

FITOSOCIOLOGÍA DE MALAS HIERBAS EN FRIJOL CAUPÍ CULTIVADO SOBRE RASTROJOS DE DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA

Sonicley da Silva Maia¹, Felipe Fernandes Dias¹, Glauber Ferreira Barreto¹, Thaís Santiago Castro¹, Paulo R. Ribeiro Rocha¹ y José de Anchieta A. de Albuquerque¹

RESUMEN

Los rastrojos de cobertura en el sistema de labranza cero, beneficia el control de malas hierbas. Sin embargo, la influencia de los diferentes cultivos de cobertura en la composición y la diversidad de éstas en el cultivo del caupí es poco conocida. Este estudio investiga la fitosociología, los índices de diversidad y equidad, control, similitud y diversidad beta de las malas hierbas en el cultivo de caupí manejado sobre diferentes cultivos de cobertura. El experimento se llevó a cabo en diseño de bloques completamente al azar, en esquema de parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Las parcelas estaban constituidas por rastrojos de plantas de cobertura: vegetación espontánea (T1), brachiaria (T2), mijo (T3), crotalaria (T4), frijol canavalia (T5), brachiaria+crotalaria (T6), brachiaria+frijol canavalia (T7), mijo+crotalaria (T8), mijo+frijol canavalia (T9), mucuna negra (T10). Las subparcelas estaban constituidas por los tratamientos de manejo con y sin deshierbe mecánico. Las especies *Tridax procumbens*, *Digitaria horizontalis* y *Digitaria insularis* fueron las especies más importantes en el estudio fitosociológico. Los tratamientos cambiaron el número de individuos y los índices de diversidad y equidad. En el manejo de malezas, la cobertura T6 y T8 mostró mayor diversidad, mientras que T9 mostró mayor equidad. Sin deshierbe, T2 y T6 tuvieron un menor número de individuos y mayor diversidad, pero T8 y T9 mostraron mayor equidad. Los cultivos de cobertura presentaron diferencias en la eficiencia de la supresión de malas hierbas en las áreas tratadas con deshierbe. Sin embargo, el cultivo de brachiaria se destacó como uno de los más eficientes para el control de estas malas hierbas. La similitud y diversidad beta de las malezas varió entre los tratamientos.

Palabras clave adicionales: Composición, diversidad, maleza, *vigna unguiculata*

ABSTRACT

Phytosociology of weeds in cowpea grown under different cover crop stubbles

Cover stubble in the zero tillage system benefits weed control. However, the influence of different cover crops on their composition and diversity in cowpea cultivation is little known. This study investigates the phytosociology, diversity and equity indices, control, similarity and beta diversity of weeds in cowpea cultivation managed on different cover crops. The experiment was carried out in a completely randomized block design, in a split plot scheme, with four repetitions. The plots were made up of straw from cover plants: spontaneous vegetation (T1), brachiaria (T2), millet (T3), sunn hemp (T4), jack beans (T5), brachiaria+crotalaria (T6), brachiaria+pig beans (T7), millet+crotalaria (T8), millet+pig beans (T9) and black mucuna (T10). The subplots were made up of treatments with and without weeding. The species *Tridax procumbens*, *Digitaria horizontalis* and *Digitaria insularis* were the most important species in the phytosociological study. The treatments changed the number of individuals and the diversity and equitability indices. In weeding management, T6 and T8 coverage showed greater diversity, while T9 showed greater evenness. Without weeding, T2 and T6 had fewer individuals and greater diversity, however, T8 and T9 showed greater evenness. Cover crops showed differences in weed suppression efficiency in weed-treated areas. However, brachiaria cultivation stood out as one of the most efficient for controlling these weeds. The similarity and beta diversity of weeds varied between treatments.

Additional keywords: Composition, diversity, *vigna unguiculata*, weed

Editor asociado: Dra. Marina García

INTRODUCCIÓN

El sistema de siembra directa pregona la conservación de la cobertura del suelo, la rotación de cultivos y la intervención al mínimo del suelo.

Como beneficios de este sistema, se observa mejoras de las características físicas, propiedades químicas y biológicas del suelo, además de auxiliar en el control de las malas hierbas (Melo et al., 2021; Rocha et al., 2024). Sin embargo, el

Recibido: Junio 17, 2024

Aceptado: Octubre 7, 2024

¹Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, Brasil.

e-mail: sonicleymaia10@gmail.com; fdias5746@gmail.com (autor de correspondencia);

glauberbarreto@gmail.com; thaiscastro.agr@gmail.com; paulo.rocha@ufr.br; anchietaufr@gmail.com

sistema de siembra directa presenta limitaciones en cuanto al control de las malas hierbas, debido a la baja producción y mantenimiento de los rastrojos para cubrir el suelo durante un período más largo y a la no adopción de la rotación de cultivos, lo que provoca la selección de especies, incluyendo malas hierbas resistentes a los herbicidas, debido al uso repetido del mismo mecanismo de acción (Borges et al., 2014).

Para diferentes regiones de cultivos agrícolas en los trópicos, el sistema de siembra directa requiere adaptaciones específicas, principalmente en áreas con predominio de altas temperaturas y humedad, donde se enfrentan desafíos en la formación y mantenimiento de la cobertura del suelo, como en las regiones del Cerrado brasileño (Teixeira et al., 2020). Por lo tanto, para el éxito del sistema de siembra directa, es crucial elegir cuidadosamente las especies para la formación y mantenimiento de las coberturas y la rotación de cultivos. Entre los criterios se encuentran la capacidad de producción de biomasa, la relación carbono/nitrógeno (C/N) adecuada para mantener los residuos vegetales en el suelo durante un período más largo, la capacidad de supresión de la infestación de malas hierbas, ya sea por efecto físico o químico, y la disponibilidad y reciclaje de nutrientes para los cultivos (Rocha et al., 2024).

Los efectos de supresión causados por las plantas de cobertura sobre las malas hierbas varían dependiendo de la especie de cobertura y de su producción de biomasa, relación C/N, de la especie de mala hierba y del banco de semillas de las plantas infestantes (Guidette et al., 2023). Esta supresión también se manifiesta en la germinación y desarrollo de las malas hierbas, provocando alteraciones en la composición y diversidad de las especies infestantes en el área de cultivo (Marchi et al., 2020). De tal manera, que es importante conocer el efecto supresor de cada especie de cobertura, y esto puede hacerse mediante levantamientos fitosociológicos, que es el estudio florístico y estructural de las comunidades de plantas (Melo et al., 2021). Los índices obtenidos a través de estos estudios son herramientas valiosas para analizar los efectos de los diferentes métodos de manejo en la dinámica de las comunidades de las malas hierbas (Pereira et al., 2020).

