

Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo

**Luis Ernesto Gomez Pesantes
Rosember Galo Lara Cedeño**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agrónomos en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Luis Ernesto Gomez Pesantes
Rosember Galo Lara Cedeño**

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo

**Luis Ernesto Gomez Pesantes
Rosember Galo Lara Cedeño**

Resumen: El uso de cultivos de cobertura en la rotación de cultivos es una práctica cultural que ayuda a reducir problemas como la erosión, lixiviación de nutrientes, plagas y enfermedades. Los cultivos de cobertura cumplen la función de cubrir el suelo y pueden establecerse en un terreno durante un tiempo indefinido. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de una leguminosa (*Crotalaria juncea* L.), una gramínea (*Sorghum bicolor* × *S. bicolor* var. *sudanense*) y una crucífera (*Brassica rapa* L.) como cobertura vegetal para el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos en el suelo. Se evaluaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones cada uno estableciendo cada especie como monocultivo y todas sus posibles combinaciones, comparándolas con un testigo. Para el control de malezas se realizaron conteos a los 15 y 45 días después de la siembra (DDS). A los 60 DDS se analizaron muestras de tejido vegetal para determinar el porcentaje de materia seca y el aporte de nutrientes de las coberturas vegetales. La población de artrópodos del suelo se cuantificó un día antes de la siembra y 60 DDS para observar los efectos de las coberturas sobre la biodiversidad. Se evidenció una disminución del 21% en la población de ciperáceas, 45% en hoja ancha y 81% en gramíneas en el tratamiento con crotalaria a los 45 DDS. La combinación de crotalaria + sorgo sudan aportó 8.59 t/ha de materia seca (MS). A los 60 DDS hubo un aumento del 92% de la población de artrópodos en el área de estudio debido al aumento de vegetación.

Palabras clave: Erosión, nutrientes, rotación.

Abstract: The use of cover crops in crop rotation is a cultural practice that helps reduce problems such as erosion, nutrient leaching, pests and diseases. Cover crops play the role of soil cover and can be established in an area for an indefinite period. The objective of this study was to evaluate the effect of (*Crotalaria juncea* L.), (*Sorghum bicolor* × *S. bicolor* var. *sudanense*) and (*Brassica rapa* L.) as cover crop for weed control, contribution of dry matter and biodiversity of arthropods in the soil. Eight treatments with four replicated were evaluated establishing each species as a monoculture and all the possible combination comparing them with a control. For weed control variable there were two counts at 15 and 45 days after sowing (DAS). At 60 DAS plant tissue samples were analyzed to determine the percentage of dry matter (DM) and nutrient supply. The population of soil arthropods was measured one day before planting and 60 DAS to observe the effects of the cover crops on biodiversity. A decrease of 21% in the population of sedges, 45% in broadleaf and 81% in grasses was observed in the treatment crotalaria at 45 DAS. The combination of crotalaria + sorgo sudan contributed 8.59 t/ha DM. At 60 DAS an increase of 92% of the population of arthropods was observed in the study area due to increased vegetation.

Key words: Erosion, nutrients, rotation.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Páginas de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS.....	19

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Densidades de siembra (semillas/ha) de los cultivos de cobertura en la Unidad de Agricultura Orgánica, Zamorano, Honduras.	4
2. Efecto de los cultivos de cobertura en las poblaciones de ciperáceas, hoja ancha y gramíneas a los 15 días después de la siembra.	6
3. Efecto de los cultivos de cobertura en las poblaciones de ciperáceas, hoja ancha y gramíneas a los 45 días después de la siembra.	8
4. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre grupos de malezas a los 15 días después de la siembra.	8
5. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre especies de malezas a los 15 días después de la siembra.	9
6. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre grupos de malezas a los 45 días después de la siembra.	9
7. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre especies de malezas a los 45 días después de la siembra.	9
8. Aporte de materia seca y retención de nutrientes a los 60 días después de la siembra.	11
9. Diversidad de órdenes de artrópodos 1 día antes de la siembra.	12
10. Población de órdenes de artrópodos a los 60 días después de la siembra.	13

Anexos	Página
1. Biodiversidad de artrópodos por m ³ un día antes de la siembra.	19
2. Biodiversidad de artrópodos por m ³ a los 60 días después de la siembra.	19

1. INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos es una práctica que ha tomado importancia dentro de la agricultura. Problemas como la erosión, lixiviación de nutrientes, plagas y enfermedades, que en consecuencia resultan en bajos rendimientos, obligan a tomar medidas de manejo y conservación de los suelos. La rotación de cultivos consiste en alternar varios cultivos en una misma área de suelo por un tiempo determinado, esta puede desarrollarse rotando cultivos de valor económico entre ciclo, con un cultivo de cobertura en asociación con el cultivo de interés o intercalado. Entre sus múltiples beneficios destaca la reducción de compactación en los suelos usualmente provocada por mecanización convencional, disminuye la incidencia de plagas y evita los brotes de enfermedades. Los agricultores diseñan su sistema de rotación en función del mercado con el objetivo de aumentar la rentabilidad de sus negocios, considerando factores biológicos, mano de obra, herramientas y planificación de siembra y cosecha (Jhonson y Toensmeier 2009).

