

Capítulo 4 Efectividad para el control de arvenses en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) mediante la implementación de tapetes agroecológicos

Chapter 4 Effectiveness of weeds control in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) through the implementation agro-ecological carpets

PÉREZ-LUNA, Yolanda del Carmen†*, ORTEGA-RAMÍREZ, Marynor, SÁNCHEZ-ROQUE, Yazmin y SALDAÑA- TRINIDAD, Sergio

Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Chiapas.

ID 1^{er} Author: *Yolanda del Carmen, Pérez-Luna* / **ORC ID:** 0000-0003-3882-6660, **CVU CONACYT ID:** 206547

ID 1^{er} Coauthor: *Marynor Elena, Ortega-Ramírez* / **ORC ID:** 0000-0002-2551-4054, **Researcher ID Thomson:** S-4732-2018, **CVU CONACYT ID:** 446579

ID 2^{do} Coauthor: *Yazmin, Sánchez-Roque* / **ORC ID:** 0000-0001-8345-2392, **CVU CONACYT ID:** 512026

ID 3^{er} Coauthor: *Sergio, Saldaña-Trinidad* / **ORC ID:** 0000-0002-8073-3209, **CVU CONACYT ID:** 36732

DOI: 10.35429/H.2020.9.50.61

Y. Pérez, M. Ortega, Y. Sánchez y S. Saldaña

yperez@upchiapas.edu.mx

A. Marroquín, J. Olivares, L. Cruz y A. Bautista. (Coord) Biología. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Querétaro, 2020.

Resumen

En la producción de palma aceitera, una de las etapas más críticas es el primer año después del trasplante, debido a la interferencia entre la maleza y el cultivo que reduce el crecimiento de este último. Por lo tanto, para evaluar la viabilidad del control de malezas en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) mediante la implementación de tapetes agroecológicos se establecieron dos tratamientos (con tapete y sin tapete) con 6 repeticiones cada tratamiento, en el rancho "Agua" Bendita "ubicado en Palenque, Chiapas. Al inicio del experimento y después de 120 días de la colocación de las tapetes, se evaluaron las siguientes variables: número de hojas, área de la copa, largo promedio del espinazo, altura de la planta, circunferencia del tallo; así como el inventario inicial de malezas. Todas las variables agronómicas fueron evaluadas desde el inicio del experimento. Las malezas más abundantes identificadas al final del estudio fueron: *Cynodon nlemfluensis* Vanderyst., *Panicum maximum* Jacq., *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Amaranthus spinosus* L., *Ipomoea purpurea* (L.) Roth., *Portulaca oleracea* L. y *Priva spp.* L. Al evaluar la efectividad del control de malezas generadas por el agroecológico ical tapetes, un análisis ANOVA mostró que el tratamiento con tapetes obtuvo diferencias altamente significativas con respecto al tratamiento sin tapetes, con un control de malezas al 100% al dejar las tapetes en la plantación. Cuando se compararon las medias de las variables agronómicas, se formaron 2 grupos homogéneos, el mejor grupo consistió en el control de malezas al 100% con tapetes. Para las variables altura, área de copa y porcentaje de control de malezas, hubo diferencias altamente significativas, mientras que para la circunferencia del tallo, la longitud de la espina y el número de hojas no hubo diferencias significativas. Los coeficientes de variación son menores al 25%, lo que indica que el diseño utilizado fue adecuado y las variables de relación media a alta están correlacionadas. Por lo tanto, se concluye que las tapetes son una metodología viable para el control de malezas. Se recomienda continuar con las evaluaciones hasta que las palmas estén en producción, a fin de determinar sus correlaciones con la productividad de las palmas; además de verificar los efectos de las tapetes en el desarrollo de la palma aceitera a largo plazo.

Control de arvenses, Neumáticos de desecho, Tapete agroecológico

Abstract

In oil palm production, one of the most critical stages is the first year after the transplant, due to the interference between the weeds and the crop that reduces the growth of the latter. Therefore, to evaluate the viability of control of weeds in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) By implementing agroecological carpets two treatments were established (with carpet and without carpet) with 6 repetitions each treatment, in the ranch "Agua" Bendita "located in Palenque, Chiapas. At the beginning of the experiment and after 120 days after the placement of the carpets, the following variables were evaluated: number of leaves, area of the crown, average length of the spine, height of the plant, stem circumference; as well as the initial inventory of weeds. All the agronomic variables were evaluated from the beginning of the experiment. The most abundant weeds identified at the end of the study were: *Cynodon nlemfluensis* Vanderyst., *Panicum maximum* Jacq., *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, *Amaranthus spinosus* L., *Ipomoea purpurea* (L.) Roth., *Portulaca oleracea* L. and *Priva spp.* L. When evaluating the effectiveness of the control of weeds generated by the agroecological carpets, an ANOVA analysis showed that the treatment with carpets obtained highly significant differences with respect to the treatment without carpets, with a control of weeds at 100% when leaving the carpets in the plantation. When the means of the agronomic variables were compared, 2 homogeneous groups were formed, the best group consisted of 100% weed control with carpets. For the variables height, crown area and percentage of control of weeds, there were highly significant differences, while for the stem circumference, the length of the spine and the number of leaves there were no significant differences. The coefficients of variation are less than 25%, which indicates that the design used was adequate and the variables of medium to high relationship are correlated. Therefore, it is concluded that carpets are a feasible methodology for weed control. It is recommended to continue with the evaluations until the palms are in production, in order to determine their correlations with the productivity of the palms; besides verifying the effects of the carpets in the development of the oil palm in the long term.

Weed control, Waste tires, Agroecological mat

4. Introducción

La Agroecología busca la aplicación de conceptos y principios ecológicos que permitan diseñar agroecosistemas sustentables, en los cuales se minimice la dependencia de agroquímicos principalmente y se promueva el desarrollo de una agricultura autosuficiente y sustentable, que a partir de alternativas novedosas los agroecosistemas sean productivos pero que a su vez conserven los recursos naturales con los que cuentan.

