

Efecto de diferentes coberturas (*Vigna radiata*, *Mucuna pruriens*1, *Mcuna pruriens*2, cascarilla de arroz) sobre la dinámica de arvenses

Effect of different cover crops (*Vigna radiata*, *Mucuna pruriens*1, *Mucuna pruriens*2, rice husk) on weed dynamics

Silva-Illescas P. F.^{1*}, Real-Baca C. I.², Gómez-Meneses P. M.¹, Salazar J. A.¹

 Silva-Illescas P. F.
pedro.silva@ev.unanleon.edu.ni

 Real-Baca C. I.
carlos.real@ev.unanleon.edu.ni

 Gómez-Meneses P. M.
marialbinameneses@gmail.com

 Salazar J. A.
salazarjasonalexander6@gmail.com

Autor de correspondencia: pedro.silva@ev.unanleon.edu.ni

¹ Dirección específica de Agroecología y Agronegocios, Área de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua,

² Centro de Investigación de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua.

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol.10, núm.20, 2024

ribcc@ev.unanleon.edu.ni

Recepción: 16 Agosto, 2024

Aprobación: 29 Octubre, 2024

URL: https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REB_ICAMCLI/article/view/1072

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v10i19.19975>

Copyright © 2024 Rev. iberoam. bioecon. cambio clim. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León (UNAN-León), Área de Conocimiento de ciencias agrarias y veterinarias/ Área Específica de Agroecología y agronegocios /Centro de Investigación Ciencias Agrarias y Veterinarias. Dirección Académica. Departamento de Investigación. Unidad de publicaciones y eventos científicos.



Esta obra está bajo una licencia internacional
[Creative Commons AtribuciónNoComercialCompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Resumen

Antecedentes: Las arvenses son plantas que se pueden encontrar en cualquier área y pueden ser perjudiciales para el cultivo. Sin embargo, existen coberturas de suelo, las cuales también evitan el desarrollo de estas plantas no deseadas. Por esto, éste estudio se realizó con el propósito de determinar el efecto de cuatro coberturas y un testigo sobre la dinámica de arvenses. **Metodología:** se implementó un diseño de bloques completos aleatorios para evaluar las coberturas *Vigna radiata*, *Mucuna pruriens*1, *Mucuna pruriens*2, cascarilla de arroz y un testigo en las variables abundancia, riqueza, diversidad, frecuencia, porcentaje de cobertura, banco de semilla y tipo de hoja de arvenses. **Resultados:** que la cobertura con cascarilla de arroz presentó un mejor manejo de arvenses con respecto a la abundancia con un promedio de 105 individuos, diversidad con un porcentaje de 1.15% y riqueza con 3.63 especies, el tratamiento *Vigna radiata* obtuvo el menor porcentaje de cobertura de arvenses con 54.67% y el tratamiento *Mucuna pruriens*2 fue el de menor cobertura en el banco de semilla después de concluido el ensayo, pasando del 50% al 20%, la especie más frecuente fue *Tithonia rotundifolia* con un 75.56% presente en su mayoría en el área testigo. **Conclusión:** la implementación de estas coberturas garantiza un adecuado manejo de la dinámica de arvenses con la existencia de diferencia significativa desde su primera etapa hasta después de un tiempo de culminado el periodo según el tipo de cobertura.

Palabras claves: coberturas vivas, coberturas muertas, diversidad de arvenses, banco de semillas, *Tithonia rotundifolia*

Abstract

Background: Weeds are plants that can be found in any area and can harm the crops. However, there are ground covers, which also prevent the development of these unwanted plants. Therefore, this study was conducted to determine the effect of four ground covers and a control on the dynamics of weeds. **Methodology:** A randomized complete block design was implemented to evaluate the cover crops *Vigna radiata*, *Mucuna pruriens*1, *Mucuna pruriens*2, rice husk and a control on the variables abundance, richness, diversity, frequency, percentage of cover, seed bank and type of weed leaf. **Results:** The rice husk cover presented a better management of weeds with respect to abundance with an average of 105 individuals, diversity with a percentage of 1.15%; and richness with 3.63 species, the *Vigna radiata* treatment obtained the lowest percentage of weed cover with 54.67% and the *Mucuna pruriens*2 treatment had the lowest coverage in the seed bank after the end of the trial, going from 50% to 20%, the most frequent species was *Tithonia rotundifolia* with 75.56% present mainly in the control area. **Conclusion:** The implementation of these covers guarantees adequate management of weed dynamics with a significant difference from the weed's first stage until some time after the end of the period, depending on the type of cover.

Keywords: Living covers, dead covers, weed diversity, seed bank, *Tithonia rotundifolia*

Introducción

La incidencia perjudicial de las plantas indeseables, también conocidas como malezas, arvenses o malas hierbas, es uno de los mayores obstáculos en todo tipo de sistemas de producción agrícola. Tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo; las arvenses son plantas que aparecen como indeseables en áreas de cultivos, es bien sabido que compiten con las plantas cultivables por los nutrientes del suelo, agua, luz y sirven de hospederas de insectos y patógenos. Por lo tanto, se manifiesta que, el aumento de especies no deseadas y el mal manejo de las mismas en las áreas agrícolas constituye una problemática creciente debido al daño causado por las arvenses que afecta seriamente varios procesos agrícolas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha (Auld, 2004).

El combate de arvenses se originó cuando el hombre abandonó la recolección y la caza haciéndose sedentario, por ello desde el inicio de la agricultura, el hombre ha dedicado grandes esfuerzos para controlarlas. Las arvenses son un problema serio y las pocas alternativas se resumen en chapoda, mulch, rotación de cultivos, la quema y aplicación de herbicidas sintéticos. A pesar de la gran cantidad de estudios existentes sobre los beneficios agrícolas y ambientales de las coberturas vivas, su siembra o selección en sistemas agrícolas tropicales no es común. La adopción e implementación de nuevas estrategias de cultivo o de manejo del agroecosistema por parte de productores agrícolas, puede resultar lenta o incluso nula si la información generada a través de investigación aplicada no es transmitida de manera efectiva (Fernández et al., 2017).

Los cultivos de cobertura son plantas que cubren el suelo, no necesariamente cultivadas para consumo comercial, que aportan múltiples beneficios ecosistémicos y agronómicos como conservación del suelo, control de arvenses, fijación biológica de nitrógeno por leguminosas, mejora en la estructura del suelo y control de plagas. Pueden establecerse solos o en mezclas con otros cultivos y se usan para funciones como supresión de arvenses, conservación del agua, aporte nutricional y alimentación humana o animal, mostrando su carácter multipropósito más allá del concepto tradicional de abono verde (Leveron y Edin, 2020).

Según estudios, se demuestra que la combinación de plantas leguminosas con plantas no leguminosas conforma una cobertura más efectiva y con mejores beneficios en comparación de un monocultivo. Incluir las especies leguminosas como cultivos de cobertura puede elevar el nivel de nitrógeno en el suelo, debido a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico enriqueciendo el suelo con este nutriente (Korsakov et al., 2016).

Por otra parte, pero casi cumpliendo las mismas funciones, la cobertura muerta es cualquier elemento que se utiliza para mantener cubiertas las tierras de cultivo. Estos métodos de cobertura aportan beneficios tales como reducir la contaminación, erosión, presión de insectos, costos de fertilizantes, uso de herbicidas y pesticidas, conserva la humedad y protegen la calidad de agua. Canales y Carrillo (2018) dieron a conocer que, el área tratada con cobertura vegetal muerta disminuyó un 61,2% la presencia de arvenses.