Un cultivo de cobertura no necesariamente es considerado abono verde. Este puede definirse como una cobertura vegetal viva que cumple la función de cubrir el suelo (Hernández et al. 2009) y pueden establecerse en una superficie durante un tiempo indefinido. Los abonos verdes son incorporados al suelo por su efectividad en el aporte de nutrientes, misma que depende de la etapa fisiológica en la que este se encuentre (Ruffo y Parsons 2004).

Los cultivos de cobertura son fuente de materia orgánica, que al ser incorporados al suelo interactúan con microorganismos y pueden transformar los compuestos orgánicos en moléculas orgánicas las cuales aumentan la mineralización y disponibilidad de nutrientes para la planta (Labrados 2012). Los cultivos de cobertura son una alternativa para cubrir el suelo y promover la conservación de su estructura y reducir la erosión. El aumento de materia orgánica es significativo al finalizar el ciclo de la cobertura vegetal ya que proporciona un mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo por la acumulación de nutrientes. Además contribuyen con el crecimiento de poblaciones de insectos benéficos para los cultivos y disminuyen la población de malezas (Jhonson y Toensmeier 2009).

Las leguminosas son cultivos que captan el nitrógeno del ambiente y lo fijan en el suelo a través de su sistema radicular con la ayuda de microorganismos que habitan en los nódulos que permiten una simbiosis entre ambas especies. Un estudio evaluó el uso de *Crotalaria juncea* L. y *Mucuna aterrima* como abono verde para el cultivo de arroz, donde ambos cultivos aportaron 149 kg N/ha y 362 kg N/ha, respectivamente, equivalente a una fertilización de 40 kg N/ha como urea (Muraoka et al. 2001). Entre el 30-60% del nitrógeno fijado en el suelo puede ser aprovechado por el cultivo del siguiente ciclo (Clark 2007).

Las gramíneas poseen la característica de retener nutrientes en el suelo y evitar la lixiviación y lavado de los mismos, este beneficio necesita de un previo aporte de nutrientes por parte de una leguminosa o una fertilización. Los rastrojos de centeno (*Secale cereale* L.) como cobertura vegetal previamente establecidos, aumentaron la relación carbono/nitrógeno (C/N) en el suelo causando una inmovilización del nitrógeno y provocaron el aumento de la nodulación total en las raíces de soja (*Glycine max* L.) para fijar más nitrógeno en el suelo (Navarro et al. 2015). El sorgo sudan es una variedad de sorgo que puede crecer hasta tres metros de altura en poco tiempo, así mismo mejora la aireación del suelo y su descompactación, además de producir sustancias alelopáticas que controlan varias malezas también es un buen controlador de nematodos (Clark 2007).

Las brásicas pertenecen a la familia de las crucíferas. Gracias a su gran capacidad para adaptarse en diversos climas se encuentran distribuidas alrededor del mundo y son plantas resistentes a heladas y sequías. Entre sus múltiples propiedades se encuentran sus características repelentes, las cuales se deben a compuestos llamados glucosinolatos, estos son metabolitos secundarios que pueden verse afectados por distintos factores como el tipo de suelo, la luz, la temperatura, la densidad de plantas e incluso al abuso de aplicación de fertilizantes (Arias 2011), esto justifica el uso de crucíferas en conjunto con otros cultivos de interés económico con el fin de controlar plagas. Perniola et al. (2012), concluyeron que la incorporación de crucíferas (*Brassica juncea* L. Czerniak. y *Sinapsis alba*. L) al suelo, suprime la presencia de *Fusarium graminearum* aprovechando la presencia de los glucosinolatos en los tejidos de las brásicas.

Introducir sistemas de rotación puede traer muchos beneficios económicos al agricultor, ya que es una práctica en donde se puede aprovechar la cobertura vegetal, para mejorar la fertilidad del suelo, disponibilidad de nutrientes, control de plagas y malezas que pueden afectar a los cultivos de alto valor económico. Al analizar los efectos que tienen los cultivos de cobertura y sobre los factores (suelo, plagas, malezas) que determinan el desarrollo de un cultivo de alto valor económico, se desea elaborar un sistema de rotación óptimo haciendo uso de mezclas de cultivos de cobertura para obtener mejores rendimientos en el siguiente ciclo de producción.

Los objetivos de este estudio fueron evaluar el efecto de los cultivos de cobertura en poblaciones de malezas, el aporte de materia seca (MS) y nutrientes al suelo y cuantificar el comportamiento de la diversidad de artrópodos del suelo con la presencia de la cobertura vegetal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se realizó entre mayo y julio en el lote 1 de la Unidad de Agricultura Orgánica en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán 30 km al Este de Tegucigalpa, Honduras. El sitio se encuentra a 800 msnm, tiene una precipitación media anual de 1,100 mm distribuidos aproximadamente desde mayo a octubre con una temperatura promedio de 24°C.

