

03

Recibido: junio, 2024 Aceptado: junio, 2024 Publicado: agosto, 2024

Geotemperatura y rendimiento del cultivo frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas

Geotemperature and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under different dead vegetation cover

Lourdes Llauca Pizarro^{1*}

E-mail: lllauca1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5328-6440>

José Miguel Martínez¹

E-mail: jmartinez8@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8737-9636>

Angel Eduardo Luna-Romero¹

E-mail: aeluna@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

Diego Villaseñor-Ortiz¹

E-mail: dvillaseñor@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Llauca Pizarro, L., Miguel Martínez, J., Luna-Romero, A. E. y Villaseñor-Ortiz, D. (2024). Geotemperatura y rendimiento del cultivo frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(2), 20-26. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

Resumen

La presente investigación evalúa cómo las coberturas vegetales muertas afectan la geotemperatura y el rendimiento del fréjol caupí (*Vigna unguiculata* L.). Este estudio es crucial para identificar prácticas agrícolas sostenibles que mejoren la productividad y conservación del suelo, contribuyendo de esta manera a la seguridad alimentaria y mitigación del cambio climático. Se implementó un diseño cuadrado latino considerando como tratamientos las siguientes coberturas vegetales muertas: tamo de arroz (T1), aserrín (T2), hojas de maíz (T3) y sin cobertura (T0). Los datos morfológicos del cultivo fueron recopilados y analizados mediante métodos estadísticos adecuados para determinar la significancia de los resultados. Los hallazgos muestran que las coberturas vegetales muertas ayudan a mantener una temperatura del suelo más estable en comparación con el testigo. Además, los tratamientos T1 y T2 fueron los más beneficiosos, aumentando el rendimiento del cultivo a 714,67 y 718,44 kg por hectárea, respectivamente. Se concluye que las coberturas vegetales como el tamo de arroz y el aserrín son una alternativa viable para conservar la humedad y mejorar la productividad del fréjol caupí. No obstante, futuras investigaciones deberían explorar la aplicación del mulch en otros cultivos y bajo diferentes condiciones climáticas para poder generalizar estos hallazgos.

Palabras clave:

Coberturas vegetales, Rendimiento, Frejol caupí, Geotemperatura, Productividad.

ABSTRACT

The present research evaluates how dead vegetation cover affects the geotemperature and yield of cowpea beans (*Vigna unguiculata* L.). This study is crucial to identify sustainable agricultural practices that improve soil productivity and conservation, thus contributing to food security and climate change mitigation. A Latin square design was implemented considering the following dead plant covers as treatments: rice chaff (T1), sawdust (T2), corn husks (T3) and no cover (T0). The morphological data of the crop were collected and analyzed using appropriate statistical methods to determine the significance of the results. The findings show that dead vegetation covers help maintain a more stable soil temperature compared to the control. In addition, T1 and T2 treatments were the most beneficial, increasing crop yield to 714.67 and 718.44 kg per hectare, respectively. It is concluded that plant covers such as rice chaff and sawdust are a viable alternative to conserve moisture and improve cowpea bean productivity. However, future research should explore the application of mulch in other crops and under different climatic conditions in order to generalize these findings.

Keywords:

Vegetation covers, Yield, Cowpea beans, Geotemperature, Productivity.

Introducción

El cambio climático y el crecimiento demográfico plantean un importante desafío para la agricultura en términos de garantizar la seguridad alimentaria a nivel global. Estudios indican una tendencia hacia la reducción de la producción de alimentos en los próximos años. Este fenómeno se atribuye al incremento de la temperatura, las alteraciones en los patrones de precipitación y la presencia de gases de efecto invernadero, los cuales han generado escasez de recursos hídricos, la pérdida de fertilidad del suelo y modificaciones en el metabolismo vegetal, impactando negativamente en la agricultura (Malhi et al., 2021).

El uso de mulch biodegradable se plantea como una estrategia para abordar el cambio climático, ya que podría mejorar el crecimiento y rendimiento de diversos cultivos de ciclo corto al modificar el microclima, proporcionando un ambiente favorable y nutriente al suelo. Esta técnica es práctica para alcanzar una agricultura sostenible a largo plazo y minimizar los impactos ambientales adversos. Por este motivo, es necesario llevar a cabo más investigaciones con diferentes tipos de mulch orgánicos en distintos tipos de hortalizas (Iriany et al., 2021a).