Las estimaciones del daño asociado a arvenses en cultivos agrícolas varían según la región y el tipo de cultivo. Estudios generales indican que las arvenses pueden ocasionar pérdidas directas aproximadas del 7 al 10% en países desarrollados, mientras que en países en desarrollo las pérdidas pueden superar el 20-30% debido a una mayor dependencia de la producción agropecuaria y menores recursos para su control. Además, investigaciones específicas muestran disminuciones en rendimientos de cultivos como soja, maíz y girasol de hasta un 76%, 65% y 38% respectivamente cuando no se manejan las arvenses adecuadamente. Estas pérdidas incluyen la competencia por agua, nutrientes, luz y espacio, así como costos adicionales para el manejo (Esperbent, 2015). Es por ello que, con el objetivo de evaluar las coberturas *Vigna radiata*, *Mucuna pruriens*¹, *Mucuna pruriens*² y cascarilla de arroz, se estableció este estudio del manejo de la dinámica de arvenses y medir las variables de abundancia, riqueza, diversidad, frecuencia, porcentaje de cobertura, banco de semilla y tipo de hoja para determinar que puedan ser utilizadas dentro de los sistemas agrícolas, permitiendo la disminución de la población de arvenses in situ.

Materiales y métodos

Descripción de la zona de estudio

La investigación se realizó en el departamento de León entre las coordenadas 12°25'22" N y 86°53'12" O. En la zona predomina un clima tropical seco acompañado de una temperatura promedio anual de 28.40 °C, humedad relativa de 72.74%, precipitación anual de 1273.4 mm y suelo franco arenoso con pH 6.7 (Bárcenas et al., 2017).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con los cultivos *Vigna radiata* (frijol Mungo) y dos variedades de *Mucuna pruriens* (frijol Terciopelo) como cobertura viva para aprovechar su rápido crecimiento y buen desarrollo de follaje para un manejo en la dinámica poblacional de las arvenses. También se utilizó cascarilla de arroz (0.5 m³) como cobertura muerta (5 cm de alto) (T4), de manera a que su descomposición prolongada garantizará un efecto sobre la población de arvenses. Asimismo, se dejó un área sin ningún tipo de cobertura que funcionó como tratamiento testigo (T5).

Definición de las variables a evaluar

Se evaluaron las variables abundancia absoluta que hace referencia al número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio; la riqueza o el número total de las especies; la diversidad expresada por el índice de Shannon; la frecuencia o número de veces que una especie se presentó; el porcentaje de cobertura es el área cubierta por las arvenses por metro cuadrado; el banco de semillas en el suelo se define como el grupo de semillas viables presentes en y sobre el suelo o asociadas a la hojarasca en un tiempo determinado y el tipo de hoja de las arvenses clasificado como hojas finas o anchas..

Medición de las variables

Se muestrearon semanalmente de manera aleatoria cinco cuadrículas de 0.09m² (0.3x0.3m) por cada repetición donde se evaluaron todas las variables. Para conocer la abundancia se contó visualmente la cantidad de arvenses presentes, clasificándolas según su especie; para obtener la riqueza, la diversidad y la frecuencia, también se clasificaron en hojas anchas y hojas finas. El porcentaje de cobertura se evaluó según el área de suelo ocupada por la biomasa de arvenses dentro del metro cuadrado que se muestreó. Para el banco de semilla al inicio del ensayo se seleccionó 1m² por repetición donde se realizó el conteo y evaluación de cada variable de la misma manera, y al finalizar el ensayo, se extrajo un cubo de suelo de 30x30x30cm por repetición y fueron colocados en recipientes rotulados para llevar un mejor control de la medición de las variables.

Establecimiento del ensayo

Se procedió con la división del área para la colocación y distribución de los tratamientos según el diseño planteado. Este ensayo se realizó en un área total de 200m², con un área útil de 150m², dividida en tres repeticiones por tratamiento, es decir, 15 unidades experimentales de 10m² cada una. Se sembró *Vigna radiata* con el método de siembra a chorrillo obteniendo seis surcos sin borde a 20 cm entre cada surco (López y Norori, 2004); *Mucuna pruriens*1 (variedad negra) y *Mucuna pruriens*2 (variedad pinta) se sembraron con el método de siembra tres bolillos (30x30cm) (Martínez, 2020), también se colocó cascarilla de arroz como cobertura muerta con un espesor de 5cm, y se dejó el área determinada para el tratamiento testigo con el suelo completamente descubierto.

Análisis e interpretación de los resultados

Para efectuar el análisis estadístico de los datos obtenidos, se construyó una base en el programa Microsoft Excel 2013 la cual se analizó en el programa R para Windows. Primeramente, se importó la base de datos en el programa R mediante la función “import” del paquete “rio” (Chan et al., 2018). Posteriormente, se generó un modelo lineal generalizado para cada variable a evaluar usando la función “glm” del paquete “stats” (R Core Team, 2020). Para las variables abundancia, riqueza y tipo de hoja se les realizó “un modelo lineal generalizado con distribución Poisson” a un nivel de confianza del 95%.

Resultados y discusión

Los valores obtenidos dan como resultado que el menor promedio de abundancia de arvenses se presentó en el área tratada con cascarilla de arroz con 105 individuos, luego en el tratamiento *Vigna radiata* con 131.88 individuos, *Mucuna pruriens*1 con 148.92 y *Mucuna pruriens*2 con 154.88 individuos, mientras que el área testigo obtuvo 251.96 individuos, presentando el mayor promedio (Figura 1).

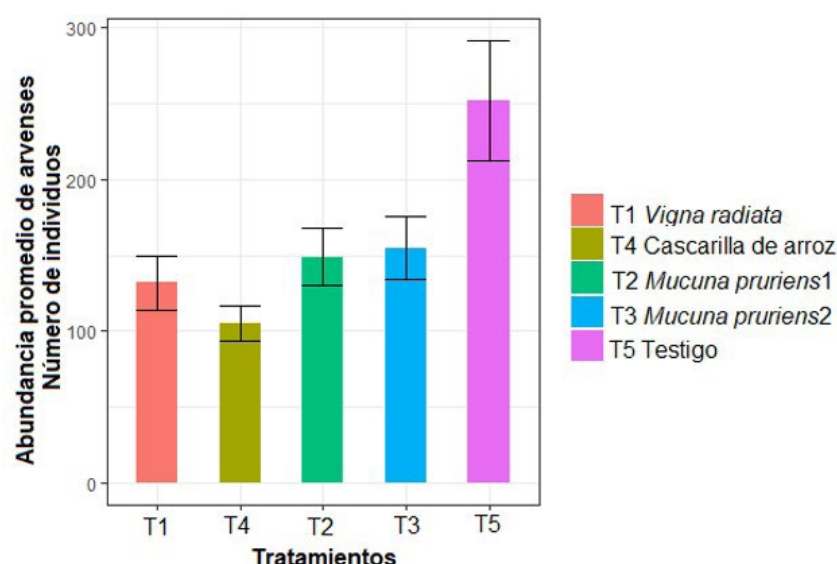


Figura 1: Abundancia de arvenses bajo el tratamiento de cinco coberturas (*Vigna radiata*, *Mucuna pruriens*1 y 2, Cascarilla de arroz y Testigo).