Descripción y distribución de los tratamientos. El estudio consistió en evaluar tres especies como cobertura vegetal: una leguminosa (*Crotalaria juncea* L.), una gramínea (*Sorghum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanense*), y una crucífera (*Brassica rapa* L.). Cada cultivo se evaluó en forma de monocultivos, y todas sus posibles combinaciones comparadas con un testigo para un total de ocho tratamientos con cuatro repeticiones.

El suelo se preparó con dos pases de rastra pesada para incorporar el rastrojo, un pase de rastra liviana y posteriormente se utilizó un acamador. Se utilizaron 11 camas de 90 m de largo por 1 m de ancho. El área total de siembra fue de 957 m². Cada cama fue dividida en tres secciones de 29 m de largo con 1 m de separación entre secciones.

La siembra de los tres cultivos se realizó al voleo, dividiendo cada unidad experimental en 6 m para obtener una siembra más homogénea. Para la siembra del sorgo sudan (*Sorghum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanense*) y mostaza (*Brassica rapa* L.) se tomó como referencia las densidades recomendadas para cobertura vegetal por la casa comercial de donde se adquirió la semilla (Johnny's Selected Seeds). Para la siembra de la crotalaria (*Crotalaria juncea*) se tomó en cuenta la densidad de siembra establecida por USDA (United States Agriculture Department) y NRCS (National Resources Conservation Services). Para los monocultivos se usó el 100% de la densidad recomendada, para los tratamientos con dos cultivos se utilizó el 50% y para el tratamiento con tres cultivos se utilizó el 33% de cada cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Densidades de siembra (semillas/ha) de los cultivos de cobertura en la Unidad de Agricultura Orgánica, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	<i>Crotalaria juncea</i> L.	<i>Sorghum bicolor</i> × <i>S. bicolor</i> var. <i>Sudanense</i>	<i>Brassica rapa</i> L.
	(miles/ha)		
Crotalaria	1290		
Sorgo sudan		1486	
Mostaza			2000
Crotalaria + Sorgo sudan	645	743	
Crotalaria + Mostaza	645		1000
Sorgo sudan + Mostaza		743	1000
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	425	490	594
Testigo			

VARIABLES A MEDIR.

Control de malezas. Se realizó un conteo a los 15 y 45 días después de la siembra (DDS) de la cobertura vegetal. Se tomaron cuatro muestras al azar con un marco de 0.5 × 0.5 m para obtener la cantidad de malezas en 1 m² por unidad experimental. Las malezas se clasificaron de dos maneras; por especie y agrupándolas en ciperáceas, hoja ancha y gramíneas.

Aporte de Materia seca (MS) y nutrientes al suelo. Las muestras se obtuvieron a los 60 DDS cortando 1 m² de cobertura vegetal sin raíces por cada unidad experimental. Para mantener muestras homogéneas se utilizó una forrajera (John Deere 3950) para picar la materia fresca (MF) por cada repetición. Para obtener el contenido de MS se pesaron 100 gramos de forraje picado por cada repetición con una balanza analítica (PIONEER®, PA214C) y se utilizó un horno (VWR® Forced Air Ovens, Basic, 120V) para secar las muestras durante 72 horas a 70°C y determinar el porcentaje de MS. Para evaluar el aporte de nutrientes se envió una muestra significativa 2 lb por tratamiento al Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana para realizar un análisis de tejido vegetal.

Cuantificación de artrópodos. Se extrajeron tres muestras aleatorias de suelo con un barreno de 21 cm de profundidad por cada repetición un día antes de la siembra y 60 DDS. Para la recolección de los artrópodos del suelo se utilizó el método de recolección usando trampas Winkler (Álvarez et al. 2004), la trampa está conformada por una bolsa la cual se encarga de colar el suelo y separar los insectos de este, fueron tamizados 3000 cm³ de suelo por cada tratamiento. A medida que el suelo pierde humedad, éste método obliga a los organismos salir de la muestra de suelo y dejarse caer a un recipiente con 60 ml alcohol al 70% de concentración. Se recolectaron los recipientes después de 7 días de haber colocado las muestras de suelo en las trampas. Los artrópodos se identificaron por orden utilizando un estereoscopio en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Agrícola Panamericana.