En las áreas de cultivo en ambiente de Cerrado, también conocido como "lavrado" en el estado de

Roraima, la formación y mantenimiento del rastrojo para la implementación del sistema de siembra directa no difiere de las demás regiones del Cerrado brasileño. Este proceso está igualmente limitado por la condición climática, que favorece la rápida descomposición de la biomasa vegetal seca depositada sobre el suelo y por el largo período de déficit hídrico después de la estación de lluvias, que dificulta el establecimiento de las plantas de cobertura. Por lo tanto, el presente trabajo propone que establecer el sistema de siembra directa con plantas de cobertura en la condición de Cerrado, afecta la composición y diversidad de las malas hierbas presentes en las áreas de cultivo. Así, este estudio tuvo por objetivo evaluar la fitosociología de las malas hierbas en la cultura del frijol caupí establecido sobre rastrojos de plantas de cobertura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el área experimental del Centro de Ciencias Agrarias de la Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, Brasil (2°49' N; 60°40' W), caracterizado por una temperatura media de 28,2 °C, humedad relativa media de 70 % y una precipitación anual de aproximadamente 1.761 mm, cuyo 83 % ocurre predominantemente entre los meses de abril y septiembre, con un período de sequía de octubre a marzo (Araújo et al., 2024).

Para la implementación del cultivo de frijol caupí, se recolectaron muestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm para análisis químicos y físicos. Con base en los atributos químicos y físicos del suelo de pH 5,2; M.O. 5 g·dm⁻³; CIC: 29 mmol_c·dm⁻³; arena: 67,5 % y Arcilla: 13,1 % se realizaron los cálculos de encalado y fertilización, según las recomendaciones de Uchôa et al. (2009). El cultivo del frijol se produjo desde julio hasta septiembre de 2015. El distanciamiento de siembra fue de 0,5 m entre hileras y siete plantas por metro lineal.

El experimento se llevó a cabo en esquema de parcelas divididas en diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela ocupó un área de 30 m² (5 x 6 m), y fueron constituidas por 10 tratamientos (T) conformadas por los rastrojos de las plantas de cobertura: T1- vegetación espontánea, T2- brachiaria (*Urochloa*

brizantha); T3- mijo (*Pennisetum glaucum*), T4- crotalaria (*Crotalaria juncea*), T5- frijol canavalia (*Canavalia ensiformis*), T6- brachiaria+crotalaria, T7- brachiaria+frijol canavalia, T8- mijo+crotalaria, T9- mijo+frijol canavalia y T10- mucuna negra (*Stizolobium aterrimum*). Las subparcelas estaban constituidas por dos niveles: tratamientos con y sin deshierbe mecánico de las malas hierbas en el cultivo del frijol caupí.

Las plantas de cobertura y la vegetación espontánea fueron desecadas usando el herbicida Glyphosate en la dosis de 1,4 kg de i.a. ha⁻¹, 63 días después de la siembra de brachiaria y mucuna negra, y 42 días después de la siembra del frijol canavalia, mijo y crotalaria. En el momento de la desecación, la braquiaria y la mucuna negra estaban en etapa vegetativa, el mijo en llenado de granos, la crotalaria y el frijol canavalia en plena floración. El frijol caupí fue sembrado 10 días después de la desecación.

A los 15 y 30 días después de la emergencia (DDE) del frijol caupí se realizaron tratamientos de deshierbe del cultivo. A los 65 DDE, final del ciclo del caupí, se tomaron muestras de malezas en las líneas de cultivo de cada subparcela.

La comunidad de malas hierbas se caracterizó mediante un levantamiento florístico siguiendo el método de cuadrados de inventario (Braun 1979). Con la ayuda de un marco metálico con dimensiones de 0,50 x 0,50 m, se lanzó aleatoriamente dos veces en cada uno de los tratamientos de cobertura de plantas, que precedieron al frijol caupí mantenido en subparcelas con y sin deshierbe. La parte aérea de las malas hierbas contenidas dentro del marco después de los lanzamientos se cortaron al ras del suelo, se almacenaron en bolsas de papel kraft y se transportaron al laboratorio, donde se identificaron utilizando referencias especializadas (Lorenzi, 2008; 2014), se realizó el conteo de los individuos por especie y las muestras se colocaron en estufa con ventilación forzada a 65 °C, posteriormente al estabilizarse la masa en estufa, se determinó la masa seca con el uso de una balanza con precisión al 0,001g.

Con los datos obtenidos, se determinaron los índices fitosociológicos. Estos índices incluyeron la frecuencia relativa (RFR), densidad relativa (RDE), dominancia relativa (RDO) e índice de valor de importancia (IVI), según Mueller y Ellenberg (1974). Estos índices se calcularon para

cada especie de las malas hierbas dentro del tratamiento en el que ocurrió, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{RFR} = (\text{frecuencia de la especie} / \text{frecuencia total de las especies}) \times 100$$

$$\text{RDE} = (\text{densidad de la especie} / \text{densidad total de las especies}) \times 100$$

$$\text{RDO} = (\text{masa seca de la especie} / \text{masa seca total de las especies}) \times 100$$

$$\text{IVI} = (\text{RFR} + \text{RDE} + \text{RDO})$$

La suma de los valores relativos de frecuencia, abundancia y dominancia representa el índice de valor de importancia, de manera que las especies con altos valores de IVI tienden a ser más influyentes dentro de una comunidad, con mayores concentraciones en el área de estudio.

Para estimar la diversidad y el equilibrio de las especies en cada tratamiento, se calcularon el índice de diversidad Shannon-Wiener (H'), el índice de equitatividad de Pielou (J'). El índice H' se basa en el número de especies de la muestra y en la densidad relativa de cada especie, siendo calculado por la ecuación: $H' = -\sum pi \times \ln(pi)$ (Magurran, 1988). En donde: pi y \ln son respectivamente la densidad relativa de cada especie y el logaritmo neperiano. Cuanto menor sea el valor de H' , menor será la diversidad de la comunidad.

La equitatividad de J' , mide la relación de la diversidad esperada en relación a la máxima diversidad esperada, siendo calculada por la ecuación: $J' = H'/H_{\max}$ (Magurran, 1988), en donde H_{\max} es el logaritmo neperiano (\ln) del número de especies muestreadas. Su valor varía de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a la situación de equilibrio total de la diversidad de especies en el lugar.

Considerando el conjunto de especies comunes en cada tratamiento, estos se compararon de dos en dos por el índice de similitud de Jaccard (S_j) y por la diversidad beta (β_w), de acuerdo con las ecuaciones propuestas por Jaccard (1912) y Koleff et al. (2003):

$$S_j (\%) = a / (a + b + c) \times 100$$

$$\beta_w = (a + b + c) / ((2a + b + c) / 2) - 1$$

Donde a es el número de especies en común entre dos tratamientos, y b y c son el número total de especies en los respectivos tratamientos comparativos. El índice S_j varía de 0%, indicando la ausencia de especies comunes entre los tratamientos comparativos, a 100%, representando

la presencia total de especies comunes entre los tratamientos comparativos. Para β_w , el índice alcanza el valor máximo de 1, cuando los tratamientos comparativos presentan alta diversidad de especies y el mínimo de 0, cuando no hay diversidad de especies entre tratamientos comparativos. Estos índices son inversamente proporcionales, cuando el índice de similitud es alto, en consecuencia, la diversidad beta es baja, lo que indica que las comunidades de malezas son similares entre sí, compartiendo muchas especies en común.