En todos los tratamientos se presentó la existencia de diferencia significativa ($p=0.00$) al 95% de nivel de confianza (Tabla 1). El tratamiento que más efecto tuvo sobre la abundancia de arvenses fue la cascarilla de arroz con 1.25 individuos menos que *Vigna radiata*. Mientras que, el tratamiento testigo fue el que presentó mayor abundancia de arvenses, con un estimado de 2.41 veces más que la cascarilla de arroz, con intervalos de confianza desde 2.29 a 2.50.

Tabla 1: Modelo lineal generalizado efectuado a la variable abundancia (estimado, error estándar, valor de P, intervalos de confianza inferior e intervalo de confianza superior).

| Tratamiento | estimado | Error estándar | Estadístico | Valor de P | Intervalo de confianza inferior | Intervalo de confianza superior |
|-------------------------|------------|----------------|-------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (Intercepto) | 4.65 | 0.02 | 233.63 | 0 | 4.61 | 4.69 |
| <i>Vigna radiata</i> | 0.23(1.25) | 0.03 | 8.54 | 0 | 0.18(1.20) | 0.28(1.32) |
| <i>Mucuna pruriens1</i> | 0.35(1.41) | 0.03 | 13.43 | 0 | 0.30(1.35) | 0.40(1.49) |
| <i>Mucuna pruriens2</i> | 0.39(1.47) | 0.03 | 15.06 | 0 | 0.34(1.40) | 0.44(1.55) |
| Testigo | 0.88(2.41) | 0.02 | 36.92 | 0 | 0.83(2.29) | 0.92(2.51) |

Bolaños y Bolaños (1996) reportaron resultados de menor abundancia de arvenses en los tratamientos *Dolichos lablab* y *Mucuna pruriens* seguido de *Cajanus cajan* y *Canavalia ensiformis*. En comparación a nuestros resultados en los cuales el tratamiento que presentó menor abundancia de arvenses fue cascarilla de arroz; Bolaños reportó que, el tratamiento *Vigna radiata* fue uno de los que registró la mayor abundancia de arvenses, siendo esto contrario a nuestro estudio, ya que el tratamiento de *Vigna radiata* fue el segundo con menor abundancia de arvenses. Los resultados de estos estudios varían según la zona de trabajo y condiciones agroclimáticas como la temperatura que no permite que sean las apropiadas para el desarrollo óptimo de las arvenses o la cobertura vegetal.

Por otro lado, el uso de la cascarilla de arroz como un método de control de arvenses, proporciona que los rayos solares no tengan contacto directo con el suelo, impidiendo que, según Liebman (2018), los arvenses no puedan germinar, desarrollarse y por ende reducir su producción de biomasa. Bruce et al. (2022) reportan una abundancia total de arvenses menor en sistemas cubiertos con rastrojos secos en comparación a las coberturas vivas, resultados similares a los obtenidos en este estudio.

El área tratada con cascarilla de arroz obtuvo menor promedio en cuanto a riqueza, con 3.63 especies, le sigue *Vigna radiata* con 4.88 especies, *Mucuna pruriens1* con 5.42, *Mucuna pruriens2* con 5.75 especies y, por otra parte, el que mayor promedio de riqueza presentó fue el testigo con 7.63 especies (Figura 2). El tratamiento testigo presentó la mayor riqueza en todo el estudio con un total de 11 especies seguido por el tratamiento *M. pruriens 1* con 10 especies distintas, mientras que cascarilla de arroz presentó la menor riqueza con solo 7 especies (Tabla 2).

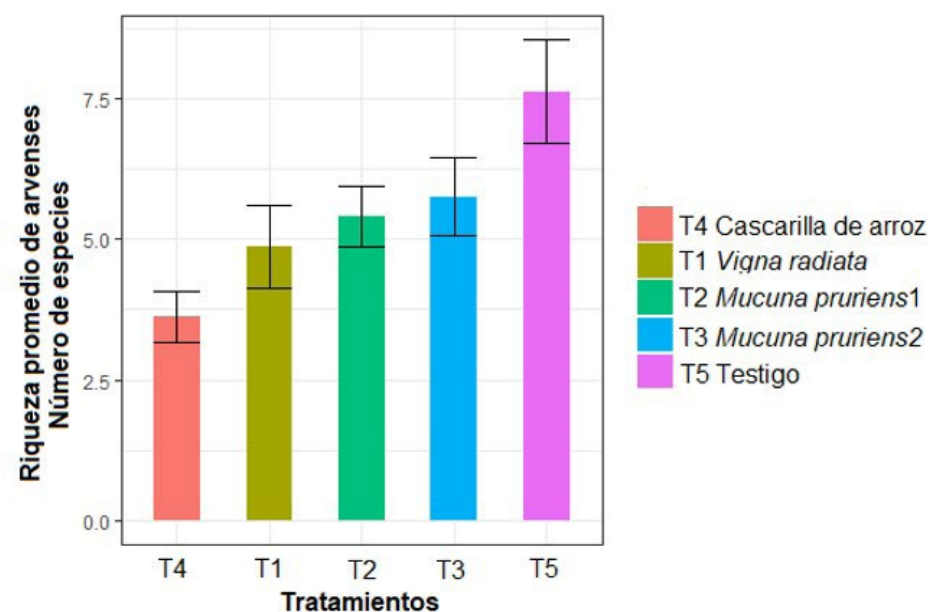


Figura 2: Riqueza de arvenses bajo el tratamiento de cinco coberturas (*Vigna radiata*, Cascarilla de arroz, *Mucuna pruriens1* y 2 y Testigo).

Tabla 2: Especies de arvenses presentes por tratamiento en la variable Riqueza.

| <i>Cascarilla de arroz</i> | <i>Vigna radiata</i> | <i>Mucuna pruriens1</i> | <i>Mucuna pruriens2</i> | <i>Testigo</i> |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------------|
| <i>Cyperus compressus</i> | <i>Boerhavia L.</i> | <i>Sida acuta</i> | <i>Mollugo verticilla</i> | <i>Mollugo verticilla</i> |
| <i>Ixophorus unisetus</i> | <i>Ixophorus unisetus</i> | <i>Tridax</i> | <i>Desmodium</i> | <i>Boerhavia erecta</i> |
| <i>Pseudelephantopus spicatus</i> | <i>Desmodium triflorum</i> | <i>procumbens</i> | <i>triflorum</i> | <i>L.</i> |
| <i>Mollugo verticilla</i> | <i>Mollugo verticilla</i> | <i>Cyperus compressus</i> | <i>Boerhavia erecta</i> | <i>Desmodium triflorum</i> |
| <i>Sida acuta</i> | <i>Kallstroemia</i> | <i>compressus</i> | <i>L. Cyperus</i> | <i>triflorum</i> |
| <i>Tithonia rotundifolia</i> | <i>Portulaca</i> | <i>Pseudelephantopus spicatus</i> | <i>compressus</i> | <i>Cyperus</i> |
| <i>Cordia alba</i> | <i>oleracea</i> | <i>Desmodium</i> | <i>Pseudelephantopus compressus</i> | <i>Sida acuta</i> |
| | <i>Sida acuta</i> | <i>triflorum</i> | <i>Sida acuta</i> | <i>unisetus</i> |
| | <i>Cyperus compressus</i> | <i>Boerhavia erecta L.</i> | <i>Tridax procumbens</i> | <i>Sida acuta</i> |
| | <i>Pseudelephantopus spicatus</i> | <i>Kallstroemia</i> | <i>Ixophorus unisetus</i> | <i>Pseudelephantopus</i> |
| | | <i>pubescens</i> | <i>Kallstroemia</i> | <i>spicatus</i> |
| | | <i>Cordia alba</i> | <i>pubescens</i> | <i>Portulaca oleracea</i> |
| | | <i>Mollugo</i> | | <i>Tithonia</i> |
| | | <i>verticilla</i> | | <i>rotundifolia</i> |
| | | | | <i>Kallstroemia</i> |
| | | | | <i>pubescens</i> |
| | | | | <i>Tridax procumbens</i> |