Diseño experimental y Análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar de ocho tratamientos con cuatro repeticiones para un total de 32 unidades experimentales. Las variables control de malezas y aporte de materia seca se analizaron utilizando un análisis de varianza (ANDEVA), una separación de medias de DUNCAN con el programa Statistical Analysis System (SAS® 9.4).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control de malezas. A los 45 DDS las malezas del grupo hoja ancha que se encontraron fueron: *Emilia fosbergii*, *Amaranthus spinosus*, *Amaranthus hybridus*, *Portulaca oleracea*, *Kallstroemia maxima*, *Nicandra physalodes*, *Melampodium divaricatum*, *Sclerocarpus phyllosephalus*, *Bidens pilosa*, *Melanthera nivea*, *Galinsoga urticaefolia*, *Parthenium hysterophorus* y *Desmodium intortum* siendo las más predominantes *Amaranthus spinosus* (32%), *Portulaca oleracea* (30%) y *Nicandra physalodes* (14%). También se encontraron malezas del grupo de las gramíneas: *Leptochloa filiformis*, *Digitaria sanguinalis*, *Eleusine indica*, *Rottboellia conchinchinesis* y *Cynodon nlemfuensis*, siendo *Digitaria sanguinalis* la que más predominó (68%).

A los 15 DDS el tratamiento crotalaria + mostaza presentó una menor población de ciperáceas y hoja ancha que el testigo (Cuadro 2), para ciperáceas 56/m² y 152/m² en el testigo. Estos resultados son diferentes a la población de ciperáceas obtenido por Rubio (2006), quien encontró 260 ciperáceas/m² en el testigo y 230 ciperáceas/m² en un tratamiento con *Dolichos lablab* a los 15 DDS. Para la población de hoja ancha el mismo tratamiento presentó 87/m² y el testigo 159/m², mismo que fue igual al tratamiento de sorgo sudan + mostaza que mostró una población de 136/m². El tratamiento que mostró una menor población de gramíneas a los 15 DDS fue el de crotalaria que presentó 16/m² y fue menor al testigo donde se contaron 33 gramíneas/m².

Cuadro 2. Efecto de los cultivos de cobertura en las poblaciones de ciperáceas, hoja ancha y gramíneas a los 15 días después de la siembra.

Tratamientos	Población de malezas (plantas/m ²)		
	Ciperáceas	Hoja ancha	Gramíneas
Crotalaria	126 cb [‡]	95 b	16 b
Sorgo sudan	189 ab	93 b	54 a
Mostaza	202 ab	109 ab	25 ab
Crotalaria + Sorgo sudan	128 bc	104 ab	17 b
Crotalaria + Mostaza	56 c	87 b	54 a
Sorgo sudan + Mostaza	234 a	136 ab	34 ab
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	194 ab	107 ab	41 ab
Testigo	152 ab	159 a	33 ab

[‡]Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba Duncan (P ≤ 0.05)

El tratamiento con crotalaria tuvo mayor control sobre todas las malezas en comparación con el testigo a los 45 DDS (Cuadro 3) y presentó una disminución del 21% en la población de ciperáceas, 45% en hoja ancha y 81% en gramíneas en comparación a 15 DDS. La crotalaria es una leguminosa de crecimiento precoz que puede alcanzar una altura de 1.20 m en 60 días y tiene buena cobertura sobre el suelo debido a su alta capacidad de desarrollar follaje (Rotar y Joy 1983). Estas características causan competencia de luz entre especies, el desarrollo precoz del follaje de la crotalaria reduce el paso de la luz hacia zonas bajas e interfiere con la captación de luz, lo que disminuye la fotosíntesis de otras especies (Aldrich 1984). La crotalaria posee un hábito de crecimiento denso y acelerado lo cual provoca que las malezas queden expuestas a exceso de sombra disminuyendo su tasa fotosintética y su propagación (Brunner et al. 2009). Esto coincide con la FAO refiriéndose a los efectos alelopáticos de la crotalaria sobre especies invasivas como el coyolillo (*Cyperus rotundus*) y con Ligña (2014) donde la crotalaria bajo condiciones muy similares presentó un mayor control sobre las malezas de hoja ancha y gramíneas.

A pesar de que sorgo sudan no presentó el control más alto sobre todas las malezas, sí lo hizo en las gramíneas, en comparación a los 15 DDS éstas disminuyeron su población en 63%, este cultivo de cobertura es un gran controlador de malezas principalmente gramíneas (Björkman y Shail 2010) debido a la competencia que existe entre plantas de la misma familia.

La mostaza tampoco presentó un claro control, a pesar de que esta fue incorporada para surtir efecto en el control de malezas. Sin embargo a la mostaza se le atribuyen otras ventajas como la retención de humedad, mayor infiltración del agua y sirve en planes de rotación de cultivos para disminuir la incidencia de nematodos en el suelo siendo incorporada directamente como una enmienda (Díez 2010).

En el testigo aumentó 80% la población de ciperáceas, debido a esta dominancia el crecimiento de gramíneas solo fue del 33% y se evidenció una disminución de 26% en las malezas de hoja ancha. Esto se puede atribuir a que *Cyperus rotundus* posee compuestos alelopáticos como el ácido fenólico el cual es tóxico para malezas gramíneas y de hoja ancha.

Cuadro 3. Efecto de los cultivos de cobertura en las poblaciones de ciperáceas, hoja ancha y gramíneas a los 45 días después de la siembra.

