumínica en energía calórica. Estudios realizados (Motta, García y Ayala, 2000), muestran que una palma puede tolerar niveles de defoliación cercanos al 15%, sin que se afecten los rendimientos.

Cuando un cultivo se encuentra defoliado el efecto inmediato se verá en la reducción del peso promedio de racimos y en un período de dos años se ve reflejado en la reducción del número de racimos ocasionado por el estrés de la planta. En la medida en que la defoliación se ubica en hojas más nuevas, su efecto será mayor en la reducción de los rendimientos.

Área foliar – 32 hojas sanas: para una palma adulta es deseable que posea por lo menos 32 hojas sanas (Fotografía 24), es decir cuatro hojas por cada uno de los espirales. Si tiene un número menor es probable que se esté realizando una poda excesiva de las hojas antes de que completen su madurez fisiológica.

Fotografía 24.

Palma de aceite con 30 hojas totalmente sanas



Si bien estas hojas no serán totalmente sanas porque se tolera una defoliación del 15%, es deseable que ésta se ubique por debajo de la hoja número 25, donde la actividad de fotosíntesis es menor con respecto a las hojas más jóvenes.

Esta información del número de hojas es complementaria a las medidas de área foliar que deben ser tomadas por lo menos con una frecuencia anual, ya que es probable que se tengan cultivos con adecuado número de hojas pero de un tamaño reducido y al final esta área foliar no es acorde ni con el material ni con el año de siembra.

Registro de enfermedades: en cultivos adultos se deben efectuar rondas fitosanitarias por lo menos con una frecuencia semestral y tomar las decisiones acorde a la naturaleza de la enfermedad. Esta información se corrobora por los registros disponibles.

Además se debe tener evidencia de que se han tomado los correctivos pertinentes, que no existen palmas con síntomas avanzados en campo y por lo tanto existe poco riesgo de la generación de focos de la enfermedad.

Ante la presencia de enfermedades tales como Marchitez sorpresiva, Anillo rojo o Marchitez letal, la frecuencia de revisión de la enfermedad debe ser máxima de cada 15 días. En este caso el evaluador de plagas ejerce la función conjunta de reportar posibles palmas afectadas y el ingeniero o supervisor toma la decisión del tratamiento a seguir.

Para el caso de la Pudrición de cogollo la frecuencia de revisión debe ser máximo mensual y además realizar oportunamente los tratamientos para prevenir el ataque de *Rhynchophorus palmarum*, por lo menos cada 15 días.

Palmas anormales en campo: idealmente no deben existir palmas anormales en campo (Fotografía 25) ya que ellas no tienen el mismo potencial productivo con respecto a una normal; se han documentado casos en que una palma anormal produce solamente el 10% de lo que produce una normal bajo similares condiciones de manejo.

La existencia de estas anomalías va en contra de la rentabilidad del cultivo —ya que por lo general son palmas que reciben el mismo tratamiento de una palma normal— y su escaso rendimiento hace que la rentabilidad sea negativa. En campo es fácil reconocer la presencia de estas palmas, tanto por su aspecto fenotípico como en producción.

Fotografía 25.

Palma anormal en campo



4.2.5 Cosecha y producción

Hace referencia a los criterios utilizados para la cosecha y los niveles de producción obtenidos por lote o UMAP. Todas las características mencionadas son verificables en campo. Se aclara que en algunos casos la tenencia de niveles de producción considerados altos no refleja necesariamente la implementación de un alto nivel tecnológico. Puede suceder que la alta producción sea debida a una buena condición de fertilidad de suelo y si es así es probable que la alta producción no sea sostenible en el tiempo. Los componentes de este concepto son: corte y ciclo de cosecha, presencia de palmas espontáneas, presencia de racimos abandonados y la calidad de la cosecha en el vaciadero o centro de acopio,

Criterio y ciclo de cosecha: hace referencia al criterio utilizado para determinar si un racimo está maduro y el número de días que transcurren entre el corte de fruto y el siguiente ciclo para la búsqueda de racimos maduros.

Estudios realizados (Prada, Ayala y Delgado, 2012), confirman que la mayor cantidad de aceite se obtiene cuando el racimo se cosecha al haber desprendido entre uno y tres frutos (Fotografía 26). Encontrar racimos en esta condición de

madurez se logra cuando los ciclos de cosecha se realizan con una periodicidad de entre ocho y 10 días.

Fotografía 26.

Racimo óptimo para la cosecha

84



Si el ciclo de cosecha se alarga se encontrarán muchas pepas sueltas que disminuirán la eficiencia de la labor, se aumenta el riesgo de dejar fruto suelto en campo y por ende la reducción de los rendimientos. Por otra parte, con ciclos largos se aumenta la acidez del aceite obtenido en la planta de beneficio.

Como criterio general de observación, no se deben tener racimos con alto número de frutos desprendidos, ni frutos sueltos abandonados en campo.

Presencia de palmas espontáneas: no deben existir palmas espontáneas en los lotes. La presencia de palmas espontáneas (Fotografía 27) denota fallas en el proceso de cosecha.

Las palmas espontáneas se convierten en hospederas de plagas y enfermedades, compiten por los nutrientes aplicados al cultivo, dificultan la ejecución

eficiente de labores al cultivo y en casos extremos le proporcionan sombra a las palmas disminuyendo su productividad.

Fotografía 27.

Palmas espontáneas en cultivos adultos



Presencia de racimos podridos o abandonados en campo: no deben existir racimos abandonados en el campo. Su presencia igualmente denota fallas en la cosecha, esto tiene un impacto fuerte en los rendimientos y además es una fuente eficiente para poblar el lote con palmas espontáneas.

Calidad de la cosecha en el vaciadero: se deben tener solamente racimos maduros (Fotografía 28). Si bien algunas plantaciones toleran un porcentaje mínimo de frutos verdes, en todos los casos es inferior al 1%.

La presencia de racimos sobre maduros denota fallas en la cosecha y esto va en contra de la productividad ya que se reduce el peso de racimos, se disminuye la tasa de extracción de aceite y se aumenta la acidez. Además, los frutos verdes representan pérdida de potencial de aceite y castigo al momento de la valoración de la calidad del fruto.

Fotografía 28.

Vaciadero o punto de acopio de fruto en óptimas condiciones



4.2.6 Producción

Uno de los registros más importantes es el de cantidad de fruta fresca producida en términos de toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$). Una alta producción estará casi siempre ligada al uso de un alto nivel tecnológico, mientras que una baja producción se correlaciona con una adopción tecnológica mínima. Para calificar si un cultivo presenta buen nivel productivo se han considerado los siguientes rangos:

- Cultivos de 3 – 7 años: $20\ t\ ha^{-1}$.
- Cultivos de 8 – 10 años: $20 – 25\ t\ ha^{-1}$.
- Cultivos de 11 – 20 años: $26 – 30\ t\ ha^{-1}$.
- Cultivos > 20 años: $22 – 26\ t\ ha^{-1}$.

4.3 Evaluación del nivel de uso de la tecnología utilizada al momento de la siembra y durante los dos primeros años del cultivo

4.3.1 Establecimiento del cultivo

Aplican los mismos conceptos expuestos para la calificación de siembras mayores de tres años: estudios de suelos, estudios topográficos, diseño de drenajes, diseño de UMAP, establecimiento de leguminosas, preparación de suelos y generación de un banco de reserva de nutrientes.

87

4.3.2 Material de siembra

Complementario a brindar las mejores condiciones al suelo para que la planta sembrada se desarrolle adecuadamente y exprese todo su potencial productivo, y se obtengan altas producciones a partir del segundo año. Si bien el promedio de producción para el primer año de cosecha (24 – 36 meses después de la siembra) se encuentra alrededor de 3 t ha^{-1} , existen evidencias que muestran que es posible obtener producciones cercanas a 14 t ha^{-1} para este período si se le brindan al cultivo las condiciones agronómicas adecuadas en el momento oportuno.

Estas condiciones tienen que ver con: edad del material sembrado, disponibilidad de palma para la resiembra, calidad de la planta sembrada, no existencia de palmas anormales en campo.

Edad del material de siembra: en palma de aceite se tienen dos tipos de viveros de acuerdo a la edad a la que se aspire a sembrar las palmas en sitio definitivo: vivero normal y vivero avanzado. En el vivero normal se preparan palmas para ser sembradas de 9 a 12 meses luego de haber sembrado la semilla. El tamaño de la bolsa debe ser de 40 cm de ancho por 45 de largo y con un fuelle de 5 cm. Para lograr un desarrollo adecuado, estas palmas se distancian 90 cm, en triángulo.

Si por algún motivo estas palmas no se llevan a campo oportunamente, se tendrán palmas etioladas, con hojas muy largas (Fotografía 29), en términos generales alargadas y los folíolos aparecerán con entrenudos amplios. Lo anterior se traduce en que este tipo de palmas requiere que generalmente se corten las hojas para evitar que la longitud de las mismas las desestabilice y caigan fácilmente en campo. Esta poda provoca una pérdida de área foliar importante que se traduce en un factor de estrés adicional a la palma y por lo tanto en pérdida de producción.

Fotografía 29.

Palma con evidencias de haber sido sembrada con una edad mayor a la recomendada



El caso contrario, siembra de palmas con edad inferior a nueve meses, no es recomendado debido a que se traduce en mayores costos asociados al mantenimiento de la palma en campo, mucho mayores que los costos que se presentan en el vivero, y mayor exposición de la palma al ataque de *Strategus aloeus*, insecto barrenador del bulbo de la palma.

En el vivero avanzado se siembran plántulas para ser trasplantadas en un período de 12 a 18 meses. Las bolsas utilizadas deben ser de 45 cm de ancho por 60 cm de largo. Se distancian en campo a 1.5 metros en triángulo. Con la ejecución de este tipo de vivero se busca llevar a campo palmas más grandes, disminuir la

etapa improductiva y consecuentemente el período de exposición a plagas y enfermedades. Evidentemente aumentan los costos de manejo y transporte del vivero, sin embargo, existen evidencias que indican que es una práctica económicamente viable (Chinchilla, Bulgarell, Castrillo y Salas, 1998).

Disponibilidad de palmas para la resiembra: durante los dos primeros años de cultivo es posible realizar el reemplazo de aquellas palmas que por algún motivo presentan un desarrollo no adecuado. Es posible que existan palmas que empezaron a registrar características anormales en campo, que recibieron fuertes ataques de plagas o enfermedades o que debido a manejos agronómicos han sufrido deterioro (quema por herbicida, fertilizante, etcétera).

Las palmas para resiembra deben ser del mismo material y año de siembra del cultivo establecido en campo. Para ello se debe contar con plántulas sembradas en bolsas de 60 cm de ancho por 75 cm de largo y distanciadas a 1.5 metros en triángulo, las cuales pueden ser sembradas en un período de 18 a 24 meses.

Se recomienda contar con alrededor de 3 a 5% de palmas para resiembra. No contar con este material significa que se tiene la posibilidad de perder área productiva, lo cual es muy importante sobre todo para los primeros años del cultivo, o también la posibilidad de tener palmas anormales en campo con bajo potencial de producción.

Calidad del material de siembra: además de la edad adecuada de las palmas es necesario que cumplan con requisitos mínimos en cuanto a área foliar y desarrollo. Si bien el desarrollo de las palmas varía de acuerdo al material y al manejo dado en el vivero, en términos generales se acepta que una palma para vivero normal (9 a 12 meses) tiene entre 12 – 16 hojas, con una altura (medida desde la base del bulbo hasta la copa de la palma) de 1.2 a 1.5 metros, con hojas verdes y sin ataque de plagas o deficiencias nutricionales.

Cuando se siembran palmas etioladas, no se cumplirán los requisitos aquí contemplados. Esta calificación se puede aplicar hasta el primer año de siembra, donde aún se observan características del material al momento de la siembra.

Calidad de la siembra: en este punto se hace referencia a las prácticas orientadas a darle a la planta un anclaje y desarrollo adecuado desde el momento de su instalación en campo. Estas prácticas son: oportunidad de la siembra, calidad del ahoyado y afirmado, densidad de siembra.

Oportunidad de la siembra: además de que la planta posea la edad óptima de siembra, y el suelo se encuentre apropiadamente adecuado; es necesario igualmente que las condiciones climáticas presentes garanticen un fácil establecimiento del cultivo y no sufra estrés adicional por estas causas. Se hace referencia principalmente a la disponibilidad de agua proveniente de lluvias, humedad relativa ambiental, radiación solar y vientos. Además, es deseable que las condiciones ambientales permanezcan favorables por lo menos seis meses después de la siembra.

En términos generales, para las cuatro regiones palmeras de Colombia; Central, Norte, Occidental y Oriental, se registran períodos de bajas precipitaciones desde el mes de diciembre hasta los meses de marzo – abril del año siguiente, por lo tanto si las siembras se realizan en el segundo semestre (meses de septiembre – octubre), la palma sembrada va a sufrir todo el estrés por falta de agua que se sucede en estos meses.

