

EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE MULCH SOBRE EL DESARROLLO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.), ECUADOR

EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF MULCH ON THE AGRONOMIC DEVELOPMENT OF CUCUMBER (*Cucumis sativus* L.), ECUADOR

Diego Yépez-Reyes^{1a,2*}, Paola Galvez-Palomeque^{1b,2}, Jorge Cun-Carrión^{1c}, Eduardo Luna-Romero^{1e,2}

^{1a} Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Campus Santa Inés, km ½ vía Machala-Pasaje (CC 170517), Machala, Ecuador
<https://orcid.org/0009-0006-8263-0509>

^{1b} Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Campus Santa Inés, km ½ vía Machala-Pasaje (CC 170517), Machala, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-4080-2019>

^{1c} Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Campus Santa Inés, km ½ vía Machala-Pasaje (CC 170517), Machala, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-7876-7653>

^{1d} Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Campus Santa Inés, km ½ vía Machala-Pasaje (CC 170517), Machala, Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

² Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT), Universidad Técnica de Machala, Ecuador

* Autor para correspondencia: dyepez3@hotmail.com

RESUMEN

La mayoría de los cultivos son afectados por diversos factores, como la geotemperatura y microclima, los cuales impactan significativamente el desarrollo de las plantas. El uso de coberturas vegetales o mulch tiene un impacto positivo sobre la geotemperatura y microclima, la temperatura en la zona radicular, la vida microbiana y las propiedades físicas del suelo, contribuyendo al incremento en la productividad de los cultivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el desarrollo agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo coberturas vegetales. Se analizaron parámetros de geotemperatura, humedad relativa, temperatura ambiental y propiedades físicas del suelo, así como variables morfológicas y de rendimiento. Se utilizó el diseño cuadrado latino, donde el factor de estudio fue diferentes tipos de mulch orgánico: suelo desnudo (control; T1), banano (T2), paja (T3) y cacao (T4). Los resultados mostraron que los tratamientos con mulch redujeron la temperatura del suelo hasta en 4,69 °C (T3) respecto al control, generando un microclima más estable. T3 y T4 presentaron los mejores valores en diámetro de tallo, biomasa y rendimiento (7,61 t ha⁻¹ y 6,39 t ha⁻¹, respectivamente). En conclusión, las coberturas vegetales evaluadas son una alternativa eficaz para aumentar la productividad y rendimiento del cultivo del pepino.

Palabras clave: Microclima, rendimiento, coberturas vegetales, pepino.

ABSTRACT

Most crops are affected by various factors, such as soil temperature and microclimate, which significantly affect plant development. The use of cover crops or mulch has a positive impact on soil temperature and microclimate, root zone temperature, microbial life and soil physical properties, contributing to increased crop productivity. The objective of this research was to evaluate the agronomic development of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under cover crop management. Soil temperature, relative humidity, environmental temperature and soil physical properties, as well as morphological characteristics and performance variables, were evaluated. A Latin square design was used, where the study factor was different types of organic mulch: bare soil (control; T1), banana (T2), straw (T3), and cocoa (T4). The results showed that the mulch treatments reduced soil temperature by up to 4.69 °C (T3) compared to the control, generating a more stable microclimate. T3 and T4 showed the best values in terms of stem diameter, biomass and yield (7,61 t ha⁻¹ and 6,39 t ha⁻¹, respectively). In conclusion, the cover crops evaluated are an effective tool for enhancing the productivity and yield of cucumber crop.

Keywords: Microclimate, yield, plant covers, cucumber.

INTRODUCCIÓN

Las fluctuaciones de temperatura en las raíces, rápida evaporación y la escasez de lluvias son los factores limitantes en la producción de cultivos en una región (Amare y Desta, 2021). El mulch es una técnica agrícola aplicada en la superficie del suelo, usando materiales como paja, aserrín, capotillo de arroz o plásticos de colores, los cuales desempeñan un papel esencial al alterar el balance de radiación y reducir la pérdida de agua (Kader et al., 2019), contribuyendo a regular la temperatura del suelo y mejorar la eficiencia hídrica, teniendo un impacto positivo en las propiedades físicas del suelo, la vida microbiana, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos (Jucker et al., 2020).

El mulch ha demostrado ser efectivo en la mejora de las propiedades físicas del suelo, promoviendo rendimiento óptimos del cultivo, mientras reduce la incidencia de malezas, insectos y enfermedades virales, aumento de nutrientes (De Lima et al., 2020).

La industrialización y urbanización han elevado la temperatura global, perturbando los sistemas agroecológicos (Iqbal et al., 2020), por lo tanto, amenaza la seguridad alimentaria mundial (Iriany et al., 2021); por consiguiente, se requieren sistemas agrícolas sostenibles que equilibren la productividad y la conservación ambiental (Vincent-Caboud et al., 2019).

A diferencia del mulch plástico, las coberturas vegetales son una opción más sostenible para la producción de hortalizas y pueden aplicarse en cualquier tipo de cultivo (da Silva et al., 2020). En la agricultura sostenible, las coberturas vegetales son esenciales para la conservación del medio ambiente, la supervivencia humana, aumento de ingresos a agricultores, lo que promueve la salud

del suelo y el equilibrio ecológico (Li et al., 2020; Tanveer et al., 2020).

Es esencial monitorear la salud del suelo en relación con el mulch a utilizar (Ngosong et al., 2019); una alternativa que se ha implementado para monitorearla es el uso de distintos tipos de sensores remotos para el análisis de mulch, cuerpos de agua y medio ambiente (Veneros et al., 2020). De Lima et al. (2020) propusieron el monitoreo de la temperatura mediante sensores termopares y una cámara infrarroja; otros autores lo han realizado con termistores Coeficiente de Temperatura Negativo (NTC), simulando un sensor de temperatura (Batallas et al., 2022; Romero et al., 2022; Quezada et al., 2023).

