

Inducción de senescencia en palma aceitera *Elaeis guineensis* para renovación (Arecales: Arecaceae) mediante mezclas de herbicidas

Gabriel Garbanzo León

Universidad de Costa Rica, Sede de Guanacaste. Liberia, Guanacaste C.P.50101, jgabriel.garbanzo@gmail.com

Recibido 12-IX-2015 • Corregido 15-I-2016 • Aceptado 08-II-2016

ABSTRACT: Senescence induction in oil palm *Elaeis guineensis* for renewal (Arecales: Arecaceae) through herbicide mixtures. Oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq, is one of the crops with the greater development and expansion at the commercial level, thanks to its high productivity of oilseed and low maintenance costs. The expansion of oil palm is of utmost importance for the agricultural sector and many small and medium producers generate resources that sustain poor rural areas. I evaluated the effect of senescence on palm used for renovation, with various herbicides and mixtures, in Río Claro, Costa Rica. The palms were injected mixtures of Glyphosate (30-40 mL), methyl metsulfuron (10-15 mL), Glyphosate (30 mL) with Plicoran (20 mL), Glyphosate 45 mL, methyl metsulfuron (30 mL), plicloran (40 ml) and MSMA (75 ml). All were mixed with water to a volume of 200 mL and compared with 150 mL of MSMA. The percentage of dry leaves was evaluated using scales of 0, 25, 50, 75 and 100% at 8, 22, 55 and 105 days after application. The experimental design was a randomized complete block with eight treatments and four replications. It was found that the herbicide MSMA had a greater affect at 8 and 22 days compared to all other treatments. However, it had similar effect as mixtures and glyphosate at 55 and 105 daa. On the other hand, the palms had tolerance to Metsulfuron methyl that inhibits the acetolactase synthase enzyme and to Plicoram that affects cell growth at the doses tested. Mixtures with water can reduce up to 50% the MSMA dose in plant death.

Key words: Oil palm, removal, reseeding, inhibitors, MSMA.

RESUMEN: La palma de aceite, *Elaeis guineensis* Jack, es uno de los cultivos de mayor desarrollo y expansión a nivel comercial, debido a su alta productividad oleaginosa y su bajo costo de mantenimiento. La expansión de palma aceitera es de suma importancia para el sector agrícola ya que muchos pequeños y medianos productores generan recursos que sostienen sectores rurales de poco desarrollo a nivel internacional. Se evaluó el efecto de senescencia en palma aceitera para renovación con distintos herbicidas y mezclas en Río Claro, Costa Rica. Se inyectó en las palmas mezclas de Glyphosate (30-40 mL) con Metsulfuron metil (10-15 mL), Glyphosate (30 mL) con Plicoran (20 mL), dosis de 45 ml Glyphosate, metsulfuron metil (30 ml), plicloran (40 ml) y MSMA (75 ml). En todos los casos las dosis fueron aforados a 200 ml con agua y comparados con 150 ml de MSMA. El porcentaje de hojas secas se evaluó usando escalas de 0, 25, 50, 75 y 100 % a los 8, 22, 55 y 105 días después de la aplicación. El diseño experimental fueron bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. El herbicida que tuvo mayor efecto fue MSMA a los 8 y 22 días en comparación con el resto de tratamientos. Sin embargo se obtuvo un efecto similar en las mezclas y Glyphosate a los 55 y 105 días. Las plantas presentaron tolerancia al Metsulfuron metil que inhibe el sitio de acción en la enzima acetolactato sintetasa, caso similar al herbicida Plicoran, que inhibe el crecimiento celular en las respectivas dosis. Las mezclas con agua pueden reducir hasta un 50% la dosis de MSMA en la muerte de plantas.

Palabra claves: Palma de aceite, eliminación, resiembra, inhibidor, MSMA.