Por el contrario, si las siembras se realizan en los meses de marzo – abril, se tendrían por lo menos seis meses en los cuales predominan altas precipitaciones, con esto el período de estrés por falta de agua es inferior a un mes. Incluso si se cuenta con agua para riego, no es recomendable realizar siembras en meses próximos al verano ya que condiciones tales como la radiación no se pueden manejar con agua y además estresan fuertemente al cultivo.

Calidad del ahoyado y siembra: si bien el ahoyado solamente se puede verificar en el momento de la siembra, existen indicadores que dan cuenta de la calidad de esta labor y de la siembra misma de la planta. Se requiere que las palmas queden completamente afirmadas para evitar su volcamiento, que el bulbo de la planta no esté ni por encima de la superficie del suelo y mucho menos enterrado (Fotografía 30). Una palma enterrada retrasa fuertemente su desarrollo debido a la restricción que opone el suelo a su crecimiento, desenterrar una palma es una labor muy costosa y de lento rendimiento. Otro punto a tener en cuenta es que las palmas permanezcan alineadas y de acuerdo a la densidad de siembra requerida para el material específico.

Fotografía 30.

Palma enterrada, es decir, el bulbo de la palma se encuentra dentro del suelo



Densidad de siembra: la densidad de siembra debe corresponder a las características de crecimiento del material de palma y la calidad del suelo. Materiales de alto crecimiento requieren una densidad menor, respecto a otros materiales de lento crecimiento. Una alta densidad para materiales de desarrollo exuberante provocará competencia temprana entre las palmas y la necesidad de raleo para evitar disminución de los rendimientos. Caso contrario, una baja densidad para materiales de lento crecimiento vegetativo, provocará subutilización del área.

En la medida en que aumenta la fertilidad del suelo, la tendencia debe ser bajar la densidad de siembra, ya que las palmas se desarrollarán más rápido respecto a las palmas sembradas en suelos menos fértiles.

4.3.3 Manejo fitosanitario

Durante los dos primeros años de siembra la palma requiere inspecciones permanentes en campo para evitar y manejar oportunamente la palma que por su escaso

desarrollo es fuertemente susceptible a plagas y enfermedades específicas que la atacan y la pueden deteriorar fácilmente. En este punto es importante la ejecución de rondas fitosanitarias, el control oportuno de *Strategus aloeus* y el manejo de Pudriciones de flecha o cogollo.

Fotografía 31.

Detección de pudrición de cogollo en palma joven

92



Rondas fitosanitarias: se realizan para detectar oportunamente posibles anomalías en el cultivo. Dependiendo de la gravedad de los problemas registrados, las rondas se efectuarán con una periodicidad no mayor a 15 días y en ausencia comprobada de problemas relevantes se podrían realizar mensualmente.

*Control de *Strategus aloeus*.* bajo la presencia comprobada de este insecto en el cultivo, son necesarias la ejecución de rondas de detección y control por lo menos cada ocho días para evitar que los daños causados al bulbo de la palma puedan ser limitantes para el desarrollo futuro de la palma. El control debe garantizar que estos insectos se mueran y no dañen a otras palmas. En casos extremos, los fuertes ataques de este insecto ocasionan el colapso y posterior muerte de la palma.

Manejo de pudriciones de flecha y cogollo: es necesario detectar a tiempo los síntomas iniciales de la enfermedad que permitan la ejecución de cirugías leves, el retiro de tejido afectado y evitar que la palma enferma se convierta en un foco de la enfermedad. Cuando la enfermedad se encuentra en estados avanzados, se requiere la ejecución de cirugías muy profundas que requieren la eliminación de hojas sanas y mayor será el tiempo de recuperación de la palma.

Evaluación del nivel tecnológico de las plantaciones de palma de aceite.

En los cuadros 16 y 17 se presenta el formato para la evaluación del nivel tecnológico de las plantaciones, de acuerdo con los criterios anteriormente descritos. Para cada actividad se presenta un valor máximo, cuando se cumple al 100% dicha actividad. Al final, mientras más cercana sea la calificación total de la plantación a 100 puntos, mayor será su nivel tecnológico.

Cabe mencionar que esta metodología puede ser adaptada a las condiciones locales y criterios de técnicos y agricultores, si se considera necesario.

Cuadro 16.

Evaluación del nivel tecnológico en plantaciones de palma de aceite
(en etapa productiva)

Componente	Criterio de calificación	Puntos	Cumpli- miento (%)
1. Establecimiento del cultivo	BPA (Condición deseable)	20 puntos	
1.1 Estudios de suelos	Si tiene	4	
1.2 Estudios topográficos	Si tiene	2	
1.3 Establecimiento leguminosas	Si tiene	2	
1.4 Diseño de UMA	Si tiene	6	
1.5 Diseño drenajes	Si tiene	3	
1.6 Preparación de suelos	Preparó suelos - aplicó enmiendas y correctivos	3	
2. Labores de mantenimiento		10 puntos	
2.1 Cajeteos	Plato limpio (1 cada 3 meses)	3	
2.2 Limpieza de calles	Calle de cosecha limpia (1 cada 6 meses)	1	
2.3 Podas	1 hoja al racimo maduro - 2 al verde (1 cada 6 meses)	2	
2.4 Disposición de podas	Dispersas en calle de palera - espinas entre palmas	2	
2.5 Mantenimiento de infraestructura	Canales, caños, carreteras, entre otros en buen estado	2	
3. Manejo nutricional		30 puntos	
3.1 Análisis foliares	Palmas marcadas (10x10) muestreo anual	4	
3.2 Análisis de suelos	Palmas marcadas (10x10) muestreo cada 3 años	5	
3.3 Muestreo de producción	Al 5% - 1 cada 6 meses (error<5%).	5	
3.4 Eficiencia de la fertilización	Repone nutrientes cosecha, nivela suelos, calcula eficiencia	6	
3.5 Fraccionamiento de la fertilización	Por lo menos 3 veces al año para N-K-Mg (P-B 2 veces)	4	
3.6 Época de aplicación	Para solubles, entre 150 - 200 mm	4	
3.7 Medidas vegetativas	Anual	2	
4. Manejo Sanidad vegetal		20 puntos	
4.1 Seguimiento y registro de plagas	Muestreos quincenales	3	
4.2 Oportunidad de control	Focos inferiores al 10% del área	4	
4.3 Calidad del follaje	Defoliación < 15%	4	
4.4 Área foliar	Por lo menos 33 hojas sanas	4	
4.5 Registro de enfermedades	Semestral - PC Mensual	3	
4.6 Palmas anormales	< 2/ha	2	
5. Cosecha y producción		20 puntos	
5.1 Criterio de cosecha	1-3 frutos sueltos	3	
5.2 Presencia de espontáneas	No tiene - no hay frutos sin recoger en campo	2	
5.3 Presencia de racimos podridos	No tiene	2	
5.4 Calidad de cosecha (vaciadero)	No hay racimos podridos o verdes	3	
5.5 Producción	3-7 años (7-20 t ha ⁻¹) 7-10 años (20 - 30 t ha ⁻¹) 10 - 20 años (> 30 t ha ⁻¹) > 20 años (20 - 25 t ha ⁻¹)	10	
Total evaluación		100 puntos	

Cuadro 17.

Evaluación del nivel tecnológico de las plantaciones de palma de aceite
(nuevas siembras)

Componente	Criterio de calificación	Puntos	Cumplimiento (%)
<i>1. Establecimiento del cultivo</i>	<i>BPA (Condición deseable)</i>	<i>50 puntos</i>	
1.1 Estudios de suelos	Si tiene	10	
1.2 Estudios topográficos	Si tiene	5	
1.3 Establecimiento leguminosas	Si tiene	5	
1.4 Diseño de UMA	Si tiene	10	
1.5 Diseño drenajes	Si tiene y funcionan	5	
1.6 Preparación suelos	Preparó suelos - aplicó enmiendas y correctivos	10	
1.7 Banco de nutrientes	Se manejó el concepto de reserva de nutrientes	5	
<i>2. Material de vivero</i>		<i>25 puntos</i>	
2.1 Edad del material	8-10 meses (normal) 18 - 20 meses (avanzado)	5	
2.2 Material para resiembra	Dispone de 5% en bolsas grandes	5	
2.3 Palmas anormales	No existen - no se evidencian.	5	
2.4 Calidad de la palma	Palma de 1.5 m de altura - 16 hojas sanas.	10	
3. Calidad de la siembra		15 puntos	
3.1 Oportunidad de la siembra	Material sembrado en primer semestre	8	
3.2 Ahoyado y siembra	Palmas no enterradas, erectas, alineadas.	3	
3.3 Densidad de siembra	Acorde al desarrollo del material sembrado	4	
<i>4. Manejo fitosanitario</i>		<i>10 puntos</i>	
4.1 Efectúa rondas fitosanitarias	Frecuencia de rondas < 15 días	2	
4.2 Control de <i>Strategus</i>	Por lo menos cada ocho días	5	
4.3 Manejo de PF	Se manejan palmas enfermas	3	
Total evaluación		100 puntos	

5. Red de abasto y comercialización de la palma de aceite

5.1 Proceso de extracción del aceite de Palma Africana

A partir del fruto de la palma se pueden obtener dos productos que son el aceite crudo de palma y el aceite de palmiste, kernel o almendra de palma.

El procesamiento de los racimos de fruta fresca (RFF), consiste en cinco etapas que se describen de manera general a continuación:

5.1.1 Esterilización

Se realiza para detener la degradación enzimática y microbiana en la fruta, procesos que determinan la calidad del aceite a obtener. El esterilizado produce el debilitamiento de los frutos adheridos al racimo, de modo que cada fruto se desprenderá con facilidad y favorecerá el ablandamiento de la pulpa para el proceso de prensado.

El proceso de esterilización consiste en la introducción de los RFF en tanques horizontales de esterilización, las condiciones requeridas son 140 °C de temperatura a 40 lb plg² de presión por un periodo de una hora aproximadamente.

5.1.2 Desfrute

Es la etapa en que los frutos de palma son separados del raquis, esto se consigue mediante regímenes de golpes repetidos, se realiza en un tanque horizontal rotativo que gira de 20 a 24 rpm. El desfrutador tiene orificios en su interior que facilitan la salida de la fruta hacia el tanque digestor.

5.1.3 Digestión

La digestión o maceración de la fruta ablanda la pulpa y facilita la extracción del aceite durante el prensado de la misma, se realiza en un tanque con un agitador. Durante el proceso debe mantenerse una temperatura de 95 °C para alimentar de vapor al tanque digestor lo cual facilita el macerado, la digestión se realiza por un periodo de 30 minutos.

5.1.4 Prensado

En esta etapa donde se realiza la extracción del aceite, mediante una prensa de doble tornillo, que consta de una camisa con orificios por los que el aceite y el agua de dilución escapan y se separan de los demás componentes de la fruta (fibra y nueces), la presión aplicada no debe rebasar 500 lb plg² con la finalidad de extraer la mayor cantidad de aceite de la torta de fruta y minimizar la rotura de la nuez y almendra, se agrega agua de dilución a una temperatura de 100°C. Cuando el aceite ha sido extraído y diluido en el agua, es conducido por el ducto de salida hacia el tanque desarenador para iniciar el proceso de clarificación.

5.1.5 Clarificación

La clarificación es el proceso mediante el cual se separa y purifica el aceite del líquido extraído en las prensas, el cual contiene aceite, agua, lodos livianos (compuesto por pectina y gomas) y lodos pesados (compuesto por tierra, arena y otras impurezas), el objetivo es separar el aceite de una fase acuosa por diferencia de densidad, manteniendo el contenido de impurezas lo más bajo posible, asegurando así su calidad. El proceso de clarificación se realiza de la siguiente manera:

1. El aceite diluido proveniente de la prensa es conducido al desarenador, de donde pasa por rebose a la criba de aceite, la cual filtra el aceite y permite el desalojo de sólidos que son alimentados al elevador de fruta, con el fin de recuperar el aceite.
2. El clarificador cuenta con un serpentín de vapor para mantenerlo caliente y una “dona” de inyección de vapor.
3. En la parte superior, por dentro del tanque, está el rebose del aceite, que puede subirse o bajarse, dependiendo del grosor de la capa de aceite, y que permite la conducción del aceite hacia el tanque reclarificador, los tanques de clarificación deben mantenerse a una temperatura constante de 85 °C.
4. Del tanque reclarificador se manda el aceite crudo de palma hacia los tanques de almacén, el aceite se almacena a una temperatura de 30 °C.