Aunque la literatura sobre el empleo de coberturas vegetales muertas en el cultivo de frejol es limitada, numerosas investigaciones han validado la efectividad de esta práctica en la productividad de una variedad de cultivos. A modo de ejemplo, el uso del mulch mejoró los atributos agronómicos del maíz (Ramadhan, 2021) y tuvo un impacto significativo en las variables de crecimiento y rendimiento del chile (Iriany et al., 2021b).

También existen discrepancias respecto al impacto del mulching en el rendimiento de los cultivos, debido a que varios investigadores han reportado efectos adversos. Sin embargo, estos efectos no se consideran críticos en situaciones reales en el campo. Por consiguiente, se puede inferir a partir de la literatura que el mulching representa una opción económica para reducir la proliferación de arvenses, mantiene un nivel adecuado de humedad en el suelo. Además, el mulching contribuye al mejoramiento del crecimiento, desarrollo y rendimiento global de los cultivos (Iqbal et al., 2020).

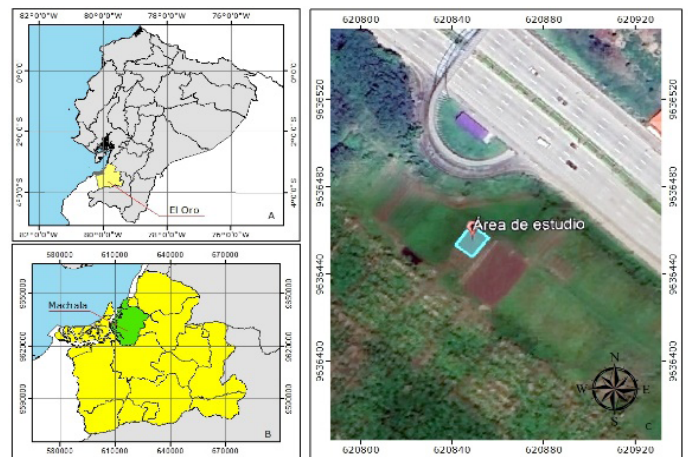
Uno de los cultivos de diversos usos es el frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) debido a que es empleado tanto en la alimentación humana como animal, además de desempeñar un papel fundamental en la preservación de la fertilidad del suelo (Kebede & Bekeko, 2020). Según la FAO (2022), Ecuador produce 14,672 toneladas por hectárea de frijoles secos, lo que equivale al 0,0518% de la producción mundial en el año 2022. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento del frejol caupí (*Vigna unguiculata* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas.

Materiales y métodos

Área de estudio

Durante el periodo de octubre de 2023 y enero de 2024 se desarrolló la presente investigación en la granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH) situada en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador (Fig. 1). Sus coordenadas geográficas son 3°17'18.9" de latitud sur y 79°54'43.7" de longitud oeste. La zona posee una clasificación de bosque muy seco Tropical con una precipitación media anual de 699 mm, una temperatura media anual de 25 °C, una humedad relativa del 84% y una altitud de 6 m.s.n.m., según a las zonas de vida natural de Holdridge y en el mapa ecológico del Ecuador (Cervantes Alava et al., 2020).

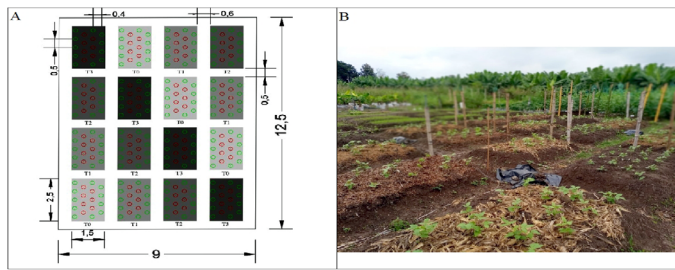
Fig. 1: Ubicación del área de estudio. A) Representación cartográfica de Ecuador. B) Cartografía de la provincia El Oro. C) Área de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Para investigar el efecto de diversas coberturas vegetales muertas, se empleó un diseño cuadrado latino 4 x 4 (DCL). En el estudio se probaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, totalizando 16 unidades experimentales (UE) y cubriendo un área total de 112,5 m². Las coberturas evaluadas, con un grosor aproximado de 1 cm, consistieron en las siguientes: sin cobertura (T0), tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3), como se aprecia en la Fig. 2-A. La implementación del cultivo, de acuerdo con el diseño experimental y sus respectivas medidas, se muestra en la Fig. 2-B. La siembra directa en tres bolillos se realizó el 25 de octubre de 2023.