La palma de aceite, *Elaeis guineensis* Jack, es uno de los cultivos de mayor desarrollo y expansión a nivel comercial, debido a su alta productividad oleaginosa y su bajo costo de manutención en insumos fitosanitarios en comparación a otros cultivos. La expansión de palma aceitera es de suma importancia para el sector agrícola ya que muchos pequeños y medianos productores generan recursos que sostienen sectores rurales de poco desarrollo a nivel internacional. En Costa Rica se cultivan aproximadamente 60000 ha (CANAPALMA, 2013), a nivel centroamericano se encuentran sembradas y activas

335000 ha (La Nación, 2012), sumándose actualmente una expansión y renovación del cultivo en toda la región.

Muchas de las plantaciones en Costa Rica fueron sembradas en las décadas de los ochenta y noventa, sin embargo, la renovación es parcial por su alto costo de producción. Ortiz y Fernández (2000) mencionaron que la renovación de *E. guineensis* se debe realizar cuando la plantación alcanza entre 25 y 30 años después de la siembra, principalmente por razones económicas, producción y técnicas (Celio, 2000), es decir, cuando las plantas por su altura limitan la cosecha seleccionando mano

de obra muy específica y se presenta una disminución en la productividad (Loh & Mukesh, 1999; Idris, Azman & Chang et al., 2001; Aznab & Mohd, 2002). No obstante, la palma al ser una planta perenne se debe provocar o inducir la senescencia mediante el uso de herbicidas o bien cortas mecánicas, lo cual esta última no es recomendada ya que puede incentivar la producción de plagas (Chinchilla, 1997; Mosquera, Botero & Villegas, 2009).

En la actualidad para eliminar plantas de *E. guineensis* se utilizan herbicidas Metanoarsonato ácido monosódico (MSMA) o comúnmente llamado arboricidas por su efecto y uso en árboles. Se ha encontrado que la dosis de 150 cc del herbicida es eficiente para la eliminación de palmas con problemas de anillo rojo (Chinchilla, 1997; 2010), debido a que estas dosis pueden efectuar una muerte muy rápida eliminando *Bursaphelenchus cocophyllus* por su efecto nematocida y reducir la alimentación de *Rhynchophorus palmarum* que es el vector del nematodo (Aldana, Aldana & Moya, 2011; Calvache, Meneses & Gallozzi, 2011). Sin embargo, el uso de estas dosis para renovación del cultivo causa un alto costo para los productores, debido a que se utiliza dosis altas en concentraciones puras y estas plantas no poseen problemas fitosanitarios.

El uso de herbicidas para eliminación de palmas debe establecerse con los principios fundamentales: una rápida senescencia y evitar la reproducción de plagas en las mismas. Para obtener éxito en provocar senescencia y muerte es deseado inhibir dos funciones fisiológicas a la vez, utilizando los principios de clasificación de herbicidas; el modo de acción definido en la manera en que el herbicida actúa en la planta y el sitio de acción el cuál es la ruta bioquímica sobre la que actúa un herbicida particular en la planta (Cobb, 2010; Plant and soil sciences eLibrary, 2014).

El uso de herbicida Glyphosate y Metsulfuron metil tiene un modo de acción el cual afecta el metabolismo celular, sin embargo, ambos herbicidas poseen dos sitios de acción; el Glyphosate es inhibidor de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintetasa (EPSP) (Arregui, 2008), y el Metsulfuron inhibe la enzima acetolactato sintetasa. Otro herbicida que se utiliza en la eliminación de arvenses y arboles es el picloram, este herbicida afecta el crecimiento celular, lo cual inunda las células con auxinas sintéticas descontrolando el crecimiento celular (Senseman, 2007; Cobb, 2010).

Dada la necesidad de alternativas para la eliminación de palmas a un menor costo y usando criterios agronómicos en el control de arvenses, la presente investigación tiene como objetivo: determinar dosis de herbicidas y mezclas de menor costo para la eliminación

de *E. guineensis* adulta en el proceso de renovación en la zona de Río Claro, Costa Rica.