5.1.6 Desfibrado

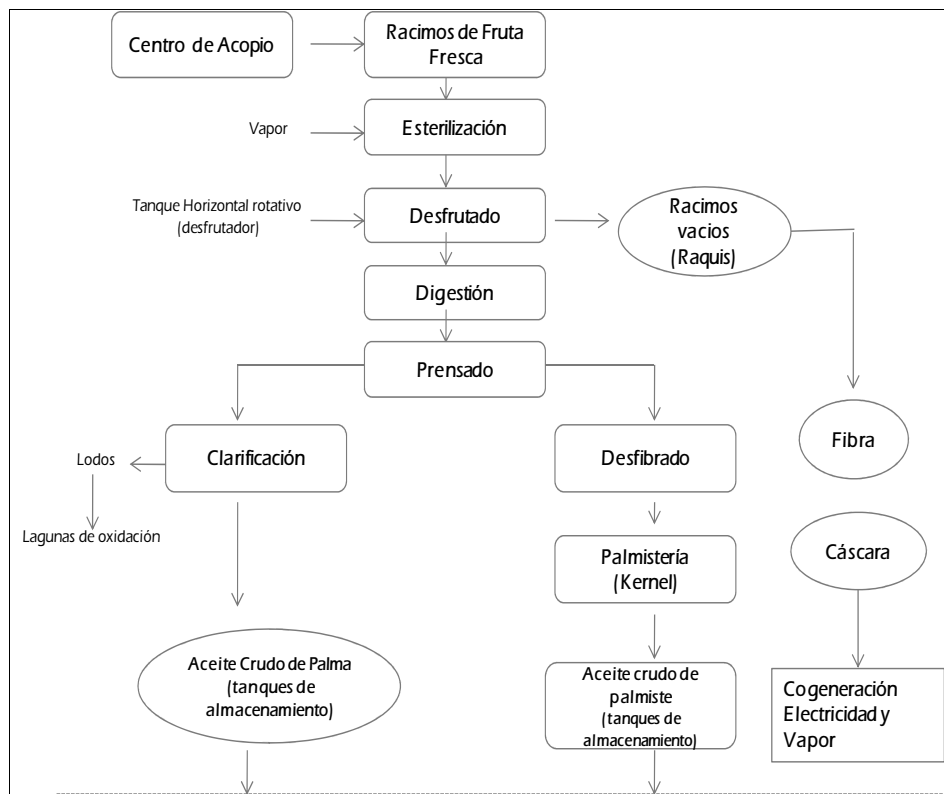
La finalidad del desfibrado es la recuperación de las nueces o almendras. Se lleva a cabo de manera neumática, es decir, mediante la utilización del aire y la diferencia de las densidades de los subproductos, que en este caso son la fibra y las nueces, el equipo que realiza la separación es el ciclón de fibra, la nuez se manda al silo de almacén, para su posterior venta y la fibra que se obtiene en el proceso de separación, es el subproducto más importante que se genera en el proceso pues será el combustible que alimentará a la caldera, que es donde se realiza la combustión y se producen los gases que calientan el agua y generan el vapor que se usa durante el proceso de extracción de aceite.

5.1.7 Almacenamiento

La etapa de almacenamiento es tanto para el aceite crudo extraído como para el palmiste (kernel). Para las empresas que cuentan con plantas de extracción del palmiste, este producto es transportado a la refinadora, donde será procesado para la extracción del aceite de kernel. En otro caso se almacena hasta su venta.

Figura 16.

Diagrama de flujo del proceso de la extracción de aceite



5.2 Perfil de la agroindustria

El aceite derivado de la palma es el segundo aceite de mayor consumo a nivel mundial y el de mayor nivel de exportaciones. Tanto el aceite crudo de palma, como sus componentes, oleína y estearina, han encontrado una gran demanda en aplicaciones como: freído, mantecas, margarinas, helados. Las agroindustrias que se dedican a la extracción de aceite de palma en México, pueden ser clasificadas en dos grupos:

Cuadro 18.

Tipos de agroindustrias extractoras en México

Atributos y características	Pequeñas	Medianas
Capacidad de extracción	8 t hora ⁻¹	15 t hora ⁻¹ o más
Destino de la producción	Mercado Nacional	Mercado Internacional
Control de calidad	Grado de madurez, frescura del fruto, contaminantes físicos, químicos y biológicos	
Problemática	Bajos volúmenes de materia prima	

5.2.1 Agroindustrias (AI) pequeñas

Son las AI con capacidad de extracción de 8 t hora⁻¹ o menos. Los socios de la AI en su totalidad son productores-proveedores de materia prima, formando parte también de la integración del consejo de administración de la empresa.

El acceso a financiamiento es muy restringido y dependen de los programas de gobierno para adquirir equipo y mejorar la infraestructura. Los principales problemas a los que se enfrenta este grupo de AI se encuentran relacionados con la calidad de la materia prima, como el bajo porcentaje de extracción de aceite y la elevada acidez debido a que la fruta se entrega verde. La cantidad de RFF tampoco es suficiente para abastecer la demanda de las AI, por lo que éstas se encuentran operando al 45% de su capacidad instalada.

La materia prima se adquiere directamente de los productores socios y no socios. Para que ésta pueda ser aceptada en la planta de proceso se realiza un control visual donde se evalúa el grado de madurez de la fruta, la limpieza de la misma y el tamaño del "pinzote" de los racimos (no debe exceder de 5 cm). Los principales compradores del aceite extraído por estas AI son refinadoras ubicadas en Chiapas, Yucatán y Ciudad de México.

Caso: Agroindustria ZITIQUALT S.P.R DE R.L.

La Agroindustria extractora de aceite de palma ZITIQUALT- Sociedad de Producción Rural, se localiza en el municipio de Villa Comaltitlán, Chiapas. Es una empresa del sector social dedicada a la producción y extracción de aceite crudo de palma, constituida por 413 socios productores; con una superficie de 2 626 hectáreas distribuidas en los municipios de Villa Comaltitlán y Huixtla, Chiapas.

Los principales compradores de la *AI* por la cercanía y precios son: Industrial Aceitera ubicada en México, D.F.; Proteínas y Oleicos del estado de Yucatán; Grupo Agropecuario Plan de Ayala de Ocozucua, Chiapas.

Existen muchas fuentes de financiamiento pero son difíciles de acceder, debido al origen social y jurídico de la empresa. Sin embargo, instituciones como FIRCO, FIRA y FINANCIERA RURAL han desarrollado esquemas de financiamiento que las apoyan.

5.2.2 Agroindustrias medianas

Son *AI* con capacidad instalada de 15 t hora⁻¹ o más, generalmente forman parte de grupos aceiteros que les garantizan apoyos y canales de comercialización. Las *AI* se caracterizan por un alto grado de integración vertical, ya que el mismo grupo empresarial controla los procesos de extracción, refinación, industrialización final y comercialización (mercado nacional y de exportación). En ese sentido, no existen problemas de acceso a los mercados, debido a que controlan todos los eslabones de la cadena agroindustrial del aceite de palma africana.

Las compras de RFF se realizan en la planta de proceso o en los centros de acopio. Los principales problemas a los que se enfrenta la industria es la baja producción de aceite por el desabasto de materia prima y la marcada estacionalidad. De tal manera que en temporada baja opera cada dos o tres días por lo que los costos administrativos se incrementan al tener que mantener la plantilla laboral. Estas plantas operan por debajo del 30% de la capacidad instalada, lo que ha obligado a las *AI* a adquirir materia prima de zonas cada vez más alejadas.

Los principales requisitos para que la fruta sea aceptada en la planta de proceso de las *AI* se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 19.

Parámetros de calidad requeridos en los racimos de fruta fresca

Parámetro	Requerimientos de calidad de materia prima de la AI
Grado de madurez del fruto	100% Fruto maduro evitando sobre madurez y/o verde
Frescura del fruto	100% Fruto cortado no mayor a 36 horas
Contaminantes físicos	100% Pinzote Corto (corte en v)
Residuos	Libre

Estas AI han desarrollado una serie de servicios con la finalidad de beneficiar e incentivar a sus proveedores, incrementado la producción y el acopio formal de fruta:

- *Abastecimiento de fertilizante.* Este se ha realizado a través de diferentes esquemas de financiamiento como es la retención directa por la misma agroindustria, a través de intermediarios financieros y contrato de compra-venta con el proveedor a largo plazo.
- *Transporte.* Para proveedores de gran escala y algunos centros de acopio se ha desarrollado este servicio a fin de facilitar la proveeduría de fruta a menor costo de flete.

Caso: Agroindustrias de Palenque S.A. de C.V.

Agroindustrias de Palenque S.A. de C.V., es una sociedad mercantil creada en 2002, con el objetivo principal de extracción, industrialización y comercialización de aceite de palma africana y de almendra o kernel (PKO, Palm Kernel Oil).

El Corporativo Oleomex, del cual forma parte la agroindustria (AI) junto con 10 empresas más (Oleofinos, AGROIMSA, IMA SA, Industrial de Oleaginosas SA de CV, Banco Bansi SA, Azteca SA de CV, entre otras), es considerado el grupo industrial aceitero más importante de México. Este grupo inició sus actividades en la agroindustria, cultivo y aprovechamiento de palma de aceite en 1999.

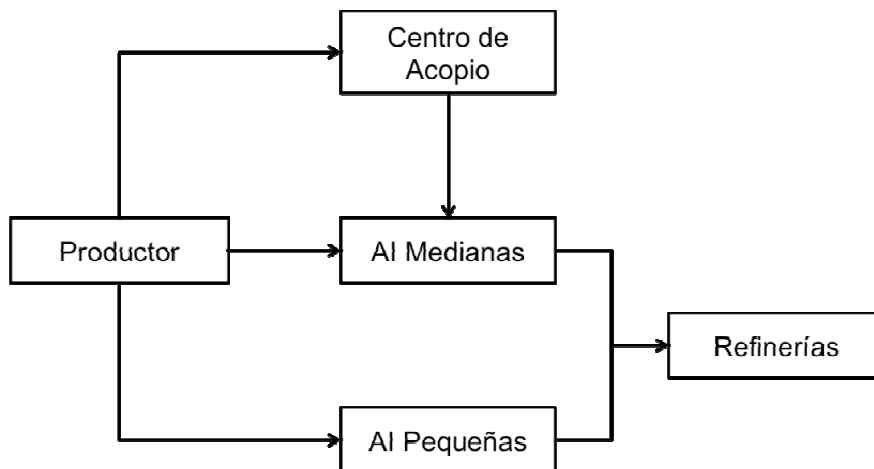
Industrializadora Oleofinos SA, junto con sus cuatro plantas extractoras en operación en Chiapas y Tabasco es la empresa de mayor relevancia dentro del sector de la palma de aceite del país.

5.3 Red de Abasto y comercialización

Los canales de comercialización de los frutos de palma africana y posteriormente del aceite crudo son muy simples como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 17.

Canales de comercialización de la palma de aceite



El productor lleva su fruta al centro de acopio o a la planta de proceso, el flete es pagado por él mismo. En el caso de los centros de acopio, una vez que cuentan con el volumen necesario para cargar un camión de 20 t, se envía el vehículo contratado por la agroindustria para que la fruta se transporte a la planta extractora.

El encargado de la recepción de la materia prima, tanto en planta como en el centro de acopio, paga al proveedor en el momento de la entrega y por lo regular se hace con cheque; sin embargo, se ha implementado con algunos productores y sólo con una agroindustria el pago mediante depósitos bancarios a una cuenta de débito, este mecanismo ha sido bien recibido por los productores y con ello ha traído otros beneficios como son mayor fidelidad productor-agroindustria, aumento de la seguridad, reducción de posibles asaltos, menor pérdida de tiempo para cobrar el cheque, entre otros.

Los centros de acopio son propiedad de las agroindustrias o son bodegas alquiladas por las mismas; operan con capital de la empresa y el acopiador recibe un salario fijo por día. Otros son propiedad de organizaciones de productores que tienen convenios de venta con las grandes agroindustrias, en este caso el flete corre a cargo de la organización de productores y se descuenta implícitamente en el precio al productor.

El precio de compra de la fruta fresca varía durante todo el año y se tiene como referencia a la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles A.C. (ANIAME) que determina el precio en pesos por tonelada métrica, el cual es igual al 12.5% del precio de la tonelada de aceite de palma africana que se calcula con los datos publicados por el boletín del Oil World (www.oilworld.biz).

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 “*cambio basado en conocimientos que genera valor*” (COTEC, 2007). Es por ello que la innovación se considera como un medio para potencializar, crecer y liderar; por lo tanto, en la medida que se diseñe una Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI), que permita facilitar los cambios no sólo tecnológicos, pues como indica Muñoz *et al.* (2007) la innovación también se da en los aspectos comerciales, organizativos y financieros, entre otros; y que dichos cambios estén soportados por conocimientos científicos y empíricos comprobados contribuirá a generar valor, que en el medio rural sería enfocado a la generación de riqueza; es decir, empleo e ingreso (Muñoz, Aguilar, Rendón y Altamirano, 2007).

6.2 Gestión de la innovación en la palma de aceite

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 nuestro país, dicha tarea se ha realizado a través de las Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores (AGI-DP)² que han operado desde el año 2010 en diferentes cadenas agroalimentarias de la región sur-sureste de México, entre las cadenas en donde se ha operado bajo este modelo se encuentra la palma de aceite, considerado como uno de los cultivos estratégicos del Programa Trópico Húmedo (PTH) de la SAGARPA.