Aunque hay escasa documentación sobre el empleo de mulch en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), diversos estudios respaldan la eficacia de los residuos de coberturas vegetales, mostrando un potencial para mejorar el rendimiento. Las prácticas como los acolchados vivos, generan efectos positivos en cultivos hortícolas, principalmente en zonas de pendiente (Zea et al., 2020). El uso de mulches orgánicos puede resultar eficiente para el incremento de producción y el control de malezas en cultivos hortícolas (Frutos et al., 2016).

Por otra parte, la producción de pepino en Ecuador está en constante aumento, representando importancias económicas, pero su rendimiento está sujeto a la calidad del material vegetal (Chacón-Padilla y Monge-Pérez, 2020). Según la FAO (2022), Ecuador produce 4,689 t ha⁻¹ de pepino, es decir, 0,005% de la producción mundial, y posee un área cosechada de 580 ha.

Ante la poca disponibilidad de investigaciones relacionadas a la aplicación de las coberturas vegetales en el cultivo de pepino, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes

tipos de mulch sobre el desarrollo agronómico del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en Machala, El Oro (Ecuador).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y caracterización del área experimental

El estudio realizó en el 2024 en la Granja experimental Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH). Esta granja está situada en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, a una altitud media de 6 metros sobre el nivel del mar, en las coordenadas geográficas 3°15'52.29" S, 79°57'4.3" W, con un clima tropical megatérmico seco AW (Kottek et al., 2006). La temperatura media anual de la zona de estudio es de 26 °C y la humedad relativa tiende a superar el 75% (Portilla Farfán, 2015). En la zona de estudio, los suelos son predominantemente de formación aluvial y se clasifican como inceptisoles, de acuerdo con la taxonomía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), la cual también se utiliza en Ecuador (Villaseñor et al., 2015).

Se obtuvo información previa del área experimental con los servicios de un laboratorio de estudios analíticos certificado; se llevó a cabo análisis de los atributos físico-químicos del suelo (Tabla 1) según las metodologías propuestas por Carter y Gregorich (2001) y por Reed (1996).

Diseño experimental

El experimento fue un diseño cuadrado latino donde el factor de estudio fue la aplicación de distintas coberturas de residuos vegetales. Se establecieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en el uso de mulch: el tratamiento control (T1), que representa la práctica convencional sin cobertura (Quezada et al., 2023); así como el uso de residuos vegetales de banano (T2), paja (T3) y cacao (T4). Esto resultó un total de 16 UE (unidades experimentales). Cada UE estuvo estructurada por parcelas de 11 m², constituidas por 32 plantas por UE. De estas, se seleccionaron 8 plantas identificadas al azar, ubicadas en la sección central de la parcela para el seguimiento y evaluación de variables, con el fin de minimizar el error estadístico de la influencia de posibles variaciones ambientales asociadas a los bordes de la parcela, tales como diferencias en humedad o temperatura causadas por la proximidad al surco, para el seguimiento y evaluación de variables, totalizando 512 plantas dentro del área experimental (12 m de ancho, 23 m de largo, 276 m²) con densidad poblacional de

18.618 pl ha⁻¹.

Se utilizó la variedad de pepino híbrido Humocaro como material vegetativo. La siembra se realizó por trasplante el 10 de febrero (verano austral) previo a 14 días en bandejas germinadoras; se usó la técnica de patrón de siembra triangular con cuatro hileras, con medidas de 0,6 m entre planta, 0,6 m entre hilera y 1 metro de surco. Cinco DDT (días después del trasplante) se colocó las coberturas de residuos vegetales.

Calibración de termistores

Previo al monitoreo de la temperatura del suelo, se calibraron termistores NTC de 10 kΩ, técnica la que consistió en sumergir cada termistor en agua a temperaturas específicas de 5, 25 y 50 °C, y luego registrar los valores de resistencia con multímetro (Quezada et al., 2023). Con base en los valores obtenidos, se calculó los coeficientes de Steinhart y Hart (1968), por medio de la Eq. (1) que relaciona la temperatura inversa con la resistencia medida en el termistor:

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

Donde: T⁻¹ representa la temperatura (kelvin); A, B y C son constantes de Steinhart-Hart, y R representa el valor de la resistencia medida en el termistor (kΩ). Para realizar estos cálculos, se empleó la Thermistor Calculator V1.1 desarrollada por Stanford Research Systems Inc (Systems, 2012), disponible en <https://www.thinksrs.com/downloads/programs/therm%20calc/ntccalibrator/ntccalculator.html>

Se desarrolló una ecuación específica para cada termistor utilizado y se procedió a validar los datos de cada termistor. Esto se realizó mediante la comparación con las lecturas obtenidas a través de un termohigrómetro de laboratorio y un termómetro de mercurio, proceso que permitió confirmar la precisión y la veracidad de los valores registrados por cada termistor.

Manejo del experimento

El proceso comenzó con la labranza del suelo utilizando un motocultor, seguido de la formación de las UE y la aplicación de fertilización química. La siembra se realizó mediante trasplante y se llevó a cabo el raleo de plantas a los 15 DDT. Posteriormente, se colocó la cobertura de residuos vegetales en las UE con un grosor de 5 cm. Previo a la siembra se instaló un sistema de riego por aspersión, utilizando tubería de PVC de 25 mm de diámetro exterior, con 12 aspersores (3,1 gal min⁻¹, 10 PSI), separados a 5 m de distancia en forma de patrón de siembra triangular y se estableció la misma frecuencia y tiempos de riego

para todos los tratamientos.