Para el cálculo de los índices fitosociológicos H' , J' , S_j y β_w se utilizó el programa Excel. Para las variables densidad y masa seca de malezas, los datos fueron sometidos a verificación de supuestos estadísticos, incluyendo normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett. Tras comprobar que los datos no cumplían plenamente estos supuestos, fueron sometidos a una transformación según el modelo propuesto por Box y Cox (1964). A los datos transformados se les efectuó el análisis de varianzas y prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Para facilitar la interpretación de los resultados, los valores transformados fueron posteriormente revertidos a la escala original, permitiendo la presentación de datos reales. Los datos y gráficos de estas variables se procesaron utilizando los paquetes AgroR (Shimizu et al., 2023) y ggplot2 (Wickham, 2016) en el programa R 4.3.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El levantamiento fitosociológico de la comunidad de malas hierbas presentó la ocurrencia de 30 especies de malas hierbas distribuidas en 9 familias distintas, en los diferentes tratamientos analizados. Las familias se clasificaron en orden decreciente de importancia basándose en el número de especies que ocurren, donde Fabaceae fue la más predominante, representando el 26% del total, seguida por Poaceae con el 20%, luego Asteraceae, Euphorbiaceae y Malvaceae con el 10%. Estudios similares han confirmado la predominancia de las familias botánicas Fabaceae y Poaceae en áreas de cultivo con el frijol caupí (Gonzaga et al., 2018; Alcántara et al., 2019). Las familias Amaranthaceae, Cyperaceae y Rubiaceae representaron el 7%, mientras que Lythraceae

representó el 3%. Entre las familias con mayor número de individuos, se destacan Poaceae y Asteraceae, con 8.583 y 1.692 individuos, respectivamente.

Al investigar los índices fitosociológicos, especialmente el índice de valor de importancia, en el área con deshierbe, se encontró que la especie *Tridax procumbens* fue la más relevante en la cosecha, seguida de *Digitaria horizontalis* y *Digitaria insularis* (Figura 1 – izquierda). Estas fueron las especies más influyentes dentro de esta área de manejo, ya que presentaron mayores concentraciones en el área de estudio.

Las especies con altos valores de IVI, normalmente ejercen mayor influencia dentro de una comunidad, presentando mayor concentración en el área de estudio. Por otro lado, valores bajos de este índice pueden indicar una presencia menos significativa o un menor aporte a la estructura comunitaria.

La especie *T. procumbens* presentó características como crecimiento rápido, alta producción y dispersión de semillas, en una semana pudo medir entre 12 y 24 cm de longitud y pedúnculos solitarios muy anchos y delgados de 30 cm de largo (Mundada y Shivhare, 2010), lo que puede haber contribuido a su alta densidad y dominancia en la mayoría de los tratamientos (Figuras 1A, B, C, D, E, F, G, I – izquierda). Aunque esta especie presentó el índice de valor de importancia más alto para la mayoría de los tratamientos, el hecho no se observó en los tratamientos T8 (mijo+ crotalaria) y T10 (mucuna preta), lo que indica que estos tratamientos tendieron a suprimir esta especie (Figuras 1H, J – izquierda)

La especie *Digitaria horizontalis* fue la especie más importante (IVI) en las coberturas con mijo+crotalaria (T8) y mucuna negra (T10), debido a su alta densidad en estos tratamientos, la cual presentó valores de aproximadamente 50 y 89 %, respectivamente (Figuras 1H, J – izquierda). Esta especie es conocida por su alta competitividad y considerable capacidad de infestación, convirtiéndose en una importante plaga en el cultivo del frijol, siendo una de las malas hierbas de mayor dificultad de control en diversos cultivos (Silva et al., 2018).

Digitaria insularis fue importante para el tratamiento brachiaria+crotalaria (Figura 1F – izquierda). A pesar de que la asociación de estas

especies presenta potencial de cobertura y control de las malas hierbas, se observó que para el control de *D. insularis* no fueron suficientes. Este resultado puede ser atribuido a la alta densidad de esta especie presente en este tratamiento. De acuerdo con Gazola et al. (2016), *D. insularis*

presenta un potencial competitivo elevado, caracterizado por un crecimiento rápido y agresivo, además de la capacidad de reproducirse tanto por semillas como por rizomas, formando macollos considerables a partir de éste.