Como resultado de la operación del PTH 2011, se tiene amplio conocimiento regional sobre la situación de la innovación del proceso productivo de la palma de aceite en los estados de Chiapas (en la región del Soconusco y Selva) y Tabasco (en la región de Los Ríos y Centro-Sierra).

6.3 El modelo AGI-DP

Las Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores (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 (Aguilar, Rendón, Muñoz, Altamirano y Santoyo, 2011).

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 estos actores clave para la difusión y la estructuración de las redes. El equipo técnico tiene claro en su operación el qué, el para qué, el cómo, y el con quién intervenir para contribuir a la competitividad de una cadena a través de la adopción de la innovación, apoyando las prioridades establecidas por los gobiernos federal, estatal, los municipios, los productores y otros actores de interés (Aguilar *et al.*, 2011).

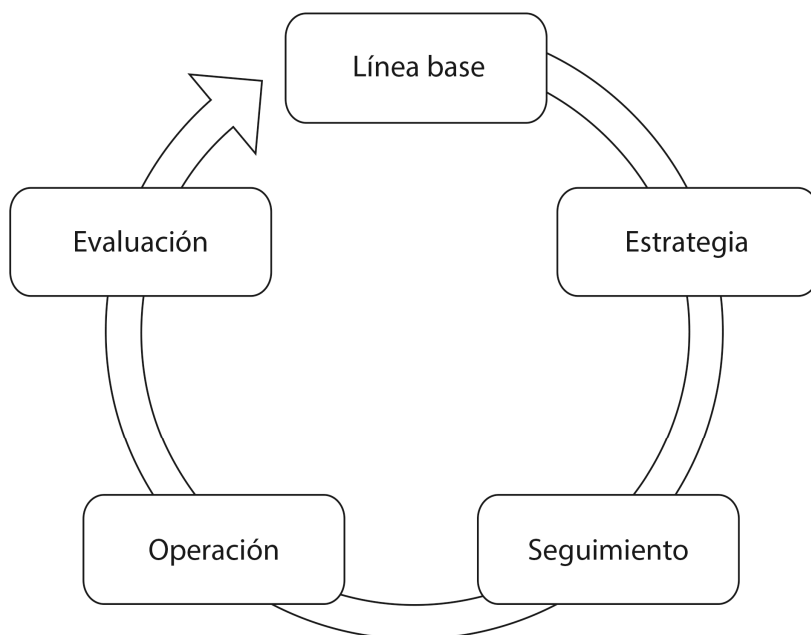
² El modelo denominado Agencias de Gestión de la Innovación (AGI), está enfocado a desarrollar equipos de profesionistas en el medio rural mexicano orientados a la gestión para resultados tomando como estrategia básica a la innovación, animando la interacción de los actores de las cadenas agroalimentarias a nivel territorial, con énfasis en los productores rurales (Aguilar *et al.*, 2011), en este caso se incluye el término DP porque el modelo AGI se focaliza en desarrollar proveedores (DP) en determinados cultivos agroindustriales, en este caso de palma de aceite.

El Modelo AGI-DP fue desarrollado por investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), haciendo uso de los conocimientos y experiencia generados por el Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Ha contado con el respaldo de la Subsecretaría de Desarrollo Rural 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 la experiencia y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) han contribuido a difundir algunos de los resultados en el plano internacional.

La metodología implementada por las AGI-DP 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 (Aguilar *et al.*, 2011). En la figura 18 se presenta de manera esquemática el proceso metodológico seguido por las AGI-DP, que se describe más detalladamente a continuación.

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 esta fase del proceso de gestión de la innovación, una de las principales fuentes de información la constituye la Encuesta de Línea Base (ELB) aplicada a productores del cultivo de atención o interés.
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, agroindustrias, entidades gubernamentales que participan en el programa, entre otros.
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 base. En esta fase, es de relevante importancia contar con un equipo de profesionales ligados al monitoreo y seguimiento en campo de las actividades a implementar en el proceso de gestión de la innovación.

Figura 18.
Proceso integral de gestión de la innovación



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

4. *Operación*: implementación de la EGI y del sistema de seguimiento, orientado al logro de metas y resultados. Como parte importante de las rutinas establecidas en la operación, por parte de la AGI-DP, se tienen: giras de intercambio de experiencias, eventos demostrativos, diseño de parcelas o plantaciones muestra, capacitación en aula, prácticas de campo, entre otras.
5. *Evaluación*: valoración objetiva del grado de cumplimiento de las actividades, productos y resultados planteados en la EGI y respaldados en el sistema de seguimiento. En este apartado se considera como relevante la información generada a partir de la implementación de bitácoras técnico-productivas y la aplicación de una Encuesta de Línea Final (ELF).

6.4 Análisis de la innovación en plantaciones de palma de aceite

En colaboración con siete AGI-DP de palma de aceite, las cuales fueron operadas con recursos del PTH 2011, se realizó un catálogo de innovaciones consideradas como importantes dentro del proceso productivo de la palma de aceite; además de considerar aspectos inherentes del cultivo, también se incluyeron innovaciones en temas de organización de productores y de administración de las unidades de producción (Cuadro 20). Estas innovaciones, formaron parte del diseño de una estrategia de intervención para ser promovidas y así lograr su implementación con productores.

Cuadro 20.

Catálogo de innovaciones en plantaciones de palma de aceite por categoría

Innovaciones por categoría	
<i>a. Nutrición</i>	
1.	Toma de muestras foliares anuales entre diciembre y marzo para análisis de laboratorio
2.	Toma de muestras de suelo entre diciembre y marzo para análisis de laboratorio
3.	Aplicación de abonos orgánicos
4.	Fertilización al suelo en dos o más aplicaciones
<i>b. Sanidad</i>	
5.	Monitoreo de plagas y enfermedades
6.	Efectúa podas sanitarias de acuerdo a la edad de la planta
7.	Manejo integrado de plagas y enfermedades
<i>c. Manejo sostenible de recursos</i>	
8.	Distribución de residuos de cosecha para su incorporación natural al suelo (hoja, raquis)
9.	Recolecta envases de agroquímicos para su depósito y/o destrucción
10.	Producción de abonos orgánicos
11.	Emplea estrategias de conservación de suelo (coberteras, barreras, residuos de maleza)
<i>d. Manejo de la plantación</i>	
12.	Plantación con base a diseño acorde (densidad, pendiente, luminosidad)
13.	Limpieza de cajetes dos o más veces al año
14.	Limpieza de interlineas dos o más veces al año
15.	Efectúa podas de mantenimiento
16.	Cultivos intercalados
17.	Manejo de la plantación en base a Unidades de Manejo Agronómico

<i>e. Administración</i>
18. Cuenta con un calendario de actividades / procesos
19. Registra las prácticas efectuadas (fecha, insumos, práctica)
20. Registra los ingresos y egresos de la unidad de producción
21. Contrata asistencia técnica / consultoría
22. Mapeo de la plantación
23. Capacita al personal de campo
24. Muestreo de producción
<i>f. Organización</i>
25. Efectúa compras consolidadas
26. Efectúa ventas consolidadas con la agroindustria
27. Recibe servicios de manera grupal (asesoría, financiera entre otras)
28. Recibe créditos para el manejo de la plantación
29. Pertenecer a alguna organización económica activa
30. Cuenta con un esquema de articulación con la AI de manera grupal
<i>g. Cosecha</i>
31. Efectúa cosecha considerando criterios de calidad específicos de las agroindustrias
32. La cosecha se efectúa de manera programada para su colecta y venta
33. Utiliza herramienta adecuada para efectuar la cosecha (cuchillo malayo, chuza)
34. Recolecta frutos desgranados
35. Efectúa la cosecha considerando los criterios de madurez del fruto
<i>h. Reproducción y mejoramiento genético</i>
36. Conocimiento y explotación eficiente del potencial productivo del cultivo
37. Establecimiento de viveros

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP en palma de aceite.

Por otra parte, el catálogo definido de innovaciones se consensó para estandarizar la información necesaria para medir sus niveles de adopción, mismo que se hizo recabando información con productores ubicados en dos de los estados (Chiapas y Tabasco) productores de palma de aceite. De esta manera, partiendo de 37 innovaciones agrupadas en ocho categorías, se realizó un diagnóstico mediante una Encuesta de Línea Base (ELB), para conocer el estatus inicial del nivel de innovación de los productores (nodo proveedores), información necesaria para planear una Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI). Posteriormente, después de implementar la EGI y al final de la intervención de la AGI-DP se realizó una evaluación de impactos alcanzados en la adopción de innovación por los productores, la información se recabó mediante una Encuesta de Línea Final (ELF).

6.5 Indicadores utilizados para medir el nivel 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), y es calculado tomando como base los aportes de Muñoz, Rendón, Aguilar, García y Altamirano (2004). Este índice toma valores que van de cero a uno, donde cero indica un nivel de innovación nulo y uno es el nivel más innovador que puede adoptar un productor. Si se multiplica por 100, se representaría como porcentaje de las innovaciones que adopta el productor. Se calcula por cada categoría de innovación y al final el promedio de las ocho categorías es el llamado InAI general o global. García, Aguilar, y Bernal (2011) y también Martínez, Muñoz, García, Santoyo, Altamirano y C. Romero (2011) han utilizado el InAI para medir la capacidad innovadora de productores bajo agricultura protegida y productores de ganado caprino, respectivamente relacionándolo con otras variables como rendimiento, experiencia y estatus de los proyectos.
- b) *Tasa de adopción de innovaciones (TAI)*. Expresa el porcentaje de productores adoptantes de cada innovación contenida en el listado del catálogo de innovaciones en plantaciones de palma de aceite; por tanto, puede tomar valores entre 0 y 100%.
- 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. De manera similar se puede obtener una brecha de adopción por productores y sería con el uso de la TAI.
- d) *Brecha de oportunidad para la promoción de la innovación*. Es el valor que existe entre el indicador de innovación (InAI o TAI) y el valor que define la implementación total de la innovación, es decir 1 (uno) para el InAI y 100 para la TAI. Se puede calcular para: a. Cada individuo restando a 1 el InAI de la ER respectiva o; b. Cada innovación restando a 100 la TAI. En ambos casos el resultado es la oportunidad que tiene el productor para innovar y en el otro caso, la oportunidad de promover la innovación entre los productores.

6.6 Perfil del productor y de su unidad de producción

Debido a que la decisión de adoptar cualquier innovación está relacionada con diferentes factores como son el social, económico, productivo, institucional, etcétera; es necesario saber el perfil de los productores con el cuál se trabajará para promover la innovación. En este sentido, los productores de palma de aceite superan en promedio los 50 años de edad y en el estado de Tabasco son de mayor edad que los de Chiapas (Cuadro 21). La escolaridad, es una variable importante al momento de difundir conocimientos codificados o científicos y es por esto que se debe considerar dentro de cualquier estrategia que conlleve trabajar con productores. En las plantaciones de palma de aceite encontramos productores que en general no alcanzan el 5° año de primaria y en el caso de Chiapas sólo concluyeron el 4° año, en Tabasco presentan mayor escolaridad pero no superan la escuela primaria, 6° año (Cuadro 21). La experiencia que tiene en la actividad, medida como años que lleva desarrollando la actividad productiva, apenas alcanza los 10 años, es decir, son productores relativamente jóvenes o nuevos en el sistema productivo, no se encontraron grandes diferencias entre los estados. Por último, una variable importante es la participación de la mujer en el sistema productivo como dueñas de las plantaciones, en palma de aceite existe un poco menos del 20% de las unidades de producción encabezadas por una mujer, en el estado de Tabasco el porcentaje es menor en comparación con Chiapas (Cuadro 21).

En cuanto a las unidades de producción no existen grandes diferencias entre los estados analizados, las plantaciones de palma de aceite son en promedio de 8.5 hectáreas y los productores poseen tanto plantaciones en producción como en desarrollo, en promedio el 77% de la plantación se encuentra en producción; sin embargo, en Tabasco existe una mayor posibilidad de incrementar la superficie sembrada porque los productores en promedio cuentan con 24 ha de superficie cultivable, llegando sólo a cubrir el 47% de su superficie total, en comparación del 74% en Chiapas (Cuadro 22).

Cuadro 21.

Perfil de los productores de palma de aceite del sur-sureste de México.

Estado	Est ¹	Edad	Esc	Exp	%Muj
Chiapas (n=643)	Media	51.93	4.06	9.89	18.82
	D.E. ²	12.07	3.58	6.07	
Tabasco (n=260)	Media	57.36	5.63	10.09	17.69
	D.E.	13.44	4.88	3.61	
Total (n=903)	Media	53.50	4.52	9.95	18.49
	D.E.	12.71	4.06	5.48	

¹ Est: estadístico; Edad: edad del productor, en años; Esc: escolaridad efectiva del productor, en años; Exp: experiencia en la actividad, en años; %Muj: proporción de mujeres como productores de palma de aceite.

² Desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores del cultivo.

Cuadro 22.