MÉTODOS

La investigación se llevó cabo en Fincas de palma aceitera (*E. guineensis*), ubicada en el sector de Viquilla 2 en la zona de Río Claro del cantón de Golfito en la zona sur Costa Rica. La finca se encontraba en época de transición de palma adulta y siembras nuevas conocido comúnmente en renovación. Las palmas poseían aproximadamente 22 años de estar plantadas en sitios de siembra definitivos, a una distancia de 9 x 9 m en forma de triángulo equilátero, similarmente homogéneas con una diferencia de altura entre 0,1 y 1,5 metros en algunas plantas.

Los tratamientos fueron seleccionados según los herbicidas utilizados para la eliminación de palmas por los pequeños productores de la zona. Se seleccionaron 4 herbicidas, 3 de estos fueron: Glyphosate 35,6 SL, Metsulfuron metil 60 WG y Plicloram 30,4 SL. El cuarto herbicida correspondió a MSMA 72,0 SL, el cual se utiliza comúnmente para la eliminación de palmas enfermas. Se prepararon dosis creciente de mezclas entre Glyfosato y Metsulfuron, una mezcla de Glyfosato con Plicoram y una dosis correspondiente a cada herbicida por separado. El MSMA fue el testigo comercial, a una dosis de 150 mL de producto comercial por planta (pc.planta^{-1}), esta es la dosis para eliminación de palmas enfermas (Chinchilla, 1997). Simultáneamente se efectuó otro tratamiento de MSMA a 75 mL pc.planta^{-1} , el cual corresponde a un 50% menos de la dosis testigo (Cuadro 1).

Para estandarizar los volúmenes de aplicación de las mezclas y los herbicidas, se aforó a un volumen de 200 mL con agua. El agua presentó niveles altos ($>200 \text{ mg.L}^{-1}$) de carbonato de calcio, esta se redujo mediante la aplicación de sulfato de amonio granular (15 g.L^{-1}) para neutralizar el efecto del calcio en el agua (precipitar CaSO_4). Además, se adicionó un surfactante (1 cc.L^{-1}) para reducir la tensión superficial del agua y generar más superficie de contacto.

Para realizar las inyecciones de los herbicidas, previamente se confeccionó una incisión con una motosierra modelo Husqvarna 317, a una altura de 1 m del nivel de suelo. Posteriormente se aplicaron los respectivos tratamientos de herbicidas a razón de una dosis de 200 ml de caldo dentro de la incisión realizada en las palmas, utilizando un embudo con llave de paso. Estos tratamientos se aplicaron en agosto de 2013.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre la senescencia de las plantas de palma, se usó una escala

CUADRO 1
Herbicidas y mezclas evaluadas en inducción de senescencia

Identidad	Tratamientos Mezclas (mL)	g.i.a. planta ⁻¹ **	Agua (mL)	Total caldo (mL)	Costo Mezcla (\$·ha ⁻¹) ^{φ+}
Testigo	150 MSMA*	108,0	0	150	191
MS50	75 MSMA	54,0	125	200	95
Gly + Met1	30 Glyphosate + 10 Metsulfuron	10,7 + 0,12	160	200	29
Gly + Met2	40 Glyphosate + 15 Metsulfuron	14,2 + 0,18	145	200	39
Gly + Picl2	30 Glyphosate + 20 Picloran	10,7 + 6,1	150	200	49
Gly	45 Glyphosate	16,0	155	200	31
Met	30 Metsulfuron-metil	0,36	170	200	38
Plic	40 Picloran	12,2	160	200	56