El tratamiento T4 Cascarilla de arroz obtuvo una diferencia significativa ($p= 0.04$) en comparación al tratamiento *Vigna radiata*. La cascarilla de arroz obtuvo un estimado de 1.35 especies más, con intervalos de confianza de 1.02 a 1.79 al 95% de confiabilidad. Mientras que el tratamiento testigo presentó mayor número de especies, con un estimado de 2.09 más que cascarilla de arroz con intervalos de confianza desde 1.63 hasta 2.71 al 95% de confiabilidad. (Tabla 3)

Tabla 3: Modelo lineal generalizado efectuado a la variable riqueza (estimado, error estándar, valor de P, intervalos de confianza inferior e intervalo de confianza superior) en el área agrícola del CNRA 2022.

| Tratamiento | estándar | Error estadística | estimado | valor de p | Intervalo de confianza inferior | Intervalo de confianza superior |
|--------------------------|------------|-------------------|----------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (Intercepto) | 1.29 | 0.11 | 12.01 | 0.00 | 1.07 | 1.49 |
| Cascarilla de arroz | 0.30(1.35) | 0.14 | 2.09 | 0.04 | 0.02(1.02) | 0.58(1.79) |
| <i>Mucuna pruriens</i> 1 | 0.40(1.49) | 0.14 | 2.90 | 0.00 | 0.13(1.14) | 0.68(1.97) |
| <i>Mucuna pruriens</i> 2 | 0.46(1.58) | 0.14 | 3.37 | 0.00 | 0.20(1.22) | 0.73(2.07) |
| Testigo | 0.74(2.09) | 0.13 | 5.71 | 0.00 | 0.49(1.63) | 1.00(2.72) |

La cascarilla de arroz aparte de ser un buen controlador ante la presencia de arvenses, tiene como características la retención de agua de la planta, disminuye la temperatura del suelo, ayuda a la fijación de nitrógeno, fósforo y potasio, y reduce costos pues como no hay arvenses no se requiere mayor aplicación de herbicidas ni insecticidas y es debido a esto que este tratamiento presentó un buen efecto ante el crecimiento de las arvenses (Huang & Lo, 2019)

Según Canales y Carrillo (2018), la cobertura muerta cubre toda la superficie del suelo funcionando como una capa protectora, impidiendo la penetración directa de los rayos del sol e impidiendo las condiciones óptimas para el desarrollo correcto de las arvenses.

Según estudio realizado por Fernández (1982), la semilla de arvense necesita para germinar humedad, sustrato, temperatura y luz. En el caso de la producción de biomasa bajo el tratamiento de suelo descubierto, el sol hace contacto con facilidad, lo que induce a una mayor presencia de arvenses. De igual manera el tratamiento de cobertura vegetal muerta presenta el menor valor en porcentaje de arvenses con promedio de 38,8%, lo que significa una reducción del 61.2% de arvenses con respecto al testigo (suelo descubierto).

En un estudio realizado sobre coberturas vegetales por Contto y González (2005) en el que utilizaron coberturas vegetales vivas de leguminosas (*V. radiata*, *C. cajan*, *C. ensiformis*.) lograron reducir la presencia de arvenses. Al compararlo con nuestros el tratamiento de cobertura vegetal muerta logro disminuir el porcentaje de malezas. Esto significa que al utilizar este tipo de coberturas vegetales sobre la superficie del suelo impide el crecimiento de arvenses en áreas de cultivos.

El tratamiento que presentó menor diversidad de arvenses fue la cascarilla de arroz con un promedio de 1.15% El siguiente tratamiento con menor diversidad fue *Vigna radiata* con un promedio de 1.28% *Mucuna pruriens*1 con un promedio de 1.61% *Mucuna pruriens*2 con un promedio de 1.75% Por otro parte, el tratamiento testigo presentó la mayor diversidad de arvenses, con 2.34% de promedio (figura 3).

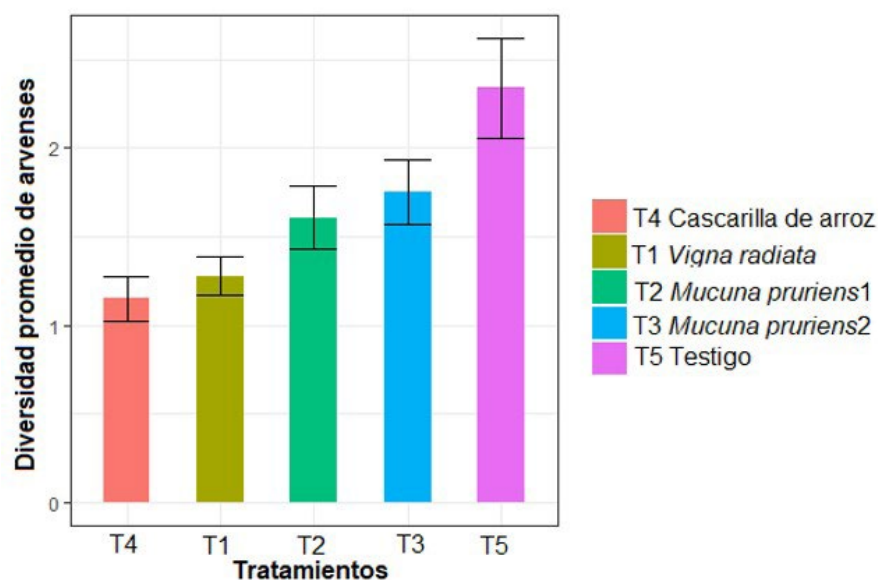


Figura 3: Diversidad de arvenses bajo el tratamiento de cinco coberturas (*Vigna radiata*, Cascarilla de arroz, *Mucuna pruriens*1 y 2 y testigo).

El área tratada con *Vigna radiata* obtuvo un 13% más que la cascarilla de arroz con intervalos de confianza de -13% a 38% y sin diferencia significativa ($p= 0.34$) al 95% de confiabilidad. Mientras que el tratamiento testigo presentó 119% más que la cascarilla, con intervalos de confianza de 93% a 144% (Tabla 4).

Tabla 4: Modelo lineal generalizado efectuado a la variable diversidad (estimado, error estándar, valor de P, intervalos de confianza inferior e intervalo de confianza superior).

| Tratamiento | estimado | Error estándar | estadístico | valor P | Intervalo de confianza inferior | Intervalo de confianza superior |
|--------------------------|----------|----------------|-------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| (Intercepto) | 1.15 | 0.09 | 12.39 | 0.00 | 0.97 | 1.33 |
| <i>Vigna radiata</i> | 0.13 | 0.13 | 0.96 | 0.34 | -0.13 | 0.38 |
| <i>Mucuna pruriens</i> 1 | 0.46 | 0.13 | 3.47 | 0.00 | 0.20 | 0.71 |
| <i>Mucuna pruriens</i> 2 | 0.60 | 0.13 | 4.57 | 0.00 | 0.34 | 0.86 |
| Testigo | 1.19 | 0.13 | 9.04 | 0.00 | 0.93 | 1.44 |

La diversidad de arvenses es la repuesta al manejo que se les ha dado en años anteriores, los cambios que se producen en los campos cultivado sobre la composición de arvenses, en sus valores absolutos y relativos son consecuencia inevitable de modificaciones de su control y otras prácticas agronómicas (Hernández, 1992).