El desarrollo de arvenses en el cultivo de palma de aceite es un problema que genera altos costos por la aplicación de herbicidas y otros productos para detener el desarrollo de éstas, aunado al efecto que esto tiene sobre el ambiente y la salud de los mismos productores (Busi, 2014). Actualmente se requiere determinar metodologías que permitan un manejo eficiente de las arvenses. La palma tiene un sistema radicular bastante superficial; lo que facilita una alta producción de arvenses como por ende el uso desmedido de agroquímicos, por tal motivo en un radio de 2 a 2,5 m debe permanecer limpio. Durante los primeros 4 años de crecimiento, las arvenses producen un daño directo a la palma por competencia y alelopatía. Si no se controlan, el efecto negativo de las arvenses se manifestará en la futura productividad del cultivo (FAO, 1987; Edwards *et al.* 2014; Nusaibah *et al.* 2016).

De acuerdo a las referencias para el cultivo de palma de aceite, según el paquete tecnológico del INIFAP (2014), con 150 plantas/ha para el año 1, para la conversión de potrero y una pequeña extensión de bosque secundario, el costo de control de arvenses es de 3,680 pesos mexicanos; lo que representa el 27,49 % del costo de producción de la inversión inicial en establecimiento y se debe realizar mantenimiento hasta el año 5 o al cierre de copas. Dentro de este contexto, resulta imperante buscar estrategias que permitan una disminución real de los costos de producción y en especial del control de arvenses en el establecimiento y mantenimiento de palma de aceite, en los primeros años.

Por otra parte, el mal manejo de neumáticos de desecho representa una problemática en la zona de estudio, asociado a los problemas en la recolección y la falta de lugares adecuados y autorizados para su acopio (Horner *et al.* 1996; Smolders *et al.* 2002). Lo anterior puede significar un riesgo para la salud humana y para el medio ambiente.

Ante la necesidad de mitigar el problema ambiental que implica las llantas de desecho y la necesidad de incrementar la producción de palma de aceite, empresas como Productores la Buena Tierra SPR DE RL y el CONACYT en su Programa de Estímulos a la Innovación (PEI-232353), desarrollaron un proyecto innovador relacionado con el diseño de un prototipo de tapete agroecológico para el control de arvenses en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en la región selva en Chiapas. Este tapete agroecológico es un dispositivo elaborado a partir de neumáticos de desecho, que evita la proliferación de arvenses en plántulas en crecimiento que, por ende, son susceptibles de invasión de otras plantas con las que compiten por nutrientes y por luz solar; el tapete es circular y consta de un diámetro variable que se adapta al crecimiento del cultivo, dicho tapete es resistente a las condiciones climáticas diversas y a las condiciones de manejo rudo. Por lo que se espera que mediante la implementación de este tapete disminuyan los costos de producción por control de arvenses y el uso de agroquímicos, además de beneficiar el uso de recursos en otros procesos tales como la fertilización y control de roedores (Oterocolina *et al.* 2016). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar la efectividad de implementar tapetes agroecológicos para alcanzar una reducción significativa de arvenses que compiten con el desarrollo y productividad del cultivo de palma de aceite.

4.1 Materiales y métodos

4.2 Sitio de estudio

El ensayo fue establecido en el Rancho Agua Bendita, en Palenque Chiapas, propiedad de Productores La Buena Tierra, productor de palma de aceite. El clima es cálido húmedo, con una media de temperatura anual de 26 °C, la precipitación pluvial es de 2,762.9 mm al año, los vientos dominantes son del "norte", especialmente en el invierno. La vegetación predominante corresponde a Bosque de Latifoliadas Siempreverde, 17.73497 de latitud y -92.10086 de longitud, con altitud < 200 msnm. La Hidrografía por las características del terreno semi montañoso y el clima de la zona, los recursos hidrológicos son abundantes, en los alrededores de Palenque corren los ríos Usumacinta, Chamacax, Chancalá, Chocoljaito, Bascán, Michol, San Simón, Trapiche.

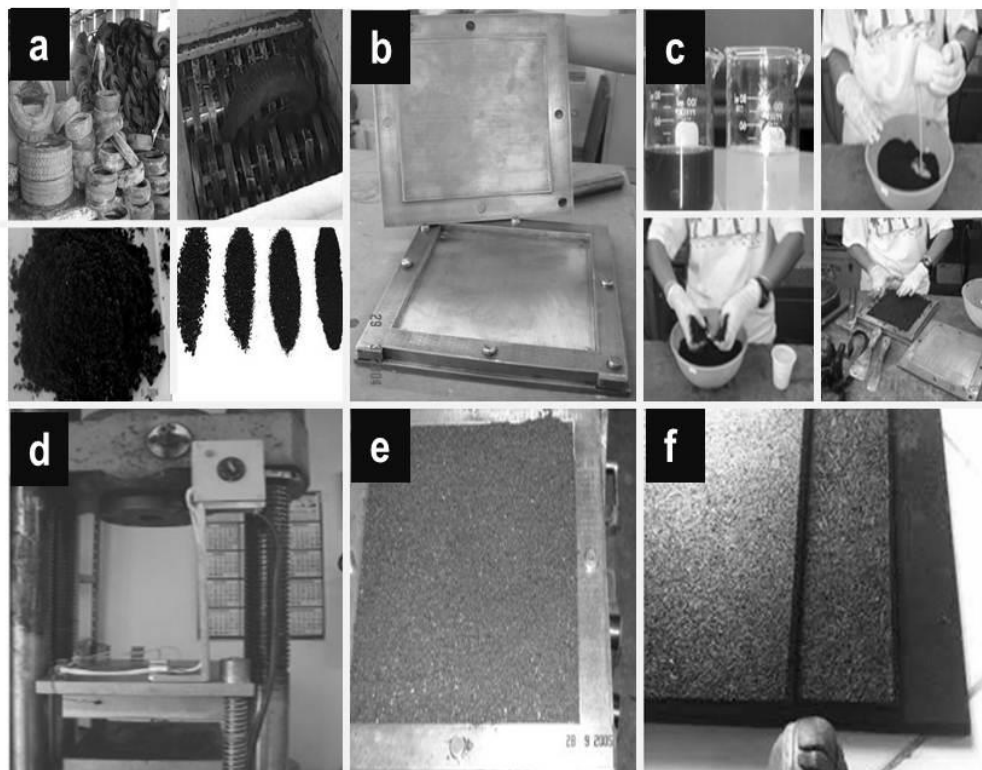
La diversidad de la flora contempla recursos madereros como ceiba (*Ceiba pentandra*), cedro (*Cedrus*), caoba (*Swietenia macrophylla*), chicozapote (*Manilkara zapota*), así como guarumbo (*Cecropia peltata*), hule (*Ficus elastica*), jimba (*Olmeca recta*), capulín (*Prunus salicifolia*), calaguaste (*Prunus salicifolia*), coralillo (*Hamelia patens*), pasaque (*Simarouba glauca* DC.) y guayacán (*Porlieria chilensis*). La fauna también es variada, se puede encontrar jabalí, armadillo, mapache, tortuga plana, tortuga cocodrilo, puercoespín, coatí (tejón), tlacuache (zarigüeya), venado cabrito, iguana de ribera, boa, coralillo y zopilote rey, así como aves como colibrí, chachalacas, guacamayas y algunos tucanes, aunque una de las especies más emblemáticas es el saraguato (*Alouatta palliata*, Gray 1849) o mono aullador. El rancho está en suelos predominantemente Arenosoles, específicamente arenosol Cámbico por lo que se adapta a gran variedad de cultivos y pastoreo (INEGI, 2016).

