

TECNOLOGÍAS DE MECANIZACIÓN DISPONIBLES EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE



FICHA METODOLÓGICA

Contexto	La palma de aceite en Colombia demanda un trabajador cada 6,9 a 11,6 ha para cultivos híbridos OxG y <i>Elaeis guineensis</i> respectivamente. La escasez de mano de obra en regiones productoras incentiva la búsqueda de alternativas que permitan facilitar las labores de campo y optimizar el recurso humano disponible. En este contexto, la mecanización agrícola se presenta como una alternativa que permite incrementar la productividad laboral y calidad de vida de los trabajadores, intensificar la producción, disminuir los costos de producción e incrementar la rentabilidad agrícola. Este documento brinda información relevante para la toma de decisiones sobre la adopción de alternativas de mecanización disponibles hoy en día en cultivos de palma de aceite en Colombia.	
Objetivo	Brindar información relevante sobre alternativas de mecanización para seis procesos de producción en cultivos de palma de aceite.	
Alcance	Se caracterizaron alternativas de mecanización disponibles en cultivos de palma de aceite adultos (mayores a siete años) en la Zona Oriental palmera de Colombia, específicamente en la subzona de Cumaral y Bajo Upía.	
Metodología	Se analizaron las alternativas de mecanización de seis procesos de producción del cultivo (cosecha, labranza, aspersión de productos fitosanitarios, fertilización, manejo de arvenses y mantenimiento) disponibles en 35.583 hectáreas de palma de aceite. Este documento incluye información relevante sobre los rendimientos y costos asociados a las diferentes alternativas disponibles, considerando cinco indicadores que se mencionan a continuación. Para la estimación de los indicadores se consideran las condiciones medias; sin embargo, estas pueden variar en función de múltiples factores.	
Indicadores de productividad laboral	Potencia requerida	Es la cantidad de energía requerida por unidad de tiempo para realizar las labores agrícolas. Generalmente la potencia para las labores mecanizadas provienen de los tractores agrícolas, a excepción de los sistemas auto-propulsados. La unidad de medida se expresa en caballos de fuerza (HP).
	Rendimiento	Capacidad del sistema mecanizado para realizar el trabajo en un determinado tiempo. Se expresa en (ha/jornal) o t RFF/jornal.
	Consumo de combustible	Es la cantidad de combustible empleado para realizar la labor, siendo este un factor determinante para estimar los costos de operación.
	Costo por hora	Es el costo asociado a la adquisición, mantenimiento y operación de las máquinas (mano de obra y combustible) en una hora de uso. Se incluyen los costos asociados a los tractores en el caso de equipos que no sean autopropulsados.
	Costo por t RFF o por hectárea	Se estimó el costo por hectárea y por t RFF (únicamente en el caso de la cosecha), considerando los costos de uso y los rendimientos de las máquinas por hora.

Elaborado por: Arley Zapata*, Elizabeth Ruiz**, Liseth Calvache*, Nolver Arias*, Mauricio Mosquera**, Alexandre Cooman***

* Área de mecanización y procesos, Programa de Agronomía, Cenipalma

** Unidad de Validación de Resultados de Investigación, Cenipalma

*** Dirección general, Cenipalma



CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO



COSECHA

La cosecha de RFF comprende los subprocesos de corte, alce y recolección. En cuanto al corte de RFF se cuentan con alternativas mecanizadas tipo PC70 y PC75, sin embargo están limitadas a cultivos con alturas inferiores a los 5,5 metros. En cuanto al alce y la recolección de RFF se presentan dos alternativas disponibles; la más usada corresponde a los tractores con zorrillos de descarga hidráulica, mientras que los tractores con grabber y zorrillos de descarga hidráulica resultan ser los menos adoptados. El uso del grabber puede incrementar el rendimiento en un 15 % especialmente en temporadas de alta disponibilidad de RFF. Los costos únicamente incluyen el subproceso involucrado, en el caso de la cortadora mecanizada, solo corte; en el caso del tractor + grabber + zorrillo de descarga hidráulica y tractor + zorrillo de descarga hidráulica, únicamente la recolección y transporte de RFF al acopio.

Figura	Alternativa tecnológica	Potencia requerida (HP)	Rendimientos (t RFF/hora)	Consumo de combustible (gal/hora)	Costo (\$/hora)	Costo (\$/t RFF)
A	Cortadora mecanizada	13	1,25	0,03	20.642	16.514
B	Tractor + grabber + zorrillo de descarga hidráulica	44	2,5 - 3,8	0,5	43.069	13.673
C	Tractor + zorrillo de descarga hidráulica	44	1,8 - 3,1	0,64	61.415	25.067



A



B



C

LABRANZA

Existe una gran variedad de alternativas para la labranza de suelos en el cultivo, estos implementos agrícolas tienen mayores requerimientos de potencia, por encima de los 90 HP. Se destaca la adopción de la rastra de discos, la cual es adoptada en el 52 % de las plantaciones. Equipos como el arado subsolador, arado vibratorio de cinceles, Cenitandem, pulidor, rastra de clavo y dren topo presentan una baja adopción, solo en el 4 % de las plantaciones.