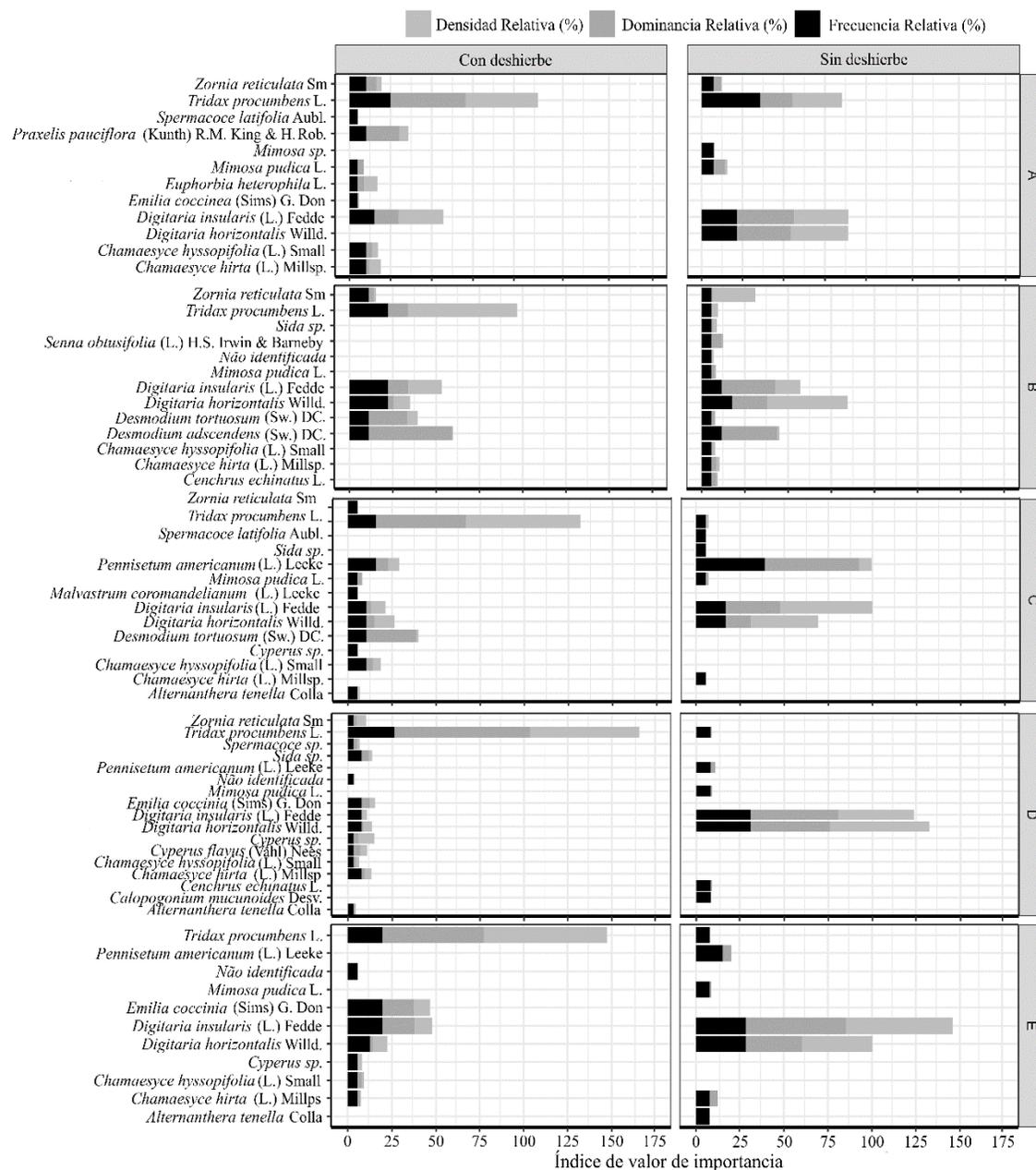
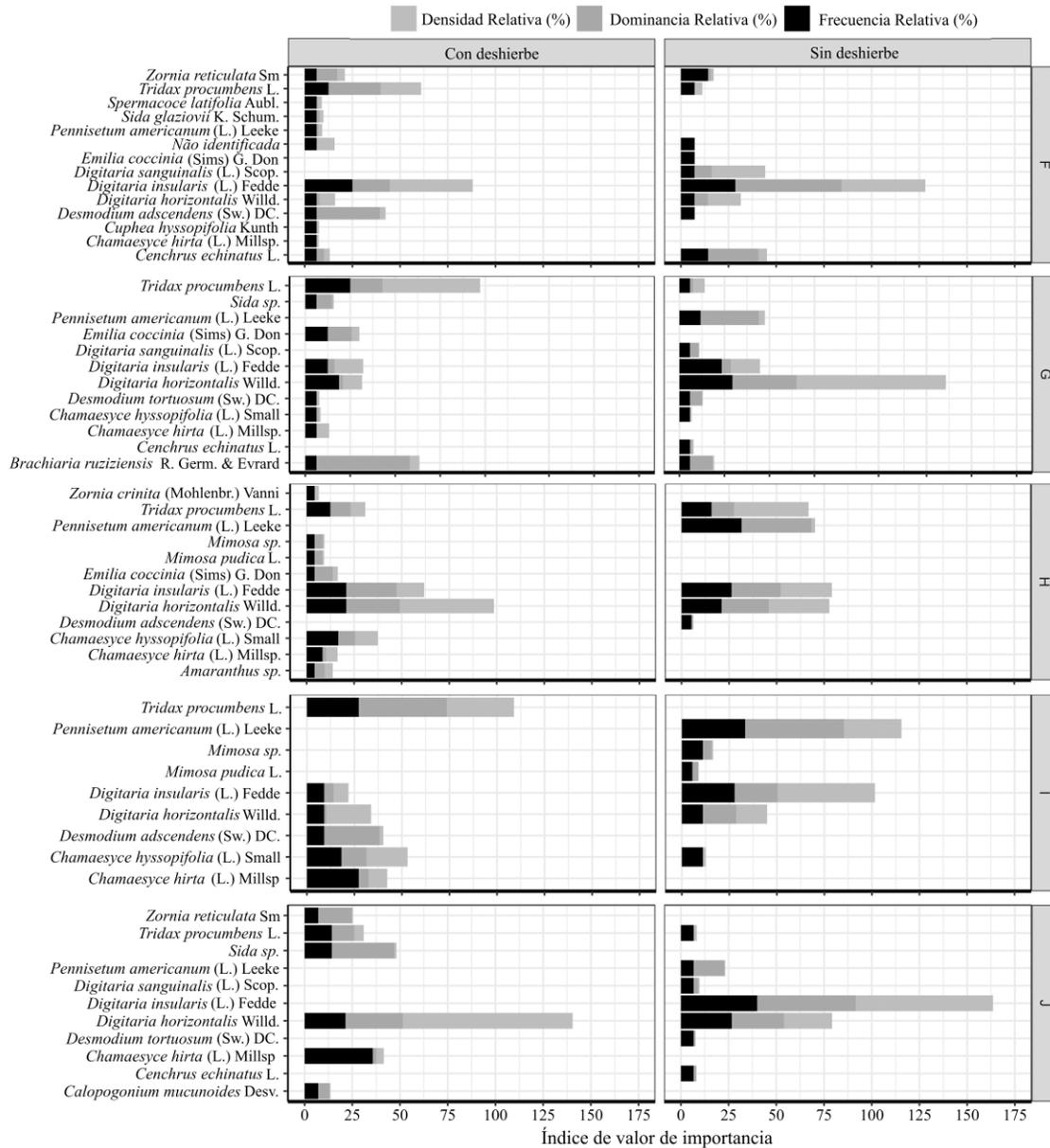


Figura 1. Índice de valor de importancia (IVI) de las plantas de coberturas manejadas con deshierbe (izquierda) y sin deshierbe (derecha). Vegetación espontánea (A), brachiaria (B), mijo (C), crotalaria (D), frijol canavalia (E), Brachiaria+crotalaria (F), brachiaria+frijol canavalia (G), mijo+crotalaria (H), mijo+frijol crotalaria (I) y mucuna negra (J)



...Continuación Figura 1.

En cuanto al área de manejo sin deshierbe, hubo mayor diversidad de especies importantes dentro de los tratamientos, las especies con mayores valores de IVI fueron *D. insularis*, *D. horizontalis*, *P. americanum* y *T. procumbens* (Figura 1 – derecha).

La especie *D. insularis* tuvo un alto valor de IVI en los tratamientos de vegetación espontánea, brachiaria, mijo, crotalaria, frijol canavalia, brachiaria+crotalaria, mijo+crotalaria, mijo+frijol canavalia y mucuna negra (Figuras 1A, B, C, D,

E, F, H, I, J – derecha), sin embargo, no fue agresiva en el tratamiento con la presencia de brachiaria+frijol canavalia (Figura 1G – derecha). La elevada agresividad de la *D. insularis* en casi todos los tratamientos se debió a que esta gramínea se caracteriza por tener un ciclo fotosintético C4, con un desarrollo rápido y agresivo, alta competitividad y gran propensión a infestar áreas (Paula et al., 2020), además, se reproduce tanto por semillas como por rizomas y forma macollos considerables a partir de éstos, lo

que explica su alta densidad y dominancia relativa en los tratamientos, además de desarrollarse en suelos de baja fertilidad, superando a las demás especies (Gazola et al., 2016). En cuanto a la no agresividad de esta especie en la cobertura de la asociación brachiaria+frijol canavalia, se debe a las características de esta, ya que se presenta como una excelente cobertura del suelo, favoreciendo la supresión de malas hierbas con características altamente agresivas y competitivas (Valadão et al., 2020). De acuerdo con Gazziero et al. (2012), la *D. insularis* ha ido ganando importancia entre las poblaciones de las malas hierbas, debido a su alta agresividad, dificultad para ser controlada, disminución de la productividad de los cultivos, además de presentar manifestaciones de biotipos resistentes a ciertos tipos de herbicidas.

Pennisetum americanum fue importante en los tratamientos de mijo, mijo+crotalaria y mijo+frijol canavalia (Figuras 1C, H, I – derecha). Esto ocurrió debido al banco de semillas presente en el suelo formado por esta planta, ya que se desecó en la etapa de llenado de granos, resultando en la liberación de una gran cantidad de semillas en el suelo.