4.3 Diseño del tapete agroecológico

Inicialmente los tapetes diseñados fueron cuadrados con dimensión de 1 m², con apertura cilíndrica de una sola dimensión, debido a la rigidez de la materia prima con la que fueron elaborados, esto permitió probar su resistencia por efectos de temperatura y para la elaboración del tapete a partir de la llanta reciclada de acuerdo a la metodología establecida por Rodrigues y Ferreira (2010). Posteriormente, los tapetes fueron rediseñados con una metodología modificada descrita por Pagliuso (2008) para la elaboración de láminas a partir de llantas recicladas.

Para la elaboración de estas láminas se utilizó resina de poliuretano derivada del aceite de ricino y caucho, de forma manual (Figura 4.1). Con los dos constituyentes de la resina de poliuretano (poliol prepolímero), a una relación de resina de PU/caucho 18% (m/m), respectivamente. Para la producción del material compuesto, fue necesario calentar los moldes a 100 °C, para permitir la reducción del tiempo de polimerización de la resina. El material fue desarrollado por el Grupo de Tecnología de Polímeros del Instituto de Química de São Carlos-USP. Se utilizó la resina de poliuretano derivado de aceite de ricino, ya que es un producto obtenido a partir de recursos naturales y renovables. Finalmente se obtuvo un tapete con un obturador central, que se puede abrir en la medida que crece la palma, lo que permite su uso por al menos 5 años. Se estima que dichos tapetes podrán tener una vida útil de 10 a 20 años por estar compuestos por polietileno. Las dimensiones de este tapete fueron de 80 cm de radio (Figura 4.2).

Figura 4.1 Elaboración de las placas de caucho utilizado para el diseño del tapete. 1a: Mezcla de partículas de caucho con la resina de PU; 1b: Placas de acero para dar forma; 1c: Relleno de la forma con la mezcla generada previamente; 1d: Calentamiento y presión en el dispositivo de formación de las placas de caucho; 1e: Verificación de homogeneidad de la placa; 1f: Producto final.



El diseño del tapete permite un control de maleza en el cajete del 100% , manteniendo la humedad y facilitando el manejo agronómico de la palma hasta el cierre de copas e inicio de etapa productiva, disminuyendo notablemente el uso de agroquímicos y mano de obra para labores de control de malezas. De igual forma permite que éste se adapte al crecimiento de la planta y brinda otras ventajas en etapa productiva como la colecta de los frutos que al madurar caen al suelo, es de fácil instalación y puede ser reusado en otra plantación por años.

Es importante señalar que en esta primera etapa, el tapete se pudo instalar operativamente en plantaciones con excelentes resultados, con el seguimiento y análisis que ha permitido adicionar accesorios que favorecen, entre otras cosas , el funcionamiento operativo del diseño del tapete.

4.4 Evaluación de variables agronómicas

El registro y evaluación de las variables se realizó al comienzo del experimento y luego de 120 días tras la colocación de los tapetes; las variables fueron: longitud del raquis (LR), distancia medida en metros desde la base de las espigas hasta el ápice del raquis (Figura 3); número de hojas (NH), para la obtención de este dato se marcó la hoja fotosintéticamente más joven del número 1 en adelante; altura de la palma (A) se realizó la medición desde el suelo hasta el doblar de la hoja bandera; área de copa (AC) se refiere al área que ocupa la copa de la palma en el suelo; circunferencia del tronco (CT) se realizó la medición del centro a la tangente del tronco (Ayala 2000; Noh *et al.* 2014).

Figura 4.2 Diseño final del tapete agroecológico con registro industrial y solicitud de patente (PI 0600993).