Figura	Alternativa tecnológica	Potencia requerida (HP)	Rendimientos (ha/hora)	Consumo de combustible (gal/hora)	Costo (\$/hora)	Costo (\$/ha)
A	Tractor + arado de cincel rígido	120	0,6	5,73	118.920	198.200
B	Tractor + arado de discos	100	1,0	4,78	123.206	123.206
C	Tractor + arado subsolador	120	s.i.	5,85	119.704	s.i.
D	Tractor + arado vibratorio de cinceles	130	s.i.	6,54	127.325	s.i.
E	Tractor + Cenitandem	100	0,6	4,78	91.880	153.133
F	Tractor + pulidor	90	s.i.	4,3	104.615	s.i.
G	Tractor + rastra de discos	100	1,05	4,78	121.893	116.089
H	Tractor + rastra de clavos	100	s.i.	4,78	107.293	s.i.

s.i.: sin información.



A



B



C



D

Tomado de: Soto - Soluciones Agroindustriales

Tomado de: Maquinaria Montana



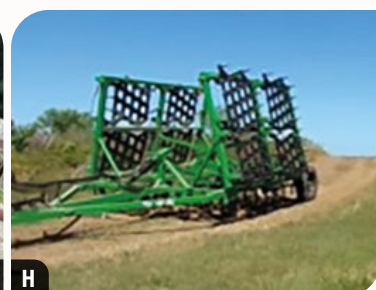
E



F



G



H

ASPERSIONES DE PRODUCTOS SANITARIOS

Existe variedad de equipos para la aplicación de productos fitosanitarios, se deben seleccionar de acuerdo con las especificaciones técnicas, tamaño y tipo de área a tratar; el cultivo y sus condiciones, el tipo de agente que se intervendrá, el tiempo y la mano de obra disponible, la formulación del producto que se aplicará, entre otros. Los atomizadores electrostáticos y los pulverizadores de cañón articulado son adecuados para aplicar en cultivos de diferentes alturas, sin embargo, presentan mayor potencialidad respecto a los otros equipos en palmas mayores a 10 años. Equipos como la bomba de espalda a motor y la semiestacionaria son utilizados generalmente por medianos y pequeños agricultores, debido a que presentan menores costos de inversión, y se usan para asperjar palmas de baja altura con edades menores a 10 años y en pequeños focos, debido a su bajo rendimiento.

Figura	Alternativa tecnológica	Potencia requerida (HP)	Rendimientos (ha/hora)	Consumo de combustible (gal/hora)	Costo (\$/hora)	Costo (\$/ha)
A	Tractor + pulverizador de cañón	45	2,0	1,07	59.744	29.872
B	Bomba de espalda a motor	1,07 - 3,89	1,0	0,13	14.393	14.393
C	Tractor + termonebulizadora	40	3,8	0,41	57.558	15.147
D	Tractor + nebulizadora	40	4,4	0,95	63.035	14.326
E	Tractor + pulverizadora de cañón articulado	70	2,1	1,66	78.588	37.423
F	Tractor + atomizadora electrostática	75	5,0	1,78	158.414	31.683
G	Tractor + semiestacionaria	40	1,25	0,35	61.363	49.090



FERTILIZACIÓN

El equipo mecanizado más adoptado para la labor de fertilización es la voleadora pendular o de disco (39 % de las plantaciones). Sin embargo, existe otra tecnología que presenta mayor rendimiento como la fertilizadora de tasa variada, la cual permite ajustar las dosis de fertilizante a aplicar por sitio específico. Otros equipos han presentado menor adopción, como el esparcidor de materia orgánica y la encaladora. La adopción de equipos como fertilizadoras de tasa variada representan mayores costos por hora de uso; no obstante, los mayores rendimientos asociados a estos equipos permiten reducir el costo por hectárea fertilizada. Adicionalmente, los beneficios potenciales de estos equipos incluyen la posibilidad de cumplir con los programas de fertilización anual en las “ventanas de tiempo” disponibles.

