https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2024.junio.2601787 e-ISSN: 2305-0683 ISSN: 1684-9086

ARTÍCULO CIENTIFICO

Mulch en la conservación del agua y rendimiento del frijol en una zona semiárida de Perú

Mulch in Water Conservation and Bean Yield in a Semi-Arid Area of Peru

Rómulo Agustín Solano Ramos[1]*, Alex Lázaro Tineo Bermúdez[1], Orlando Fidel Sulca Castilla[1], Pelayo Carrillo Medina[1], Raúl Javier Aronés Quispe[1], Abraham Villantoy Palomino[2] y Yaquelin Alexis Sánchez Campos[1]

[1]Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias. Ayacucho, Perú.
[2]Instituto Nacional de Innovación Agraria, Estación Experimental Agraria Canaán. Ayacucho, Perú.

RESUMEN

Una alternativa para optimizar el uso del agua de lluvia en regiones semiáridas para la producción de cultivos, es el uso de coberturas vegetales (mulch). El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de dos fuentes de mulch bajo dos niveles de uso en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) var. Red Kidney y en la reducción de la evaporación del agua del suelo en Canaán, Ayacucho. El experimento consistió en un ensayo factorial 2x2 (fuentes de mulch: residuos de trigo y de grass; niveles de uso: 5 y 10 t ha^{-1}) más un testigo, en parcelas de 8,75 m^2, bajo el Diseño de bloques completos al azar. Se utilizaron evaporímetros de balanza para determinar la reducción relativa de la evaporación del agua del suelo (Reas), en suelos con mulch respecto al suelo sin mulch. Los resultados mostraron que la evaporación del agua en suelos con mulch es significativamente menor que en suelos sin mulch; la Reas por aplicación de mulch es superior en los suelos con mulch a base de residuos de grass. La aplicación de 7.5 t ha^{-1} permite una Reas de 69% con residuos de trigo y 77% con residuos de grass. Los rendimientos de frijol también están influenciados por la fuente y niveles de mulch, siendo superior hasta un 98% al utilizar 10 t ha^{-1} de mulch de residuos de grass y hasta un 49% con residuos de trigo.

Palabras clave: mulch, evaporación, *Phaseolus vulgaris*, semiárido, secano.

ABSTRACT

An alternative to optimize the use of rainwater in semiarid regions for crop production is the use of mulch. The objective of the study was to evaluate the influence of two mulch sources under two levels of use on the yield of beans (*Phaseolus vulgaris*) var. Red Kidney and on the reduction of soil water evaporation in Canaán, Ayacucho, 2022. The experiment consisted of a 2x2 factorial trial (mulch sources: wheat and grass residues; use levels: 5 and 10 t ha-1) plus a control, in 8.75 m2 plots, under Randomized Complete Block Design. Balance evaporimeters were used to determine the relative reduction of soil water evaporation (Reas) in mulched soil with respect to unmulched soil. The results showed that water evaporation in mulched soils is significantly lower than in unmulched soils; Reas per mulch application is higher in soils mulched with grass residue than in soils mulched with wheat residue. The application of 7.5 t ha^{-1} allows a Reas of 69% with wheat residue and 77% with grass residue. Bean yields are also influenced by the source and levels of mulch, being up to 98% higher when using 10 t ha^{-1} of grass residue mulch and 49% with wheat residue.

Keywords: mulch, evaporation, *Phaseolus vulgaris*, semiarid, unirrigated land

***Autor para correspondencia:**
romulo.solano@unsch.edu.pe

Conflictos de interés:
Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Contribución de autores:
Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales en la concepción y diseño de este estudio, al análisis e interpretación de datos, a la revisión del manuscrito y la aprobación de la versión final. Todos los autores asumen la responsabilidad por el contenido del manuscrito.

Financiamiento:
Universidad de Huamanga

Periodo de publicación:
Enero-Junio de 2024

Historial:
Recibido: 27/11/2023;
Aceptado: 30/05/2024

Editor responsable:
Arnaldo Esquivel Fariña
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Licencia:
Artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY 4.0

INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha generado desafíos, en especial, respecto a la escasez de agua; es por ello que, es imprescindible encontrar alternativas para garantizar la seguridad alimentaria de las mayorías poblacionales. Una de las alternativas que ayudaría a los agricultores a superar dicho problema sería la adopción del mulch a gran escala. A partir de varios estudios, se demostró que el mulch compuesto por materiales orgánicos aumenta los

Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons

nutrientes del suelo, mantiene la temperatura óptima, reduce la velocidad de evaporación de la humedad edáfica, restringe el crecimiento de la maleza y previene la erosión; lo que mejora la salud del suelo.