***MSMA**: Metanoarsonato ácido monosódico 72.0 SL; **Glyphosate**: N-phosphonomethyl glycine 35,6 SL; **Metsulfuron**: Metsulfuron-metil 60 WG; **Picloran**: 64 g de Acido-4-amino-3,5,6-tricloropiridina + 240 g de 2-(2,4-diclorofenoxi) ácido acético. 30,4 SL. ** **g.i.a** = gramos de ingrediente activo por planta según dosis de tratamiento. $\phi+$ = Costo en dólares de las mezclas por hectárea para una densidad de 144 palmas·ha⁻¹

visual de la siguiente manera: 1 = 0% hojas secas totales; 2 = 25% hojas secas totales; 3 = 50% hojas secas totales; 4 = 75% hojas secas totales; 5 = 100% hojas secas totales. El porcentaje de hojas secas totales se midieron a través del tiempo a los 8, 22, 55, 105 días después de aplicados (dda).

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Cada bloque fue constituido por 96 plantas ubicadas en un sector de 7 hectáreas, de manera que cada parcela fuera representada por 12 plantas. Los bloques fueron ubicados en un sector plano. La variable de hojas secas fue analizada separadamente por fechas de evaluación y para dar respuesta al mejor tratamiento se realizó el cálculo del índice de áreas bajo la curva (ABC). Esta prueba consistió en calcular el área de un trapecio entre dos fechas de evaluación, tomando en cuenta el porcentaje de hojas secas totales en dos tiempos y los días transcurridos entre las evaluaciones. La sumatoria de las áreas determinó el índice de ABC, lo cual mide el efecto de los tratamientos en el tiempo. Los datos fueron analizados mediante la prueba de kruskal-wallis ($\alpha = 0,05$ p.adj), ya que se utiliza para el análisis de datos no paramétricos. Los datos fueron calculados mediante el programa estadístico RStudio versión 0.98.501.

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se muestra el porcentaje de plantas con secado foliar descendente a los 8, 22, 55 y 105 días después de la aplicación (dda). A los 8 dda se observó que en el tratamiento testigo presentó el mayor porcentaje de hojas secas de las plantas y valores similares se determinaron cuando se comparó con el efecto que ejerció la

aplicación de MS50. El tratamiento testigo y MS50 fueron estadísticamente superiores cuando se comparó con los demás tratamientos evaluados, ya que el efecto ocasionado fue un 60% menor en la cantidad de palmas afectadas, siendo estos últimos estadísticamente similares.

La evaluación realizada 22 dda determinó que en los tratamientos Testigo y MS50 presentaron el mayor porcentaje de plantas secas, dichos valores aumentaron en un 4 y 8% cuando se comparó con los valores determinados a los 8 dda (Cuadro 2). El efecto que ejercieron los tratamientos Gly + Met1, Gly + Picl2, Gly, Gly2 + Met2, sobre la muerte de plantas fue estadísticamente similar ($\alpha = 0,05$) y difieren con valores inferiores a los tratamientos Testigo y MS50. Cuando se aplicó los tratamientos Plic y Met se determinó la menor cantidad de hojas secas a los 22 dda y estos valores aumentaron solo un 4 y 14% cuando se comparó con los valores encontrados a los 8 dda.

A los 55 y 105 dda no se determinó diferencia estadística ($\alpha = 0,05$) en el efecto causado por los tratamientos evaluados en el porcentaje foliar seco. Además, cuando se aplicó Plic y Met se determinó el menor porcentaje de hojas secas, y se observó una recuperación de las palmas entre 4 y 13% entre los 55 dda y 105 dda. Los menores valores en el porcentaje de plantas secas se determinaron cuando se aplicó Met, dicho tratamiento fue estadísticamente inferior cuando se comparó con todos los tratamientos evaluados. Los tratamientos Testigo, MS50, Gly + Met1, Gly + Picl2, Gly, Gly2 + Met2 no mostraron diferencia estadística con el porcentaje de hojas secas determinadas a los 55 dda y 105 dda.