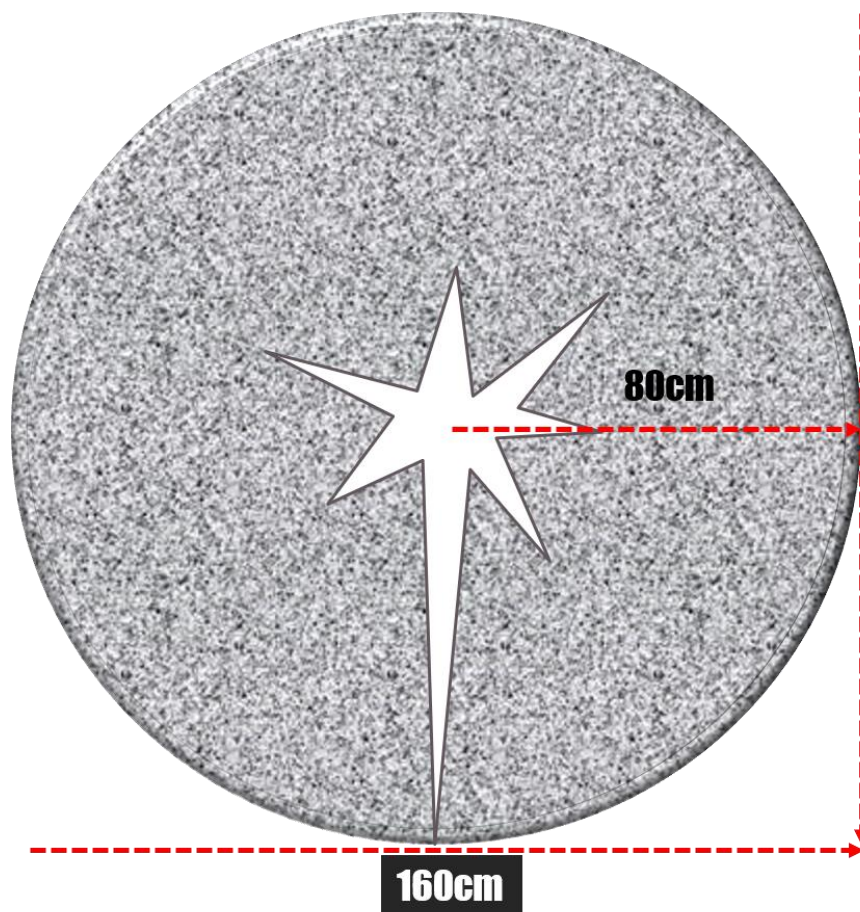


Figura 4.3 Vista de los dos diferentes tratamientos con plantas de palma de aceite. 1a: Palma sin tapete; 1b: Palma con tapete.



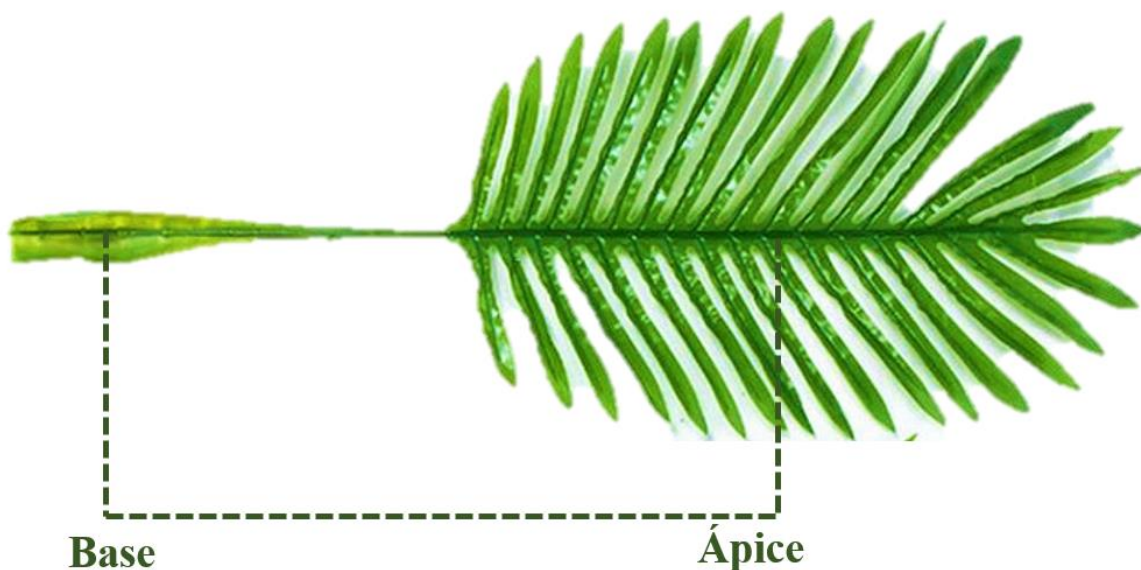
4.5 Identificación de arvenses

El muestreo se realizó en la superficie de cultivo disponible por palma de aceite, para ello se establecieron una serie de puntos aleatorios para recoger las arvenses predominantes en un área de $2,5 \text{ m}^2$ de acuerdo a la metodología establecida por De Egea et al. 2016, lo que permite la cuantificación porcentual de las especies. La recopilación de datos incluyó la recolección aleatoria de especímenes de plantas, la georreferenciación de los registros, la identificación de especímenes y la resolución taxonómica. Siempre que fue posible, los especímenes se recogieron en cuadruplicado. Los conjuntos de muestras originales se consultaron e identificaron en bases de datos en línea tales como los herbarios TROPICOS (2016), y 'MEXU' (Herbario Nacional de México de la Universidad Nacional Autónoma de México); así también en el ITIS Report (*Integrated Taxonomic Information System*), en la base de datos GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*) e identificados con el código de barra del herbario NYBG (*New York Botanical Garden*).

4.6 Diseño experimental y análisis estadísticos

El primer diseño de tapete construido a escala real fue colocado en plantaciones de palma de aceite de 2 años de establecidas, se consideraron 2 tratamientos con 6 repeticiones cada uno siendo estos Ta= Testigo (tratamiento sin tapete) y Tb = Tratamiento con tapete. Se consideraron como unidad experimental cada una de las plantas de palma con un área de control de $2,5 \text{ m}^2$, de manera que se tomaron en cuenta un solo individuo (palma) por parcela o repetición (Figura 4). Al inicio del experimento dicha área se encontraba limpia y libre de arvenses por lo que el día 1 como control inicial es cero presencias de estructura vegetal.

Figura 4.4 Posición de la toma de datos para determinar longitud de raquis.



Se realizó un análisis de varianza, con el uso del programa estadístico InfoStat versión 2016 que determinó la significancia para las variables evaluadas con la prueba Tukey ($p < 0.05$) (Elliott et al. 2011). El análisis de la varianza entre tratamientos se realizó vía no paramétrica mediante la Prueba de Kruskal Wallis.