El déficit hídrico constituye un problema de importancia en la producción agrícola, en especial, en regiones semiáridas del Perú y de Ayacucho, lo que limita el crecimiento y desarrollo de los cultivos, afectando negativamente la productividad del frijol (Reyes-Matamoros et al., 2014). La aplicación de mulch puede constituir una práctica apropiada y económica para optimizar el uso del agua en regiones de clima semiárido (Joslin et al, 2019; Kettler, 1996; Radics and Bognár, 2004; Singh et al, 2011).

La determinación de la evaporación del agua requiere de instrumentos y/o equipos relativamente complejos; sin embargo, el área de suelos de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNSCH ha desarrollado una metodología para determinar la evaporación del agua edáfica, la misma que ha mostrado sus bondades en otras investigaciones (Tineo, Fernández, Cabrera y Girón, 2019; Cama, 2022; Tineo, Roque y Villantoy, 2022).

Por otro lado, el frijol, es una especie muy importante en la alimentación del poblador rural y urbano, debido a su proteína vegetal, fibra, vitaminas del grupo B, hierro, ácido fólico, calcio, potasio, fósforo y zinc; además, como toda leguminosa, tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con bacterias del género Rhizobium. Su cultivo en los últimos años, también, está tomando mayor importancia para la exportación (MINAGRI-INIA, 2009).

Por estas razones, el presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de determinar la influencia de dos fuentes y dos niveles de mulch en el rendimiento de frijol Red Kidney y en la evaporación del agua del suelo en Canaán, Ayacucho, una zona semiárida en la sierra de Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El presente trabajo se desarrolló en ambientes de la Estación Experimental Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicada en el distrito Mariscal Cáceres, provincia Huamanga, departamento Ayacucho, Perú, a 2741 m.s.n.m., situada a 13°09´58" latitud sur y 74°12´20" longitud oeste. Presenta una precipitación media de 550 mm año^{-1} y evapotranspiración potencial de 1345 mm año^{-1} (Rondinel, 2020), resultando un índice de aridez (IA) de 0,4, que lo tipifica como semiárida, según la clasificación de las zonas áridas del mundo (Ministerio del Ambiente, 2011).

Proceso de obtención del mulch

Los materiales orgánicos empleados como mulch se obtuvieron a partir de dos fuentes::

- Residuos de la cosecha de trigo: proviene de los tallos, al separar las espigas de las plantas de trigo, para obtener los granos de trigo.

- Residuos de corte de grass de áreas verdes: proviene del corte de grass de las áreas verdes de las avenidas, plazas, parques, alamedas, en la ciudad de Huamanga.

Los residuos de la cosecha de trigo y del corte de grass, fueron expuestos al ambiente para su secado durante un mes, con remoción semanal, al cabo del cual fueron utilizados en el ensayo.

Establecimiento del cultivo de frijol

La investigación se realizó entre diciembre de 2021 y abril de 2022. Se realizó el delimitado de las parcelas utilizando estacas de madera, distanciados a 3,5 m entre tratamientos y a cada 2,5 m entre bloques, con calles de 1 m entre bloques.

Después de la apertura de surcos se colocaron tres semillas de frijol, por golpe, a una profundidad de 3 veces su tamaño. La distancia entre surcos fue de 0,7 m y entre golpes 0,3 m.

En la incorporación del mulch, el material vegetal se aplicó cubriendo los surcos según el croquis de distribución de tratamientos.

El control de malezas se realizó en dos oportunidades en forma manual para evitar la competencia por los nutrientes del suelo, agua, luz y así conseguir un buen crecimiento y desarrollo de las plantas.

Se realizó la cosecha de las vainas, en cada una de las parcelas y se registró el peso correspondiente. Asimismo, se determinó el número de vainas por planta, la longitud de vainas, y el número de granos/vaina.