Perfil de las unidades de producción de palma de aceite del sur-sureste de México

Estado	Est ¹	SPr	SDs	SPla	ST	PPPr	PTP
Chiapas (n=643)	Media	6.21	2.36	8.57	14.69	77.40	73.54
	D.E. ²	7.01	6.70	10.35	19.75	32.77	28.61
Tabasco (n=260)	Media	5.70	2.58	8.29	24.32	77.20	46.66
	D.E.	7.99	6.72	11.81	34.16	36.18	31.81
Total (n=903)	Media	6.06	2.43	8.49	17.49	77.34	65.72
	D.E.	7.30	6.70	10.79	25.18	33.77	31.98

¹ Est: estadístico; SPr: superficie de palma de aceite en producción (ha); SDs: superficie de palma de aceite en desarrollo (ha); SPLa: superficie de la plantación de palma de aceite; ST: superficie total que posee el productor (ha); PPPr: proporción de la plantación en producción; PTP: proporción de la superficie total que posee el productor con plantación de palma de aceite.

² Desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores del cultivo.

6.7 La Estrategia de Gestión de la Innovación (EGI)

Para lograr cambios en la adopción de innovaciones por parte de los productores de palma de aceite, de acuerdo al modelo de gestión de la innovación (ver apartado 0). 6.3 El modelo AGI-DP, se diseña una estrategia (EGI) orientada a resultados y medida a través de la comparación de indicadores (INAI, TAI, brecha de innovaciones) derivados de la Encuesta de Línea Base (ELB) contra la Encuesta de Línea Final (ELF). De esta manera, es importante entender en qué se basa el diseño de la EGI, porque en ella se plasma el cómo se aplica por las AGI-DP, con quiénes (productores) y con cuáles innovaciones, entre otros rubros. La EGI, se centra de esta manera en los siguientes apartados.

6.7.1 Diagnóstico de los productores/proveedores de la Agroindustria

Tomando como base los datos resultantes de la ELB aplicada al nodo proveedores, se realiza un diagnóstico del estado actual o de línea de base de las unidades de producción. Con ello se obtiene información relativa a las características del perfil del productor, de su unidad de producción, rendimientos, estacionalidad de la producción y el potencial productivo de los mismos, adopción de innovaciones y vínculos establecidos para la búsqueda de información y conocimiento aplicado al proceso de producción de la palma de aceite.

Por otra parte, un instrumento diseñado de manera similar es aplicado a una agroindustria (ELB nodo AI) que es el principal comprador de los productores/proveedores analizados, en la ELB nodo AI se obtiene información de la capacidad instalada de la AI, los requerimientos de materia prima, sus costos de operación, calidad de la materia prima recibida, etcétera.

A partir de los dos componente (ELB nodo proveedores y ELB nodo AI), se diseñan y establecen programas de trabajo tendientes a disminuir o atenuar las brechas existentes entre lo ofertado por los productores y lo demandado por la agroindustria, buscando una relación ganar-ganar. Es decir, se busca por ejemplo aumentar la producción de materia prima por los productores para reducir las instalaciones subutilizadas por la AI, otro ejemplo es, aumentar las condiciones de calidad de la materia prima para disminuir las ineficiencias o pérdidas en la AI por un mal procesamiento.

6.7.2 Selección de innovaciones

A partir del catálogo de innovaciones descrito en el cuadro 20 y junto con los indicadores de INAI, TAI y brechas de adopción en la ELB, las AGI-DP realizan una selección de aquellas innovaciones que se consideran muy relevantes por cumplir con uno o más de los siguientes criterios:

1. Que sean innovaciones de *bajo nivel de adopción* entre los productores.
2. Que las innovaciones sean de *alto impacto* en el corto y mediano plazo después de su implementación.
3. Que dicha implementación sea preferiblemente de *bajo costo*. Este criterio está muy relacionado a innovaciones que tienen que ver más con la *técnica* que con la *tecnología*.
4. Que los resultados de la implementación sean *fácilmente observables*.

Bajo estos criterios, la selección de innovaciones a promover y difundir por las AGI-DP, muchas veces se reduce de 10 a 19 de las referidas en el cuadro 20. La selección de las innovaciones dependerá también de la región y de las particularidades consideradas por cada AGI-DP incluso de la misma agroindustria, es decir, no todas las AGI-DP incluyen en el diseño de su EGI las mismas innovaciones pues las condiciones de los productores, de la región, la presencia de otros actores, sus requerimientos, así como sus indicadores de innovación no son los mismos.

6.7.3 Selección de productores

Al momento de implementar los procesos de difusión de innovaciones, una parte importante es la selección de productores con los cuales se trabajará de manera más directa y continua y más cercanos a sus unidades de producción, estos productores son llamados de *atención focalizada*, mismos que ayudarán a difundir las innovaciones con sus similares o por lo menos ayudarán a acercarlos a la AGI-DP en los procesos o rutinas establecidas durante el proceso de gestión de la innovación, estos productores son llamados de *atención directa* y se documentan a partir de giras de intercambio de experiencias, módulos demostrativos, talleres prácticos, eventos de capacitación, etcétera. De esta manera, es importante tener en cuenta los siguientes criterios para la selección de los productores focalizados pues ellos son clave en el proceso de gestión de la innovación, los criterios más comúnmente utilizados son:

1. Por indicadores de innovación, es decir por el INAI.

2. Por la posición y el rol que juegan en una red de innovación, ya sea como productores intermediarios de información, como fuentes de conocimiento, como articuladores de varios grupos de productores, etcétera.
3. Por el perfil o atributos del productor, por ejemplo mayor superficie, mejores rendimientos, edad, escolaridad, entre otros.
4. Por autoselección, muy comúnmente los productores se proponen ellos mismos para fungir con dicho papel.
5. A petición de otros actores como por ejemplo la Agroindustria o incluso por selección de la misma AGI-DP.

Además del papel importante que tienen los productores focalizados, que por lo regular son 25 por cada integrante de las AGI-DP, de casi menos de la mitad de ellos (10 de 25) se obtiene información muy relevante pues se implementan bitácoras técnicas, económicas y productivas. En algunos casos son los primeros con los que se promocionan esquemas de articulación con la agroindustria de manera más efectiva, entre otras actividades. Todo lo mencionado permite mejorar considerablemente el impacto que tienen las AGI-DP a través de los indicadores de innovación, contribuyendo también a movilizar y arraigar más el conocimiento tácito entre los productores pero además apropiándose de nuevo conocimiento, muchas veces codificado, que se espera sea vertido por ellos mismos en la red de innovación.

6.7.4 Ejemplo del diseño de una EGI

EGI diseñada e implementada por la AGI-DP Palma de aceite Región Centro-Sierra del Estado de Tabasco. Despacho IDEAS (2012)

La estrategia de gestión de la innovación (EGI), fue desarrollada por un equipo de cinco integrantes, bajo el siguiente escenario base:

- a. La palma de aceite en la Región Centro Sierra de Tabasco se ha visto como alternativa para la reconversión productiva, por su alta demanda comercial.
- b. Existe una necesidad de Agroindustrias de Palenque SA de CV (AGROIPSA) por abastecerse de materia prima de buena calidad y con mejor distribución en los volúmenes de acopio, para disminuir la capacidad instalada ociosa y reducir sus costos de producción, actualmente solo cubre el 8% de su capacidad instalada anual.

- c. Los proveedores/productores de materia prima tienen 56 años en promedio con una escolaridad de siete años y relativamente son nuevos en la actividad, con 10 años en el cultivo; tienen un INAI de 27% y este bajo nivel está muy relacionado con rendimientos promedios bajos de 14.8 TRFF ha⁻¹; la superficie promedio es de 9.7 hectáreas.

La EGI, plantea como objetivos: a. Incrementar los volúmenes de acopio de la AI; b. Mejorar la calidad de la materia prima; c. Disminuir los costos de producción de los proveedores; d. Incrementar el INAI de 27 a 36.9%; e. Incrementar la producción a 17.8 TRFF ha⁻¹. Para alcanzar estos objetivos, la AGI-DP desarrollará las siguientes actividades:

- a. Promoción y adopción de innovaciones: partiendo de las 38 innovaciones en palma de aceite, seleccionaron 19 considerando criterios como de alto impacto y bajo costo; entre ellas, sólo por mencionar algunas, las referidas a la nutrición (1. Toma de muestras foliares anuales entre diciembre y marzo para análisis de laboratorio), sanidad (5. Monitoreo de plagas y enfermedades), manejo sostenible de la plantación (8. Distribución de residuos de cosecha para su incorporación natural al suelo), manejo de la plantación (15. Efectúa podas de mantenimiento), administración (20. Registro los ingresos y egresos de la unidad de producción), organización (30. Cuenta con un esquema de articulación con la AI de manera grupal) y cosecha (31. Efectúa cosecha considerando criterios de calidad específicos por la agroindustrias).
- b. Rutinas o mecanismos de interacción: talleres prácticos, recorridos en plantaciones, giras de intercambio de experiencias, reuniones periódicas para la organización, capacitación y pláticas de concientización, atención personalizada en las plantaciones, reuniones de articulación con la AI, entre otros.
- c. Selección de actores clave: por cada integrante de la AGI-DP se seleccionaron al menos 25 productores, los cuales fueron escogidos principalmente por su posición en la red de innovación, seguido por selección directa por la AI y luego por el criterio de la AGI-DP en donde incluyeron el INAI y los atributos de productor.

Para dar seguimiento puntual a las actividades de la AGI-DP, se diseñan instrumentos como son registro de eventos, lista de asistencia, registro de productores de atención directa, bitácora de atención a productores focalizados, entre otros.

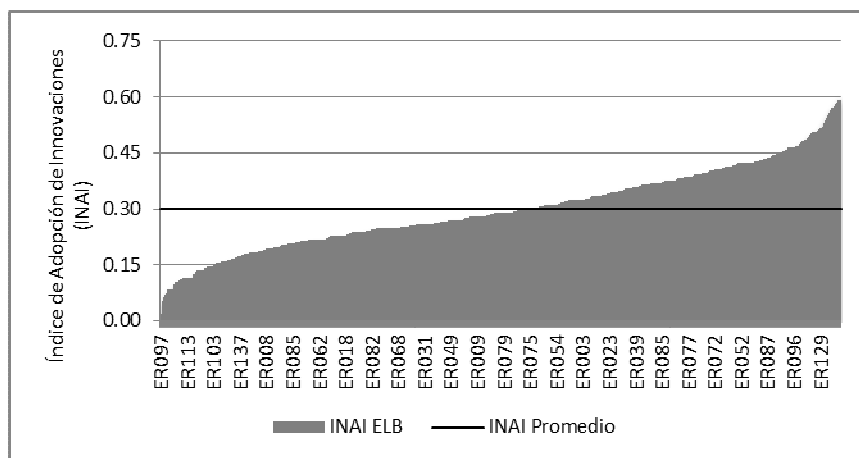
6.8 Indicadores de innovación en plantaciones de palma de aceite en el sur-sureste de México

6.8.1 Índice de adopción de innovaciones (INAI)

En general, los niveles de adopción de innovaciones, medido a través del INAI, son bajos; apenas del 0.30, lo cual se interpreta que en promedio se adopta el 30% de las innovaciones contenidas en cada categoría de innovación (ver Cuadro 20). Sin embargo, la brecha en el índice de adopción va desde 0.02 hasta de 0.61 (Figura 19) esto nos indica que tanto en el estado de Chiapas como en Tabasco existen productores de palma de aceite muy innovadores y otros que básicamente no implementan ninguna innovación en su plantación. Poco más del 50% de los productores encuestados durante la ELB (53.2% de 903) se encontraban por abajo del INAI promedio, en cambio son muy pocos los productores con niveles de innovación altos.

Figura 19.

Índice de adopción de innovaciones (INAI) en el sur-sureste de México en plantaciones de palma de aceite



Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores del cultivo.

Como parte del diseño de una estrategia de intervención que contempla trabajar con productores, difundiendo innovaciones para que éstos las adopten, se tomaron en cuenta indicadores como los mostrados en la figura 19. De esta manera, un equipo de profesionales en plantaciones de palma de aceite y con competencias complementarias, llamado AGI-DP, lograron incrementar los niveles de innovación el cual fue medido con la ayuda de una Encuesta de Línea Final (ELF) que fue comparada con los indicadores de la ELB. Los resultados indican (Cuadro 23), que de manera general los indicadores de adopción se incrementaron de manera absoluta en casi 0.11 y, 36.3% medido como un cambio porcentual de los niveles de innovación entre la ELB y la ELF. Es decir, la intervención de las AGI-DP sí tuvo efectos positivos en los incrementos del INAI.