Fig. 2: Diseño experimental. A) Tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). B) Implementación del cultivo de acuerdo con el diseño experimental



Fuente: Elaboración propia

Propiedades físicas del suelo

Para determinar las propiedades físicas del suelo, se llevó a cabo una calicata con el fin de extraer tres muestras a diferentes profundidades (0, 2,5 y 7,5 cm). Se utilizaron cilindros volumétricos para determinar parámetros físicos como la densidad aparente (D_a), humedad gravimétrica (G_w) y humedad volumétrica (V_w), empleando las ecuaciones propuestas por Lowery et al. (1996). Para el cálculo del punto de marchitez permanente (PMP), se empleó la ecuación (1) propuesta por Silva et al. (1988), la cual se detalla a continuación.

$$PMP = G_w \times 0,74 - 5 \quad (1)$$

Calibración de los termistores

La calibración de los termistores NTC (Negative Temperature Coefficient) de 10000Ω es un paso fundamental para obtener mediciones de temperatura precisas en el suelo. Este procedimiento se realiza sumergiendo cada termistor en agua a temperaturas de 5, 25 y 50 °C, y registrando los valores de resistencia con un multímetro. A partir de estos datos, se calculan los coeficientes de la ecuación (2) de Steinhart & Hart (1968) con el empleo de la Thermistor Calculator V1.1 desarrollada por Stanford Research Systems Inc, este proceso permite establecer una única ecuación a cada termistor para su uso como sensor de temperatura. La calibración asegura la confiabilidad de las mediciones de temperatura en los diferentes tratamientos del estudio, lo que es fundamental para obtener resultados precisos y confiables.

$$T^{-1} = A + B \log R + C(\log R)^3 \quad (2)$$

Donde; T^{-1} simboliza la temperatura (kelvin); A, B y C son los coeficientes de Steinhart-Hart y R simboliza el valor de la resistencia medida en el termistor (Ω).

Manejo del experimento

Para la preparación del suelo, se utilizó maquinaria liviana (motocultor) para realizar labranza mecanizada con la finalidad de mejorar la aireación del suelo y la infiltración

del agua en los primeros 30 cm de superficie, posteriormente se elaboraron las UE con las medidas mencionadas anteriormente. Siete días antes de la siembra, se aplicó un insecticida con ingrediente activo Chlorpyrifos y Cypermethrin. Al mismo tiempo, se llevó a cabo la desinfección de las coberturas vegetales utilizando formaldehído al 40% de concentración, con una proporción de 1 litro por cada 20 litros de agua. Esta mezcla se dejó reposar durante 5 días, con intervalos de 2 días para remover las coberturas y garantizar una desinfección efectiva.

Durante la siembra, se emplearon semillas de frejol caupí de la variedad INIAP-462, en donde se ubicaron tres semillas por golpe, seguido de un raleo tras su emergencia. Asimismo, se aplicó tutorado a una altura de 1,70 metros para cada unidad muestral (UM) .

Con respecto al riego se implementaron 4 aspersores Xcel-Wobbler debidamente distribuidos en toda el área experimental con descarga de 0 a $1267 \text{ L}^*\text{h}^{-1}$ y se dispuso la misma frecuencia de riego para todos los tratamientos. Una vez establecido el cultivo se aplicó con intervalos de 2 días un insecticida orgánico de manera foliar a base de ajo (*Allium sativum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) para la prevención de plagas o enfermedades.

En cuanto a la fertilización, se llevó a cabo de manera edáfica mediante la aplicación de un fertilizante granulado completo con la siguiente composición: 12% de N, 11% de P_2O_5 , 18% de K_2O , 2,7% de MgO , 8% de S, 0,015% de B, 0,2% de Fe, 0,02% de Mn y 0,02% de Zn. Se aplicaron aproximadamente 5 gramos de fertilizante por cada UM a los 20 y 40 días después de la siembra (dds). Para el control de malezas, se llevó a cabo de forma manual y semanal.