Determinación de la evaporación del agua del suelo

Para la determinación de la evaporación del agua del suelo, se utilizaron evaporímetros de balanza compuesto por un recipiente plástico cilíndrico de color blanco, de 19,8 cm de diámetro (abertura de 0.03 m^2) y 17,0 cm de altura, conteniendo aproximadamente 4 kg de suelo, y una balanza gramera digital con capacidad de 5 kg con precisión de 1 g. Inmediatamente, después de registrar su peso, se colocaron sobre el suelo manteniendo el nivel del terreno en su ambiente natural. Se utilizaron 21 macetas (7 tratamientos, 3 repeticiones). A intervalos de 24 horas se registraron los pesos de los evaporímetros, considerando que la disminución del peso corresponde al agua evaporada. La diferencia de peso entre dos registros, dividido entre el área superficial del evaporímetro, corresponde a la lámina de agua evaporada.

Parámetros evaluados

Con los datos de peso de plantas, peso de tallos por planta y peso de vainas por planta en cada tratamiento se evaluaron los rendimientos de grano y de rastrojos; a partir de estos datos se determinaron dos índices (Irrg

CC BY

e Irrr); de la misma forma, con los datos de evaporación diaria del agua se determinó el Índice de reducción de evaporación del agua del suelo (Reas), los que se describen a continuación:

- Índice Incremento relativo del rendimiento de grano (Irrg)

$$\textbf{Irrg}\ (\%) = \frac{\text{Rdto. Granos, con tratamiento (kg/ha)}}{\text{Rdto. Granos, sin tratamiento (kg/ha)}} x100$$

Mide la contribución de un aditivo (mulch) en el incremento del rendimiento de granos de frijol respecto al no uso de dicho aditivo (terreno sin cobertura)

- Índice Incremento relativo del rendimiento de rastrojos (Irrr)

$$\textbf{Irrg}\ (\%) = \frac{\text{Rdto. Residuos del cultivo, con tratamiento (kg/ha)}}{\text{Rdto. Residuos del cultivo, sin tratamiento (kg/ha)}} x100$$

Mide la contribución de un aditivo (mulch) en el incremento del rendimiento de rastrojos (restos del cultivo de frijol, después de cosechar las vainas) respecto al no uso de dicho aditivo (terreno sin cobertura)

- Índice de reducción de la evaporación del agua del suelo (Reas)

$$\textbf{Reas}\ (\%) = \frac{\text{Evap. en testigo} - \text{Evap. en tratamiento}}{\text{Evaporación en testigo}} x100$$

Mide la contribución de un aditivo en la reducción relativa de la pérdida de agua edáfica por evaporación, respecto al no uso de dicho aditivo (Tineo et al., 2022).

Diseño de tratamientos

El experimento corresponde a un arreglo factorial 2F*2N (F, fuentes de Mulch: residuos de trigo y residuos de grass; N, niveles de mulch: 5 y 10 t ha^{-1}) + 1 testigo, que se condujo utilizando el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 5 tratamientos y 3 repeticiones cada uno (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de mulch (residuos de cosecha de trigo y residuos de grass).

Tratamiento	Fuente de mulch	Nivel
T1	Residuos de trigo	5 t ha^{-1}
T2	Residuos de trigo	10 t ha^{-1}
T3	Residuos/grass cortado	5 t ha^{-1}
T4	Residuos/grass cortado	10 t ha^{-1}
T5	Testigo	0

1 t ha^{-1} = 100 g mulch/m^2 (3,5 m * 2,5 m = 8,75 m^2)

Unidades experimentales (U.E.)

Para el caso del rendimiento del cultivo de frijol. El cultivo de frijol se condujo en parcelas de 8,75 m^2 (3,5 m * 2,5 m) con cinco surcos del cultivo distanciados a 0,70 m; El área experimental consistió de 15 parcelas (U.E.), cinco parcelas por bloque, correspondientes a los cinco tratamientos.

Para el caso de la evaporación. Se emplearon los evaporímetros de balanza, en las cuales se depositaron la muestra de suelo sobre una capa de grava de 2 cm; en este caso se ensayaron 3 niveles (2,5, 5,0 y 7,5 t ha^{-1}) en cada fuente de mulch, más un testigo sin mulch.

Análisis estadísticos

Con los resultados de rendimiento de granos de frijol y rendimiento de rastrojos de frijol, se realizaron los análisis de variancia, de acuerdo a la metodología propuesta por Tineo (2012); los contrastes se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Contrastes ortogonales planteados para el análisis de datos.