El análisis de índice de área bajo la curva mostró el comportamiento de los tratamientos a través del tiempo (Figura 1). Se encontró que el tratamiento Testigo y MS50 ejercieron el mayor efecto de secado foliar de plantas

CUADRO 2
Índice de comparación y porcentaje de muertes de palma adulta por la aplicación de tratamientos

Mezcla	8 dda**		22 dda		55 dda		105 dda	
Testigo	171,6 a*	(92,7)**	172,6 a	(97,9)	130,4 a	(97,9)	126,5 a	(100)
MS 50	165,0 a	(85,4)	161,7 a	(88,5)	118,1 a	(93,7)	110,6 a	(92,7)
Gly + Met 1	90,4 b	(25,0)	95,1b	(44,7)	118,1 a	(93,8)	117,6 a	(96,9)
Gly + Picl2	74,9 bc	(16,6)	80,1bc	(37,5)	112,0 a	(91,6)	120,1 a	(96,9)
Gly	74,6 bc	(17,7)	83,5bc	(38,5)	120,1 a	(93,8)	120,6 a	(97,9)
Gly2 + Met 2	73,9 bc	(16,6)	90,0b	(42,7)	118,1 a	(93,7)	126,5 a	(100)
Plic	64,2 bc	(12,5)	56,7cd	(26,0)	41,1 b	(46,9)	36,9 b	(34,3)
Met	57,2 c	(9,4)	32,1d	(12,5)	14,0 c	(5,2)	13,0 c	(0,1)
P-Value Shapiro-wilk**	1,837 X 10 ⁻¹⁴		5,241 X 10 ⁻¹¹		2,2 X 10 ⁻¹⁶		2,2 X 10 ⁻¹⁶	
P-value Kruskal-Wallis	2,2 X 10 ⁻¹⁶		2,2 X 10 ⁻¹⁶		2,2 X 10 ⁻¹⁶		2,2 X 10 ⁻¹⁶	

*media seguida por una misma letra no representa diferencia estadística según prueba de Kruskal Wallis Chi Squared, $\alpha = 0,05$ p.adj = Bonferroni, R versión 0.98.501.

**Datos en paréntesis representan porcentajes de muertes en plantas. Los datos que no se encuentran en paréntesis muestran el rango de medias que representan la comparación entre las medias según la prueba de kruskal-Wallis

*x Prueba hipótesis de Shapiro-wilk para determinación de normalidad de los datos.

*+ días después de aplicados.

entre los días 1 y 105 dda, mostrando diferencia estadística ($\alpha = 0,05$) cuando se fueron comparados con los demás tratamientos.

DISCUSIÓN

Los resultados demuestran que la aplicación de MSMA para la eliminación de las palmas en renovación, provocó

una alta efectividad en el secado. En las evaluaciones realizadas a los 8 y 22 dda se determinó un rápido efecto en el secado de las hojas en comparación con los demás tratamientos de herbicidas evaluados. El MSMA es un herbicida de modo de acción desconocido, no obstante, se sospecha que puede participar en la destrucción de membranas celulares (Díez, 2013; Plant and Soil Sciences elibrary, 2014). Entre las observaciones de campo se observó una clorosis en las hojas nuevas y posteriormente