Temperatura del suelo

Se establecieron los termistores NTC calibrados a profundidades de 0, 2,5 y 7,5 cm en todas las UE, con la ayuda de 4 Arduino Mega 2650 implementados en el campo se registraron los valores de resistencia, los cuales fueron convertidos directamente en unidades de temperatura en grados Celsius mediante la ecuación (2) en intervalos de una hora. Este registro se realizó a las 07:00, 12:00 y 17:00 durante todo el ciclo del cultivo.

Variables morfológicas del cultivo

Se llevaron a cabo mediciones en las seis UM seleccionadas dentro de cada UE. Las variables descritas a continuación se evaluaron a los 15, 30 y 50 dds. La medición del diámetro del tallo se efectuó empleando un calibrador Vernier manual a 1 cm de la superficie del suelo. Para la determinación del contenido de clorofila, se utilizó el medidor SPAD-502 PLUS en la tercera hoja sana. En el momento de la cosecha, se procedió a evaluar las siguientes variables. Las raíces, una vez extraídas del suelo y lavadas con abundante agua, se midieron en cuanto a su longitud, desde el cuello de la raíz principal hasta el extremo

de su proyección en la dirección del crecimiento (Ruiz-Sánchez et al., 2021). También se analizó el número de vainas por planta, masa de los granos por planta y el rendimiento, que se determinó por el promedio del peso total de frutos recolectados de cada parcela para después ser expresado en kg ha⁻¹ (Ortiz Enriquez et al., 2022).

Análisis estadístico

Todos los resultados, con excepción del rendimiento, fueron sujetos a un análisis de varianza de un factor entre grupos (ANOVA) utilizando el software IBM SPSS Statistics 22.0 con el propósito de determinar las diferencias estadísticas entre los diversos tratamientos y el control (tratamiento testigo). Posteriormente, se realizaron comparaciones múltiples utilizando la prueba de Duncan ($p < 0,05$). Para el rendimiento se establecieron medias aritméticas para determinar diferencias y similitudes entre los tratamientos.

Resultados-discusión

Propiedades físicas del suelo

Los resultados obtenidos en el laboratorio de suelo para las tres profundidades evaluadas se muestran en la Tabla 1, donde los valores fueron utilizados para el cálculo de Da y PMP. Donde Gw es humedad gravimétrica, Da es densidad aparente, Vw es humedad volumétrica y PMP es punto de marchitez permanente.

Tabla 1: Resultados de propiedades físicas para tres profundidades: densidad aparente (Da), humedad gravimétrica (Gw), humedad volumétrica (Vw) y punto de marchitez permanente (PMP).

Profundidad (cm)	Da (g cm ⁻³)	Gw (%)	Vw (%)	PMP (%)
0	1,447	24,958	36,122	13,469
2,5	1,371	25,395	34,805	13,792
7,5	1,369	27,023	37,003	14,997

Fuente: Elaboración propia

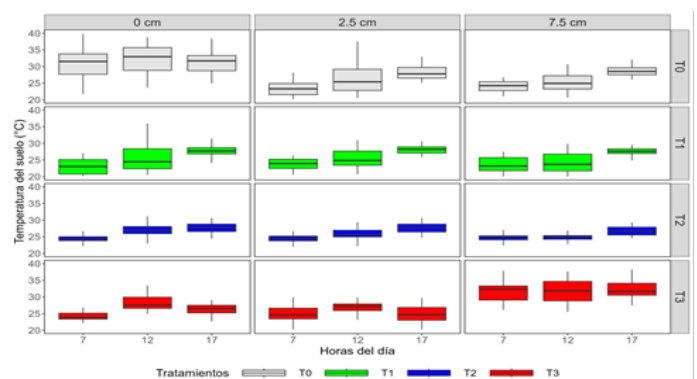
Temperatura del suelo

En la Fig. 3 se muestran los resultados obtenidos del comportamiento de la geotemperatura a diferentes profundidades. En la profundidad de 0 cm se puede observar que las temperaturas del tratamiento T0 (sin cobertura) presentaron valores mayores a 30 °C, a diferencia de los tratamientos T1 (tamo de arroz), T2 (aserrín) y T3 (hojas de maíz), que generaron valores menores a 25 °C. A la profundidad de 2,5 cm se presentaron valores menores

a 30 °C en los tratamientos T0, T1, T2 y T3. El comportamiento de la geotemperatura del T1 es similar a los resultados reportados por Mendonça et al. (2021), donde se señala que la cobertura de tamo de arroz disminuye la geotemperatura debido a su albedo más alto y una conductividad térmica más baja que el suelo sin cobertura (suelo desnudo), lo que reduce la cantidad de radiación que llega a la superficie del suelo y resulta en menos energía superficial disponible para calentar el suelo.