Contraste	Compara	T1	T2	T3	T4	T5
C1	Sin mulch VS con mulch	1	1	1	1	-4
C2	Mulch r. trigo VS mulch r. grass	1	1	-1	-1	0
C3	Entre mulch, en r. trigo	1	-1	0	0	0
C4	Entre mulch, en r. Grass	0	0	1	-1	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de granos

Los rendimientos de granos son significativamente superiores en los tratamientos con mulch respecto al testigo; los valores oscilan entre 1387 kg ha^{-1} (testigo) y 3102 kg ha^{-1} (con 10 t ha^{-1} mulch de residuos de grass). A medida que crecen los niveles de mulch (5 a 10 t ha^{-1}) ya sea con residuos de trigo o con residuos de grass, los rendimientos también son mayores. El análisis funcional de la variancia (ANAFUNVA) del rendimiento (kg ha^{-1}) de granos de frijol (tabla 3), indica respuesta altamente significativa entre tratamientos; esto explica que el aporte del mulch influyó en el incremento de los rendimientos.

Según la tabla 3, existe diferencia estadística entre tratamientos, correspondiendo los rendimientos más altos al mulch con residuos de grass; respecto al rendimiento en el tratamiento sin mulch (1505.6 kg ha^{-1}). Las pruebas de contrastes indican que el rendimiento promedio en los tratamientos con mulch es superior a la parcela sin mulch (C1); el rendimiento con mulch de residuos de grass es superior al tratamiento con mulch de residuos de trigo (C2). La aplicación de mulch equivalente a 10 t ha^{-1}, en ambas fuentes de mulch (C3 y C4) es superior a la aplicación de mulch en su nivel bajo (5 t ha^{-1})

Tabla 3. ANAFUNVA del rendimiento de granos de frijol (kg ha^{-1}).

Comparación	Promedio	Promedio	Pr > F
C1:	sin mulch	con mulch	
	1505.6	2455.8	<0.0001**
C2:	mulch r.trigo	mulch r.grass	
	2036.7	2874.9	<0.0001**
C3:	r.trigo (5 t ha^{-1})	r.trigo (10 t ha^{-1})	
	1828.8	2244.6	0.0009**
C4:	r.grass (5 t ha^{-1})	r.grass (10 t ha^{-1})	
	2770.2	2979.7	0.0333*

Figura 1. Índices de incremento relativo de los rendimientos de frijol (%)

La relación de los rendimientos en los tratamientos con mulch respecto a los rendimientos en el tratamiento testigo (sin mulch) permiten obtener los índices de incrementos relativos de los rendimientos de granos (Irrg) y de rastrojos (Irrr), que se muestran en la figura 1.

La figura 1 muestra los valores de los índices de incremento del rendimiento de frijol (Índice de incremento relativo del rendimiento de grano Irrg e Índice de incremento relativo del rendimiento de rastrojo Irrr), correspondientes a cada tratamiento. De manera general se observa que los incrementos de los rendimientos de frijol son significativamente superiores en los tratamientos con mulch de residuos de grass, con valores que oscilan de 184% (con 5 t ha^{-1}) a 198% (con 10 t ha^{-1}); igualmente son importantes los incrementos del rendimiento del cultivo debido al mulch de residuos de trigo, cuyos incrementos en el rendimiento de grano van de 122% (con 5 t ha^{-1}) a 149% (con 10 t ha^{-1}). Es de suponer que los aportes de residuos a manera de mulch permiten al cultivo contar con una mayor cantidad de agua disponible por un mayor tiempo que influye en los diferentes procesos biológicos del sistema suelo-agua-planta.

Tabla 4. ANAFUNVA de la evaporación del agua en suelos con mulch y sin mulch.

Comparación	Promedio	Promedio	Pr > F
C1:	sin mulch	con mulch	
	2.165	0.766	<0.0001**
C2:	mulch r. trigo	mulch r. grass	
	0.836	0.697	0.0275*
C3:	Respuesta lineal r. trigo		<0.0001**
C4:	Respuesta cuadrática r. trigo		0.3394 ns
C5:	Respuesta lineal r. grass		<0.0001**
C6:	Respuesta cuadrática r. grass		0.6299 ns