Tratamientos	Población de malezas (plantas/m ²)		
	Ciperáceas	Hoja ancha	Gramíneas
Crotalaria	99 c [‡]	52 c	3 b
Sorgo sudan	224 ab	120 a	20 ab
Mostaza	213 abc	93 ab	43 a
Crotalaria + Sorgo sudan	192 abc	61 bc	30 ab
Crotalaria + Mostaza	117 bc	84 abc	40 a
Sorgo sudan + Mostaza	208 abc	112 a	15 ab
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	302 a	95 ab	35 ab
Testigo	274 a	117 a	44 a

[‡]Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

A los 15 DDS se encontró un efecto de los tratamientos con crotalaria sobre la población de ciperáceas y *Amaranthus hybridus* ($P \leq 0.05$). En los tratamientos con crotalaria se encontraron 141 ciperáceas/m² en comparación a los tratamientos sin crotalaria donde se encontraron 193 ciperáceas/m² (Cuadro 4). También se puede observar que en los tratamientos con crotalaria hubo supresión de *Amaranthus hybridus* y se encontraron 28/m² en comparación con los tratamientos sin crotalaria donde se encontraron 58/m² (cuadro 5). El efecto de crotalaria sobre *Amaranthus hybridus* se puede atribuir al efecto alelopático que tiene esta cobertura sobre otras especies. Estudios realizados por Skinner y colaboradores (2012) demostraron que los residuos de crotalaria tiene efectos sobre la germinación de *Amaranthus hybridus*. También encontraron que el extracto botánico de las raíces, tallos y hojas de crotalaria tienen diferentes efectos sobre la germinación de *Amaranthus hybridus*, esto quiere decir que la concentración de sustancias alelopáticas va variar a lo largo de la planta y también dependerá de su etapa fisiológica.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre grupos de malezas a los 15 días después de la siembra.

Tratamientos	Ciperáceas	Hoja ancha	Gramíneas
Con Crotalaria	141b [‡]	123	36
Sin Crotalaria	193a	133	36

[‡]Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre especies de malezas a los 15 días después de la siembra.

Tratamientos	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Nicandra physalodes</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>
Con Crotalaria	28b [‡]	32	15	12
Sin Crotalaria	58a	31	12	11

[‡]Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

A los 45 DDS en las poblaciones de ciperáceas y las gramíneas no se encontraron diferencias ($Pr \leq 0.05$), este resultado es similar al de Ligna (2014) donde tampoco se obtuvo diferencias significativas sobre el control de ciperáceas (Cuadro 6). Para las poblaciones de hoja ancha, *Amaranthus hybridus*, *Portulaca oleracea* (cuadro 7) fue menor en los tratamientos con crotalaria que los tratamientos sin crotalaria.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre grupos de malezas a los 45 días después de la siembra.

Tratamientos	Ciperáceas	Hoja ancha	Gramíneas
Con Crotalaria	178	74b [‡]	26
Sin Crotalaria	232	111a	30

[‡]Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos con y sin crotalaria sobre especies de malezas a los 45 días después de la siembra.

Tratamientos	<i>Amaranthus hybridus</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Nicandra physalodes</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>
Con Crotalaria	16a [‡]	6b	17	13
Sin Crotalaria	44b	14a	18	23

[‡]Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$).

Aporte de Materia Seca y Nutrientes. La combinación de crotalaria + sorgo sudan aportó 8.59 t/ha de MS y presentó mayor aporte de materia seca que el monocultivo de sorgo sudan (Cuadro 6). Esto se puede atribuir a que el sorgo sudan tiene la capacidad de secretar

sorgoleona que es una sustancia alelopática que afecta el crecimiento de las malezas (Clark 2007) y esto garantiza un mejor desarrollo del pasto. Así mismo, el crecimiento agresivo del follaje de la crotalaria aumenta la cobertura del suelo y las malezas pierden la capacidad de captar luz para realizar fotosíntesis (Brunner et al. 2009).

La crotalaria presentó un aporte de 6.31 t/ha de MS. Esto concuerda con el estudio que realizó Ligña (2014) donde obtuvo un aporte de 6.52 t/ha de MS con una densidad de 1.2 millones de plantas/ha. Difiere de estudios realizados por Godoy da Silva y colaboradores (2010) en donde el aporte de materia seca de crotalaria fue de 8.11 t/ha con una densidad de siembra de 744 mil plantas/ha, sin embargo este estudio tuvo una fertilización previa a la siembra de la cobertura vegetal. También difiere con un estudio realizado por Brunner y colaboradores (2009) en Florida donde la crotalaria presentó rendimientos de 7.14 t/ha de MS y concluyeron que el potencial de producción de MS de la crotalaria es de 5.6 a 14 t/ha.