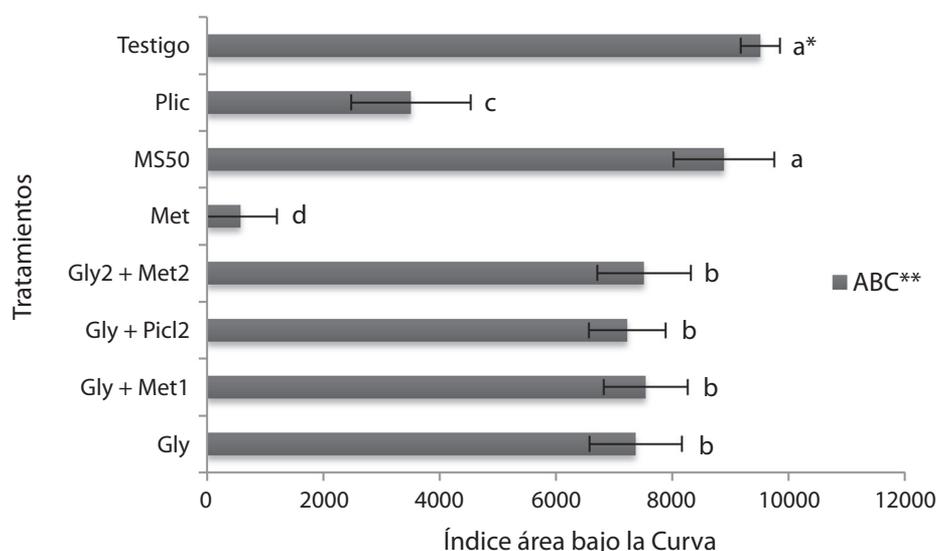


Fig. 1. Índice de área bajo la curva en distintas dosis y mezclas de herbicidas. *medias seguidas por una misma letra no representan diferencia estadística según prueba de Kruskal Wallis, $\alpha = 0,05$ p.adj = Bonferroni, ** ABC: Área bajo la curva.

necrosis total en la planta a los 22 dda. El MS50 equivalente a la mitad del ingrediente activo suministrado en la planta, provocó una muerte más lenta, sin embargo, no mostró diferencia estadística significativa ($\alpha = 0,05$) cuando se comparó con el doble de la dosis o tratamiento testigo.

El uso de agua en solución con las mezclas de herbicidas puede garantizar un rápido y mayor ingreso de producto comercial hacia el centro del tronco. Esto probablemente permite al ingrediente activo ingresar más rápidamente y en una mayor proporción a la xilema de la planta, permitiendo una mayor eficiencia del ingrediente activo en la inhibición de los procesos fisiológicos. Lo anterior explicaría el efecto de MS50, el cual efectuó un secamiento de hojas estadísticamente igual al tratamiento testigo con la mitad de la dosis suministrada. El uso de MSMA ha sido bien documentado (Chinchilla, 1992; 1997; Ortiz & Fernández, 2000) y es utilizado comúnmente para la eliminación de palma aceitera, especialmente las que son afectadas con anillo rojo provocado por *B. cocophyllus*, lo cual es diseminado por el picudo *R. palmarum*. Las recomendaciones del MSMA vienen producto del efecto herbicida-insecticida, el cual lo hace idóneo en el control de plagas y enfermedades cuando se eliminan las palmas.

El ingrediente activo de MSMA para eliminar palmas en épocas de renovación se puede reducir en un 50% en base a las recomendaciones para eliminar palmas con anillo rojo. Estadísticamente queda demostrado el efecto similar en el secamiento y muerte de palma, esto produciría múltiples beneficios desde punto de vista económico y ambiental del cultivo. Desde el punto de vista económico se podría reducir de \$191 el costo de herbicida por hectárea a \$95, el cual es muy significativo para los productores de palma aceitera. Mientras que desde el punto de vista ambiental se podría reducir en un 50% la cantidad de ingrediente activo del herbicida que se suministraría al agroecosistema de palma aceitera. Teniendo en cuenta que la molécula del Metanoarsonato ácido monosódico es persistente en el suelo durante años (Dickens & Hiltbold, 1967; Von-Endt et al., 1968; Hiltbold et al., 1974; Akkari et al., 1989).

Los tratamientos Gly + Met1, Gly + Picl2, Gly, Gly2 + Met2 presentaron un comportamiento similar, mostrando un secado de hojas más lento que los tratamientos con MSMA. Sin embargo, a los 55 dda las mezclas presentaron un efecto igual estadísticamente ($\alpha = 0,05$) a excepción de los tratamientos Plic y Met. Las dosis de MSMA son más altas lo que explicaría el efecto retardado de los demás tratamientos. Según las observaciones de campo si la persistencia del secado foliar se mantiene entre los

días 55 y 105 después de aplicado, determina la muerte de la planta. No obstante, si el tejido no logra morir existe una recuperación en las hojas, ya que estas mismas logran recuperarse en el tiempo. Este efecto quedó claramente demostrado en los tratamientos Plic y Met entre los 55 y 105 dda.