Digitaria horizontalis fue importante en los tratamientos de vegetación espontánea, brachiaria, crotalaria, brachiaria+frijol canavalia y mijo+crotalaria (Figuras 1A, B, D, G, H – derecha). La especie *Tridax procumbens* fue importante en los tratamientos de vegetación espontánea y mijo+crotalaria (Figuras 1A, H – derecha). En el manejo sin deshierbe, se observó la contribución de casi todas las coberturas para el control de esta especie de mala hierba, exceptuando la cobertura de mijo+crotalaria, donde presentó un alto valor de densidad relativa.

Ninguna de las malas hierbas importantes en el manejo sin deshierbe sufrieron supresión por la asociación de mijo+crotalaria (Figura 1H – derecha), descartándolas como posible control de estas malas hierbas en el cultivo del frijol caupí. Así también la vegetación espontánea, en este manejo, presentó bajo control de todas las especies importantes (Figura 1A – derecha). Esto ocurrió debido al libre crecimiento de estas plantas, enriqueciendo el banco de semillas, y aumentando su agresividad de manifestación (Pinto et al., 2021). Al respecto, resultados similares fueron encontrados por Borges et al.

(2014) que al estudiar la supresión de malas hierbas utilizando plantas de cobertura del suelo, observaron que la cobertura con vegetación espontánea produjo la menor biomasa de cobertura en relación a otros tratamientos.

Las especies que presenten elevados valores de IVI deben ser consideradas como malas hierbas más significativas en el área de estudio. Para estas especies, deben desarrollarse estrategias de manejo, ya que, si estuvieran conviviendo con algún cultivo de interés, ciertamente competirían por recursos esenciales, como agua, luz y nutrientes (Werlang et al., 2018).

En cuanto a los parámetros fitosociológicos, para el área manejada con deshierbe, la cobertura con vegetación espontánea (T1) contribuyó al mayor número de individuos de malezas (Cuadro 1). Esto ocurrió debido a su baja productividad de biomasa de cobertura del suelo, y consecuentemente resultó en la menor supresión de las malas hierbas y aumento del banco de semillas del suelo. Estos hallazgos corroboran los de Pinto et al. (2021), quienes al evaluar el banco de semillas de las malas hierbas bajo diferentes coberturas vegetales, observaron baja supresión de emergencia de las malas hierbas en los tratamientos con vegetación en barbecho. Sin embargo, en este mismo parámetro, se observó la asociación mijo+frijol canavalia (T9) fue altamente eficiente en la supresión de las malas hierbas. Según Fachinelli et al. (2021), el cultivo intercalado entre cultivos y especies forrajeras puede promover una supresión óptima de la emergencia y el desarrollo de las malas hierbas.

Para los parámetros fitosociológicos, para el área manejada sin deshierbe, el frijol canavalia (T5) presentó el mayor número de individuos, mientras que los menores valores de estos se observaron en la cobertura con brachiaria (T2) (Cuadro 1). Aunque el frijol canavalia produce un alto volumen de materia seca y cobertura del suelo, mostró una baja eficacia en la supresión de malezas debido a su baja relación C/N y, en consecuencia, baja degradación. Por otro lado, la brachiaria demostró ser un excelente supresor de malezas en comparación con las otras coberturas. Brachiaria tiene una alta relación C/N (igual o superior a 30), lo que, asociado a su gran producción en masa, aumenta su persistencia en el suelo (Fachinelli et al., 2021).

Cuadro 1. Parámetros fitosociológicos de las malas hierbas de incidencia en el frijol caupí cultivado sobre rastrojos de diferentes plantas de cobertura manejadas con y sin deshierbe.

Parámetros	Plantas de cobertura manejadas con deshierbe									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Número de individuos	293	150	159	223	267	99	94	117	51	181
Índice de Shanonn (H')	0,56	1,09	1,28	1,47	1,05	1,78	1,47	1,73	1,54	0,49
Índice de Pielou (J')	0,68	0,61	0,53	0,57	0,50	0,72	0,67	0,71	0,86	0,27
Parámetros	Plantas de cobertura manejadas sin deshierbe									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Número de individuos	1047	138	698	1729	1774	271	494	1203	387	1259
Índice de Shanonn (H')	1,18	1,47	1,01	0,72	0,73	1,41	1,0	1,17	1,11	0,72
Índice de Pielou (J')	0,66	0,61	0,49	0,37	0,37	0,64	0,45	0,72	0,62	0,37

T1- vegetación espontánea, T2- brachiaria; T3- mijo, T4- crotalaria, T5- frijol canavalia, T6- brachiaria+crotalaria, T7- brachiaria+frijol canavalia, T8- mijo+crotalaria, T9- mijo+frijol canavalia y T10- mucuna negra.

Basándose en la diversidad de Shannon (H'), para la superficie manejada con deshierbe, se observó que la diversidad de especies en los tratamientos con brachiaria, mijo, crotalaria, frijol canavalia, brachiaria+crotalaria, brachiaria+frijol canavalia, mijo+crotalaria y mijo+frijol canavalia, se consideraron bajas, ya que los valores variaron de 1,05 a 1,78, mientras que la cobertura con vegetación espontánea y mucuna negra presentaron valores de 0,56 y 0,49, respectivamente, siendo considerada muy baja (Cuadro 1). La diversidad de Shannon se considera alta cuando está por encima de 3, media, entre 2 y 3, baja, entre 1 y 2, y muy baja cuando está por debajo de 1 (Cavalcanti y Larrazábal, 2004). Esto puede haber ocurrido debido a la distribución desigual de los individuos muestreados entre las especies de las comunidades, y también debido a la dominancia de pocas especies en cada tratamiento estudiado, corroborando Jakelaitis et al. (2014).

En cuanto al índice de Pielou (J'), los valores varían de 0 a 1, siendo considerado alto cuando es mayor que 0,5 y bajo cuando es menor que este. Por lo tanto, para el área manejada con deshierbe, se observó que la mayoría de los tratamientos de las plantas de cobertura manejadas con deshierbe se consideraron altos (Cuadro 1). Esto indica una distribución uniforme de los individuos entre las especies muestreadas.

Según Cavalcanti y Larrazábal (2004), los valores bajos demuestran la existencia de

dominancia de una o más especies en una comunidad estudiada, mientras que la equitabilidad alta expresa la distribución uniforme entre las especies evaluadas. Resultados similares a estos fueron encontrados por Jakelaitis et al. (2014) que también verificaron índices bajos de diversidad en el banco de semillas de malas hierbas en el área con cultivos (soya, maíz) y pastos, demostrando la dominancia de pocas especies en el área estudiada.

Con base en la diversidad de Shannon (H'), para el área manejada sin deshierbe, la diversidad de especies en los tratamientos se consideró baja y muy baja, ya que los valores oscilaron entre 0,72 y 1,47 (Cuadro 1). Por otra parte, para el índice Pielou (J'), se observaron valores bajos para la cobertura con mijo (T3), crotalaria (T4), frijol canavalia (T5), brachiaria+frijol canavalia (T7) y mucuna negra (T10) (menor a 0,50), lo que demuestra la existencia de dominancia de una o más especies en la comunidad estudiada, en cuanto a los tratamientos cubiertos con vegetación espontánea (T1), brachiaria (T2), brachiaria+crotalaria (T6), mijo+crotalaria (T8) y mijo+frijol canavalia (T9), los valores oscilaron entre 0,61 a 0,72, por lo tanto, se considera alta, lo que indica que las especies muestreadas están bien distribuidas (Cuadro 1). Resultados similares a estos fueron encontrados por Jakelaitis et al. (2014) quienes también encontraron bajos índices de diversidad en el banco de semillas de malezas

en áreas con cultivos y pastizales, demostrando la dominancia de pocas especies en el área estudiada.