Por otro lado, a la profundidad de 7,5 cm se registraron valores menores de 25 °C en los tratamientos T0, T1 y T2, mientras que el tratamiento T4 presentó valores mayores a 30 °C. La geotemperatura a las 7:00 y 12:00 horas es relativamente baja en los tratamientos de aserrín (T2) en las diferentes profundidades. Por otro lado, los valores de temperatura en el tratamiento T3 fueron mayores a las 7:00, 12:00 y 17:00 horas en la profundidad de 7,5 cm. Según Romero Delgado et al. (2022), la aplicación de coberturas vegetales muertas es capaz de alterar el microclima.

Fig. 3: Comportamiento de la temperatura del suelo en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3)

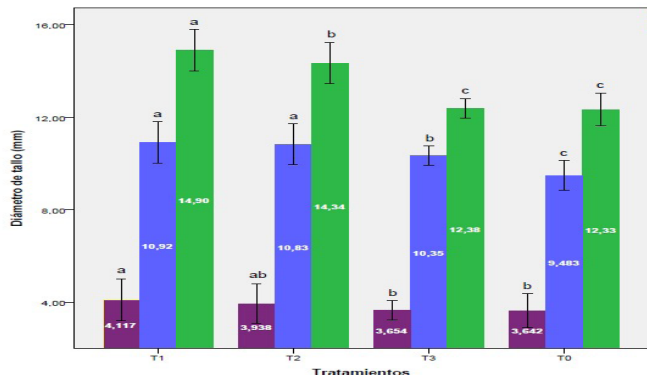


Fuente: Elaboración propia

Diámetro de tallo

Los resultados obtenidos del diámetro de tallo en milímetros a los 15 dds (09/11/2023) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de estudio ($p < 0,05$). Sin embargo, a los 30 dds (24/11/2023) y 50 dds (14/12/2023) (Fig. 4), los tratamientos T1 (tamo de maíz) y T2 (aserrín) registraron valores de diámetro de tallo mayores con 14,9 mm y 14,3 mm, respectivamente, en contraste con T0 (sin cobertura), que presentó un diámetro de tallo menor de 12,3 mm, siendo estadísticamente semejantes. Souza da Silva et al. (2021) concluye que el uso de acolchado es eficaz para el crecimiento de las plantas, el control de las malas hierbas y el mantenimiento de la humedad del suelo.

Fig. 4: Diámetro de tallo (mm) a los 15, 30 y 50 días después de la siembra (dds) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

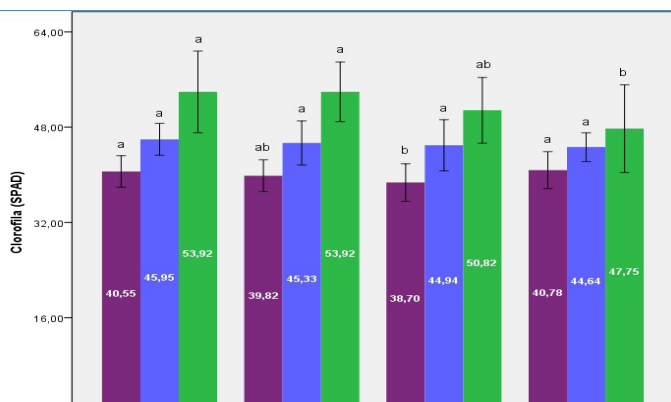


Fuente: Elaboración propia

Clorofila

En la medición de clorofila a 15 dds (09/11/2023) y 30 dds (24/11/2023) no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Al contrario, en el T2 y T1 a los 50 dds (14/12/2023) las concentraciones de clorofila fueron mayores con 53,93 y 53,92 en comparación con el T0 (47,75), que presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Fig. 6). Esto coincide con los resultados de Quezada-Quezada et al. (2023), donde en las tres etapas fenológicas del cultivo, en las que se recopilaban datos de esta variable, expresados en valores SPAD, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$).