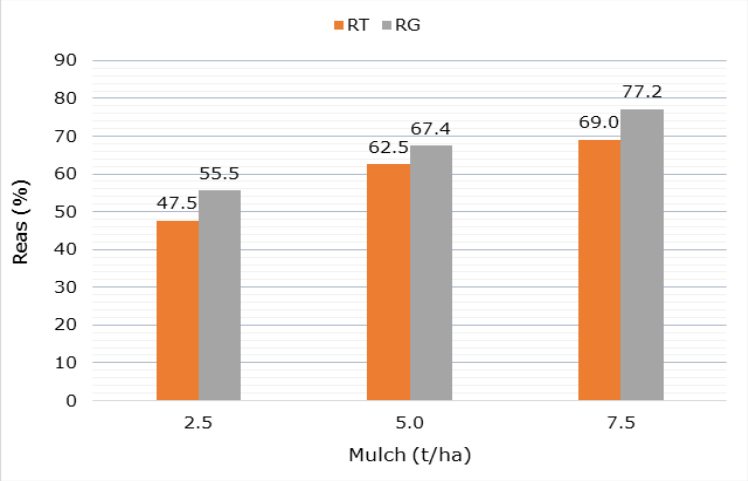

Figura 2. Índices de Reducción de la evaporación del agua del suelo, Reas (%).

Índice de reducción de evaporación del agua del suelo (Reas)

De manera general se encontró que la cantidad de agua edáfica evaporada es significativamente superior en el suelo sin cobertura o sin mulch (testigo), con valores que oscilan de 0.682 a 3.776 mm día^{-1}; a medida que se incrementan los niveles de mulch (2,5 a 7,5 t ha^{-1}) ya sea con residuos de trigo o con residuos de grass, la lámina de agua edáfica evaporada disminuye significativamente.

El análisis funcional de la variancia (ANAFUNVA) de la evaporación promedio (mm/día) del agua edáfica (tabla 4), indica respuesta altamente significativa entre tratamientos; esto explica que el aporte del mulch influyó en la menor evaporación de agua edáfica, variando estas respuestas en cada fuente y nivel de mulch. Esta misma tendencia se mantuvo en las otras tres evaluaciones.

Las comparaciones ortogonales indican que la fuente de mulch influye en la reducción de la evaporación del agua edáfica (C1), siendo mejor la respuesta cuando se utiliza mulch de residuos de grass (C2). El incremento de la Reas por influencia de niveles crecientes de mulch, obedece a una respuesta lineal, ya sea cuando se aplica mulch de residuos de trigo (C3) o residuos de grass (C5).

La figura 2, permite observar la influencia que tuvieron los niveles de mulch en la reducción de la evaporación del agua del suelo. Se observa que la Reas puede llegar hasta 77% cuando se utiliza 7,5 t ha^{-1} de mulch de residuos de grass, y hasta 69% cuando se utiliza 7,5 t ha^{-1} de mulch de residuos de trigo; la utilización de 2,5 t ha^{-1} de mulch de residuos de grass permite reducir la evaporación del agua del suelo en 55.5%. También se observa que los residuos de grass son más eficientes en reducir la evaporación del agua edáfica

Los resultados encontrados en el presente trabajo confirman los que se reportan en otros similares, donde destacan la importancia de la práctica del mulching en la reducción de la evaporación del agua edáfica. Así, Tineo, Fernández, Cabrera y Girón (2019) al comparar la evaporación del agua desde el suelo con y sin mulch, determinaron que la evaporación en el terreno sin cobertura llegó hasta 4,68 mm. $^{-1}$, mientras que en los suelos con mulch al 50% fue de 3,85 mm día^{-1},y de 2,90 mm día^{-1} cuando se utilizó mulch al 100%. En otro ensayo, Tineo, Aronés y Tineo (2019), bajo las mismas condiciones ambientales cuantificaron la evaporación del agua a partir de un suelo con y sin aplicación de mulch y zeolita; los tratamientos fueron: T1 (suelo sin mulch y sin zeolita), T2 (suelo sin mulch y con zeolita al 0,2%), T3 (suelo con mulch y sin zeolita), T4 (suelo con mulch y con zeolita al 0,2%). La mayor evaporación ocurrió en los suelos sin mulch, tratamientos T1 (5,35 mm día^{-1}) y T2 (5,27 mm día^{-1}) mientras que en los suelos con mulch, T3 (2,61 mm día^{-1}) y T4 (2,58 mm día^{-1}), la evaporación fue significativamente menor; por tanto, la Reas por aplicación de mulch es algo más de 50%, valor que se encuentra dentro de los valores límites del presente trabajo.