En cuanto a los parámetros fitosociológicos, hubo una interacción significativa ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos y el manejo sobre la densidad y masa de las malas hierbas (Figuras 2 y 3). Para el área de manejo con deshierbe, las densidades variaron de 340.000 a 1.465.000 plantas por hectárea entre los diferentes tratamientos, pero no hubo diferencia significativa para este factor solo

entre los tratamientos ($P \leq 0,05$) (Figura 2). Esto posiblemente se debió a que el método de manejo de deshierbe proporcionó un control relativamente uniforme entre los diferentes tratamientos. Aunque no hubo diferencias entre los tratamientos en el manejo de malezas, se observó que las densidades de malezas dentro de los tratamientos aislados T10 y T5 fueron menos efectivas, presentando mayor dispersión de densidad en relación al promedio observado.

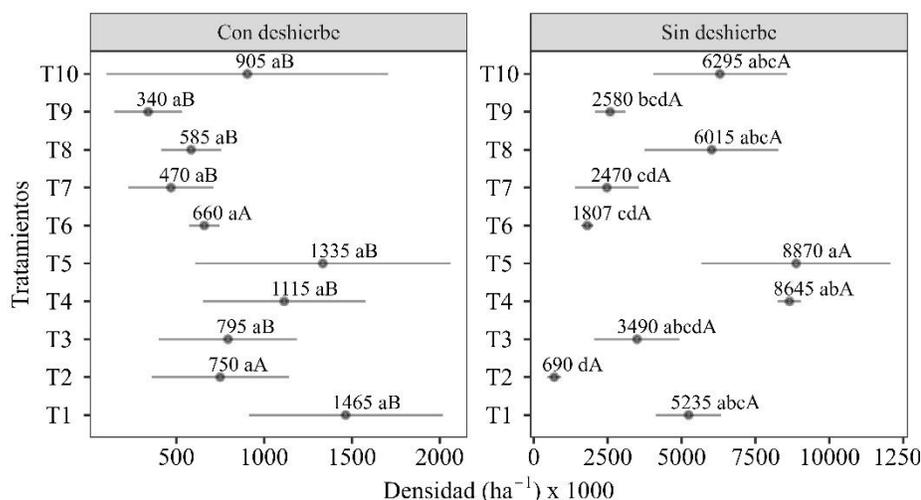


Figura 2. Densidad (ha^{-1}) \times 1000 de las malas hierbas de incidencia en el frijol caupí cultivado sobre rastrojos de diferentes plantas de cobertura manejadas con y sin deshierbe. T1- vegetación espontánea, T2- brachiaria; T3- mijo, T4- crotalaria, T5- frijol canavalia, T6- brachiaria+crotalaria, T7- brachiaria+frijol canavalia, T8- mijo+crotalaria, T9- mijo+frijol canavalia y T10- mucuna negra. Comparación de medias según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Letras minúsculas para las plantas de cobertura, y mayúsculas para las prácticas de deshierbe

Las densidades de malas hierbas manejadas sin deshierbe son considerablemente más altas, oscilando entre 690.000 y 8.870.000 plantas por hectárea, observándose menor densidad en el tratamiento de la cobertura de brachiaria (T2) (Figura 2). La cobertura del suelo con brachiaria difirió estadísticamente de los tratamientos T1, T4, T5, T8 y T10, proporcionando una supresión de malezas más efectiva. La efectividad de esta cobertura (T2) en la supresión de malezas es tan alta que el deshierbe adicional del manejo de deshierbe no proporcionó una reducción significativa en la densidad de malezas en comparación con el manejo sin deshierbe. Esto indica que ésta cobertura (T2) es altamente eficiente en el control de malezas y puede reducir

la necesidad de deshierbe manual. Sin embargo, la cobertura del suelo con brachiaria (T2) no difirió estadísticamente de los tratamientos T3, T6, T7 y T9. De acuerdo con Menezes et al. (2009), el cultivo intercalado de gramíneas y leguminosas para cobertura de suelo tiene un desempeño superior en la producción de fitomasa para cobertura de suelo. Esto se debe a que la relación C/N de los residuos de cultivos es una de las principales características en la descomposición del material del suelo, cuanto mayor es este índice, menor es su tiempo de descomposición en el suelo (Valadão et al., 2020). Las gramíneas (Poaceae) tienen una alta relación C/N que, asociada a una gran producción en masa, aumenta su permanencia en el suelo (Algeri et al., 2018).

Por lo tanto, nuestros hallazgos revelan que todos los tratamientos que proporcionan una mejor relación C/N también promueven una mejor supresión de malezas, sin embargo, esta relación debe mejorarse a nivel de acumulación de biomasa para tener un control más efectivo.

Para el parámetro masa seca de brotes, los tratamientos manejados con deshierbe variaron de

144 a 439 kg por hectárea entre tratamientos, pero no hubo diferencia significativa entre los tratamientos según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) (Figura 3). La uniformidad en las condiciones de manejo, como el intervalo de deshierbe (15 y 30 días después de la emergencia) a lo largo del período de estudio puede haber minimizado las variaciones entre los tratamientos.

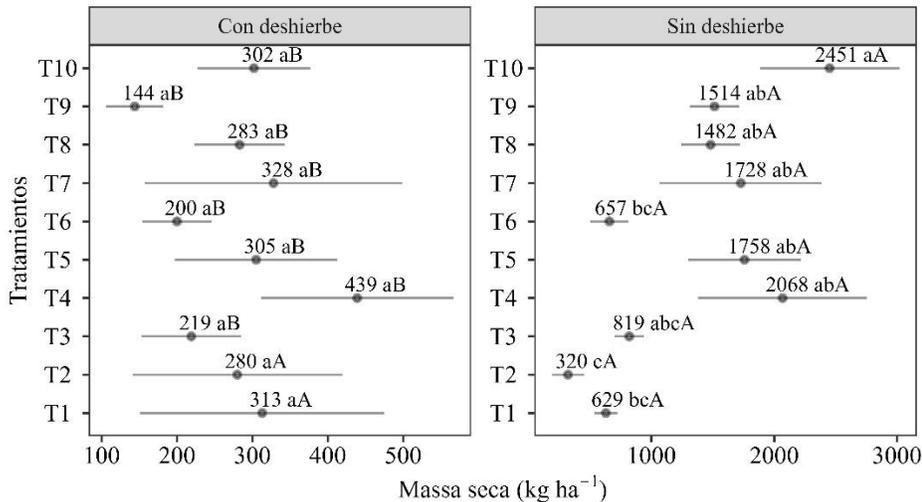


Figura 3. Massa seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de las malas hierbas de incidencia en el frijol caupí cultivado sobre rastrojos de diferentes plantas de cobertura manejadas con y sin deshierbe. T1- vegetación espontánea, T2- brachiaria; T3- mijo, T4- crotalaria, T5- frijol canavalia, T6- brachiaria+crotalaria, T7- brachiaria+frijol canavalia, T8- mijo+crotalaria, T9- mijo+frijol canavalia y T10- mucuna negra. Comparación de medias según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Letras minúsculas para las plantas de cobertura, y mayúsculas para las prácticas de deshierbe