El índice de área bajo la curva mostró que el comportamiento de las mezclas y el Glyphosate fue similar significativamente ($\alpha = 0,05$) en todos los periodos de evaluación realizados. No obstante, los tratamientos Plic y Met mostraron el menor efecto de muerte de palmas, incluso se observó hasta la recuperación de las mismas a los 105 dda. Es probable que el efecto sobre las muertes sea provocado exclusivamente por el Glyphosate, por lo que se puede inferir que las palmas pueden tolerar los herbicidas que inhiben el sitio de acción en la enzima acetolactato sintetasa y el modo de acción del crecimiento celular en el sitio por auxinas sintéticas en las dosis inyectadas (Senseman, 2007; Cobb, 2010).

La aplicación de Glyphosate para la inducción de senescencia en palma aceitera es una alternativa económica pero no recomendable. Una de las cualidades en la selección del herbicida para la eliminación de palma es que efectué un secado del tejido rápidamente (Chinchilla, 2010). El uso de Glyphosate mostró un efecto retardado con el tiempo, lo que probablemente tenga una descomposición lenta en los tejidos. Esto provoca una degradación húmeda en el tronco, lo cual puede propiciar un sustrato o condiciones ideales para la reproducción de *R. palmarum*.

Para la eliminación de palmas enfermas con anillo rojo no se recomienda el uso de Glyphosate. Debido a la posibilidad que el herbicida no seque la planta inmediatamente y exista la probabilidad que el herbicida brinde tolerancia al insecto para cumplir el ciclo de vida (Chinchilla, 2010). No obstante el uso de MSMA tampoco garantiza la no reproducción de *R. palmarum* en los troncos de palmas. Algunos autores (Mosquera et al., 2009), encontraron altas concentración de *R. palmarum* en palmas inyectadas con MSMA, donde determinaron que la mejor práctica consiste en la inyección de herbicidas y posteriormente la tumba con buldózer. Martínez (2008) recomendó hasta la incineración de las palmas después de las inducciones de senescencia. Sin embargo, destacan que el mejor mecanismo de control para este insecto es la colocación de trampas con feromonas, con el fin de evitar la reproducción entre las especies.

Se debe desarrollar experimentos adicionales para cuantificar la incidencia y reproducción de plagas en momentos de renovación. Es importante desarrollar futuras investigación en épocas de verano, con el fin

de garantizar la presencia de *R. palmarum* y cuantificar mediante tumba y apertura de los tallos la presencia de lavas del insecto. Además es importante validar dosis crecientes de MSMA y Glyphosate, con y sin la aplicación de agua hasta un aforo de 200 ml. Con el fin de desarrollar recomendaciones y dosis más precisas para la eliminación de palmas en renovación.

Se encontró que el uso de MSMA a una dosis de 54 g.i.a.palma⁻¹ obtuvo el mismo resultado que el doble de su dosis cuando se aforó hasta un volumen de 200 ml con agua, obteniendo un ahorro de \$ 96.ha⁻¹. El uso de Metsulfuron metil y picloran a una dosis de 0,36 y 12,2 g.i.a.planta⁻¹ no logró dar muerte a la planta, mostrando una recuperación de la planta a los 56 dda.

AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo brindado al departamento de agronomía de Coopeagropal R.L., Productores y productoras de Coopecovi R.L.