Fig. 5: Medición de clorofila (SPAD) a los 15, 30 y 50 días después de la siembra (dds) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

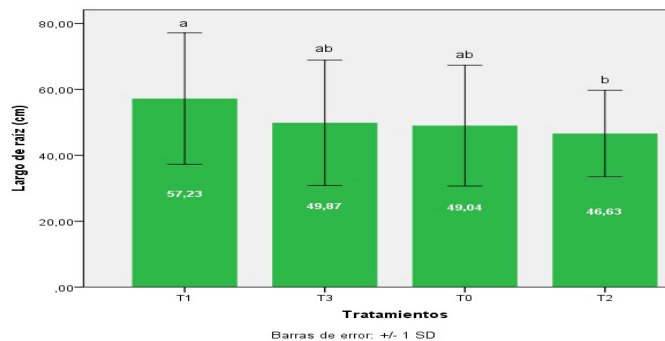


Fuente: Elaboración propia

Largo de raíz

En la variable de longitud de raíz en centímetros no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos del estudio ($p > 0,05$) (Fig. 6).

Fig. 6: Largo de raíz (cm) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

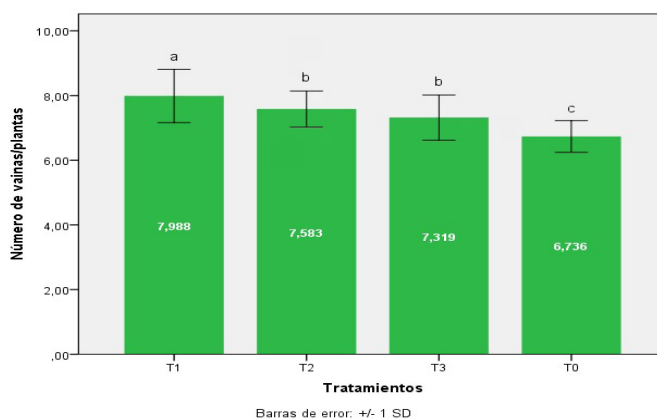


Fuente: Elaboración propia

Número de vainas

Los resultados obtenidos en las cosechas de vainas por planta presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). El tratamiento T1 (7,99) se destacó como el más eficaz, seguido por T2 (7,58) y T3 (7,32), que presentaron similitudes estadísticas, en contraste con el tratamiento T0 (6,74) (Fig. 7). Según los resultados, el uso de coberturas vegetales muertas pudo aumentar la cantidad de vainas respecto al tratamiento testigo (T0). Los resultados concuerdan con Mon & Oue (2022), quienes en su experimento realizado en soya concluyeron que el uso del mulch está directamente relacionado con la cantidad de hojas verdes, aumentando el número de vainas por planta. Esta, a su vez, depende de un óptimo contenido de humedad en el suelo; por tanto, el mulch ayuda a la retención de humedad.

Fig. 7: Número de vainas por planta en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ($p < 0.05$).



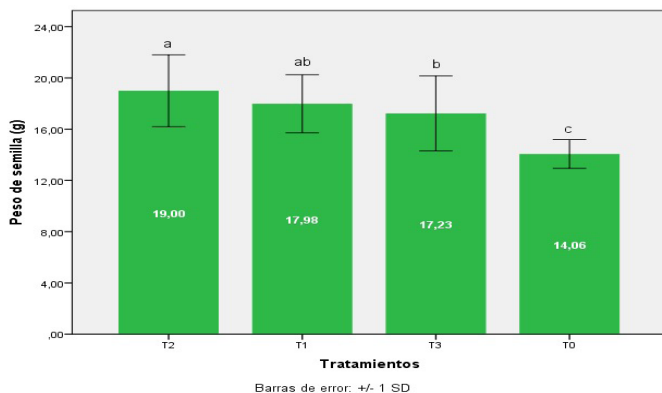
Fuente: Elaboración propia

Peso de semillas

La variable peso de semillas en gramos presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tratamientos T2 y T1

con valores mayores de 19,00 y 17,98 gramos, mientras que el tratamiento T0 tuvo valores menores de peso de semillas de 14,06 g (Fig. 8). Según Kader et al. (2017), la disminución en el peso de las semillas en los tratamientos con suelo desnudo se produjo debido al bajo contenido de agua en la primera capa de suelo, ocasionado por la alta evaporación superficial. Por lo tanto, las coberturas vegetales muertas aumentan el peso de las semillas de frijol debido a la disponibilidad de agua que se conserva en el suelo.