4.7 Resultados

Al inicio de la evaluación las variables agronómicas reportadas para todos los ejemplares evaluados en promedio se presentan en la tabla 1. Para las variables altura, área de copa y porcentaje de control de arvenses se presentaron diferencias altamente significativas, mientras que para la circunferencia del tallo, longitud de raquis y número de hojas no hubo diferencia significativa. Los coeficientes de variación son menores a 25 % lo cual indica que el diseño utilizado fue adecuado y están correlacionadas las variables de mediana a alta proporción.

Tabla 4.1 Evaluación de las variables agronómicas a los 0, 60 y 120 días de evaluación de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) implementando los tapetes agroecológicos.

Periodos de evaluación (Días)	Tratamiento	Altura del tallo (cm)	Circunferencia del tallo (m)	Longitud del raquis (m)	Número de hojas (Unidad)	Área de copa (m ²)	Control de malezas (%)
0	-	1.9 ^c	1 ^c	1.9 ^c	30 ^c	1.6 ^c	0
60	Ta	2.9 ^b	2.1 ^a	2.8 ^a	40 ^a	2.4 ^b	0 ^b
	Tb	3.8 ^a	2.3 ^a	3.2 ^a	41 ^a	3.2 ^a	100 ^a
120	Ta	9.7 ^b	2.9 ^a	9.3 ^a	62 ^a	3.5 ^a	42 ^b
	Tb	19.2 ^a	3.2 ^a	9.4 ^a	62 ^a	4.6 ^b	100 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes; Grado de significancia: * $p < 0.05$ Diferencias significativas; Ta: Tratamiento sin tapete; Tb: Tratamiento con tapete

Al evaluar la efectividad en el control de arvenses generado por el tapete agroecológico (Tabla I), se muestra cómo el tratamiento con tapete presentó diferencias altamente significativas respecto al tratamiento sin tapete, con un control de arvenses del 100 %. Los resultados de porcentaje de control de arvenses es 0 ó 100. Al realizar la comparación de medias (Tabla 1) se obtuvo 2 grupos homogéneos, donde el mejor grupo estuvo constituido por el control de arvenses con tapete con una media del 100%.

En la figura 4.4 se observa el control realizado con tapete y sin tapete.

En cuanto a las variables de medidas de crecimiento de la palma de aceite, se obtuvieron diferencias altamente significativas en relación al control de arvenses, medidos durante 120 días de haber sido colocados los tapetes. Al tratarse de palmas muy jóvenes, de solo 2 años de plantación, las variables medidas evaluadas demostraron la importancia del control de arvenses en la eficiencia y productividad de la palma de aceite (Tabla 1). Así mismo, en la figura 5 se puede observar gráficamente el comportamiento y distribución de las variables evaluadas durante el ensayo; la presencia del tapete agroecológico favorece el desarrollo de la planta, con respecto a número de hojas, altura, longitud del raquis, circunferencia del tallo y área de la copa se observan diferencias estadísticamente significativas del tratamiento con tapete con respecto a donde éste no fue colocado, demostrando la efectividad del mismo para reducir la competencia que pueden ejercer las malezas sobre el desarrollo de la palma de aceite.

Para verificar si existe correlación entre el porcentaje de control de arvenses y las variables medidas se realizó el análisis de correlación de Pearson. En la tabla 2 se muestran sus coeficientes / probabilidades. Se observa que existe una alta correlación para todas las variables agronómicas, excepto para circunferencia del tallo con respecto a número de hojas y altura, con el control de arvenses. También se encontró correlación entre altura con longitud de raquis y ésta a su vez con circunferencia del tallo.

Figura 4.5 Comportamiento de las variables evaluadas durante el ensayo. 5a: Número de hojas; 5b: Altura; 5c: Longitud de raquis; 5d: Circunferencia de tallo; 5e: Área de copa