El agua utilizada para el riego se caracterizó como agua dura (257 mg L⁻¹ como CaCO₃), con un pH neutro (6,9) y una conductividad eléctrica de 0,91 mS cm⁻¹, indicando bajo riesgo de salinización. En cuanto a los principales nutrientes, se registraron concentraciones de nitratos (1,2 mg L⁻¹), fosfatos (0,81 mg L⁻¹) y potasio (7,1 mg L⁻¹). Además, los valores de cloruro (72,2 mg L⁻¹), bicarbonato (311 mg L⁻¹), sodio (94,5 mg L⁻¹) y calcio (77,4 mg L⁻¹) destacan entre los iones presentes, proporcionando un perfil completo de la calidad del agua para el cultivo.

La nutrición del cultivo se llevó a cabo mediante la aplicación de fertilizantes edáficos, que incluyeron superfosfato triple (46% P₂O₅) a razón de 11 g pl⁻¹ a los 2 DDT, muriato de potasio (60% K₂O) a razón de 10 g pl⁻¹ a los 7 DDT, y sulfato de calcio (31% CaSO₄) a razón de 14 g pl⁻¹ a los 14 DDT. A partir de este punto, se aplicaron bioestimulantes a base de aminoácidos y otro de algas marinas, ambos mediante drench, con

una dosificación de 10 ml L⁻¹. Además, se utilizó hormona enraizadora ácido alfa naftalenacético en drench a razón de 1 g L⁻¹. Para el control de plagas, se empleó, una mezcla de cipermetrina y clorpirifó, con una dosificación de 3 ml 5 L⁻¹. Todos estos tratamientos fueron aplicados semanalmente de manera uniforme en todas las UE como sugiere Quezada et al. (2023).

Propiedades físicas y químicas del suelo

La Tabla 1 cuantifica las características físico-químicas del suelo y en base a ello se realizó el cálculo de fertilización, las variables medidas son similares a los de Villaseñor et al. (2020), con la diferencia de que se añaden en el experimento las propiedades de distribución de bases en el % de saturación y capacidad de intercambio catiónico. Para evaluar las propiedades físicas del suelo (Tabla 2), se realizó una calicata y se tomaron muestras a profundidades de 0, 2,5 y 7,5 cm; se determinó parámetros como la Da (densidad aparente) y Gw (humedad gravimétrica),

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo de la Granja Experimental Santa Inés, de la Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of the Santa Inés Experimental Farm of the Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

	Parámetro	Resultado
Características del Suelo	Materia orgánica, %	5,9
	% de Saturación de Bases	93%
	Distribución de Bases en el % de Saturación	Ca: 68 % - Mg: 17 % - K: 5 % - Na: 3 %
	Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	23,5
	Clase textural	Franco arcillosa
	Conductividad eléctrica, mS cm ⁻¹	1,31
	pH (en H ₂ O)	7,4
	pH (en KCl)	6,6
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N), mg kg ⁻¹	93,8
	Amonio (NH ₄ -N), mg kg ⁻¹	5,3
	(NO ₃ +NH ₄)-N, mg kg ⁻¹	99,1
	Fósforo (P), mg kg ⁻¹	24,7
	Potasio (K), mg kg ⁻¹	225
	Magnesio (Mg), mg kg ⁻¹	201
	Calcio (Ca), mg kg ⁻¹	995
	Azufre (SO ₄ -S), mg kg ⁻¹	45,4
Micronutrientes	Hierro (Fe), mg kg ⁻¹	13,3
	Manganeso (Mn), mg kg ⁻¹	29,5
	Cobre (Cu), mg kg ⁻¹	1,8
	Zinc (Zn), mg kg ⁻¹	3,1
	Boro (B), mg kg ⁻¹	0,29
Peligro de Salinidad	Sodio (Na), mg kg ⁻¹	129
	Cloruro (Cl-), mg kg ⁻¹	263
	Sales totales, mg kg ⁻¹	1089

Tabla 2. Parámetros de las propiedades físicas analizadas a distintas profundidades del área experimental de la Granja Santa Inés.**Table 2. Parameters of the physical properties analyzed at different depths of the experimental area in Santa Inés Experimental Farm.**

Profundidad (cm)	Humedad gravimétrica (%)	Densidad aparente (g cm ⁻³)	Humedad volumétrica (%)	Punto de marchitez permanente (%)
0	29,9	1,395	41,7	17,1
2,5	28,6	1,420	40,6	16,1
7,5	27,7	1,458	40,4	15,5
Promedio	28,7	1,424	40,9	16,3

mediante las ecuaciones establecidas por Lowery et al. (1996). En cuanto al PMP (punto de marchitez permanente) se calculó mediante la Eq. 2 planteada por Silva et al. (1988), donde se usa valores de G_w a capacidad de campo y C_{ss} (calor específico del suelo) (Batallas et al., 2022; Romero et al., 2022; Quezada et al., 2023):

$$PMP = G_w \times 0,74 - 5 \quad \text{Eq. (2)}$$

Temperatura del suelo, ambiente y humedad relativa

Se instaló 48 termistores NTC de 10 kΩ a profundidades de 1, 5 y 10 cm en cada UE por tratamiento. El registro de los NTC se realizó mediante 4 prototipos electrónicos codificados y previamente calibrados (uno para cada cuatro UE), cada prototipo estuvo equipado con un Arduino Mega 2560, un módulo RTC DS3231, un módulo Micro SD, 12 termistores NTC 10 kΩ, 12 resistencias de 10 kΩ, una protoboard, un cargador de 12 V a 1 A, una tarjeta Micro SD de 32 GB y una fuente de alimentación de corriente alterna de 110 V. Además, se almacenó información del cultivo durante de las 24 h en la memoria Micro SD; se empleó el mismo prototipo, pero en lugar de termistores, se empleó dos sensores DHT22 que calcularon el índice de calor (sensación térmica), temperatura del aire y HR (humedad relativa).