Fig. 8: Peso de semillas (g) en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3). Las letras indican una diferencia significativa según la prueba de Duncan ($p < 0.05$).



Fuente: Elaboración propia

Rendimiento

Como se muestra en la Tabla 2, el tratamiento T2 presentó los valores más altos, con un peso total de 269,42 g, obtenido del promedio de las cuatro unidades experimentales. De manera similar, el tratamiento T1 registró un valor total de 268,00 g, ambos tratamientos mostrando valores altos de peso. En contraste, el tratamiento T0 tuvo el valor más bajo, con un peso total de 192 g. Los resultados de los pesos totales de cada tratamiento fueron transformados a kilogramos por cada 3,75 m² y después convertidos a kg ha⁻¹. Los tratamientos T1 y T2 demostraron ser los más beneficiosos, aumentando el rendimiento del cultivo hasta 714,67 y 718,44 kg por hectárea, respectivamente. Esto concuerda con Nunes Alves et al. (2018), quienes indican que el acolchado pretende minimizar las pérdidas de agua del sistema a la atmósfera, usando materiales orgánicos (paja, residuos vegetales, etc.) o inorgánicos (plástico) en el suelo, con el objetivo de aumentar el rendimiento de los cultivos.

Tabla 2: Rendimiento en el cultivo de frijol caupí en los tratamientos testigo (T0), con coberturas de tamo de arroz (T1), aserrín (T2) y hoja de maíz (T3).

Tratamientos	Promedio del peso total de granos (gramos)	Rendimiento por unidad experimental (kg 3,75m ²)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
T0	192,00	0,192	512,00
T1	268,00	0,268	714,67
T2	269,42	0,269	718,44
T3	246,00	0,246	656,00

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El uso de coberturas vegetales muertas en el cultivo de frijol caupí demostró resultados favorables; al mediodía (12:00), se observaron geotemperaturas inferiores en comparación con el suelo desnudo a profundidades de 0 y 2,5 cm, mientras que en horas de la tarde (17:00), las temperaturas del suelo con cobertura vegetal muerta fueron superiores en comparación con el suelo descubierto a una profundidad de 7,5 cm. Esto indica que el uso de mulch ayuda a reducir el calor intenso durante las horas de mayor radiación y a conservar dicho calor a medida que avanza el tiempo. En las variables morfológicas del cultivo, se observaron diferencias significativas con la cobertura de tamo de arroz en el diámetro del tallo (14,9 mm) y el número de vainas por planta (7,99). La cobertura de aserrín destacó en los parámetros de clorofila (53,92 SPAD) y peso de semillas (17,98 g). Sin embargo, en la variable de longitud de raíz (cm) no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. En cuanto al rendimiento del cultivo, se observaron valores mayores con la cobertura de aserrín (718,44 kg ha⁻¹) y tamo de arroz (714,67 kg ha⁻¹), incrementando la productividad en comparación con la ausencia de cobertura en un 40,32% y 39,58%, respectivamente. Se recomienda el uso de coberturas vegetales muertas para aumentar el rendimiento del cultivo. Además, se sugiere realizar estudios adicionales con diferentes tipos de cultivos y condiciones climáticas.