El sorgo sudan tuvo un rendimiento de 4.52 t/ha con una densidad de siembra de 1.4 millones de plantas/ha y fue el tratamiento que aportó menor MS. Barbosa (2012) estudió en Votuporanga – Brasil con precipitación y altitud similar a Zamorano, los rendimientos de MS de sorgo sudan con un plan de fertilización antes de la siembra utilizando densidades de siembra de 891 mil plantas/ha, 1 millón de plantas/ha y 1,3 millones de plantas/ha obteniendo rendimientos de 12.5 t/ha, 12 t/ha y 11.2 t/ha, respectivamente. Considerando la misma densidad de siembra utilizada en este estudio, el sorgo sudan puede producir a los 45 días un rango de 4.5 a 5.5 t/ha de MS (Undersander y Lane 2001) y en suelos fértiles con condiciones de humedad adecuados puede llegar hasta 20 t/ha de MS, esto debido a que puede crecer entre 1.50 m hasta 3.50 m de altura y por su capacidad de desarrollar hojas finas, tallos con 3.8 cm de diámetro y sistema radicular agresivo (Clark 2007).

En el aporte de nutrientes, la crotalaria + mostaza presentó una tendencia a tener un mayor aporte de nitrógeno (156.20 kg/ha), fósforo (42 kg/ha), potasio (394 kg/ha), magnesio (20.31 kg/ha) y hierro (18.34 kg/ha). Crotalaria es una leguminosa y estas se caracterizan por su capacidad de captar el nitrógeno del aire y fijarlo en el suelo. El aporte de nitrógeno del monocultivo de crotalaria que fue de 111.69 kg/ha, resultados similares a los 111.24 kg/ha que presenta como resultados estudios de United State Department of Agriculture (USDA) y National Resources Conservation Service (NRCS). El monocultivo de mostaza aportó 111.60 kg/ha de nitrógeno, fue mejor que los 90 kg/ha obtenidos en estudios realizados en Oregon, pero ambos difieren de los 368 kg/ha de nitrógeno obtenidos en Salinas Valley (Clark 2007).

Cuadro 8. Aporte de materia seca y retención de nutrientes a los 60 días después de la siembra.

Tratamientos	Materia Seca (MS) t/ha	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		kg/ha								
Crotalaria	6.31 abc [‡]	111	22	225	42	13	0.03	7.74	0.27	0.24
Sorgo sudan	4.52 c	88	27	199	39	11	0.04	11.09	0.28	0.11
Mostaza	5.58 bc	111	32	345	58	15	0.04	7.62	0.35	0.25
Crotalaria + Sorgo sudan	8.59 a	154	34	306	67	18	0.04	11.48	0.45	0.15
Crotalaria + Mostaza	7.81 ab	156	42	394	64	20	0.05	18.34	0.42	0.15
Sorgo sudan + Mostaza	5.42 bc	108	33	349	56	14	0.04	6.86	0.29	0.17
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	6.34 abc	131	32	279	51	15	0.03	7.70	0.36	0.13
Testigo	5.63 bc	119	33	341	69	16	0.05	11.06	0.37	0.16

[‡]Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí según la prueba Duncan ($P \leq 0.05$)

Dibersidad de artrópodos. En el primer conteo de los artrópodos del suelo se identificó el orden Hemíptera como la más abundante (Cuadro 7). Este orden comprende a los chinches, pulgones, cigarras, áfidos y mosca blanca. El orden Hymenoptera se encontró en todos los tratamientos menos en el de mostaza

Otros de los organismos que más se observaron fueron las moscas y mosquitos las cuales pertenecen al orden Diptera, esto concuerda con Manson y colaboradores 2008 donde se cuantificó la presencia de dípteros en un agroecosistema y de 38 familias encontradas 28 fueron específicamente en el suelo.

Cuadro 9. Diversidad de órdenes de artrópodos 1 día antes de la siembra.

Tratamientos	Hymenoptera	Diptera	Coleoptera	Araneae	Hemiptera	Annelida	Acari	Diplopoda	Psocoptera
Crotalaria	1	3	0	0	0	0	0	0	0
Sorgo sudan	1	1	0	0	1	1	1	0	0
Mostaza	0	3	0	1	0	0	0	0	0
Crotalaria + Sorgo sudan	3	4	1	0	0	1	0	0	1
Crotalaria + Mostaza	1	4	2	0	0	0	0	0	0
Sorgo sudan + Mostaza	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	3	3	1	0	0	0	0	1	0
Testigo	1	4	0	1	6	0	0	0	0

A los 60 DDS aumentó 92% la diversidad de artrópodos debido al aumento de vegetación. El orden que mostró una mayor abundancia (38 insectos) fue Hymenoptera cuya abundancia fue afectada positivamente gracias al tratamiento de crotalaria en relación a los 15 DDS. Esto se debió a que los cultivos de cobertura ya habían sido incorporados y estaban en etapa de descomposición. El orden Díptera fue el segundo orden más abundante (30 insectos) y su abundancia aumentó en un 433% en crotalaria + sorgo sudan + mostaza.