Medición de las variables del cultivo

Se registró datos de 8 plantas del centro de la UE para evaluar variables morfológicas, agronómicas y de rendimiento, que incluyó altura de la planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas, peso de raíz fresca (g), longitud de raíz (cm), biomasa en fresco (g), masa seca (g), peso de frutos (g), diámetro de frutos (cm), longitud de frutos (cm) y rendimiento (t ha⁻¹).

Para las variables altura de plantas, longitud de raíz y de frutos se usó un flexómetro; la variable

diámetro del tallo fue medida con un calibrador debajo del nudo de los cotiledones; para diámetro de frutos también se usó un calibrador en el centro del fruto, y para las variables biomasa, peso de raíz y peso de frutos se midieron con una balanza digital. Para el número de hojas se realizó un conteo en las hojas completamente formadas. Se determinó la masa seca, pesando las muestras en estado fresco y colocándolas en una estufa a 105°C durante 48 h para su deshidratación, posteriormente fueron pesadas nuevamente en estado seco y se hizo el cálculo respectivo. Finalmente, se registró el rendimiento obtenido al cosechar los frutos de pepino por planta para cada tratamiento (Kader et al., 2019).

Análisis estadístico

Los datos de las variables dependientes estudiadas fueron sometidos a un análisis exploratorio de datos, a un análisis de normalidad (Shapiro-Wilk), una prueba de homogeneidad de varianzas (LEVENE) y a un análisis de varianza (ANDEVA) de un factor intergrupos, utilizando el software IBM SPSS versión 22.0, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$). Con ello, se determinó la existencia o no, de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos del factor de estudio, en comparación con un tratamiento control presentes en la granja Santa Inés. Para aquellas variables que arrojaron diferencias significativas, se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de $p<0,05$, para realizar comparaciones múltiples. El comportamiento de la temperatura del suelo, temperatura y HR del ambiente se representó con gráficos realizados con el software R Versión 4.2.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas del suelo

De acuerdo a la Tabla 2 los valores promedios

del perfil del suelo como la humedad gravimétrica fue de 28,7%, D_a , 1,42 $g\ cm^{-3}$, V_w , 40,9% y PMP, 16,3 %; Quezada et al. (2023) obtuvieron valores similares, con un C_{ss} de 0,09 $cal\ g^{-1}\ ^\circ C^{-1}$. Resultados de Romero et al. (2022) comparten con los obtenidos en la presente investigación, sin embargo, las profundidades evaluadas que ellos utilizaron fue de 0, 10, 20 y 30 cm; asimismo, Batallas et al. (2022) presentaron valores similares específicamente en el primer horizonte del suelo (0 cm).

Humedad relativa, temperatura del aire y sensación térmica

Las lecturas que generó el prototipo (Fig. 1) fueron estudiadas como variables meteorológicas, donde la humedad relativa presentó diferencia significativa, a las 5 h de la madrugada (95,59 %) y a las 14 h del día (70,14 %) (Tabla 3), lo que se atribuye al aumento de la temperatura del aire, a su vez, debido a la incidencia solar, que incrementa la capacidad higrométrica de la atmósfera. Además, la evapotranspiración contribuye a la redistribución del vapor de

agua en el entorno, con una mayor actividad estomática de los cultivos en las horas de mayor radiación (Zárate-Martínez et al., 2019). Por otro lado, la temperatura del aire ($^\circ C$) a las 13h (34,40 $^\circ C$) se mantiene hasta 2,01 $^\circ C$ menos que la temperatura del suelo desnudo (Tabla 4) a 1 cm de profundidad. El índice de calor (sensación térmica $^\circ C$) resultó mayor a las 13 h (51,42 $^\circ C$) y menor a las 5 h (27,17 $^\circ C$), mismo que se destaca mayoritariamente sobre las demás variables, ya que se relaciona con el estrés, tasa de transpiración y necesidades hídricas. Según el estudio realizado por Yaghi et al. (2013), evidenciaron que el uso de mulch plástico incrementó significativamente la temperatura del suelo en comparación con los tratamientos sin cobertura, asimismo, las temperaturas promedio del aire fueron más bajas que las del suelo. En contraste, en la presente investigación se determinó que el mulch orgánico redujo la temperatura del suelo en comparación con el suelo desnudo. No obstante, en ambos casos, los mulch desempeñan un papel fundamental en la modificación del microclima.