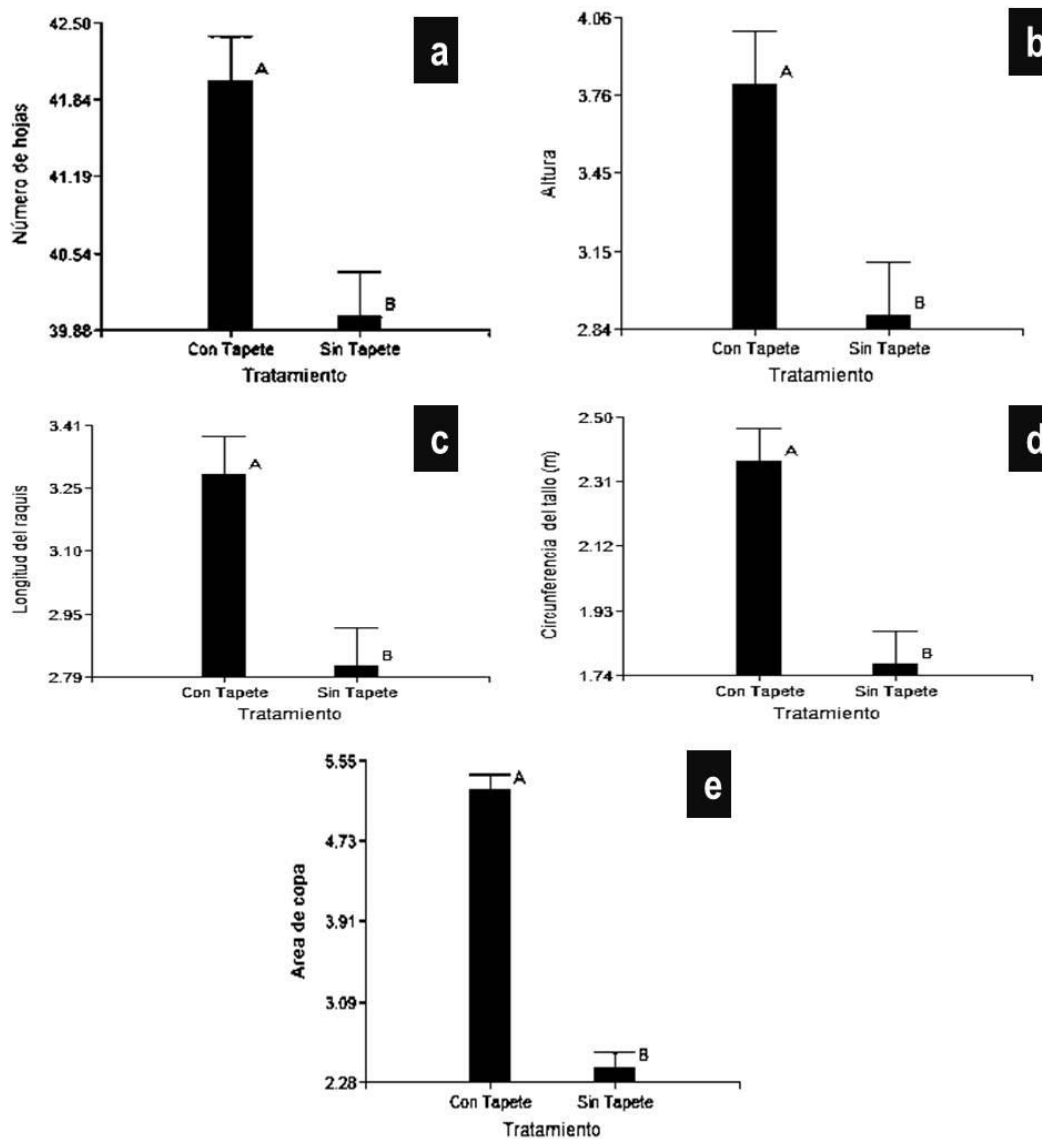


Tabla 4.2 Correlación de Pearson, coeficientes/probabilidades de las variables medidas.

	Control de malezas (%)	Área de copa (m ²)	Número de hojas (Unidad)	Altura (cm)	Longitud del raquis (cm)	Circunferencia del tallo (cm)
Control de malezas (%)	1	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Área de copa (m ²)	0,95	1	0,00	0,01	0,01	0,00
Número de hojas (Unidad)	0,66	0,63	1	0,06	0,03	0,18
Altura (cm)	0,59	0,54	0,43	1	0,03	0,17
Longitud del raquis (cm)	0,65	0,58	0,49	0,48	1	0,02
Circunferencia del tallo (cm)	0,73	0,73	0,31	0,32	0,52	1

4.8 Identificación de arvenses

En función de la identificación de arvenses se localizaron un total de 25 especies clasificadas en gramíneas y arvenses de hojas anchas. Estas fueron observadas e identificadas de forma taxonómica con los códigos de barra del herbario NYBG (New York Botanical Garden) el cual se observa en la tabla 3.

Las arvenses gramíneas más abundantes fueron *Cynodon nlemfluentis* Vanderyst., *Panicum maximum* Jacq., *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, y de hojas anchas *Amaranthus spinosus* L., *Ipomoea purpurea* (L.) Roth., *Portulaca oleracea* L. and *Priva spp.* L. Ambos grupos se encuentran presentes en el área evaluada así como en los tratamientos considerados.

4.9 Discusión

La FAO (2016) señala que los cultivos oleaginosos, al igual que todas las plantas cultivables, sufren de la presencia de las arvenses, cuya competencia con el cultivo por la humedad, los nutrientes y el espacio puede ser intensa. Los cultivos anuales y los árboles jóvenes son más sensibles a la competencia de las arvenses que los árboles maduros. La competencia de las arvenses es mayor a una edad temprana del cultivo, por lo que las medidas de control tienen que estar dirigidas a mantener condiciones aceptables de desyerbe hasta que el cultivo sea capaz de competir efectivamente con las arvenses (Corley *et al.* 1971; 2009; Abram *et al.* 2016).

Según la FAO (1987) existen arvenses más agresivas que otras, algunas con una emergencia temprana, debido a que el ataque de las arvenses se produce a través de procesos de desarrollo desencadenados por la quimiodetección de la planta huésped. Las semillas de esas especies de malas hierbas permanecen latentes en el suelo hasta que la germinación se desencadena por los exudados de la raíz del huésped con los objetivos de extraer nutrientes destinados al crecimiento y producción de biomasa aérea (Fernández-Aparicio *et al.* 2016a). Algunas arvenses de tipo fotosintético C4, otras C3, así también aquellas que basan su mecanismo en la promoción de la germinación suicida debido a la introducción de interferencia aleloquímica, estrategias para conectarse con el sistema vascular del cultivo de importancia, generando la inhibición biótica o abiótica del crecimiento de la radícula, debido a la superposición física y metabólica de la arvense (Fernández-Aparicio *et al.* 2016b). Aguilera *et al.* (2015a) demostraron el efecto alelopático que ejerce *Acacia dealbata* Link como una estrategia para promover su proceso de invasión, mientras que las plantas que buscan crecer bajo su dosel sobreviven con dificultad o no tienen éxito. Este efecto alelopático se debe a compuestos químicos no volátiles poco conocidos; en este sentido Aguilera *et al.* (2015b) estudia el potencial alelopático de esta planta analizando extractos acuosos de diferentes materiales vegetales de la misma y su efecto sobre la germinación y el crecimiento temprano de plántulas de *Lactuca sativa* L. y encuentran que los compuestos químicos presentes redujeron significativamente el hipocótilo y longitud radicular de *L. sativa*, por lo que concluyen que *A. dealbata* ejerce su potencial alelopático a lo largo de su ciclo fenológico; así mismo, se presentan cambios morfológicos y daños a nivel radicular lo que representa una amenaza para el crecimiento y supervivencia de especies receptoras (Aguilera *et al.*, 2015c).

Tabla 4.3 Nombre científico de las malezas existentes en el rancho Agua Bendita, Palenque Chiapas, con sus respectivos números de identificación en el herbario virtual New York Botanical Garden (NYBG) en comparación con la efectividad de otros tratamientos para disminuir la biomasa de malezas.