Se pudo observar un cambio en la biodiversidad de nuestro agroecosistema, con el hallazgo de nuevos órdenes tales como Collembola, Myriapoda y Trichoptera, los cuales no se habían registrado en el primer conteo. Esto podría deberse a las condiciones en que se encontraban los tratamientos al momento del segundo conteo, alta humedad y altas temperaturas debido al aumento de vegetación en cada una de las camas. En ecosistemas sobreexplotados como los de producciones agronómicas, ganaderías y otros rubros es segura la disminución de biodiversidad y presencia de enemigos naturales, sin embargo las prácticas culturales como rotaciones de cultivos entre ciclo y ciclo pueden generar un cambio positivo para solucionar este problema (Díaz et al. 2014).

Cuadro 10. Población de órdenes de artrópodos a los 60 días después de la siembra.

Tratamientos	Hymenoptera	Diptera	Coleóptera	Annélida	Diplopoda	Collembola	Myriapoda	Trichoptera
Crotalaria	8	6	1	0	0	0	0	0
Sorgo sudan	5	1	1	0	0	0	0	0
Mostaza	2	4	3	0	0	0	1	0
Crotalaria + Sorgo sudan	7	1	5	4	0	1	1	0
Crotalaria + Mostaza	0	0	1	0	1	0	1	1
Sorgo sudan + Mostaza	1	0	1	3	0	0	1	0
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	7	16	3	1	0	0	1	0
Testigo	8	2	0	1	0	0	0	0

4. CONCLUSIONES

- El monocultivo de crotalaria mostró un mayor control sobre las gramíneas, hoja ancha y ciperáceas en comparación al testigo a los 45 DDS.
- La combinación de crotalaria + sorgo sudan resultó en un mayor aporte de materia seca.
- La crotalaria + mostaza aportó mayor contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.
- La diversidad de artrópodos del suelo aumentó con la presencia de los cultivos de cobertura.

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar *Crotalaria juncea* L para el control de malezas y aporte de nutrientes en un plan rotacional de cultivos.
- Replicar este estudio probando otras densidades en los cultivos de *Sorghum bicolor* × *S. bicolor* var. *sudanense* y *Brassica rapa*.
- Profundizar la investigación de biodiversidad mediante un estudio de caracterización de artrópodos por familias para conocer los efectos de las coberturas sobre las especies que se encuentren durante la investigación.
- Evaluar el impacto de los cultivos de cobertura sobre los rendimientos de cultivos de alto valor económico.
- Realizar un ensayo sembrando en bloques y compararlos con los resultados de siembra en camas.

6. LITERATURA CITADA

- Aldrich RJ. 1984. Weed-crop ecology. 1ra ed. North Scituarre (EEUU): Breton Publishers. 465p.
- Álvarez M, Córdova S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M, Umaña AM, Villarreal H. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 238 p.
- Arias MM. 2011. Análisis y comparación de los glucosinolatos presentes en diferentes accesiones de cubio (*Tropaeolum tuberosum*) para evaluar su uso potencial en el control del patógeno de la papa *Spongospora* subterránea [Tesis]. Universidad Nacional de Colombia. 122p.
- Barbosa W. 2012. Plantas de Cobertura em Rotação com Soja e Milho. [Tesis]. Universidade Estadual Paulista (UNESP). 119p.
- Björkman T, Shail JW. 2010. Sudangrass and Sorghum-Sudangrass cover crop fact sheet. Cornell University; [consultado 2016 sep 28]. Disponible en <http://covercrops.cals.cornell.edu/pdf/sudangrass.pdf>
- Brunner B, Martínez S, Flores L, Morales P. 2009. Hoja informativa crotalaria: Natural Resources Conservation Service (NRCS); [consultado 2016 sep 17].
- Clark A. 2007. Managing cover crops profitably. 3ra ed. Estados Unidos: Sustainable Agriculture Research & Education (SARE).
- Díaz M, Rionda MH, Duhour AE, Momo F. 2014. Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. Ecología Austral; [Consultado 2016 sep 22]. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2014000300008
- Díez M. 2010. Bases agronómicas para la utilización de restos agrarios en la biodesinfección de suelos. [Tesis]. Universidad Politécnica de Madrid-España. 605p.
- Godoy da Silva A, Costa C, Pers R, Martinas C, Ferrari JM. 2010. Produção de fitomassa e acumulo de nutrientes por plantas de cobertura e cultivo da mamona em sucessao no sistema plantio direto. Ciência Rural, Santa Maria. 2092-2098; [consultado 2016 sep 08].
- Hernández Y, Alfaro E, Mederos D, Rivas E. 2009. Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas; [Consultado 2016 sep 4]. Disponible en http://www.utm.mx/edi_antiores/Temas38/1ENSAYO%2038-2.pdf