Mejía y Montes (2006) reflejan que el uso de *Vigna radiata* reduce la diversidad de las arvenses en los sistemas agrícolas debido a que su capacidad de cobertura de suelo con su buen desarrollo de follaje impide la penetración de la luz, lo cual afecta a la de arvenses. Asimismo, el área con mayor diversidad de especies de arvenses fue la que no presentó cobertura, debido a que esta área no contaba con ningún factor que afectara a la población de arvenses reflejando de esta manera que el uso de plantas de cobertura es eficaz para controlar la proliferación de las plantas no deseadas que compiten por nutrientes, agua, espacio y luz con los cultivos. Sin embargo, Bhaskar et al. (2021) mencionan que las coberturas vivas mejoran la biodiversidad y sostenibilidad de agroecosistemas en comparación a las coberturas muertas, lo que explicaría la menor diversidad obtenida con cascarilla de arroz.

La especie que menos frecuencia presentó fue *Cordia alba* con un promedio de 32.7% *Tridax procumbens* obtuvo un promedio de 44.17% *Desmodium triflorum* con un promedio de 46.89% *Ternstroenia peduncularis* con promedio de 47.37%. La especie con mayor frecuencia fue *Tithonia rotundifolia* con 75.56% de promedio (Figura 4).

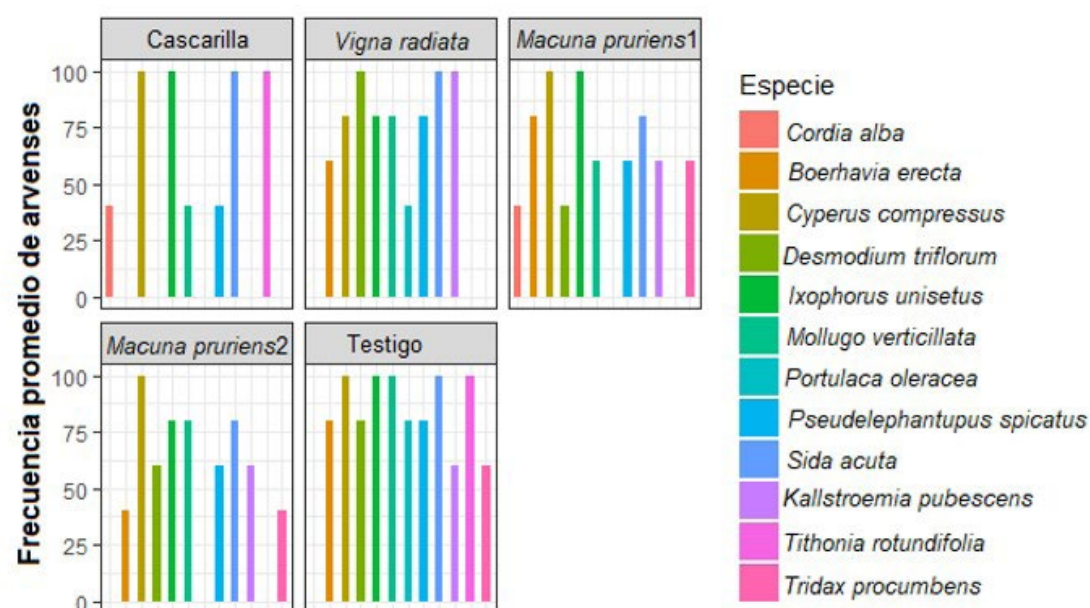


Figura 4: Frecuencia de arvenses bajo el tratamiento de cinco coberturas (*Vigna radiata*, Cascarilla de arroz, *Mucuna pruriens*1 y 2 y testigo).

Tridax procumbens obtuvo 11.44% más frecuencia que *Cordia alba* con intervalos de confianza desde -1.44% hasta 24.32% sin la existencia de diferencia significativa ($p=0.08$). *Desmodium triflorum* con 14.16% más con intervalos de confianza de 2.57% a 25.74% con diferencia significativa ($p= 0.02$) al 95% de confiabilidad. *Sida acuta* con 32.70% más que *Cordia alba* con intervalos de confianza desde 21.343% hasta 44.07% con la existencia de diferencia significativa ($p= 0.00$). Mientras que la especie con mayor frecuencia fue *Tithonia rotundifolia* con 42.83% más con intervalos de confianza desde 29.29% hasta 56.36% con la existencia de diferencia significativa ($p= 0.00$) a una confiabilidad al 95% (Tabla 5).

Tabla 5: Modelo lineal generalizado efectuado a la variable frecuencia (estimado, error estándar, valor de P, intervalos de confianza inferior e intervalo de confianza superior).

| Especie | estimado | Error estándar | estadístico | valor P | Intervalo de confianza inferior | Intervalo de confianza superior |
|--------------------------|----------|----------------|-------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| (Intercepto) | 32.73 | 5.44 | 6.02 | 0.00 | 22.06 | 43.39 |
| Boerhavia erecta | 24.92 | 6.00 | 4.15 | 0.00 | 13.16 | 36.68 |
| Cyperus compresus | 31.31 | 5.71 | 5.48 | 0.00 | 20.12 | 42.50 |
| Desmodium triflorum | 14.16 | 5.91 | 2.40 | 0.02 | 2.57 | 25.74 |
| Ixophorus unisetus | 32.51 | 5.71 | 5.69 | 0.00 | 21.31 | 43.70 |
| Mollugo verticillata | 20.61 | 5.97 | 3.45 | 0.00 | 8.91 | 32.31 |
| Portulaca oleracea | 20.61 | 6.57 | 3.14 | 0.00 | 7.73 | 33.48 |
| Rumex obtusifolius | 19.48 | 5.82 | 3.35 | 0.00 | 8.08 | 30.88 |
| Sida acuta | 32.70 | 5.80 | 5.64 | 0.00 | 21.34 | 44.07 |
| Kalstroemia peduncularis | 14.64 | 6.18 | 2.37 | 0.02 | 2.53 | 26.75 |
| Tithonia rotundifolia | 42.83 | 6.91 | 6.20 | 0.00 | 29.29 | 56.36 |
| Tridax procumbens | 11.44 | 6.57 | 1.74 | 0.08 | -1.44 | 24.32 |

Según Rojas-Sandoval (2022), la *Tithonia rotundifolia* es una especie nativa de Nicaragua, por lo tanto, es muy común su frecuencia en la mayoría de los suelos del país.

Porcentaje de cobertura

El tratamiento con menor promedio de cobertura de arvenses fue *Vigna radiata* con 54.67% le sigue *Mucuna pruriens*1 con 55.00% después cascarilla de arroz con 57.67% *Mucuna pruriens*2 con 57.83% y el testigo presentó el mayor promedio con 78.83% (Figura 5).