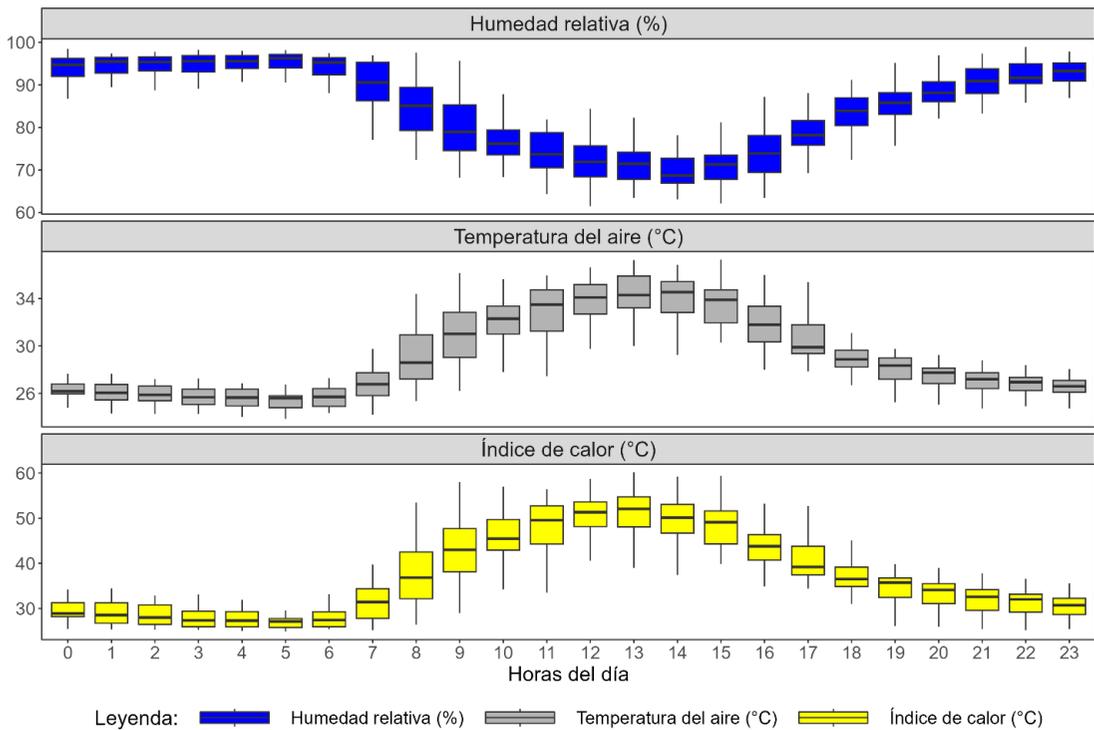


Fig. 1. Comportamiento de la temperatura del aire y la humedad relativa en el área experimental Granja Santa Inés, registradas durante las 24 horas del día por todo el cultivo del pepino con el prototipo de Arduino.

Fig. 1. Behavior of air temperature and relative humidity in the Santa Inés Experimental Farm, recorded 24 hours a day in cucumber crop with the Arduino prototype.

Tabla 3. Valores promedios de humedad relativa, temperatura del aire e índice de calor registrados durante 24 horas en el cultivo de pepino bajo diferentes tratamientos.**Table 3. Average values of relative humidity, air temperature and heat index recorded during 24 hours in cucumber crop under different mulch treatments.**

Hora	Variables climáticas		
	HR (%)	TA (°C)	IC (°C)
0	94,44 klm	26,27 cd	29,40 de
1	94,44 klm	26,08 bc	28,96 cd
2	94,65 lm	25,94 bc	28,56 bcd
3	94,97 lm	25,69 ab	27,83 abc
4	95,19 lm	25,65 ab	27,44 ab
5	95,59 m	25,46 a	27,17 a
6	94,13 klm	25,84 abc	28,28 abcd
7	89,83 hi	27,07 f	31,76 g
8	84,35 fg	29,03 i	37,33 j
9	79,61 e	31,01 j	42,94 l
10	77,43 d	31,86 k	45,36 m
11	74,55 c	33,06 l	48,48 n
12	72,16 ab	33,92 mn	50,45 op
13	70,94 a	34,40 o	51,42 p
14	70,14 a	34,16 no	49,92 o
15	70,81 a	33,63 m	48,29 n
16	73,83 bc	32,14 k	44,27 n
17	77,52 d	30,68 j	40,78 k
18	82,71 f	29,08 i	37,02 j
19	85,91 g	28,12 h	34,73 i
20	88,56 h	27,55 g	33,25 h
21	90,91 ij	27,02 f	31,83 g
22	92,17 jk	26,75 ef	31,06 fg
23	92,98 jkl	26,51 de	30,29 ef

HR (Humedad relativa), TA (Temperatura del aire), IC (Índice de calor). Las letras minúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Análisis exploratorio y estadístico de la temperatura de suelo

El análisis de la variación térmica en función de la profundidad del suelo reveló un patrón de transmisión de calor diferenciado, con un desfase temporal en la acumulación y disipación de temperatura a medida que aumentó la profundidad. A 1 cm, las diferencias significativas entre tratamientos fueron evidentes; por ejemplo, entre las 9:00 y 18:00 h (Tabla 4), el T1 alcanzó 36,41°C a las 13:00 h, superando con 4,69°C a T2 (31,72°C), con 4,30°C a T3 (32,11°C) y con 4,43°C a T4 (31,98°C). Este comportamiento concuerda con estudios previos que destacan el efecto del mulch en la reducción del calentamiento diurno y en la disminución del estrés térmico en la zona radicular (Amare and Desta, 2021). A partir de las 18:00 h (Tabla 4), la temperatura superficial del

suelo disminuyó drásticamente, especialmente en el suelo desnudo, donde la pérdida de calor por radiación fue más rápida en comparación con los tratamientos con mulch, que actuaron como amortiguadores térmicos, lo que coincide con los hallazgos de Quezada et al. (2023).