- Jhonson S, Toensmeier E. 2009. Crop rotation on organic farms. 1ra ed. Ithaca (EE.UU): Natural Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES).
- Joy R. 2005. Plant guide Sunn Hemp. Plant data center: United States Agriculture Department (USDA), National Resources Conservation Services (NRCS); [consultado 2016 jun 10] Disponible en https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_crju.pdf
- Labrados J. 2012. Avances en el conocimiento de la dinámica de la materia orgánica dentro de un contexto agroecológico. Universidad de Extremadura Badajoz; [consultado 2015 nov 24]. Disponible en <https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/30442/1/Avances%20en%20el%20conocimiento%20de%20la%20din%C3%A1mica%20de%20la%20materia%20org%C3%A1nica....pdf>
- Ligña M. 2014. Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas y aporte de materia seca y nutrientes al suelo [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 27p
- Manson RH, Hernández-Ortiz V, Gallina S, Mehlreter K. 2008. Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz, biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C (INECOL), Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMAR-NAT). 348P.
- Muraoka T, Ambrosano EJ, Zapata F, Bortoletto N, Martins ALM, P. Trivelin PCO, Boaretto AE y Scivittaro WB. 2001. Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. Universidade Estadual Paulista (UNESP); [consultado 2015 nov 20]. Disponible en <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302928114>
- Navarro G, Boccolini M, Baigorria T, Aimetta M, Bertolla A, Cazorla C. 2015. ¿Los cultivos de cobertura pueden modificar el patrón de nodulación de soja (*Glycine max* L.)? Revista de investigaciones agropecuarias; [consultado 2015 nov 20]. Disponible en <http://ria.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2015/03/Carzola-castellano-3.pdf>
- Perniola OS, Staltari S, Chorzempa SE, Molina MC. 2012. Biofumigación con Brassicas: Actividad supresoria sobre *Fusarium graminearum*. Revista de la Facultad de agronomía; [consultado 2015 nov 25]. Disponible en <http://sistemas.compras.agro.unlp.edu.ar/revista/index.php/revagro/article/viewFile/71/46>
- Rotar PP, Joy R. 1983. 'Tropic Sun' Sunn Hemp. Research Extension Series: University of Hawaii; [consultado 2015 sep 27].
- Rubio J. 2006. Efecto de Canavalia, Dolichos, Mucuna y Cowpea en la población de coyolillo (*Cyperus rotundus*), insectos, nemátodos y fertilidad del suelo [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano- Honduras. 34 p.
- Ruffo M, Parsons A. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. [consultado 2015 nov 24]. Disponible en [http://projects.ppi-far.org/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/614166CDD0205CAE03256E600071A09A/\\$file/Cultivo+Cobertura-Matias+Ruffo.pdf](http://projects.ppi-far.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/614166CDD0205CAE03256E600071A09A/$file/Cultivo+Cobertura-Matias+Ruffo.pdf)

- Skinner EM, Díaz-Pérez JC, Phatal SC, Schomberg HH, Vencill W. 2012. Allelopathic effects of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) on germination of vegetables and weeds. Hort Science; [consultado 2016 sep 28]. Disponible en https://getd.libs.uga.edu/pdfs/skinner_emillie_r_200612_ms.pdf
- Undersander D, Lane W. 2001. Sorghums, sudangrasses, and sorghum-sudangrass hybrids for Forage. University of Wisconsin. Forage Research and Extension; [consultado 2016 oct 2]. Disponible en <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/sorghum.htm>

7. ANEXOS

Anexo 1. Biodiversidad de artrópodos por m³ un día antes de la siembra

Tratamientos	Hymenoptera	Diptera	Coleoptera	Araneae	Hemiptera	Annelida	Acari	Diplopoda	Psocoptera
Crotalaria	83	250	0	0	0	0	0	0	0
Sorgo sudan	83	83	0	0	83	83	83	0	0
Mostaza	0	250	0	83	0	0	0	0	0
Crotalaria + Sorgo sudan	250	333	83	0	0	83	0	0	83
Crotalaria + Mostaza	83	333	167	0	0	0	0	0	0
Sorgo sudan + Mostaza	83	83	0	0	0	0	0	0	0
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	250	250	83	0	0	0	0	83	0
Testigo	83	333	0	83	500	0	0	0	0

Anexo 2. Biodiversidad de artrópodos por m³ a los 60 DDS

Tratamientos	Hymenoptera	Diptera	Coleoptera	Annelida	Diplopoda	Collembola	Myriapoda	Trichoptera
Crotalaria	667	500	83	0	0	0	0	0
Sorgo sudan	417	83	83	0	0	0	0	0
Mostaza	167	333	250	0	0	0	83	0
Crotalaria + Sorgo sudan	583	83	417	333	0	83	83	0
Crotalaria + Mostaza	0	0	83	0	83	0	83	83
Sorgo sudan + Mostaza	83	0	83	250	0	0	83	0
Crotalaria + Sorgo sudan + Mostaza	583	1333	250	83	0	0	83	0
Testigo	667	167	0	83	0	0	0	0