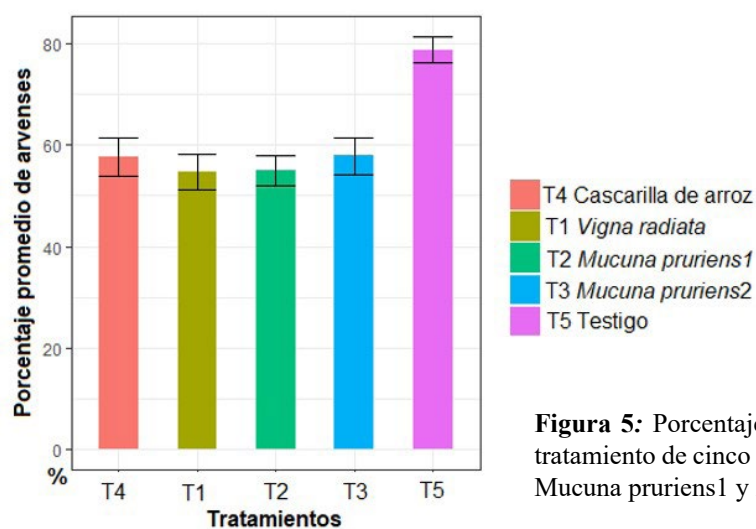


Figura 5: Porcentaje promedio de cobertura de arvenses bajo el tratamiento de cinco coberturas (*Vigna radiata*, Cascarilla de arroz, *Mucuna pruriens*1 y 2 y Testigo).

*Mucuna pruriens*1 obtuvo 0.33% más que *Vigna radiata*, con intervalos de confianza de -4.26% a 4.93% sin diferencia significativa ($p=0.89$) La cascarilla de arroz obtuvo 3.00% más que *Vigna radiata*, con intervalos de confianza desde -1.59% hasta 7.59% sin la existencia de diferencia significativa ($p=0.20$) *Mucuna pruriens*2 obtuvo 3.17% más con intervalos de confianza desde -1.43% hasta 7.76% sin la existencia de diferencia significativa ($p=0.18$) Por otro lado, el área testigo obtuvo 24.17% más con intervalos de confianza desde 19.57% hasta 28.76% con la existencia de diferencia significativa ($p=0.00$) al 95% de confiabilidad (Tabla 6).

Tabla 6: Modelo lineal generalizado efectuado a la variable porcentaje de cobertura (estimado, error estándar, valor de P, intervalos de confianza inferior e intervalo de confianza superior) en cuatro tratamientos de coberturas (*Vigna radiata*, Cascarilla de arroz, *Mucuna pruriens*1 y 2).

| Tratamiento | estimado | Error estándar | estadístico | valor de P | Intervalo de confianza inferior | Intervalo de confianza superior |
|--------------------------|----------|----------------|-------------|------------|---------------------------------|---------------------------------|
| (Intercepto) | 54.67 | 1.66 | 32.98 | 0.00 | 51.42 | 57.92 |
| Cascarilla de arroz | 3.00 | 2.34 | 1.28 | 0.20 | -1.59 | 7.59 |
| <i>Mucuna pruriens</i> 1 | 0.33 | 2.34 | 0.14 | 0.89 | -4.26 | 4.93 |
| <i>Mucuna pruriens</i> 2 | 3.17 | 2.34 | 1.35 | 0.18 | -1.43 | 7.76 |
| Testigo | 24.17 | 2.34 | 10.31 | 0.00 | 19.57 | 28.76 |

Mejía y Montes (2006) reportan que el uso de *Vigna radiata* y *Canavalia ensiformis* reduce el porcentaje de cobertura de las arvenses hasta un 12% y 13% respectivamente, mientras que en los agroecosistemas en los que se utilizó un método convencional, la cobertura de arvenses fue de hasta de un 50% calificándose como fuertemente enmalezado, demostrando así que la implementación de estas coberturas logra reducir el porcentaje de cobertura de arvenses incluso mayor que un método convencional. Estos resultados son similares a los obtenidos por Flores & Téllez (1999) en estudios realizados en el departamento de Masaya. Biswas y Das (2021) mencionan que las coberturas muertas reducen la radiación solar que absorben las semillas de arvenses y proporcionan una barrera física que dificulta su germinación y emergencia. Por otra parte, tanto las coberturas muertas como las coberturas vivas y sus residuos incorporados son capaces de reducir las poblaciones de arvenses por la liberación de sustancias fitoquímicas con propiedades alelopáticas (Saha et al., 2018).

Las especies de arvenses con el tipo de hoja fina fueron las que menos presencia tuvieron en todos los tratamientos, con un promedio de 23.42 mientras que las arvenses con hojas ancha obtuvieron 31.47 de promedio (Figura 6).

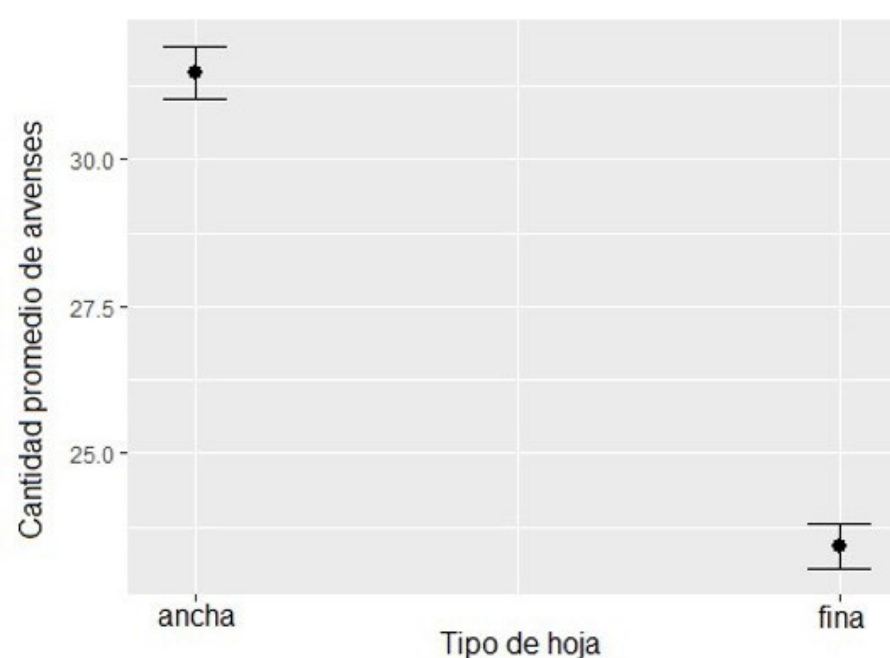


Figura 6: Cantidad promedio de arvenses según el tipo de hoja (ancha o fina) bajo el tratamiento de cuatro coberturas (*Vigna radiata*, Cascarilla de arroz, *Mucuna pruriens*1 y 2).

Las arvenses hojas finas se presentaron 0.74 veces que las hojas anchas, con intervalos de confianza desde 0.72 a 0.76 con la existencia de diferencia significativa ($p=0.00$) al 95% de confiabilidad (Tabla 7).

Tabla 7: Modelo lineal generalizado efectuado a la variable tipo de hoja de arvenses (estimado, error estándar, valor de P, intervalos de confianza inferior e intervalo de confianza superior).

| Tipo | Error | | estadística | valor P | Intervalo de confianza inferior | Intervalo de confianza superior |
|--------------|------------|----------|-------------|---------|---------------------------------|---------------------------------|
| | estimado | estándar | | | | |
| (Intercepto) | 3.45 | 0.01 | 473.92 | 0 | 3.43 | 3.46 |
| Hoja fina | - | 0.01 | -26.51 | 0 | -0.32(0.73) | -0.27 |
| | 0.30(0.74) | | | | | |

Ligña (2014) menciona que el uso de *Crotalaria juncea* y *Lablab purpureus* L. Sweet, en la producción de gramíneas como *Zea mays* y *Sorghum bicolor* L. y de *Brassica rapa* L. var. Rapa, produjo una reducción en las poblaciones de gramíneas del 31% y en hoja ancha de un 18% entre los 30 y 45 días después de la siembra para la rotación con cultivos de alto valor económico, bajo las condiciones agroecológicas de Zamorano. Donde evaluó 14 tratamientos para ver el efecto en el control de malezas gramíneas, hoja ancha y coyolillo a los 30 y 45 días después de siembra.