En relación al efecto en el rendimiento de los cultivos, es necesario destacar el trabajo de Mansoor, Arshad, Shahid y Khaliq (2021) donde el acolchado o mulching resultó beneficioso para conseguir el máximo rendimiento de maíz con riego deficitario y normal; igualmente, los resultados del trabajo de Rui Li et al., (2020) indican que el mantillo de paja desempeñó un papel importante en la conservación del agua y la mejora de la fertilidad, y alrededor de 6 Mg ha^{-1} de mantillo de paja podría ser una tasa de aplicación de referencia adecuada.

Peres, Souza y Lavorenti (2010), en Araras-SP, estudiaron el efecto, de la cobertura de paja de caña de azúcar (1,5 kg m^{-2} o 15.000 kg ha^{-1}) en el contenido de agua de un suelo de textura franco arcillosa; indica que durante el período de estudio se encontró una disminución en el contenido de agua de 0,103% por día en el suelo con paja y 0,223% por día en el suelo sin paja; es decir, algo más del doble de la pérdida de agua; asimismo, en la capa de suelo de 0,20 a 0,40 m, la disminución del agua del suelo fue mucho menor que el de la capa superficial, en el orden de 0,116% por día en el suelo acolchado con pajas

de caña de azúcar y 0,159% por día en el suelo sin paja. Se destaca que en la parte superficial (0 a 0,20 m) la pérdida de agua en el suelo con cobertura representa sólo el 46% de lo perdido en el suelo sin cobertura; es decir, la Reas gracias a la aplicación de mulch de pajas de caña de azúcar es de 54%, valor que se encuentra dentro de los límites encontrados en el presente trabajo.

Referente a la influencia de niveles crecientes de mulch, Hernández del Valle, León Noguera, Cruz la Paz y Indrani Ramnarain (2008), en la investigación "Influencia del mulch en los índices de crecimiento del frijol variedad Bat–304"; destacan que el empleo del mulch es un factor importante en climas donde la evapotranspiración es elevada ya que su uso favorece la disminución de la temperatura del suelo y mantiene una humedad necesaria a la planta reduciendo la pérdida de agua por evaporación. Los restos vegetales utilizados para el mulch se distribuyeron uniformemente sobre la superficie de las parcelas antes de la siembra, equivalente a 4,5; 7,5 y 15 t ha^{-1} y un control (sin mulch). Los tratamientos que recibieron los beneficios del mulch alcanzaron valores de índices de crecimiento significativamente superiores al tratamiento sin mulch, en cada fase fenológica, destacándose la aplicación equivalente a 15 t ha^{-1} como el mejor resultado.

Respecto a la conservación del agua por la práctica del mulching destacan algunos trabajos: Gordillo Mansur, Cos Farías y Romero Blacio (2018), evaluaron la incorporación de cobertura vegetal a partir de la panca de arroz en el desarrollo agronómico del cultivo de calabaza; los tratamientos fueron: suelo sin mulching y con mulching; en todos los casos, la fertilización fue la misma. El mulching al suelo con panca de arroz es una alternativa viable de producción para el cultivo de calabaza*;* ya que, las plantas cultivadas en el suelo con mulching con baja fertilización, presentaron valores altos en las variables agronómicas analizadas, además contribuyen a conservar la fertilidad del suelo y a mejorar las condiciones físicas del mismo, así como control natural de malezas. Stelli, Hoy, Hendrick y Taylor (2018), investigaron el efecto de diferentes tipos de mulch en el contenido de la humedad del suelo; se demostró que el mulch aumenta la salud y la vitalidad de las plantas, como lo indica la conductancia estomática, en un promedio de 44% que las plantas sin mulch. El tipo de mulch recomendado para uso en jardines son las astillas de corteza tanto en verano como en invierno.