Tratamiento		N.	Gramíneas	Código de barra del herbario NYBG	N.	Hojas anchas	Código de barra del herbario NYBG	Efectividad 100%
Tapetes ecológicos Ortega-Ramírez et al. (2017)	Palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i>)	1	<i>Chloris radiata</i> (L.) Sw.	01044449	1	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	1070569	
		2	<i>Cynodon nlemfluentis</i> Vanderyst.	01044507	2	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	00837876	
		3	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> Roth in Rosen & Schult	1696593	3	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	1015184	
		4	<i>Echinochloa indica</i> (L.) Gaertn.	02708113	4	<i>Cyperus tenuiflorus</i> (L.) Nicolson & C.E. Jarvis	621723	
		5	<i>Lactuca p. Beauv.</i>	02065947	5	<i>Commisura diffusa</i> Bunn F.	1503948	
		6	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	01132319	6	<i>Cleome viscosa</i> L.	195999	
		7	<i>Pennisetum purpureum</i> Schumacher	00896163	7	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	1697292	
		8	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	365672	8	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	1697292	
					9	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	1697292	
					10	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	02549781	
					11	<i>Portulaca oleracea</i> L.	00859337	
					12	<i>Priva spp.</i> L.	01095806	
					13	<i>Sida acuta</i> Willd.	1042236	
					14	<i>Sida acuta</i> Willd.	1042236	
					15	<i>Sida acuta</i> Willd.	1042236	
					16	<i>Liriodendron chinense</i> Schott	498120	
					17	<i>Liriodendron chinense</i> Schott	498120	
Uso de aleloquímicos como método alternativo Canaña et al. (2013)	Cultivo libre de malezas	1	<i>Echinochloa indica</i> (L.) Gaertn.	02708113	-	-	-	90% en la emergencia (EM 90), peso fresco (FW 90.), la longitud del disparo (SL 90) y la longitud de la raíz (RL 90)
Uso de glufosinato, un herbicida de post-emergencia Jalaludin et al. (2017); Saito (2010)	Cultivo libre de malezas	1	<i>Echinochloa indica</i> (L.) Gaertn.	02708113	1	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	1697292	44% a 47% del herbicida transferido fuera de la hoja tratada 24 horas después de la siembra

De acuerdo a lo antes mencionado se determinó que las palmas con tapete presentan mayores índices de crecimiento en relación con el tratamiento que no posee tapete. Este fenómeno también fue identificado por Donoso et al. (2007) al concluir que una alta cobertura de arvenses incide en la disminución del crecimiento del cultivo; sin embargo, comprobó la utilidad de usar un fertilizante en concentraciones intermedias que le provee a las arvenses los nutrientes requeridos para no obtenerlos del cultivo de interés. Así también Kogan & Figueroa, (1999) demostró un control de arvenses durante el segundo año de crecimiento de *Pinus radiata* con lo que se logra una disminución de la biomasa hasta en un 65 %.

Por otro lado, a través del presente trabajo de investigación se demostró que al suprimir el área radial libre de crecimiento del cultivo permite un efecto positivo sobre la altura del tallo, área de copa y control de arvenses, tal como lo demostró Saito (2010) quien evaluó las correlaciones entre el rendimiento de arroz bajo condiciones libres de arvenses, por lo que la biomasa de éstas varió en función del nivel de supresión del área por el cultivo, demostrando altos rendimientos de las arvenses en condiciones libres o por una fuerte competencia de la arvense (*Cyperus* spp., *Echinochloa* spp. and *Eleusine indica*) con el cultivo de interés por el terreno o área. Este fenómeno de la relación supresión de área-disminución de arvenses se corrobora también con el trabajo realizado por Singh (2017) al demostrar que el aumento de la competitividad de los cultivos y supresión por el área de crecimiento es uno de los enfoques que podrían integrarse como sistema actual de gestión de arvenses así como elegir cultivares con vigor temprano, ajustar la densidad de siembra son algunos de los enfoques que podrían mejorar la competitividad de los cultivos frente a las arvenses.

De acuerdo a lo antes expuesto el establecimiento de tapetes agroecológicos representa una alternativa viable al control de arvenses erradicando el uso de herbicidas que al mismo tiempo evita el fenómeno de hormesis que puede abonar a la evolución de la resistencia (Belz et al. 2018) por parte de las arvenses hacia el herbicida tal como lo demostró Busi, (2014) quien evaluó los casos de resistencia que se han desarrollado en las principales especies de arvenses en tres sistemas agrícolas diferentes, sin olvidar los beneficios económicos que implica la reducción en costo por la compra de herbicidas. De manera que al evitar la aplicación de agroquímicos para eliminar arvenses, se disminuye la posibilidad de que estas se adapten a esas condiciones y desarrollen ventajas competitivas sobre los cultivos.

4.10 Conclusiones

Se encontró que en los 120 días de evaluación y 24 meses de establecimiento en campo de palma aceitera, los mejores índices en medidas de desarrollo vegetativo se obtuvieron con el uso del tapete para controlar arvenses, lo que demostró la factibilidad de implementar esta innovación en la producción de palma de aceite. El establecimiento del tapete agroecológico representa una alternativa viable para los productores, al prescindir de la aplicación de agroquímicos para controlar las arvenses que compiten con el cultivo por nutrientes, principalmente. El desarrollo de tapetes elaborados con llantas de desecho representa una estrategia sustentable para evitar el daño ambiental que estos pueden generar por su acumulación indebida. De manera que es importante utilizar un manejo de control de arvenses con el uso de tapetes agroecológicos e implementar el uso de coberturas como alternativa en el control de arvenses en la plantación y continuar con el estudio hasta la cosecha para determinar posibles efectos de los tapetes en la productividad de la palma.

4.11 Referencias

- Abram, N; Xofis, K; Tzanopoulos, P; Macmillan, J; Ancrenaz, DC; Chung M; Ambu, L. (2014). Synergies for improving oil palm production and forest conservation in floodplain landscapes. *PloS one* 9(6): e95388.
- Ashraf, M; Yasmin, H. (1991). Differential waterlogging tolerance in three grasses of contrasting habitats: *Aeluropus lagopoides* (L.) Trin., *Cynodon dactylon* (L.) Pers. and *Leptochloa fusca* (L.) Kunth. *Environmental and experimental botany* 31(4): 437-445.
- Ayala, IM; Gómez, PL. (2000). Identificación de variables morfológicas y fisiológicas asociadas con el rendimiento en materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Palmas* 21: 10-21.