Figura	Alternativa tecnológica	Potencia requerida (HP)	Rendimientos (ha/hora)	Consumo de combustible (gal/hora)	Costo (\$/hora)	Costo (\$/ha)
A	Tractor + fertilizadora tasa variada	60	7,5	2,92	184.612	24.615
B	Tractor + voleadora	75	1,9	3,65	86.038	45.283
C	Tractor + esparcidor	80	1,0	1,9	77.456	77.456
D	Tractor + encaladora	60	2,24	1,43	50.007	22.730



MANEJO DE ARVENSES

Se destaca la adopción de equipos como la guadañadora y el roto speed central (70 % - 78 % de plantaciones con adopción). El 37 % de las guadañadoras son alquiladas, dado que algunas plantaciones prefieren tercerizar dicha labor, lo cual evita procesos asociados con la reparación, mantenimiento y combustible. Por otra parte, para el manejo de arvenses con métodos químicos se encontró que las plantaciones que realizan dicha actividad, lo hacen de manera manual mediante el uso de bombas de espalda. Se evidencia cómo para el manejo de arvenses en el plato de la palma, el roto speed central presenta rendimientos 4,6 veces superiores a la guadañadora.

Figura	Alternativa tecnológica	Potencia requerida (HP)	Rendimientos (ha/hora)	Consumo de combustible (gal/hora)	Costo (\$/hora)	Costo (\$/ha)
A	Guadañadora	1,68	0,28	0,12	14.464	51.657
B	Tractor + rolo	120	1	2,85	92.835	92.835
C	Tractor + roto speed central	60	1,5	1,43	63.978	42.652
D	Tractor + roto speed lateral	60	1,3	1,43	64.359	49.507



MANTENIMIENTO (CANALES DE RIEGO, DRENAJE Y VÍAS)

El mantenimiento del cultivo de palma de aceite es fundamental para asegurar su salud, productividad y sostenibilidad. Incluye diversas actividades como la limpieza y el control de malezas en canales de riego y drenaje, la nivelación del suelo y la construcción y conservación de terraplenes en las líneas del cultivo. Estas acciones contribuyen a maximizar la producción y a mantener un cultivo saludable a lo largo del tiempo. A continuación, se encuentran algunas alternativas disponibles para llevar a cabo estas actividades:

Figura	Alternativa tecnológica	Potencia requerida (HP)	Rendimientos (ha/hora)	Consumo de combustible (gal/hora)	Costo (\$/hora)	Costo (\$/ha)
A	Retroexcavadora	93	1,4	1,69	145.140	100.967
B	Tractor + arado de zanja	90	1,8	4,3	102.177	56.765
C	Tractor + taipa	120	1,8	1,69	85.079	47.266
D	Tractor + dondi	95	s.i.	4,54	137.186	s.i.



Reflexiones

Las alternativas de mecanización disponibles para el cultivo de palma de aceite ofrecen oportunidades para aumentar la eficiencia y la sostenibilidad, mediante la optimización de los factores de producción, incluyendo la mano de obra, los insumos y la tierra. A continuación, se describen algunas claves para lograr el éxito en la adopción y el funcionamiento adecuado de los equipos.

- Selección adecuada:** es preciso encontrar el equipo que maximice la actividad según sus especificaciones técnicas. Esto implica considerar la etapa en la que se encuentra la palma de aceite, las condiciones de suelo, el clima y las ventanas de tiempo para realizar la tarea específica. En este sentido, es clave realizar una selección cuidadosa garantizando que el equipo ejerza mayor impacto en la productividad.
- Adopción efectiva de tecnologías:** la adopción de tecnologías de mecanización no se limita a la adquisición del equipo, implica un proceso integral que va más allá de la compra. Este proceso incluye la adaptación y ajuste del equipo a las condiciones específicas de operación, así como un periodo de aprendizaje para maximizar los rendimientos y beneficios esperados.
- Administración del parque de maquinaria:** la compra o renta de maquinaria agrícola requiere la planificación de las labores, determinación de costos y estandarización de procesos. Es clave medir los indicadores de las labores y proponer mejoras continuas, lo cual garantiza mayor eficiencia. En muchas ocasiones no se obtienen los rendimientos adecuados porque existen fallas en la planificación del proceso.
- Invertir en tecnología:** la decisión sobre la adopción de mecanización debe considerar además de la inversión en la compra de las máquinas, los costos unitarios. Es decir, los rendimientos laborales, pues en ocasiones un mayor rendimiento compensa las inversiones realizadas.
- Capacitación:** la adopción exitosa de nuevas tecnologías requiere capacitación para los empleados. Conocer el funcionamiento y las mejores prácticas garantiza un uso eficiente y seguro de los equipos.
- Estrategias de sostenibilidad:** el uso indiscriminado de la maquinaria en suelos no aptos para la mecanización, puede generar impactos en el largo plazo. Es preciso identificar estrategias que permitan realizar la utilización adecuada de las máquinas sin impactar en los ecosistemas.