Los mayores incrementos de estos indicadores se lograron en Chiapas, con un cambio porcentual de 41%; por su parte, en Tabasco, los incrementos sólo fueron de 25.5% (Cuadro 23). En estas diferencias encontramos detalles interesantes como por ejemplo que en Chiapas se incrementó la variación de los indicadores y esto lo asociamos a que la estrategia de intervención estuvo más vinculada a trabajar con productores de mayor nivel de innovación; al contrario, en Tabasco se redujo la variación del INAI entre los productores y en este caso estuvo asociado en trabajar más con los productores con bajos niveles de innovación para contribuir a nivelar sus indicadores con los productores más innovadores. Ambas estrategias muestran indicadores positivos, aunque hasta el momento no podemos decir con certeza cuál es mejor entre las dos pues con la primera se genera mayor conocimiento en productores que lo están aprovechando más y en la segunda se busca reducir la brecha entre los menos y más innovadores.

Los resultados en los incrementos del INAI entre la ELB y la ELF, posterior a la intervención de las AGI-DP, se debe a la adopción de innovaciones contenidas dentro de las categorías definidas con anterioridad. Es por ello que en el Cuadro 24 se presentan los incrementos obtenidos en cada categoría, las innovaciones referidas a la administración de la unidad de producción como son *Cuenta con un calendario de actividades / procesos; Registra las prácticas efectuadas (fecha, insumos, práctica); Registra los ingresos y egresos de la unidad de producción; Mapeo de la plantación*, entre otras fueron adoptadas en mayor medida seguidas

de las innovaciones que conforman las categorías de manejo sustentable de recursos, sanidad y nutrición (Figura 20).

Cuadro 23.

Comparación del INAI en productores de palma de aceite en México

Estado	Etapas	N	INAI promedio	Desviación estándar	C.V. (%)
Chiapas	ELB	643	0.2963	0.1068	36.04
	ELF	551	0.4181	0.1743	41.68
	<i>Incremento</i>		<i>0.1218</i>		
	<i>Cambio %</i>		<i>41.11</i>		
Tabasco	ELB	260	0.3124	0.1130	36.16
	ELF	250	0.3922	0.1278	32.58
	<i>Incremento</i>		<i>0.0798</i>		
	<i>Cambio %</i>		<i>25.54</i>		
Total	ELB	903	0.3009	0.1088	36.15
	ELF	801	0.4100	0.1616	39.40
	<i>Incremento</i>		<i>0.1091</i>		
	<i>Cambio %</i>		<i>36.26</i>		

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF al Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores para ELB y 801 para ELF.

De la misma manera, en el Cuadro 24 se puede verificar que existen categorías que desde la aplicación de la ELB ya se encuentran adoptadas con niveles aceptables como son las innovaciones de cosecha y del manejo de la plantación, por lo cual los incrementos de adaptación en la ELF son menores; es decir, innovaciones ampliamente adoptadas es difícil incrementarlas pues de alguna manera ya están estabilizadas dentro de los productores. Por otra parte, innovaciones de las categorías de organización y, reproducción y mejoramiento genético no aumentan considerablemente en la ELF (Cuadro 24 y Figura 20), esto lo asociamos a que las innovaciones requieren de mayor tiempo para ser adoptadas, generar más confianza entre productores para organizarse y en algunos casos, de mejorar el material genético con el que cuentan las plantaciones.

Como se mostró, con el uso del INAI se puede verificar el nivel de adopción de diferentes innovaciones y con ello ver en qué nivel impacta una estrategia de innovación destinada a potenciar las cadenas productivas a través de la difusión y adopción de innovaciones. Por otra parte, cabe mencionar que las AGI-DP no operan con criterios de selección de innovaciones igual, es decir, cada una de las Agencias puede decidir cuáles, cómo y con quiénes promover diferentes innovaciones para su adopción; de esta manera, en el Cuadro 25 se puede verificar que en Chiapas se incrementó la adopción de innovaciones en las categorías de Sanidad, Manejo sostenible de recursos, Cosecha y, Reproducción y mejoramiento genético; por su parte, en Tabasco el cambio porcentual del INAI fue mayor en las categorías de Nutrición, Manejo de la plantación, Administración y Organización.

Cuadro 24.

Cambio en la adopción de innovaciones (INAI) por categoría, resultado de la intervención bajo el modelo AGI-DP en plantaciones de palma de aceite en México

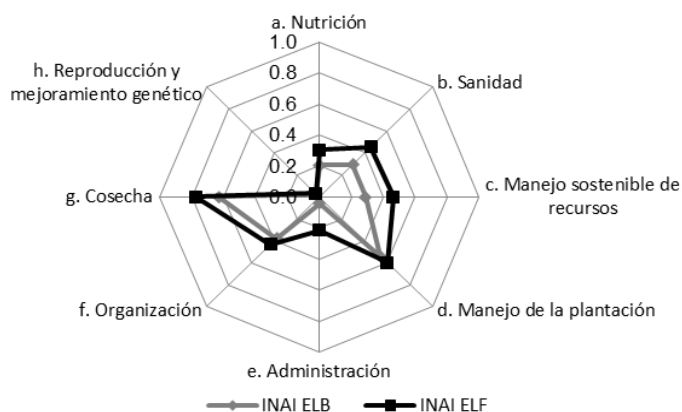
Categoría de Innovación	INAI ELB	INAI ELF	Dif abs ¹	Cambio %
a. Nutrición	0.2035	0.3031	0.0996	48.94
b. Sanidad	0.2939	0.4575	0.1636	55.67
c. Manejo sostenible de recursos	0.2888	0.4625	0.1737	60.15
d. Manejo de la plantación	0.5425	0.6002	0.0577	10.64
e. Administración	0.0418	0.2155	0.1737	415.55
f. Organización	0.3790	0.4336	0.0546	14.41
g. Cosecha	0.6321	0.7773	0.1452	22.97
h. Reproducción y mejoramiento genético	0.0250	0.0320	0.0070	28.00
General	0.3009	0.4100	0.1091	36.26

·Dif. abs: diferencia absoluta entre los indicadores de la ELF y ELB.

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF al Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores para ELB y 801 para ELF.

Figura 20.

INAI por categoría en productores de palma de aceite en México, comparación entre ELB y ELF



Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF al Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores para ELB y 801 para ELF.

Cuadro 25.

Diferencias en INAI por estado y categoría de innovación, resultado de la intervención bajo el modelo AGI-DP, en plantaciones de palma de aceite en México

Categoría de Innovación ¹	Chiapas				Tabasco			
	ELB	ELF	DA ²	C% ³	ELB	ELF	DA ²	C% ³
Cat a	0.23	0.34	0.11	47.2	0.14	0.22	0.09	63.4
Cat b	0.30	0.48	0.19	62.5	0.28	0.40	0.11	40.3
Cat c	0.28	0.48	0.20	72.2	0.31	0.42	0.11	34.9
Cat d	0.54	0.58	0.04	8.30	0.56	0.64	0.08	15.1
Cat e	0.05	0.24	0.19	396.8	0.03	0.17	0.14	515.1
Cat f	0.35	0.38	0.04	10.8	0.46	0.54	0.08	18.2
Cat g	0.61	0.80	0.20	32.3	0.70	0.72	0.03	3.90
Cat h	0.02	0.04	0.01	60.9	0.03	0.02	-0.01	-24.1
General	0.30	0.42	0.12	41.1	0.31	0.39	0.08	25.5

¹ Cat: categorías de innovación: a. Nutrición; b. Sanidad; c. Manejo sostenible de recursos; d. Manejo de la plantación; e. Administración; f. Organización; g. Cosecha; h. Reproducción y mejoramiento genético. DA: diferencia absoluta entre INAI de ELF y ELB. C%: cambio porcentual entre el INAI de ELF y ELB. Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF al Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores para ELB y 801 para ELF. UTE-Innovación (2013).

6.8.2 Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI)

Con la definición de un catálogo de 37 innovaciones (ver Cuadro 20) que en su momento fueron analizadas con una ELB para conocer los niveles de adopción por parte de los productores de palma de aceite, también surge la necesidad de saber quiénes son los productores más y los menos innovadores; sino también, cuáles son las innovaciones más adoptadas y al contrario, las menos.

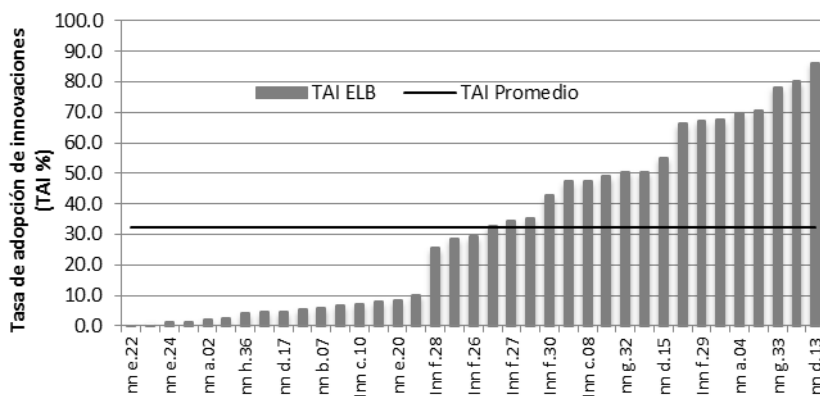
122

En este sentido, todas la innovaciones tenían cierto nivel de adopción en la ELB (Figura 21), la cual fue medida con la tasa de adopción de innovaciones (TAI) expresada en porcentaje; es decir, indica el número de productores que adoptan determinada innovación. De esta manera, se encontró que la brecha entre la innovación menos adoptada (e.22. Mapeo de la plantación) a la más adoptada (d.13. Limpieza de cajetes dos o más veces al año) fue de 0.7% a 86.3%, respectivamente; es decir, de 85.6%. De manera general, la TAI fue de 32.1% lo cual significa que en promedio casi una tercera parte de los productores adoptaba alguna de las 37 innovaciones (ver Cuadro 20); por supuesto, este indicador representa el promedio de la tasa de adopción de cada innovación.

El indicador de la TAI se utilizó también por parte de las AGI-DP para planear dentro de su estrategia de intervención, cuáles son las innovaciones menos adoptadas y con las que tendrían cierta oportunidad de promover y difundir para así, incrementar su adopción con los productores de palma de aceite.

Figura 21.

Tasa de adopción de innovaciones (TAI %) en el sur-sureste de México en plantaciones de palma de aceite



a, b, c, d, e, f, g, h: representan la categoría a la cual pertenecen las innovaciones, de esta manera a: Nutrición; b: Sanidad; c: Manejo sostenible de recursos; d: Manejo de la plantación; e: Administración; f: Organización; g: Cosecha y; h: Reproducción y mejoramiento genético.

Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores del cultivo.

Como se ha mencionado anteriormente y es fácil de suponer, la oportunidad de adopción de una innovación en particular siempre será mayor en innovaciones con tasas de adopción bajas, en comparación con innovaciones con altos niveles de adopción. Sin embargo, las AGI-DP como parte de su interacción con productores promueven el fortalecimiento y el mayor arraigo de las innovaciones con TAI altos.

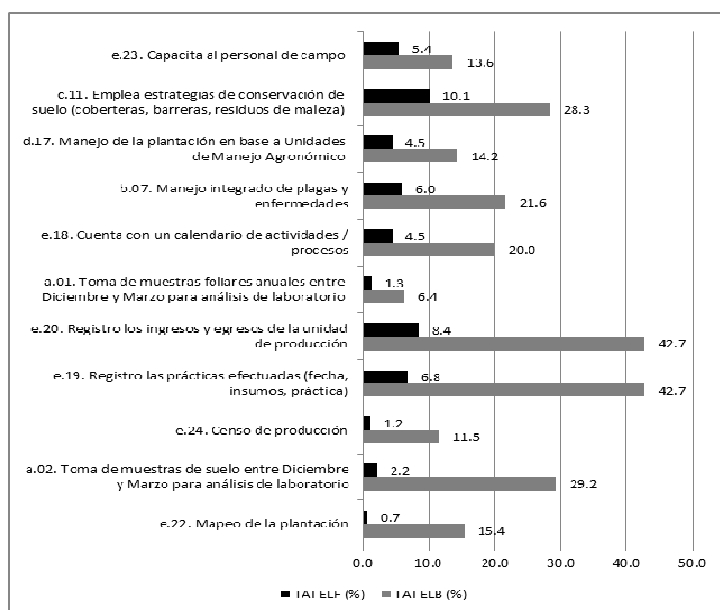
De la misma manera que se analizó el incremento en el INAI de los productores, con la ELF; el incremento en la TAI es similar, pasando de 32.1% en la ELB a 43.5% en la ELF con la intervención de las AGI-DP. Con mayor precisión, se lograron identificar 11 (once) innovaciones con cambios porcentuales superiores a 150 (Figura 22); de manera contraria, 9 (nueve) fueron las innovaciones que no lograron cambios porcentuales arriba de los 10 (diez) puntos, entre ellas la *d.13. Limpieza de*

cajetes dos o más veces al año que como ya se había comentado fue la innovación con el más alto TAI en la ELB (ver Figura 21).