Para los tratamientos manejados sin deshierbe, la masa seca de los rastrojos compuesta por crotalaria (T4), frijol canavalia (T5), brachiaria+frijol canavalia (T7), - mijo+crotalaria (T8), mijo+frijol canavalia (T9) y mucuna negra (T10) no mostró diferencias significativas entre ellos por la prueba de Tukey ($P > 0,05$) (Figura 3). Todas estas coberturas mostraron una alta cantidad de masa seca de malezas, que puede ser descartada como posibles coberturas de suelo para el control de malezas en cultivos de caupí. La cobertura con presencia de braquiaria (T2) también mostró una diferencia significativa en relación a las otras coberturas (T4, T5, T7, T8, T9 y T10), mostrando menor densidad (Figura 3). Sin embargo, la braquiaria (T2) no difirió de los tratamientos T1, T3 y T6. En general, los tratamientos que fueron compuestos de leguminosas mostraron baja eficiencia en el

control de malezas en el cultivo de frijol, debido a su baja relación C/N. Según Algeri et al. (2018), la brachiaria tiene una alta producción de fitomasa cuando se planta al comienzo de la temporada baja y en suelos con buena fertilidad, y se puede usar sola para cubrir el suelo. Las cubiertas de suelo con una alta relación C/N, como las gramíneas, tienden a tener una descomposición más lenta, lo que resulta en la inmovilización de N por microorganismos y prolonga la permanencia de la paja en el suelo. Por otro lado, en cultivos con una relación C/N baja, como las leguminosas, la descomposición y mineralización ocurren más rápidamente, reduciendo el período de cobertura del rastrojo en la superficie del suelo (Valadão et al., 2020).

En el índice de similitud (IS) y la diversidad beta (β_w) para el manejo con deshierbe, T9 y T5 obtuvieron los mayores IS y los menores β_w , con

56% y 0,29, así como también entre los T7 y T5, con 55% y 0,29, respectivamente (Cuadro 2).

Los menores valores de IS y mayores β_w se dieron entre los T10 y T3, con 21% y 0,65, y T8 y T6, con 22% y 0,64, respectivamente (Cuadro 2). El IS se considera alto cuando es igual o superior al 50% (Albuquerque et al., 2017; 2021) e el β_w se considera alta cuando es inferior a 0,5.

Para el manejo sin deshierbe, el T10 y T7 registraron el mayor IS y menor β_w , con 78% e

0,13, respectivamente (Cuadro 2), indicando una alta similitud entre estos tratamientos. Ya el menor IS y el mayor β_w se observó entre el T9 y T6 (Cuadro 2). Resultados similares a este fueron encontrados por Barcellos Júnior et al. (2016) que al estudiar la fitosociología de malas hierbas en el cultivo de frijol común controlados con diferentes tipos de herbicidas, observaron que los tratamientos sin el control de las malas hierbas obtuvieron baja similitud entre las parcelas.

Cuadro 2. Comparación entre el índice de similitud (%) y la diversidad beta (β_w) entre las diferentes plantas de coberturas manejadas con y sin deshierbo (el panel superior exhibe la similitud y el inferior exhibe la diversidad beta)

Tratamientos manejados con deshierbe											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Índice de similitud (%)
T1	-	23	31	28	38	29	36	43	33	25	
T2	0,63	-	42	27	27	38	36	23	50	33	
T3	0,52	0,41	-	41	36	29	33	31	31	21	
T4	0,57	0,58	0,41	-	50	25	38	35	36	36	
T5	0,44	0,57	0,47	0,33	-	25	55	50	56	27	
T6	0,55	0,44	0,55	0,60	0,60	-	31	22	50	29	
T7	0,47	0,47	0,50	0,45	0,29	0,52	-	46	50	33	
T8	0,40	0,63	0,52	0,48	0,33	0,64	0,37	-	45	23	
T9	0,50	0,33	0,53	0,47	0,29	0,33	0,33	0,38	-	33	
T10	0,60	0,50	0,65	0,47	0,57	0,56	0,50	0,63	0,50	-	
Diversidad beta (β_w)											
Tratamientos manejados sin deshierbe											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Índice de similitud (%)
T1	-	36	40	44	44	36	25	38	50	18	
T2	0,47	-	40	33	33	38	29	29	27	33	
T3	0,43	0,76	-	36	67	21	31	44	40	25	
T4	0,38	0,50	0,47	-	56	33	45	50	44	56	
T5	0,38	0,50	0,20	0,29	-	23	33	50	44	40	
T6	0,47	0,45	0,65	0,50	0,63	-	29	40	15	42	
T7	0,60	0,55	0,53	0,38	0,50	0,56	-	40	36	78	
T8	0,45	0,56	0,38	0,33	0,33	0,43	0,43	-	38	50	
T9	0,33	0,58	0,43	0,38	0,38	0,73	0,47	0,45	-	30	
T10	0,69	0,50	0,60	0,29	0,43	0,41	0,13	0,33	0,54	-	
Diversidad beta (β_w)											

CONCLUSIONES

Las malas hierbas *Tridax procumbens*, *Digitaria horizontalis* y *Digitaria insularis* son las más importantes en el área estudiada.

Las coberturas alteran el número de individuos y los índices de diversidad y equidad.

Los cultivos de cobertura presentan diferencias en la eficiencia de la supresión de malas hierbas en las áreas tratadas con deshierbe. Sin embargo, el cultivo de brachiaria se destaca como uno de los más eficientes para el control de estas malas hierbas.

La similitud y diversidad beta de las malas hierbas varían entre los tratamientos de cobertura.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecemos a la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por el fomento a la investigación y al Programa de post graduación en Agronomía de la Universidade Federal de Roraima