Otro trabajo que destaca la importancia del mulch es la desarrollada por Li et al. (2018), quienes evaluaron los efectos de la labranza de cresta y el acolchado sobre la disponibilidad de agua, el rendimiento de grano y la eficiencia del uso del agua (WUE) en trigo de invierno de secano bajo diferentes condiciones de lluvia y N. Realizaron un experimento de tres años en condiciones de campo que incluyó dos estaciones de crecimiento húmedo (2011–2012 y 2013–2014) y una estación de crecimiento seca (2012–2013). Las tasas de aplicación de N fueron 0 y 180 kg ha^{-1}. Los sistemas de labranza incluyeron labranza convencional (CT, como control), acolchado de tallo (SM), mulch de película (FM), labranza de cresta sin mantillo (RT), labranza de cresta con película en crestas (RTf) y labranza de cresta con película en crestas y tallo en surcos (RTfs). La labranza de la cresta y el acolchado tendieron a aumentar el rendimiento de grano, especialmente cuando la lluvia era deficiente, y tendieron a aumentar la WUE, especialmente cuando el suministro de N era deficiente. En general, la labranza de la cresta y el acolchado mejoraron la disponibilidad de agua, el rendimiento de grano y la WUE en el trigo de invierno de secano, especialmente cuando el N y la lluvia fueron deficientes. Esta información igualmente confirma las bondades del mulch en la conservación del agua.

Los objetivos importantes del acolchado (mulch) en la agricultura son la conservación de la humedad, el control de la temperatura, la prevención de la compactación de la superficie, la reducción de la escorrentía y la erosión, la mejora de la estructura del suelo y el control de las malezas (Ranjan, Patle, Prem y Solanke, 2017). Asimismo, Kader et al. (2019) señalan que, para mitigar el estrés hídrico en la agricultura, el mulching tiene un impacto crucial como técnica de ahorro de agua en cultivos de secano; es importante principalmente para preservar la humedad del suelo, y regular la temperatura del suelo, lo que afecta el rendimiento del cultivo. Respecto a su efecto en la temperatura del suelo. De Lima et al. (2020), al estudiar diferentes niveles de mantillo (2, 4 y 8 t ha^{-1}) determinaron que la eficiencia en reducir las fluctuaciones de temperatura es mejor cuanto mayor es el nivel de mantillo o cobertura.

Los resultados encontrados en el presente trabajo corroboran los encontrados en otros lugares y sugieren que el objetivo principal de la práctica del mulching en regiones semiáridas es la conservación de agua y la regulación de las variaciones de temperatura para optimizar el rendimiento del cultivo.

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados, permiten arribar a las siguientes conclusiones:

1. La evaporación del agua en suelos sin mulch es significativamente superior a la evaporación en suelos con mulch; la reducción de la evaporación del agua del suelo (Reas) por aplicación de mulch a base de residuos de grass, es ligeramente superior respecto a los suelos con mulch de residuos de trigo. Los rendimientos de frijol están influenciados por la fuente de mulch, siendo mejor la aplicación de residuos de grass respecto a los residuos de trigo.

2. La Reas está influenciada por el nivel de mulch empleado; la aplicación de 7.5 t ha^{-1} permite alcanzar hasta una Reas de 69% con residuos de trigo y de 77% con residuos de grass. Los rendimientos de frijol también son influenciados por los niveles de mulch, siendo mejor la aplicación de mulch hasta 10 t ha^{-1}, con los que se obtuvieron incrementos de hasta 98% con residuos de grass y de 49% con residuos de trigo.

Siendo el presente un trabajo en condiciones de secano, se recomienda:

Promover el uso de material orgánico derivado de las cosechas en el ámbito rural (residuos de trigo y otros)

CC BY

y de los residuos de grass de áreas verdes en las zonas urbanas, para emplearlos como mulch o coberturas en los cultivos a nivel de una agricultura familiar en la zona periurbana de la ciudad de Ayacucho.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente el apoyo económico de la Universidad de Huamanga; asimismo el apoyo del personal técnico del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, y del Instituto Nacional de Innovación Agraria; merecen un especial reconocimiento los docentes del área de suelos, los estudiantes de las asignaturas de Fertilidad de suelos, Manejo y conservación de suelos, por su apoyo en la conducción del experimento. Asimismo, ha sido importante el acceso al laboratorio de suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cama, H. (2022). *Mulch vegetal e hidrogel en la conservación del agua en el suelo, en Pampa del Arco – Ayacucho*. Trabajo monográfico para obtener Título de Ingeniero Agrónomo; II Ciclo de actualización Profesional. UNSCH.

De Lima, J. L. M. P., Da Silva, J. R. L., Montenegro, A. A. A., Silva Jr., V. P. y Abrantes, J. R. C. B. (2020). The effect of vegetal mulching on soil surface temperature in semiarid Brazil. Bodenkultur. *Journal for Land Management, Food & Environment, 71*(4), 185–195. https://doi.org/10.2478/boku-2020-0016

Gordillo Manssur, F., Cos Farías, V., y Romero Blacio, F. (2018). Residuos del cultivo de arroz como mulching para el cultivo de calabaza (*Cucurbita moschata* l). *Revista Universidad y Sociedad, 10*(1), 105-110.