A 5 cm de profundidad, las diferencias significativas entre tratamientos se manifestaron desde las 11:00 hasta las 19:00 horas (Tabla 4), con un retraso de aproximadamente 2 horas en comparación con la capa superficial. A las 16:00 h, el suelo desnudo (T1: 33,94°C) presentó temperaturas significativamente superiores a los tratamientos con mulch, con una diferencia de hasta 3,21°C respecto a T2. Este desfase térmico indica que la transferencia de calor en el perfil edáfico es más gradual y sostenida, debido a la conductividad térmica del suelo y la capacidad

Tabla 4. Variación de la temperatura del suelo a diferentes profundidades (1, 5 y 10 cm) según los valores promedios registrados durante 24 horas en el cultivo de pepino bajo diferentes tratamientos de mulch.
Table 4. Variation in soil temperature at different depths (1, 5 and 10 cm) according to the average values recorded during 24 hours in cucumber crop under different mulch treatments.

Hora	1 CM				5 CM				10 CM			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
0	28,48 a	28,73 a	29,40 a	28,89 a	28,98 a	29,28 ab	29,98 b	28,72 a	30,90 b	29,61 a	29,86 a	29,69 a
1	28,42 a	28,53 a	29,05 a	28,54 a	28,77 a	29,12 ab	29,71 b	28,57 a	30,70 b	29,54 a	29,82 a	29,56 a
2	28,09 a	28,29 a	28,74 a	28,26 a	28,51 a	28,99 ab	29,61 b	28,45 a	30,41 b	29,47 a	29,71 a	29,53 a
3	27,96 a	28,09 a	28,47 a	28,04 a	28,27 a	28,76 ab	29,32 b	28,26 a	30,22 b	29,33 a	29,56 a	29,31 a
4	27,90 a	27,99 a	28,37 a	27,72 a	28,12 a	28,64 ab	29,18 b	28,16 a	30,03 a	29,22 a	29,52 a	29,20 a
5	27,86 a	27,93 a	28,23 a	27,66 a	28,07 a	28,55 ab	29,06 b	28,06 a	29,81 b	29,18 ab	29,46 ab	29,10 a
6	27,83 a	27,92 a	28,09 a	27,58 a	28,08 a	28,48 ab	28,96 b	28,05 a	29,84 b	29,15 a	29,34 ab	29,01 a
7	28,33 a	28,02 a	28,34 a	27,65 a	27,94 a	28,47 ab	29,00 b	28,03 a	29,53 a	28,99 a	29,42 a	28,96 a
8	29,97 c	28,58 ab	29,23 bc	27,83 a	28,27 a	28,74 ab	29,14 b	28,10 a	29,62 b	29,18 ab	29,68 b	28,80 a
9	31,60 c	29,37 ab	30,12 b	28,67 a	29,15 ab	29,22 ab	29,53 b	28,54 a	29,62 b	29,30 ab	29,73 b	28,86 a
10	33,20 c	29,70 ab	30,52 b	29,06 a	29,53 ab	29,37 ab	29,72 b	29,04 a	29,74 b	29,29 ab	29,57 b	29,08 a
11	34,81 c	30,45 ab	31,56 b	30,04 a	30,96 b	29,91 a	30,32 ab	29,72 a	30,08 b	29,57 ab	29,83 ab	29,40 a
12	36,02 b	31,27 a	31,94 a	31,19 a	32,26 b	30,61 a	30,83 a	30,61 a	30,47 b	29,65 a	29,91 a	28,84 a
13	36,41 b	31,72 a	32,11 a	31,98 a	33,42 b	31,18 a	31,43 a	31,61 a	31,16 b	30,11 a	30,14 a	30,42 a
14	36,10 b	31,39 a	32,25 a	32,01 a	33,63 b	31,33 a	31,81 a	32,14 a	31,63 b	30,28 a	30,45 a	31,11 b
15	35,49 b	30,94 a	31,55 a	31,64 a	33,75 c	31,01 a	31,47 ab	32,19 b	31,90 b	30,42 a	30,54 a	31,52 b
16	35,16 b	30,48 a	31,45 a	31,01 a	33,94 c	30,73 a	31,26 ab	31,88 b	32,12 b	30,56 a	30,77 a	31,75 b
17	33,19 b	30,20 a	30,88 a	30,42 a	33,09 b	30,56 a	31,11 a	31,34 a	32,25 c	30,50 a	30,87 a	31,60 b
18	31,61 b	29,94 a	30,47 a	29,78 a	32,31 b	30,41 a	30,80 a	30,96 a	32,20 c	30,50 a	30,57 a	31,49 b
19	30,38 b	29,43 a	29,87 ab	29,29 a	31,50 b	29,90 a	30,47 a	30,42 a	31,95 c	30,13 a	30,34 a	31,27 b
20	29,82 a	29,29 a	20,60 a	29,27 a	30,59 b	29,67 a	30,10 ab	30,10 ab	31,55 c	30,05 a	30,14 a	30,92 b
21	29,41 a	29,26 a	29,64 a	29,15 a	30,12 a	29,57 a	29,97 a	29,64 a	31,46 c	29,92 a	29,98 a	30,58 b
22	29,98 a	29,28 a	29,89 a	29,39 a	29,83 a	29,58 a	30,04 a	29,28 a	31,18 b	29,82 a	29,95 a	30,38 a
23	28,90 a	29,05 a	29,61 a	29,36 a	29,38 ab	29,39 a	29,85 b	29,07 a	31,05 b	29,76 a	29,87 a	30,20 a

T1 (desnudo o control), T2 (banano), T3 (paja) y T4 (cacao). Las letras minúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan.

del mulch para retardar la disipación térmica. Investigaciones previas han demostrado que los mulches reducen la variabilidad térmica en capas intermedias del suelo, favoreciendo la retención de humedad y la estabilidad térmica en el sistema radicular (Iriany et al., 2021).