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, J.A.A., T.S. Santos, T.S. Castro, M.O. Evangelista, J.M.A. Alves, M.B.B. Soares y P.H.S. Menezes. 2017. Boa Vista, Roraima: Estudo florístico de plantas daninhas em cultivos de melancia na Savana de Roraima, Brasil. *Scientia Agropecuaria* 8(2): 91-98.
- Albuquerque, J.A.A., A.K.P. Melo, T.S. Santos, R.D. Medeiros, A.C.M. Gonçalves, G.F. Bareto et al. 2021. Phytosociology and morphological characteristics of weeds under cover crops intercropped with soybean under no-tillage. *Brazilian Journal of Development* 7: 60248-60260.
- Alcântara-Neto, F., J.O.L. Oliveira, A.A.C. Bezerra, G.B. Silva, J.A.A. Albuquerque, A.M. Zuffo y A.F. Borges. 2019. Composição florística de plantas daninhas em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico sob cultivo de feijão-caupi, cv. BRS Novaera. *Australian Journal of Crop Science* 13(8): 1275-1279.
- Algeri, A., C.C. Vilar, S.Y. Ushiwata y R.G.E. Reis. 2018. Produção de biomassa e cobertura do solo por milheto, braquiária e crotalaria cultivados em cultura pura e consorciados. *Global Science and technology*. Rio Verde 11(2): 112-125.
- Araújo, W.F., J.L.L. Monteiro-Neto, C. Sander, J.D.A.A. Albuquerque, A.T.V. Viana y M.A.M. Valero. 2024. Atualização da classificação climática de Boa Vista, Roraima, Brasil. *Nativa* 12(2): 236-240.
- Barcellos-Júnior, L.H., G.A.M. Pereira, N.P. Capobiango, D.V. Silva, R.R. Braga y E.A. Ferreira. 2016. Phytosociology of weeds in bean crops with different herbicides control. *Revista Brasileira de Herbicidas* 15(3): 221-231.
- Borges, W.L.B., R.S. Freitas, G.P. Mateus, M.E. Sá y M.C. Alves. 2014. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. *Planta Daninha* 32(4): 755-763.
- Box, G.E.P. y D.R. Cox. 1964. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society* 26: 211-252.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitossociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume. Madrid.
- Cavalcanti, E.A.H. y M.E.L. Larrazábal. 2004. Macrozooplâncton da zona econômica exclusiva do Nordeste do Brasil (segunda expedição oceanográfica - Revizee/Ne II) com ênfase em *Copepoda* (Crustacea). *Revista Brasileira de Zoologia* 21: 467-475.
- Fachinelli, R., T.S. Melo, D.P. Capristo, H.K.A. Abreu y G. Ceccon. 2021. Weeds in soybean crop after annual crops and pasture. *Revista de Agricultura Neotropical* 8(1): e5563.
- Gazola, T., D. Belapart, E.B. Castro, M.L. Cipola Filho y M.F. Dias. 2016. Características biológicas de *Digitaria insularis* que conferem sua resistência à herbicidas e opções de manejo. *Científica* 44(4): 557-567.
- Gazziero, D.L.P., E. Voll, D. Fornarolli, L. Vargas y F. S. Adegas. 2012. Efeitos da convivência do capim-amargoso na produtividade da soja. XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas na Era da Biotecnologia 733: 345-350.
- Gonzaga, G.S., A.B. Souza-Cruz, J.A.A. Albuquerque, G.X.L. Santos, M.B.B. Soares, P.R.R. Rocha et al. 2018. Phytosociology of weed community in culture of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and controlling possibilities with pre-emergent herbicides. *Applied Ecology and Environmental Research* 16: 5311-5322.
- Guidette, L.G.C., B.F. Schedenfeldt y P.A. Monquero. 2023. Uso de coberturas vegetais no controle de espécies do gênero

- Amaranthus. Revista Agro@mbiente On-line 17: 1-15.
16. Jaccard, P. 1912. The distribution of flora in alpine zone. *New Phytologist* 11: 37-50.
 17. Koleff, P., K.J. Gaston y J.J. Lennon. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology* 72(3): 367-382.
 18. Jakelaitis, A., M.P. Soares y I.S. Cardoso. 2014. Banco de sementes de plantas daninhas em solos cultivados com culturas e pastagens. *Global science and technology* 7(2): 63-73.
 19. Lorenzi, H. 2014. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional. Instituto Plantarum. Nova Odessa, SP.
 20. Lorenzi, H. 2008. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. Instituto Plantarum. Nova Odessa, SP.
 21. Marchi, S.R., R.F. Marques, R.M. Souza, C.F. Justo y C.C. Martins. 2020. Straw interference in the emergence of talquezal seeds from different origins. *Planta Daninha* 38: 1-8.
 22. Magurran, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton. New Jersey.
 23. Melo, A.K.P., J.A.A. Albuquerque, R.H.S. Siqueira, E.E. Silva, R.D. Medeiros, K.T.S. Souza, et al. 2021. Occurrence of noxious weeds under different soil management systems. *Applied Ecology and Environmental Research* 19(3): 2061-2072.
 24. Menezes, L.A.S., W.M. Leandro, J.P. Oliveira-Junior, A.C.B. Ferreira, J.G. Santana y R.G. Barros. 2009. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura de solo. *Bioscience Journal* 25: 7-12.
 25. Mueller-Dombois, D y H Ellemberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. New York.
 26. Mundada, S. y R. Shivhare. 2010. Pharmacology of *Tridax procumbens* a Weed: Review. *International Journal of Pharm Tech Research* 2(2): 1391-1394.
 27. Paula, I.M., G.B.P. Braz, R.R. Mendes, A.B. Caneppele, A.G. Silva y A.G. Cruvinel. 2020. Influência da convivência do capim-amargoso na qualidade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Herbicidas* 19(1): 1-6.
 28. Pereira, L.S., G.S. Oliveira, E.M. Costa, G.D. Sousa, J.N. Silva, H.F. Silva y A. Jakelaitis. 2020. Manejo de plantas daninhas e rendimento de feijão-caupi utilizando plantas de cobertura do solo. *Brazilian Journal of Development* 6(5): 23044-23059.
 29. Pinto, P.H.G., C.M.S. Rodrigues, S.F. Lima, R.C.F. Alvarez, I.C. Oliveira, A.H. P. Gaiotto et al. 2021. Coberturas vegetais na entressafra de culturas afetando o banco de sementes de plantas daninhas. *Research, Society and Development* 10(6): e51810616057.
 30. Rocha, P.R.R., S.S. Maia, V.F. Melo, S.C.P. Uchôa, K.D. Batista y L.A. Cavalcante. 2024. Cover crops on soil quality and yield of cowpea under no-tillage in the Amazon savanna. *Acta Scientiarum. Agronomy* 46: e62853.
 31. Silva, D.A., J.A.A. Albuquerque, A.J.M. Alves, P.R.R. Rocha, R.D. Medeiros, E.L. Finoto y P.H.S. Menezes. 2018. Caracterização de plantas daninhas em área rotacionada de milho e feijão-caupi em plantio direto. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 7-15.
 32. Shimizu, G., R. Marubayashi y L. Goncalves. 2023. *AgroR: Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences*. R package version 1.3.4.
 33. Teixeira-Junior, D.L., J.M.A. Alves, J.A.A. Albuquerque, P.R.R. Rocha, T.S. Castro y G.F. Barreto. 2020. Ocorrência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi sob quatro manejos na Amazônia Ocidental. *Nativa* 8(3): 427-435.
 34. Uchôa, S.C.P., J.M.A. Alves, M.S. Cravo, A.J. Silva, V.F. Melo, G.B. Ferreira y M.M.M. Ferreira. 2009. *Fertilidade do Solo*. In: Jerri Edson Zilli, Aloisio Alcantara Vilarinho, José Maria Arcanjo Alves. (Org.). *A cultura do feijão-caupi na Amazônia Brasileira*. 1ª edição. Boa Vista: EMBRAPA: 131-183.

35. Valadão, F.C.A., D.D. Valadão-Junior, M. Rizzi y M.C. Souza-Neto. 2020. Feijão-de-porco e braquiária cultivados em sistema solteiro e consorciado. *Nativa, Sinop* 8(5): 625-632.
36. Werlang, T., A.C.P. Luz, V.C. Pozzo, L.A. Schwerz, S.P. Tironi y E. Franz. 2018. Fitossociologia de plantas daninhas em função de diferentes manejos de coberturas de inverno. *Revista Brasileira de Herbicidas* 17(3): e590.
37. Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag. New York.