- Belz, RG; Farooq, MB; Wagner, J. (2018). Does selective hormesis impact herbicide resistance evolution in weeds? ACCase-resistant populations of *Alopecurus myosuroides* Huds. as a case study. *Pest management science*.
- Busi, R. (2014). Resistance to herbicides inhibiting the biosynthesis of very-long-chain fatty acids. *Pest management science* 70(9): 1378-1384.
- Cayón, DG. (1999). Apuntes sobre fisiología del crecimiento y desarrollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Palmas* 20(3): 43-54.
- Chuah, T; Tan S, PK; Ismail, BS. (2013). Effects of adjuvants and soil microbes on the phytotoxic activity of coumarin in combination with p-vanillin on goosegrass (*Eleusine indica* L.) seedling emergence and growth. *South African journal of botany* 84: 128-133.
- Corley, RHV; Gray BS; Kee, NS. (1971). Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaysia. *Experimental Agriculture* 7(02): 129-136.
- Corley, RHV; Celis, A; Luis, A; Sharofah, SS; Ferreira, LGR; Dos Santos, JV; Bastidas, P. (2009). La palma de aceite. In v. 31, no. Especial Tomo I (2010), p 278-290 (No. CD-0570). Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma [Colombia].
- De Egea, J; Mereles, F; Pena-Chocarro, MC; Céspedes, G. (2016). Checklist for the crop weeds of Paraguay. *PhytoKeys* (73): 13.
- Edwards, FA; Edwards, DP; Sloan, S; Hamer, KC. (2014). Sustainable management in crop monocultures: the impact of retaining forest on oil palm yield. *PloS one* 9(3): e91695.
- Donoso, PJ; Gerding, V; Uteau, D; Soto, DP; Thiers, O; Donoso, C. (2007). Efecto de fertilización y cobertura de malezas en el crecimiento inicial y la mortalidad de una plantación de *Nothofagus dombeyi* en la Cordillera de Los Andes. *Bosque (Valdivia)* 28(3): 249-255.
- Elliott, AC; HYNAN, LS. (2011). A SAS® macro implementation of a multiple comparison post hoc test for a Kruskal–Wallis analysis. *Computer methods and programs in biomedicine* 102(1): 75-80.
- FAO. (1987). Manejo de malezas: manual del instructor. Roma, Italia, s.n.t. 160 p.
- FAO. (2016). Manejo de malezas para países en desarrollo. Capítulo 17. Manejo de malezas en oleaginosas y fibras. <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s01.htm>.
- Fernández-Aparicio, M; Masi, M; Maddau, L; Cimmino, A; Evidente, M; Rubiales, D; Evidente, A. (2016). Induction of haustorium development by sphaeropsidones in radicles of the parasitic weeds striga and orobanche. A structure–activity relationship study. *Journal of agricultural and food chemistry* 64(25): 5188-5196.
- Fernández-Aparicio, M; Reboud X; Gibot-Leclerc, S. (2016). Broomrape weeds. Underground mechanisms of parasitism and associated strategies for their control: a review. *Frontiers in plant science*. 7: 135.
- Horner, JM. (1996). Environmental health implications of heavy metal pollution from car tires. *Reviews on environmental health*, 11(4), 175-178.
- Jalaludin A, Yu; Zoellner, Q; Beffa P, RS; Powles, B. (2017). Characterisation of glufosinate resistance mechanisms in *Eleusine indica*. *Pest management science* 73(6): 1091-1100.
- Kogan, M; Figueroa, R. (1999). Interferencia producida por las malezas durante los dos primeros años en *Pinus radiata* D. Don. *Bosque* 20(1): 57-64.

- Noh, A; Rafii MY; Din, AM; Kushairi, A; Norziha, A; Rajanaid, N; Malek, MA. (2014). Variability and performance evaluation of introgressed Nigerian dura x Deli dura oil palm progenies. *Genetics and Molecular Research* 13(2): 2426-2437.
- Nusaibah, SA; Akmar, ASN; Idris, AS; Sariah, M; Pauzi, ZM. (2016). Involvement of metabolites in early defense mechanism of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) against *Ganoderma* disease. *Plant Physiology and Biochemistry* 109: 156-165.
- Otero-Colina, G; González-Gómez, R; Martínez-Bolaños, L; Otero-Prevost, LG; López-Buenfil, JA; Escobedo-Graciamedrano, RM. (2016). Infestation of *Raoiella indica* Hirst (Trombidiformes: Tenuipalpidae) on Host Plants of High Socio-Economic Importance for Tropical America. *Neotropical entomology*: 1-10.
- Pagliuso, RG; Abbud-Filho, M; Alvarenga, MPS; Ferreira-Baptista, MAS; Biselli, JM; Biselli, PM; Pavarino-Bertelli, EC. (2008). Role of glutathione S-transferase polymorphisms and chronic allograft dysfunction. In *Transplantation proceedings* 40 (3): 743-745).
- Pandolfo, CE; Presotto A; Carbonell, FT; Ureta, S; Poverene, M; Cantamutto, M. (2016). Transgenic glyphosate-resistant oilseed rape (*Brassica napus*) as an invasive weed in Argentina: detection, characterization, and control alternatives. *Environmental Science and Pollution Research* 23(23): 24081-24091.
- Rodrigues, MR; Ferreira, OP. (2010). Caracterização de compósitos produzidos com borracha de pneus inservíveis e resina poliuretana. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 11(5): 274-283.
- Saito, K. (2010). Weed pressure level and the correlation between weed competitiveness and rice yield without weed competition: An analysis of empirical data. *Field crops research* 117(1): 1-8.
- Singh, B. (2017). Weed management in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) through weed-crop competition: A review. *Crop protection*.
- Smolders, E; Degryse, F. (2002). Fate and effect of zinc from tire debris in soil. *Environmental science & technology*, 36(17), 3706-3710.