Cabe destacar que las innovaciones del catálogo definido incrementaron su TAI en la mayoría de los casos, en mayor o menor medida (Anexo 1); esto se debe a que las AGI-DP que atendieron las plantaciones de palma de aceite, aunque definieron innovaciones en particular para promover con los productores como parte de su estrategia de intervención, también promovieron otras innovaciones alternas para el mayor fortalecimiento de las plantaciones, ocasionando incrementos en la adopción de todas las categorías (ver Cuadro 24).

Figura 22.

Principales innovaciones con el mayor incremento porcentual de adopción, en plantaciones de palma de aceite en México, comparación entre ELB y ELF



a, b, c, d, e: representan la categoría a la cual pertenecen las innovaciones, de esta manera a: Nutrición; b: Sanidad; c: Manejo sostenible de recursos; d: Manejo de la plantación y; e: Administración.
Fuente: Elaboración propia con datos de la ELB y ELF al Nodo Proveedores 2011 de siete AGI-DP, información proveniente de 903 productores para ELB y 801 para ELF. UTE-Innovación (2013).

7. Expectativas de la agroindustria palma de aceite

En la última década, la agroindustria de la palma de aceite ha presentado un crecimiento vertiginoso para responder a la demanda de aceites y grasas a nivel internacional, lo que la ha llevado a ocupar el primer lugar dentro del grupo de las oleaginosas, superando con ello a la agroindustria de la soya. Los menores costos de producción y la productividad por hectárea, han sido determinantes en el alcance de estos indicadores a nivel mundial. Sin embargo, ante una economía globalizada y altamente dependiente de países emergentes tales como China e India, se plantean nuevos retos para la agroindustria, los cuales, si no se afrontan debidamente, amenazan la sostenibilidad de una actividad propia de zonas tropicales y que ha impulsado economías en crecimiento como las de Malasia e Indonesia.

Si bien la demanda mundial de aceites y grasas tiene expectativas positivas de crecimiento, la fluctuación de los precios internacionales, es uno de los retos para la sostenibilidad económica de la palma de aceite. Por otra parte, la imagen negativa de las plantaciones de palma y además muy de la mano con los biocombustibles, al haber intervenido zonas de selva tropical para incrementar la superficie sembrada en diversos países, hacen necesario la ejecución de prácticas que ayuden a diferenciar a la palma de Latinoamérica como producida en concordancia a condiciones ambientalmente sostenibles. Además, se tiene que demostrar que la agroindustria cumple con criterios de responsabilidad social y desarrollo armónico en las comunidades donde se establece la actividad productiva.

La palma de aceite se continúa proyectando como la principal oleaginosa para los próximos 10 años y se sabe que tiene la mayor tasa de crecimiento en comparación con la soya, la canola y el girasol. Lo anterior se logrará en virtud de la expansión de las áreas cultivadas, pero principalmente con la entrada en producción de las áreas ya establecidas y el aumento de las ya productivas en el mediano plazo, además de la entrada en escena de otros países como Brasil, con programas de siembra de palma superiores a tres millones de hectáreas.

Un tema que cobrará mayor relevancia para aumentar la competitividad de la palma de aceite, son los costos de producción; si bien, en México tienden a ser similares al resto de Latinoamérica, al estar basados en un bajo uso de insumos,

resulta ser una estrategia insostenible en el mediano y largo plazo. Por lo tanto, es necesario un análisis detallado de los costos de producción y su estructura, así a nivel de unidad productiva, podrían arrojar resultados más satisfactorios, a la luz de la estrategia de desarrollo de la palmicultura en México, la cual combina pequeñas áreas al interior de la unidad agrícola y la siembra intercalada de cultivos alimentarios durante los primeros cuatro años. El aumento de la productividad no significa necesariamente el aumento de insumos externos y en este sentido, el cultivo de la palma de aceite en México podría estar unido al reacomodo de los recursos actuales, tales como el uso de material genético en óptimas condiciones, el reciclaje de nutrientes y la protección del suelo mediante la biomasa disponible y la diversidad de especies vegetales al interior de los cultivos.

Ante el crecimiento acelerado del cultivo de la palma en países asiáticos, en algunos casos en detrimento de la calidad del ambiente y el bienestar de las comunidades originales; un reto para Latinoamérica es impulsar el desarrollo diferenciado de la palma, incluyendo las mejores estrategias y prácticas que apunten a la sostenibilidad integral de la agroindustria.

Hoy día, es necesario producir de acuerdo con los criterios de la *Mesa Redonda para el Desarrollo Sostenible del Aceite de Palma* (RSPO por sus siglas en inglés), ya que el mercado mundial de aceite de grasas y las multinacionales dominantes, presionadas por los consumidores, han empezado a exigir la certificación del aceite de palma como sostenible. Por una parte, para disminuir la imagen negativa de un aceite que es ampliamente rechazado por la comunidad europea y las sociedades de mayor poder adquisitivo. Pero, más allá de una exigencia externa, la política de producir de manera sostenible debería provenir de la autodeterminación y el emprendimiento de la agroindustria misma, más aún cuando con el cultivo de la palma es posible la implementación de prácticas de manejo ambiental y social sostenibles.

Prácticas como el respeto a áreas protegidas, el establecimiento de nuevos desarrollos en áreas ya intervenidas, la no incorporación de áreas selváticas, el aumento de la diversidad biológica al interior de los cultivos, el mantenimiento y mejoramiento de la fauna silvestre y el uso responsable de agroquímicos son prácticas que apuntan a la sostenibilidad de las plantaciones de palma de aceite y de la agroindustria y que son factibles de implementar.

Si bien hasta ahora el modelo de desarrollo de la palmicultura en México, con base en pequeñas áreas y la participación de pequeños agricultores, ha permitido un relativo equilibrio en las prácticas de inclusión social, es necesario continuar con estas prácticas y en el caso de áreas grandes, demandantes de mano de obra contratada, es pertinente la creación de una cultura respetuosa de los derechos laborales y mejoradora de las actuales condiciones laborales en las áreas de influencia del cultivo. El fortalecimiento del tejido social, así como el mejoramiento de la calidad de vida en el medio rural, a través de la palma de aceite, son posibles.

Alrededor del 5% de la producción mundial de aceite de palma ya se encuentra certificada de acuerdo con los principios y criterios de la RSPO, lo cual significa libertad de acceso a un mercado hoy restringido, pero con mayores posibilidades de negociación. En el caso de México, algunas empresas ya están iniciando este recorrido que podría ser de cuatro o cinco años, pero es el camino indicado para la diferenciación de una actividad que puede ser ambiental y socialmente sostenible.

Bajo las condiciones del trópico, la alta diversidad biológica puede ser un aliado en los sistemas de producción, pero a su vez también representa la posibilidad de que los micro y macro organismos existentes se conviertan en amenazas para la sostenibilidad de los cultivos. La realidad reciente de Latinoamérica muestra como enfermedades tales como la pudrición del cogollo, el anillo rojo, la marchitez letal y el ataque de insectos como el picudo negro (*Rhynchophorus palmarum*) pueden representar una grave amenaza para la agroindustria en tiempos que no superan los cinco años.

En el caso de México, las plagas y enfermedades mencionadas ya se encuentran presentes y si bien aún no han ocasionado daños importantes, se tienen que considerar como elementos estratégicos y así desarrollar o adaptar tecnología e iniciar la investigación para su difusión.

El manejo de plagas y enfermedades empieza con actividades preventivas y que van estrechamente relacionadas con el manejo ambiental y de la diversidad biológica al interior de los cultivos. Lo anterior implica un crecimiento ordenado de las plantaciones y de la agroindustria, en las mejores áreas y respetando la biodiversidad naturalmente establecida.

Por otra parte, resulta pertinente el fortalecimiento de las relaciones a nivel de todos los integrantes participantes en la red de valor de la palma de aceite, en la

búsqueda de mayores niveles de innovación regional para el mayor desarrollo de una industria creciente. Esto necesita de la articulación efectiva de todos los actores involucrados: agroindustria, productores, proveedores, los gobiernos estatales y federales, asesores técnicos, comercializadores, etcétera; y también abordar en conjunto temas económicos, de ordenamiento territorial y las posibilidades de innovación en un ámbito no solo local, sino también, nacional e internacional.

Por último, en México existen todas las posibilidades para el crecimiento de la agroindustria de la palma de aceite: la gente, las tierras, el ambiente y ciertas ventajas económicas. El reto es hacerlo con criterios de sostenibilidad y en concordancia con lo plateado por el MPOB (Malaysian Oil Palm Board), principal centro de investigación y transferencia de tecnología sobre la palma a nivel mundial, cuidando las tres "P": People, Planet and Profit.

Referencias citadas

- AGI-DP (Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores Agroindustrias)
- 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.
- Arias, N.; Obando, O.; Motta, D.; Mosquera, M.; Pedro, G.; Pedro, F.; Álvarez, M.; Betancourt, F.; Díaz, D.; y P. Bernal. 2008. Principios básicos para el establecimiento de una plantación de palma de aceite. (1ª edic.) Editorial Grupo OP Gráficas. Colombia.
- Arias, N.; y J. Beltrán. 2010. Diseño y evaluación del programa de manejo nutricional en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores. Colombia.
- Canavos, G. 1988. Probabilidad y estadística: aplicaciones y métodos. (1ª edic.) Editorial Mc Graw-Hill.
- Castro, W.; Obando, J.; y J. Beltrán. 2011. Diseño y establecimiento de una plantación de palma de aceite. Serie Guías Metodológicas sobre tecnologías de producción en palma de aceite. (1ª edic.) Editorial Javegraf. Colombia.
- Chinchilla, C.; Bulgarell, J.; Castrillo, G.; y A. Salas 1998. Material de desarrollo avanzado en viveros de palma de aceite: crecimiento y producción. ASD Oil Palm Paper Núm. 17: 1-19. Costa Rica.
- Corley, R. and Tinker, P. 2003. The Oil Palm. Fourth Edition. Editorial Blackwell Science. Germany.
- COTEC. 2007. La Persona Protagonista de la Innovación. Fundación COTEC para la Innovación. España.
- Cristancho, J.; Alfonso, O.; y D. Molina. 2012. Revisión de literatura sobre el papel del suelo y la nutrición de plantas en la Pudrición del cogollo de la palma de aceite. *Revista Palmas*. 33 (2): 9-22.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. FAOSTAT. [Internet] Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>.

- Franco, P.; Arias, N.; y J. Beltrán. 2012. Auditoría general en cultivos de palma de aceite en producción. Serie: Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: Guía para facilitadores. (1ª edic.) Editorial Javegraf. Colombia.
- García S., E.I.; Aguilar Á., J.; y R. Bernal M. 2011. La agricultura protegida en Tlaxcala, Méjico: la adopción de innovaciones y el nivel de equipamiento como factores para su categorización. *Teuken Bidikay* 2: 10-11.
- Hernández C., J.M.; Olivera, de los S., A.; Palacios, P.A. 2006. Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. en México. (2ª. edic.) INIFAP. Libro Técnico Núm. 14. México.
- Martínez-González, E.G.; Muñoz-Rodríguez, M.; García-Muñiz, J.G.; Santoyo-Cortés, V.H.; Altamirano-Cárdenas, J.R. y C. Romero-Márquez. 2011. El fomento de la ovinocultura familiar en México mediante subsidios en activos: lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana* 22(2): 367-377.
- MPOB (Malaysian Palm Oil Board). 2013. Economics & industry development division. [Internet] Disponible en: <http://www.mpob.gov.my/en/home>.
- Motta, D.; García, J.; y A. Ayala. 2000. Efecto de la poda en el desempeño fisiológico y productivo de la palma de aceite en la Zona Norte. *Revista Palmas* (Colombia). Número especial. Tomo I: 41-46.
- Munévar M., F.; y P.N. Franco. 1998. Guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). Boletín Técnico Núm. 12. Colombia.
- Muñoz R., M.; Aguilar Á., J.; Rendón M., R; y J.R. Altamirano C. 2007. Análisis de la Dinámica de la Innovación en cadenas agroalimentarias. Universidad Autónoma Chapingo / CIESTAAM / PIIAI. México.
- Muñoz R., M.; Rendón M., R.; Aguilar Á., J.; García M., J.G. y J.R. Altamirano C. 2004. Redes de innovación, un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural. Universidad Autónoma Chapingo / Fundación PRODUCE Michoacán. México. [Internet] Disponible en: <http://www.ciestaam.edu.mx>
- Palacios, P.A.; Ku, N.R.; Estrada V., J.D.; C.M. Tucuch. Cadena agroalimentaria e industrial de Palma de aceite. COFUPRO. Fundación Produce Campeche, A.C. (FUPROCAM). INIFAP. México.