Hernández del Valle, G., León Noguera, P., Cruz la Paz, O. y Indrani Ramnarain, Y. (2008). Influencia del mulch en los índices de crecimiento del frijol variedad «Bat-304». *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 17*(4).https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=932/93215942009.

Kader, M. A., Singha, A., Begum, M. A., Jewel, A., Khan, F. H. y Khan, N. I. (2019). Acolchado como técnica de ahorro de agua en la agricultura de secano: artículo de revisión. *Bulletim of the National Research Centre, 43*, 147 (2019).

https://doi.org/10.1186/s42269-019-0186-7

Li, N., Zhou, C., Sun, X., Jing, J., Tian, X. y Wang, L. (2018). Effects of ridge tillage and mulching on water availability, grain yield, and water use efficiency in rain-fed winter wheat under different rainfall and nitrogen conditions. *Soil and Tillage Research, 179,* 86–95. https://doi.org/10.1016/j.still.2018.01.003

Mansoor, A., Arshad, M., Shahid, M. A. y Khaliq, A. (2021). Effect of Mulch, Planting Techniques and Increased Mad Level on Yield and Water Productivity of Maize under a Semi-Arid Environment. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 58*(2), 627–636. https://doi.org/10.21162/PAKJAS/21.1502

Ministerio del Ambiente (MINAM) (2011). *La Desertificación en el Perú: Cuarta Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. Fondo editorial del MINAM. Lima

Peres, J. G., Souza, C. F. y Lavorenti, N. A. (2010). Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. *Engenharia Agricola, 30*(5), 875–886. https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000500010

Ranjan, P., Patle, G. T., Prem, M. y Solanke, K. R. (2017). Organic Mulching- A Water Saving Technique to Increase the Production of Fruits and Vegetables. *Current Agriculture Research Journal, 5*(3), 371–380. https://doi.org/10.12944/carj.5.3.17

Rondinel A. y Hans A. (2020). *Estimación satelital, validación y distribución espacial de la evapotranspiración a través del clima en la cuenca Cachi - Ayacucho – 2020*. Tesis Ingeniero Agrícola. UNSCH.

Rui Li, Qinggui Li, Jinjin Zhang, Zhongxian Liu, Lidong Pan, Kai Huang y Linqing Zhang. (2020). Effects of Organic Mulch on Soil Moisture and Nutrients in Karst Area of Southwest China. *Polish Journal of Environmental Studies, 29*(6), 4161–4174. https://doi.org/10.15244/pjoes/119477

Stelli, S., Hoy, L., Hendrick, R. y Taylor, M. (2018). Effects of different mulch types on soil moisture content in potted shrubs. *Water SA, 44*(3), 495-503. https://dx.doi.org/10.4314/wsa.v44i3.17

Tineo, A., Roque, O. y Villantoy, A. (2022). *Fuentes y niveles de mulch para reducir la evaporación del agua del suelo, en Pampa del Arco*. Ayacucho, 2021. Informe final de investigación 2021. UNSCH.

Tineo, A., Fernández, S., Cabrera, C. y Girón, J. (2019). Medición de la evaporación del agua en suelos con cobertura vegetal, utilizando un evaporímetro casero. En libro de resúmenes XXII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, 2do Congreso Uruguayo de Suelos y X Encuentro de la SUCS. 7-11 octubre 2019. Montevideo.

Tineo, A., Fernández, S., Cabrera, C. y Girón, J. (2019). Modelo de evaporímetro de balanza para medir la evaporación del agua en suelos. Ponencia presentada al XVIII Congreso Nacional y IX Internacional De La Ciencia Del Suelo, Pucallpa-Perú.

Tineo, J. Aronés, G. y Tineo, A. (2019). Influencia de la cobertura vegetal (mulch) en la reducción de la evaporación del agua en suelos. Ayacucho. Ponencia presentada al VII Simposio Latinoamericano de Innovaciones Educativas en la Enseñanza de la Ciencia del Suelo, Montevideo-Uruguay.

Tineo, A. (2012). El Análisis Funcional de la Varianza. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, AMI impresores, Ayacucho, Perú.