Banco de semilla

Los resultados reflejan que hubo un manejo de arvenses bastante notorio, principalmente en el área tratada con *Mucuna pruriens*2 que redujo de 50% hasta un promedio de 20% de cobertura y en *Mucuna pruriens*1 redujo de 50% a 30% después de finalizado el ensayo. Asimismo, el área que no fue tratada con ninguna cobertura reflejó su ascenso en la cantidad de arvenses presentes de 60% a 75% (Figura 7). Aparte de la disminución en la cobertura, también se evidenció una menor riqueza en las áreas con cobertura, ya que de las 12 especies registradas antes del ensayo solamente permanecieron 4 al finalizar las evaluaciones siendo estas *Cordia alba*, *Desmodium triflorum*, *Pseudelephantopus spicatus* y *Kallstroemia pubescens* (Tabla 8).

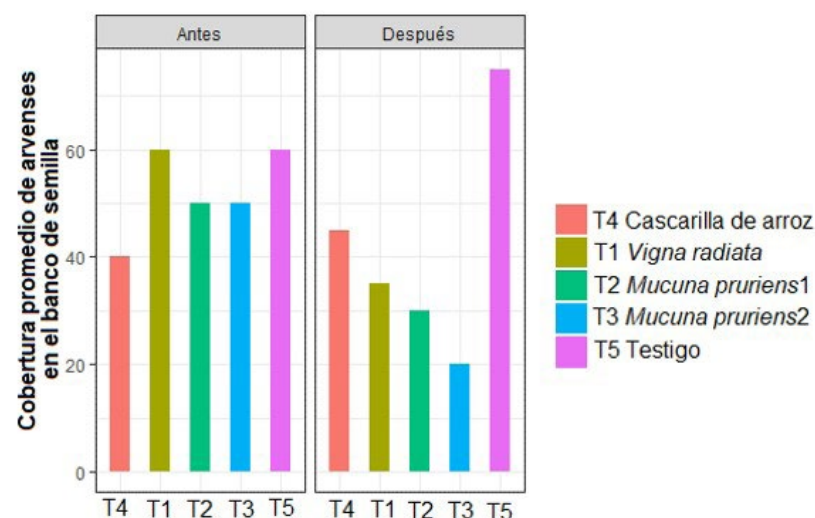


Figura 7: Porcentaje promedio de cobertura de arvenses en el banco de semilla antes y después del ensayo bajo el tratamiento de cinco coberturas (*Vigna radiata*, *Cascarilla de arroz*, *Mucuna pruriens*1 y 2 y Testigo).

Tabla 8: Especies de arvenses en el banco de semillas antes y después del ensayo.

| Especies de arvenses en el banco de semillas antes del ensayo | Especies de arvenses en el banco de semillas después del ensayo | Especies de arvenses prevaletentes en el banco de semillas después del ensayo |
|---|---|---|
| <i>Cordia alba</i> | <i>Cordia alba</i> | <i>Leucaena leucocephala</i> (tamarindillo) |
| <i>Boerhavia erecta</i> | <i>Desmodium triflorum</i> | <i>Ixophorus unisetus</i> (chompipe) |
| <i>Cyperus compressus</i> | <i>Pseudelephantopus spicatus</i> | <i>Sida acuta</i> (escoba lisa) |
| <i>Desmodium triflorum</i> | <i>Kallstroemia pubescens</i> | <i>Mollugo verticilla</i> (culantrillo) |
| <i>Ixophorus unisetus</i> | | <i>Tithonia rotundifolia</i> (jalacate) |
| <i>Mollugo verticillata</i> | | <i>Cyperus compressus</i> (coyolillo) |
| <i>Portulaca oleracea</i> | | <i>Portulaca oleracea</i> (verdolaga) |
| <i>Pseudelephantopus spicatus</i> | | <i>Melampodium divaricatum</i> (boton de oro) |
| <i>Sida acuta</i> | | <i>Boerhavia erecta</i> L. (golondrina) |
| <i>Kallstroemia pubescens</i> | | <i>Tridax procumbens</i> (botoncillo) |
| <i>Tithonia rotundifolia</i> | | |
| <i>Tridax procumbens</i> | | |

El momento después de finalizado el ensayo obtuvo un estimado de -12% de individuos que en el momento antes de establecido el ensayo, con intervalos de confianza desde -23.26% a -0.74% al 95% de confiabilidad sin la existencia de diferencia significativa ($p=0.05$) (Tabla 9).

Tabla 9: Modelo lineal generalizado efectuado a la variable banco de semilla (estimado, error estándar, valor de P, intervalos de confianza inferior e intervalo de confianza superior) en áreas tratadas con cuatro coberturas (*Vigna radiata*, Cascarilla de arroz, *Mucuna pruriens* 1 y 2).

| Momento | Estimado | Error estándar | Estadística | Valor P | Interval de confianza inferior | Interval de confianza superior |
|-------------|----------|----------------|-------------|---------|--------------------------------|--------------------------------|
| (Intercept) | 47.67 | 4.06 | 11.73 | 0.00 | 39.70 | 55.63 |
| Después | -12.00 | 5.75 | -2.09 | 0.05 | -23.26 | -0.74 |

Por lo general, el aumento del número de arvenses en las áreas cultivadas representa únicamente un pequeño porcentaje del potencial de semillas viables existentes en el suelo y que germinan anualmente. El banco de semilla del suelo se refiere a las reservas de semillas existentes en el suelo. Las semillas latentes deberán esperar un estímulo para germinar o entrar en una latencia profunda impuesta por las condiciones encontradas en el suelo. Generalmente, entre más perturbado sea un hábitat, el banco de semilla es más numeroso. Las prácticas utilizadas en el suelo agrícola son de interés para el manejo de arvenses, ya que determinan las especies y la cantidad que interferirán con los cultivos en años posteriores (Páiz y Chávez, 2000).

El banco de semillas del suelo representa un reservorio de material genético de arvenses que permite a estas plantas mantener sus poblaciones incluso bajo condiciones adversas (Schwartz-Lazaro & Copes, 2019). Buhler et al. (1997) mencionan que el banco de semilla en el suelo regula las comunidades de arvenses y por ende es importante entender la dinámica de este en el manejo de estas plantas. El uso de coberturas muertas con residuos de cultivos ha demostrado reducir el banco de semillas de arvenses en sistemas de producción de maíz hasta en un 70 % (Choudhary, 2023).

Conclusiones

En las variables diversidad, abundancia y riqueza hubo diferencia significativa con valor de P de 0.00 en la mayoría de los tratamientos, principalmente en el área tratada con cascarilla de arroz. Lo que implica que el uso de coberturas permite regular las poblaciones de arvenses en sistemas agrícolas.

La especie *Tithonia rotundifolia* fue la arvense con mayor frecuencia (75.56%), presente en su mayoría en el área testigo, cuya área fue la que presentó mayor porcentaje de cobertura de arvenses (78.83%) con diferencia significativa debido a que no se utilizó ningún tipo de cobertura, lo que garantiza que la utilización de coberturas es eficiente para un mejor control en la dinámica de arvenses. En los muestreos realizados después del ensayo, los tratamientos *Mucuna pruriens* 1 y 2 obtuvieron menor presencia de arvenses en el banco de semilla, inhibiendo el 20 y 30% de cobertura de arvenses respectivamente con una diferencia significativa.