- Prada, F.; Ayala, I.; y W. Delgado. 2012. Efecto de la maduración del fruto en el contenido y composición química de aceite de tres materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) cultivados en Colombia. *Revista Palmas*. 33 (2): 25-38.
- Rankine, R.; y T. Fairhurst. 2008. Guía de Campo. Serie Palma Aceitera Vol. 3: Fase Madura. INPOFOS Ecuador.
- Rey, I.; Ayala, I.; Gómez, P.; y R. Ruiz. 2006. Selección de palmas de aceite élite en plantaciones comerciales. Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma). Boletín Técnico Núm. 19. (1ª. impresión). Editorial Molher Impresiones. Colombia.
- Romero, M.; Moreno, A.; y F. Munévar. 1999. Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo Colombiano para el cultivo de la palma de aceite. (1ª. edic.) Editorial Litograf. Colombia.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2013. Sistema de información agroalimentaria y de consulta (SIACON). [Internet] Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181&Itemid=426.
- Turner, D. 1988. Oil palm: Diseases and disorders. First edition. Oxford University Press. Kuala Lumpur.

Anexo

Anexo 1. Tasas de adopción de innovaciones (TAI%) en plantaciones de palma de aceite en México, después de la intervención AGI-DP

Innovación ¹	TAI ELB	TAI ELF	Dif Abs ²	Cambio %
a.01. Toma de muestras foliares anuales entre Diciembre y Marzo para análisis de laboratorio	1.33	6.37	5.04	379.12
a.02. Toma de muestras de suelo entre Diciembre y Marzo para análisis de laboratorio	2.21	29.21	27.00	1218.99
a.03. Aplicación de abonos orgánicos	7.97	11.61	3.64	45.61
a.04. Fertilización al suelo en dos o más aplicaciones	69.88	74.03	4.15	5.95
b.05. Monitoreo de plagas y enfermedades	35.22	48.94	13.72	38.97
b.06. Efectúa podas sanitarias de acuerdo a la edad de la planta	47.29	66.79	19.50	41.25
b.07. Manejo integrado de plagas y enfermedades	5.98	21.60	15.62	261.17
c.08. Distribución de residuos de cosecha para su incorporación natural al suelo (hoja, raquis)	47.51	73.53	26.02	54.78
c.09. Recolecta embaces de agroquímicos para su depósito y/o destrucción	50.61	66.67	16.06	31.73
c.10. Producción de abonos orgánicos	7.31	16.48	9.17	125.47
c.11. Emplea estrategias de conservación de suelo (coberteras, barreras, residuos de maleza)	10.08	28.34	18.26	181.22
d.12. Plantación con base a diseño acorde (densidad, pendiente, luminosidad)	66.33	73.41	7.07	10.66
d.13. Limpieza de cajetes dos o más veces al año	86.27	92.51	6.24	7.23
d.14. Limpieza de interlineas dos o más veces al año	80.07	87.64	7.57	9.46
d.15. Efectúa podas de mantenimiento	55.15	58.05	2.90	5.26
d.16. Cultivos intercalados	32.56	33.83	1.27	3.91
d.17. Manejo de la plantación en base a Unidades de Manejo Agronómico	4.54	14.23	9.69	213.46
e.18. Cuenta con un calendario de actividades / procesos	4.54	19.98	15.43	339.94
e.19. Registro las prácticas efectuadas (fecha, insumos, práctica)	6.76	42.70	35.94	532.05
e.20. Registro los ingresos y egresos de la unidad de producción	8.42	42.70	34.28	407.30
e.21. Contrata asistencia técnica / consultoría	2.33	4.87	2.54	109.36
e.22. Mapeo de la plantación	0.66	15.36	14.69	2211.05

Innovación ¹	TAI ELB	TAI ELF	Dif Abs ²	Cambio %
e.23. Capacita al personal de campo	5.43	13.61	8.18	150.78
e.24. Censo de producción	1.22	11.49	10.27	842.87
f.25. Efectúa compras consolidadas	28.68	32.96	4.28	14.91
f.26. Efectúa ventas consolidadas con la agroindustria	29.24	34.71	5.47	18.71
f.27. Recibe servicios de manera grupal (asesoría, financiera entre otras)	34.33	52.93	18.60	54.19
f.28. Recibe créditos para el manejo de la plantación	25.47	26.84	1.37	5.38
f.29. Pertenecer a alguna organización económica activa	67.33	64.17	-3.16	-4.70
f.30. Cuenta con un esquema de articulación con la AI de manera grupal	42.64	48.69	6.05	14.20
g.31. Efectúa cosecha considerando criterios de calidad específicos por la agroindustrias	48.95	65.67	16.72	34.16
g.32. La cosecha se efectúa de manera programada para su colecta y venta	50.50	71.04	20.54	40.67
g.33. Utiliza herramienta adecuada para efectuar la cosecha (cuchillo malayo, chuza)	78.29	84.39	6.10	7.79
g.34. Recolecta frutos desgranados	70.76	84.77	14.00	19.79
g.35. Efectúa la cosecha considerando los criterios de madurez del fruto.	67.55	82.77	15.22	22.53
h.36. Conocimiento y explotación eficiente del potencial productivo del cultivo	3.99	6.37	2.38	59.71
h.37. Establecimiento de viveros	1.00	0.12	-0.87	-87.47

¹ a, b, c, d, e, f, g, h: representan la categoría a la cual pertenecen las innovaciones, de esta manera a: Nutrición; b: Sanidad; c. Manejo sostenible de recursos; d: Manejo de la plantación; e: Administración; f. Organización; g. Cosecha y; h. Reproducción y mejoramiento genético.

² Dif. abs: diferencia absoluta entre los indicadores de la ELF y ELB.

Abreviaturas usadas

<i>Abreviatura</i>	<i>Significado</i>
AGI-DP	Agencias de Gestión de la Innovación para el Desarrollo de Proveedores
AI	Agroindustrias
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
EGI	Estrategia de Gestión de la Innovación
ELB	Encuesta de Línea Base
ELF	Encuesta de Línea Final
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FAOSTAT	División de Estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura
InAI	Índice de Adopción de Innovaciones
MPOB	Junta de Aceite de Palma de Malasia
PSP	Prestador de Servicios Profesionales
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
TCMA	Tasa de Crecimiento Medio Anual
TRFF	Toneladas de racimo de fruta fresca
UM	Unidad de muestreo
UMAP	Unidades de manejo de la plantación

Índice de cuadros, figuras y fotografías

Cuadro 1. Producción mundial de palma de aceite	13
Cuadro 2. Comercio mundial de la palma de aceite de 1980 al 2010	14
Cuadro 3. Principales países productores de palma de aceite y rendimientos para 2011	15
Cuadro 4. Precio del aceite de palma de tres países exportadores destacados	18
Cuadro 5. La producción de palma de aceite en México, periodo 2000-2011	20
Cuadro 6. Importancia de la palma de aceite por estado productor para el año 2011.	21
Cuadro 7. Importaciones y exportaciones de los aceites derivados de la palma de aceite en México 2000 – 2010	23
Cuadro 8. Consumo aparente de aceite de palma en México	24
Cuadro 9. Otras características contrastantes de los cuatro suelos encontrados	34
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias por Tukey entre SMD y SBD en las dos profundidades	43
Cuadro 11. Prueba de comparación de medias por Tukey entre los contenidos foliares en SMD y SBD	46
Cuadro 12. Lotes, área, material y año de siembra establecidos en la Finca Montecarlo (antes de 2002)	49
Cuadro 13. Área y porcentaje de dos tipos de suelo en lotes de la Finca Montecarlo	52
Cuadro 14. Conformación de 18 Unidades de Manejo de la Plantación (UMAP) en la finca Montecarlo (2002)	53
Cuadro 15. Escala de valoración tecnológica para plantaciones de palma de aceite	57
Cuadro 16. Evaluación del nivel tecnológico en plantaciones de palma de aceite (en etapa productiva)	94
Cuadro 17. Evaluación del nivel tecnológico de las plantaciones de palma de aceite (nuevas siembras)	95
Cuadro 18. Tipos de agroindustrias extractoras en México	100
Cuadro 19. Parámetros de calidad requeridos en los racimos de fruta fresca	102
Cuadro 20. Catálogo de innovaciones en plantaciones de palma de aceite por categoría	108

Cuadro 21. Perfil de los productores de palma de aceite del sur-sureste de México.	112
Cuadro 22. Perfil de las unidades de producción de palma de aceite del sur-sureste de México	112
Cuadro 23. Comparación del INAI en productores de palma de aceite en México	119
Cuadro 24. Cambio en la adopción de innovaciones (INAI) por categoría, resultado de la intervención bajo el modelo AGI-DP en plantaciones de palma de aceite en México	120
Figura 1. Porcentaje de las exportaciones de aceite de palma de Malasia por país destino en el año 2012	16
Figura 2. Porcentaje de importaciones de aceite de palma a nivel mundial para el año 2010	17
Figura 3. Importaciones de aceite de palma de China por país de origen en el año 2010	17
Figura 4. Estacionalidad de los precios de algunos aceites a través del año en los mercados de Europa noroccidental en 2012	19
Figura 5. Participación estatal en la producción de palma de aceite en México en el año 2011	22
Figura 6. Plano de un área para establecer palma de aceite	30
Figura 7. Mapa de distribución de suelos, de acuerdo con la metodología para la determinación de UMAP	31
Figura 8. Contenidos de arena, limo y arcilla en los cuatro suelos	33
Figura 9. Contenidos de calcio, magnesio y potasio en cuatro suelos	34
Figura 10. Muestreo 6x6 cada seis líneas y cada seis palmas	36
Figura 11. Visualización de la generación de mapas con el uso del software Surfer 6	39
Figura 12. Variabilidad de los valores de Fe (ppm) en los suelos de la finca Montecarlo	45
Figura 13. Distribución de dos suelos en la finca Montecarlo	47
Figura 14. Distribución de los contenidos de materia orgánica en la plantación Montecarlo	48
Figura 15. Visualización de las 18 UMAP conformadas en la Finca Montecarlo	54
Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de la extracción de aceite	99

Figura 17. Canales de comercialización de la palma de aceite	103
Figura 18. Proceso integral de gestión de la innovación	107
Figura 19. Índice de adopción de innovaciones (INAI) en el sur-sureste de México en plantaciones de palma de aceite	117
Figura 20. INAI por categoría en productores de palma de aceite en México, comparación entre ELB y ELF	121
Figura 21. Tasa de adopción de innovaciones (TAI %) en el sur-sureste de México en plantaciones de palma de aceite	123
Figura 22. Principales innovaciones con el mayor incremento porcentual de adopción, en plantaciones de palma de aceite en México, comparación entre ELB y ELF	124
Fotografía 1. Suelo de colinas	32
Fotografía 2. Suelo de zona alta	32
Fotografía 3. Suelo de zona intermedia	32
Fotografía 4. Suelo de zona baja	32
Fotografía 5. Barreno utilizado para el muestreo	37
Fotografía 6. Tipos de suelos encontrados en la plantación Montecarlo	38
Fotografía 7. Calicata con perfil de suelo para su descripción geomorfológica, física y química	58
Fotografía 8. Palma en adecuadas condiciones de drenaje	60
Fotografía 9. Cultivo de palma con cobertura de leguminosa (<i>Pueraria phaseoloides</i>)	61
Fotografía 10. Aplicación de subsoleado	62
Fotografía 11. Palma con cajete limpio	64
Fotografía 12. Palma con calle de cosecha enmalezada	65
Fotografía 13. Palma podada adecuadamente. Dos hojas por debajo del racimo verde	66
Fotografía 14. Palma con exceso de hojas, en este caso es necesaria una poda inmediata	67
Fotografía 15. Adecuada disposición de hojas podadas	68
Fotografía 16. Sitio para la toma de muestra foliar	70
Fotografía 17. Medición del ancho del peciolo para determinación del peso seco foliar	72
Fotografía 18. Proceso de conteo de racimos para estimación de cosecha	73

Fotografía 19. Condiciones de encharcamiento en épocas de lluvias, no aptas para aplicar fertilizantes	74
Fotografía 20. Aplicación de fertilizantes en cantidades excesivas y con alto riesgo de pérdida	75
Fotografía 21. Palma de aceite con identificación del número de hoja	78
Fotografía 22. Erradicación de palma con síntomas de la enfermedad conocida como Anillo rojo	79
Fotografía 23. Cultivo de palma con defoliación superior al 10%, por ataque de insectos plaga	80
Fotografía 24. Palma de aceite con 30 hojas totalmente sanas	81
Fotografía 25. Palma anormal en campo	83
Fotografía 26. Racimo óptimo para la cosecha	84
Fotografía 27. Palmas espontáneas en cultivos adultos	85
Fotografía 28. Vaciadero o punto de acopio de fruto en óptimas condiciones	86
Fotografía 29. Palma con evidencias de haber sido sembrada con una edad mayor a la recomendada	88
Fotografía 30. Palma enterrada, es decir, el bulbo de la palma se encuentra dentro del suelo	91
Fotografía 31. Detección de pudrición de cogollo en palma joven	92

Colección Trópico Húmedo

La palma de aceite (Elaeis guineensis Jacq.):
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 Imprenta Grafitodo,
Antonio Vilchis núm. 19, Colonia Granjas Valle de Guadalupe,
Ecatepec de Morelos, Estado de México, CP. 55270
Tel. 55 4903-1480