Referencias bibliográficas

- Cervantes Alava, A. R., Sigcha Cañar, L., Villaseñor Ortiz, D., & Maldonado Mora, T. (2020). Efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo del banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 192-198.
- FAO. (2022). *Cultivos y productos de ganadería*. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

- Iqbal, R., Raza, M. A. S., Valipour, M., Saleem, M. F., Zaheer, M. S., Ahmad, S., Toleikiene, M., Haider, I., Aslam, M. U., & Nazar, M. A. (2020). Potential agricultural and environmental benefits of mulches—a review. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3>
- Iriany, A., Hasanah, F., Farahdina, F. A. R., & Rosalia, N. (2021). Organic mulch sheet as a mitigation strategy in vegetable cultivation : Its effect on the growth and yield of chili (*Capsicum annum* L .). *Earth and Environmental Science*, 771, 1-9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/771/1/012005>
- Iriany, A., Hasanah, F., Roeswitawati, D., & Bela, M. F. (2021). Biodegradable mulch as microclimate modification effort for improving the growth of horensó; *Spinacia oleracea* L. *Global Journal of Environmental Science and Management (GJESM)*, 7(2), 185-196. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.02.03>
- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., Onishi, T., & Ito, K. (2017). Effects of plastic-hole mulching on effective rainfall and readily available soil moisture under soybean (*Glycine max*) cultivation. *Paddy and Water Environment*, 15(3), 659-668. <https://doi.org/10.1007/s10333-017-0585-z>
- Kebede, E., & Bekeko, Z. (2020). Expounding the production and importance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1769805>
- Lowery, B., Hickey, W. J., Arshad, M. A. C., & Lal, R. (1996). Soil water parameters and soil quality. En *Methods for Assessing Soil Quality*. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c8>
- Malhi, G. S., Kaur, M., & Kaushik, P. (2021). Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies : A Review. *Sustainability*, 1-21.
- Mendonça, S. R., Ribeiro Ávila, M. C., Gomes Vital, R., Evangelista, Z. R., Pontes, N. de C., & Nascimento, A. dos R. (2021). The effect of different mulching on tomato development and yield. *Scientia Horticulturae*, 275, 109657. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109657>
- Mon, M. M., & Oue, H. (2022). Effects of mulches combination with different SWC on soil properties and soybean production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1059(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012040>
- Nunes Alves, H. K. M., da Rosa F. Jardim, A. M., de Souza, L. S. B., & da Silva, T. G. F. (2018). The application of agrometeorological techniques contributes to the agricultural resilience of forage cactus: A review. *Amazonian Journal of Plant Research*, 2(3), 207-220. <https://doi.org/10.26545/ajpr.2018.b00026x>
- Ortiz Enriquez, J. E., Peñuelas-Rubio, O., Argente-Martínez, L., Félix Valencia, P., Padilla Valenzuela, I., & Marroquín morales, J. Á. (2022). La aplicación de bioestimulantes incrementa los componentes del rendimiento de frijol Pinto Bill Z en el sur de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 371-376. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2846>
- Quezada-Quezada, N., Vega-Mora, W., Jaramillo-Aguilar, E., Barrezueta-Unda, S., & Luna-Romero, Á. (2023). Geotemperatura , flujo neto de calor del suelo y variables morfológicas del cultivo de soya (*Glycine max* L .) bajo condiciones de mulch plástico. *Manglar*, 20(1), 31-39.
- Ramadhan, M. N. (2021). Yield and yield components of maize and soil physical properties as affected by tillage practices and organic mulching. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 7152-7159.
- Romero Delgado, W. F., Jaramillo Aguilar, E. E., & Luna-Romero, Á. E. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (*Capsicum annun* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistema*, 10(3), 134-142.
- Ruiz-Sánchez, M., Domínguez-Pérez, A., Muñoz-Hernández, Y., Rodríguez-Pérez, R., Díaz-López, G. S., Valle-Sánchez, M., & Rivera-Espinosa, R. (2021). Aplicación del biofertilizante EcoMic ® en semillero tecnificado para el trasplante mecanizado de arroz semilla. *Cultivos Tropicales*, 42(4).
- Silva, A., Ponce de León, J., García, F., & Durán, A. (1988). Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de investigación N°10*, 20.
- Souza da Silva, B. K., Vera Cruz da Silva, J. E., De Sousa Martins, M. M., Pereira de Souza, E., & Ferreira, L. E. (2021). Uso Do Mulching e seus efeitos no desenvolvimento de plantas de interesse econômico: uma revisão narrativa. *Agronegócio e Sustentabilidade: métodos, técnicas, inovação e gestão*, 68-77. <https://doi.org/10.37885/210906113>
- Steinhart, J. S., & Hart, S. R. (1968). Calibration curves for thermistors. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, 15(4), 497-503. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0011-7471\(68\)90057-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0011-7471(68)90057-0)