REFERENCIAS

- Akkari, K., Frans, R. & Lavy, T. (1989). Factors affecting degradation of MSMA in soil. *Weed Science*, 34(1), 781-787
- Aldana, R., Aldana, J. & Moya, O. (2011). *Manejo del picudo Rhynchophorus palmarum* L. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia. 47 p.
- Arregui, M. (2008). *Mecanismos de acción de plaguicidas*. Dow Agrosciences. 208 p.
- Aznab, L. & Mohd, M. (2002). The optimal age of oil palm replanting. *Oil palm industry economic journal*, 2(1), 11-18.
- Calvache, H., Meneses, N. & Gallozzi R. (2011). Mejores prácticas agrícolas en el cultivo de palma aceite. *Manual para socios y productores independientes de Hondupalma*. HONDUPALMA. El Progreso, Honduras. 61 p.
- CANAPALMA. (2013). Noticias. *Cultivo de Palma Aceitera* (en Línea). San José, Costa Rica. Consultado 19 abr. 2013. Disponible en: <http://www.canapalma.cr/noticias.php?id=1>.
- Celio, L. (2000). La renovación del cultivo de palma de aceite. Una experiencia más de Indupalma S.A. en la zona central. *Palmas*, 21(1), 66-73.
- Chinchilla, C. (1992). El síndrome del anillo rojo-hoja pequeña en palma aceitera y cocotero. *Revista Palmas*, 13(1), 33-56.
- Chinchilla, C. (1997). Epidemiología y manejo integrado del anillo rojo en palma aceitera. *Agronomía Costarricense*, 21(1), 121-126.
- Chinchilla, C. (2010). *Anillo rojo en palma aceitera: Una guía de manejo* (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 28 jun. 2014. Disponible en: <http://aitesahn.com/Documentos/Anillo%20Rojo%20en%20Palma%20Aceitera.pdf>.
- Cobb, A. (2010). *Herbicides and plant Physiology*. 2 ed. Wiley-Blackwell. Singapore. 286 p.
- Dickens, R. & Hiltbold, A. (1967). Movement and persistence of methanearsonates in soil. *Weeds*, 15(4), 299 – 304.
- Diez, P. (2013). *Manejo de malezas problema: Modos de acción de herbicidas*. Red de conocimiento en malezas resistentes. Rosario, Argentina. 52 p.
- Hiltbold, A., Hajek, B. & Buchanan, G. (1974). Distribution of arsenic in soil profiles after repeated applications of MSMA. *Weed Science*, 22(3), 272-275.
- Idris, O., Azman, L. & Chang, L. (2001). Improving productivity: the replanting imperative. *Oil palm industry economic journal*, 1, 21-29.
- La nación. (2012). *Honduras se consolida como líder regional en producción de Aceite de Palma* (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 19 abr. 2013. Disponible en: <http://www.nacion.com/2012-10-08/Economia/honduras-se-consolida-como-lider-regional-en-produccion-de-aceite-de-palma.aspx>.
- Loh, P. & Mukesh, S. (1999). The essentials of oil palm replanting: United plantations experience. *The Planter*, 75(879),289-303.
- Martínez, G. (2008). Avances en la solución de la pudrición del cogollo de la pala de aceite en Colombia. *Palmas*, 29(2), 53 – 64.
- Mosquera, M., Botero R. & Villegas R. (2009). Consideraciones sobre erradicación de palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 30(2),25-33.
- Ortiz, R. & Fernández, O. (2000). *El cultivo de palma aceitera*. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 191 p.
- Plant and Soil Sciences Elibrary. (2014). *Clasificación de los herbicidas: los ocho modos de acción* (en línea). EEUU. Consultado 28 jun. 2014. Disponible en: <http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?id=informationmodule=1130447067&topicorder=5&maxto=5>
- Senseman, S. (2007). *Herbicide handbook*. 9 ed. Weed Science Society of America. Lawrence, EEUU. 458 p.
- Von-Endt, D., Kearney, P. & Kaufman, D. (1968). Degradation of monosodium methanearsonic acid by soil microorganisms. *Journal Agr. Food Chem.*, 16(1), 17 – 20.