En la capa de 10 cm, las diferencias significativas fueron más atenuadas, aunque aún se observaron entre las 12:00 y 21:00 h (Tabla 4),

con un retraso térmico de 3 horas en comparación con la superficie. En este nivel, T1 presentó temperaturas más elevadas a lo largo del día, con diferencias de hasta 1,75°C a las 17:00 h en comparación con los tratamientos con mulch. Esto sugiere que el almacenamiento térmico del suelo es mayor en profundidad, con una disipación más lenta del calor acumulado, lo que ha sido previamente documentado en estudios sobre la

influencia del mulch en la regulación térmica del perfil del suelo (Batallas et al., 2022).

Estos resultados resaltan la importancia del uso de mulch como una estrategia efectiva para mitigar los impactos del estrés térmico en cultivos, al modificar el microclima edáfico y reducir las fluctuaciones extremas de temperatura.

Altura de la planta

No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en la altura de las plantas entre los tratamientos evaluados a los 63 DDT, con todos los tratamientos compartiendo la misma categoría estadística (Tabla 5). Aunque los valores numéricos variaron, con T3 (199,7 cm) y T4 (174,8 cm) registrando los mayores promedios, estas diferencias no fueron significativas. Este resultado contrasta con los estudios de Batallas et al. (2022) y Romero et al. (2022), quienes reportaron que los mulches vegetales muertos y las coberturas plásticas, respectivamente, mejoraron significativamente la altura de plantas en pimiento al modificar la geotemperatura y la retención hídrica. Esta discrepancia podría atribuirse a diferencias en las condiciones edafoclimáticas, época del año, fisiología vegetal específica del pepino frente al pimiento, o en la capacidad de los mulches utilizados para influir en la temperatura y humedad del suelo en este estudio.

Diámetro de tallo

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en el diámetro de tallo en momentos específicos (Tabla 5). A los 49 DDT, T3

(11 mm) y T4 (10 mm) fueron estadísticamente superiores a T1 y T2 (ambos con 9 mm). A los 56 DDT, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, mientras que, a los 63 DDT, T3 (11 mm) fue significativamente superior a T1 y T2, pero similar a T4. Estos resultados coinciden con Batallas et al. (2022), quienes reportaron que mulches plásticos incrementaron significativamente el diámetro del tallo en pimiento al mejorar las condiciones térmicas y reducir la pérdida de humedad, asimismo, Taday-Valdez et al. (2024) informaron efectos positivos con mulches plásticos en diámetro de maíz. Además, Romero et al. (2022) e Iriany et al. (2021) observaron que mulches orgánicos, mejoraron el diámetro del tallo en pimiento y espinaca, respectivamente.

Número de hojas

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 5) se pudo evidenciar diferencias significativas ($p < 0,05$) en las mediciones realizadas en las últimas etapas fenológicas del cultivo. El T3 (34) y T4 (32) son los que más cantidad de hojas registraron a comparación del T2 (29) y T1 (28) que presentan menor media, respectivamente. Por un lado, Amare y Desta (2021) en su revisión bibliográfica de mulches plásticos de colores: impacto en las propiedades del suelo y la productividad de los cultivos, mencionan que el mulch destacó en el número de hojas en cebolla. Por otro lado, Romero et al. (2022) no obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos de mulch orgánico para esta variable.

Tabla 5. Lecturas de las variables morfológicas medidas días después del trasplante.
Table 5. Readings of the morphological variables measured days after transplanting.

Variable	Tto	DDT		
		49	56	63
Altura de la planta (cm)	T1	113,2 a	134,8 a	164,2 a
	T2	109,0 a	123,4 a	141,9 a
	T3	134,7 ab	176,1 b	199,7 ab
	T4	129,5 a	161,3 b	174,8 a
Diámetro de tallo (mm)	T1	8 a	9 a	9 a
	T2	8 a	8 a	9 a
	T3	10 b	10 ab	11 b
	T4	10 b	9 ab	10 ab
Número de hojas	T1	20 a	27 a	28 a
	T2	20 a	25 a	29 a
	T3	25 b	29 ab	34 b
	T4	23 b	29 b	32 b

Tto (Tratamiento), T1 (desnudo o control), T2 (banano), T3 (paja) y T4 (cacao), DDT (días después del trasplante). Las letras minúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan.

Peso de raíz

Esta variable se estudió a 63 DDT (Tabla 6) en la que se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$), en el T3 (15,92 g), respecto a los tratamientos T1 y T2. Las medias más bajas e iguales estadísticamente fueron las registradas en T1 (11,95 g) y T2 (11,8 g). La diferencia significativa coincide con la investigación de Iriany et al. (2021), quienes reportaron un incremento en el peso fresco de raíces en espinaca bajo mulch biodegradable con respecto al suelo desnudo; por otro lado, Quezada et al. (2023) también presentaron diferencias significativas con el uso de mulch plástico que incrementó significativamente el peso fresco de raíz en soya con respecto al testigo, atribuyéndolo a la conservación de humedad y regulación térmica. En contraste, Frutos et al. (2016) trabajando con volumen de raíces en brócoli, encontraron que los mulches orgánicos mejoraron el desarrollo del sistema radicular, aunque no evaluaron directamente el peso de raíz.

Longitud de raíz

Se evaluó en la última semana del cultivo (Tabla 6) y no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) al comparar entre tratamientos, debido a que el microclima del suelo se mantuvo consistente.

Estos resultados coinciden con los reportados por Ramos et al. (2011) y Ashrafuzzaman et al. (2011), ya que tampoco obtuvieron diferencias significativas en la longitud de raíz, usando abonos orgánicos e inorgánicos, respectivamente en el cultivo de chile. Contrariamente, Wien et al. (1993) sí obtuvieron diferencias significativas en longitud de raíz usando mulch inorgánico en el cultivo de tomate; a su vez, Opara-Nadi y Lal (1987) también obtuvieron diferencias significativas en la longitud de raíz de yuca, pero usando mulch orgánico.