Declaraciones

Fondos: Este estudio no fue financiado.

Conflicto de intereses: Los autores no tienen intereses financieros o no financieros relevantes que revelar. No revelaron conflictos de intereses.

Cumplimiento de estándares éticos: No se realizó ningún experimento con animales mayores o personas.

Contribuciones de autor

Pedro Fernando Silva Illescas: Conceptualización, Metodología, Redacción, análisis de datos, Borrador Original, Redacción, Revisión y Edición.

Carlos Iván Real Baca: Conceptualización, Metodología, toma de datos y Redacción de Borrador Original.

Paulina Marialbina Gómez Meneses: Conceptualización, Metodología, toma de datos y Redacción de Borrador Original.

Jason Alexander Salazar: Conceptualización, Metodología, toma de datos y Redacción de Borrador Original.

Disponibilidad de datos: Los conjuntos de datos están disponibles a través del autor correspondiente previa solicitud razonable.

Referencias bibliográficas

- Auld, B. A. (2004). The persistence of weeds and their social impact. *International Journal of Social Economics*, 31(9), 879-886. <https://doi.org/10.1108/03068290410550665>
- Bárceñas, M., Rostrán, J. y Silva, P. (2017). *Condiciones climáticas del Campus Agropecuario 2017: Boletín climático No. 1*. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/5445>
- Bhaskar, V., Westbrook, A. S., Bellinder, R. R., & DiTommaso, A. (2021). Integrated management of living mulches for weed control: A review. *Weed Technology*, 35(5), 856-868. <https://doi.org/10.1017/wet.2021.52>
- Biswas, S., & Das, R. (2021). Role of organic mulch in weed management. *Agriallis*, 3(5), 8-12. <https://agriallis.com/?s=ROLE+OF+ORGANIC+MULCH+IN+WEED+MANAGEMENT>
- Bolaños, R., & Bolaños, R. (1996). *Estudio de siete leguminosas de cobertura en asocio con el cultivo de pitahaya (Hylocereus undatus Britton y Rose), como manejo de las malezas y aporte de nutrientes*. Managua, Nicaragua. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria] Riuna. <https://repositorio.una.edu.ni/1646/>
- Bruce, D., Silva, E. M., & Dawson, J. C. (2022). Suppression of weed and insect populations by living cover crop mulches in organic squash production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. Article. 995224. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.995224>
- Buhler, D.D., Hartzler, R.G., & Forcella, F. (1997). Implications of weed seedbank dynamics to weed management. *Weed Sci.* 45, 329-336. <https://doi.org/10.1017/S0043174500092948>

- Canales, R., & Carrillo, R. (2018). *Efecto de tres coberturas vegetales (viva, muerta, semicompostada) sobre las condiciones físicas, biológicas del suelo y manejo de malezas en el cultivo de papaya en el sector CNRA, Campus Agropecuario UNAN-León octubre 2017- mayo 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León]. Repositorio institucional UNAN-León. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/7237>
- Chan, C., Chan, G., Leeper, T., & Becker J. (2018). Rio: A Swiss-army knife for data file I/O. R packa-ge version 0.5.16.
- Choudhary, V. K. (2023). Weed suppression, weed seed bank and crop productivity influenced under tillage and mulches in maize-rapeseed cropping system. *Crop Protection*, 172. Article. 106333. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106333>
- Choudhary, V. K. (2023). Weed suppression, weed seed bank and crop productivity influenced under tillage and mulches in maize-rapeseed cropping system. *Crop Protection*, 172. Article. 106333. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106333>
- Contto García, C. F., & González Moncada, L. A. (2005). *Efecto de tres leguminosas sobre la cantidad de materia orgánica, aporte de NPK y la incidencia de malezas sobre el crecimiento de pitahaya* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. RiUNA. <https://repositorio.una.edu.ni/1972/>
- Esperbent, C. (2015). Malezas: el desafío para el agro que viene. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41(3), 235-239.
- Fernández, E. O., Gavotti, R. E., Marengo, E. (2017). *Diversidad y manejo de malezas mediante cultivos de cobertura y barbecho químico invernal en la región centro de Córdoba* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Digital UNC <http://hdl.handle.net/11086/6000>
- Fernández, A. O. (1982). Manejo integrado de malezas. *Planta Daninha*, 5(2), 69-79. 10.1590/S0100-83581982000200010
- Flores Chavarria, M. J. & Téllez Morález, E. A. (1999). *Estudio de cinco leguminosas en la fertilización y métodos de manejo en el cultivo de pitahaya (Hylocereus undatus Britton y Rose)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. RiUNA. <https://repositorio.una.edu.ni/1737/>
- Hernández Blandón, D. R. (1992). *Determinación de las asociaciones de malezas en el cultivo de arroz (oryza sativa) en Nicaragua y su relación con algunos factores de manejo del cultivo* [Tesis de maestría, CATIE] Repositorio CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4759>
- Huang, Y.F., & Lo, S.-L. (2019). Utilization of rice hull and straw. In J. Bao *Rice* (4 ed., pp. 627-661). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811508-4.00019-8>
- Korsakov H., Álvarez, C.R., & Lavado, R.S. (2016). Cultivos de cobertura invernales en la región pampeana argentina. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 21, 2-6. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/48332>
- Leveron R., y Edin, R. (2020). *Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura* [Tesis de licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. Repositorio Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/items/dfbc1782-2ded-40b2-a78e-f1419d00a662>
- Ligña, Sangucho, M. A. (2014). *Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas y aporte de materia seca y nutrientes al suelo*. [Tesis de licenciatura, Zamorano]. Biblioteca Digital-Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3480/1/CPA-2014-048.pdf>
- Liebman, M. (2018). Cultural techniques to manage weeds. In R. L Zimdahl (Ed.), *Integrated weed management for sustainable agriculture* (203-220). Burleigh Dodds Science Publishing
- López, A. y Norori, I. (2004) *Cultivos de cobertura para sistemas de cultivos perennes*. Universidad Nacional Agraria. Serie técnica No. 3
- Martínez, F. (2020) *Ficha Técnica de Frijol Terciopelo (Mucuna pruriens (L.)). Pastos y forrajes*. <https://infopastosyforrajes.com/leguminosas/ficha-tecnica-de-frijol-terciopelo-mucuna-pruriens-l-dc/>
- Mejía, L. & Montes, C. (2006). *Efecto de tres especies de leguminosas sobre la dinámica poblacional, abundancia, diversidad de malezas y su aporte de (NPK) a partir de la materia orgánica al suelo en el cultivo de la pitahaya (Hylocereus undatus Britton y Rose)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. RiUNA. <https://repositorio.una.edu.ni/1976/>
- Páiz Chavarria, E.J. & Chávez Toval, J. L. (2000). *Banco de semillas de malezas en un área del campus agropecuario cultivadas con musáceas*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León]. Repositorio institucional UNAN-León. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/8287>

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Rojas-Sandoval, J. (2022). *Tithonia rotundifolia* (red sunflower) (p. 120140) [Dataset]. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.120140>

Saha, D., Marble, S. C., & Pearson, B. J. (2018). Allelopathic Effects of Common Landscape and Nursery Mulch Materials on Weed Control. *Frontiers in Plant Science*, 9, 733. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00733>

Schwartz-Lazaro, L. M., & Copes, J. T. (2019). A Review of the Soil Seedbank from a Weed Scientists Perspective. *Agronomy*, 9(7), 369. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070369>