Biomasa

En esta variable, que se evaluó a 63 DDT (Tabla 6), se evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo los mejores tratamientos T3 (224,57 g) y T4 (210,34 g), en comparación al T1 (148,99 g) que obtuvo la media más baja, donde el mulch se caracteriza por la fijación biológica del nitrógeno en raíces e incrementa nuevos brotes. Resultados similares obtuvieron Quezada et al. (2023), donde los tratamientos con mulch plástico superaron al testigo (suelo desnudo). Por otra parte, Mohamed et al. (2018) coincidieron con los resultados planteados, pero con mulch orgánico. Ambos autores coinciden con los del presente estudio en cuanto a la influencia positiva del mulch en la

Tabla 6. Lecturas de las variables agronómicas medidas días después del trasplante.
Table 6. Readings of the agronomic variables measured days after transplanting.

Variable	Tto	DDT
		63
Peso de raíz (g)	T1	11,95 a
	T2	11,80 a
	T3	15,92 b
	T4	13,20 ab
Longitud de raíz (cm)	T1	32,53 a
	T2	33,26 a
	T3	37,58 a
	T4	37,00 a
Biomasa (g)	T1	148,99 a
	T2	162,15 ab
	T3	224,57 c
	T4	197,20 bc
Masa seca (g)	T1	17,59 a
	T2	17,65 a
	T3	25,87 b
	T4	24,35 b

Tto (Tratamiento), T1 (desnudo o control), T2 (banano), T3 (paja) y T4 (cacao), DDT (días después del trasplante). Las letras minúsculas dentro de la columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan.

biomasa vegetal en comparación del testigo (suelo desnudo) (con diferencias significativas), lo que sugiere que el mulch puede generar beneficios similares en diferentes especies hortícolas.

Masa seca

En la Tabla 6 se presentan los resultados obtenidos para esta variable, la cual presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos T3 (25,87 g) y T4 (24,35 g) con mayor masa seca, respecto a T2 (17,65 g) y T1 (17,59 g). Estos resultados coinciden con Mohamed et al. (2018), con respecto al testigo (suelo desnudo), al igual que la investigación de Quezada et al. (2023) donde obtuvieron resultados similares en esta variable destacando la efectividad del mulch en la mejora de la biomasa.

Peso de frutos

El peso de frutos presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) durante las tres cosechas (Tabla 7); a los 63 DDT el T3 (408,6 g) destaca entre las medias de las lecturas del T1 (272,3 g) y T2 (272,3 g), respectivamente. Por su parte, Frutos et al. (2016) coinciden en que los tratamientos con mulch orgánico dan valores superiores que el testigo (suelo desnudo), debido a que la interacción entre el cultivo y el mulch permite un desarrollo óptimo y saludable, y esto, a su vez,

disminuye el estrés y, por ende, conduce a un aumento de producción. Sin embargo, el mulch inorgánico también ha demostrado diferencias significativas según Quezada et al. (2023), el uso de plástico de color verde superó el rendimiento del tratamiento con suelo desnudo.

Longitud de frutos

En estas evaluaciones se reflejaron diferencias significativas ($p < 0,05$) durante las tres cosechas (Tabla 7), siendo el mejor tratamiento el T3 (21,7 cm) (a los 63 DDT), con respecto a los otros tratamientos, debido a que el mulch desempeña impacto directo, beneficiando propiedades del suelo, vida microbiana y aumento del rendimiento. Estos resultados coinciden con Tiwari et al. (1998), quienes obtuvieron diferencias significativas en la longitud de frutos en mulch orgánico e inorgánico en el cultivo de okra, al igual que Farias-Larios y Orozco-Santos (1997) en mulch inorgánicos en el cultivo de sandía; sin embargo, Ashrafuzzaman et al. (2011) no obtuvieron diferencias significativas en la longitud de frutos en mulch inorgánico en Chile.

Diámetro de frutos

En la primera cosecha (49 DDT) se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados (Tabla 7), T3 (5,6 cm) fue

Tabla 7. Lecturas de las variables de producción y rendimiento medidas días después del trasplante.
Table 7. Readings of the production and performance variables measured days after transplanting.

Variable	Tto	DDT		
		49	56	63
Peso de frutos (g)	1	403,4 a	264,2 a	272,3 a
	2	384,6 a	289,2 a	256,9 a
	3	480,4 b	428,0 b	408,6 b
	4	445,8 ab	315,5 a	343,2 ab
Longitud de frutos (cm)	1	20,0 a	18,7 a	17,4 a
	2	20,8 a	20,2 a	18,0 a
	3	22,5 ab	23,4 b	21,7 b
	4	22,2 ab	19,9 a	19,1 a
Diámetro de frutos (cm)	1	5,1 a	4,8 a	4,9 ab
	2	5,2 ab	5,1 ab	4,6 a
	3	5,6 b	5,4 b	5,4 b
	4	5,3 ab	4,9 a	5,1 b
Rendimiento (t ha ⁻¹)	1	7,51 a	4,92 a	5,07 a
	2	7,16 a	5,87 a	4,78 a
	3	8,95 b	7,97 b	7,61 b
	4	8,3 ab	5,39 a	6,39 ab

Tto (Tratamiento), T1 (desnudo o control), T2 (banano), T3 (paja) y T4 (cacao), DDT (días después del trasplante). Las letras minúsculas dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan.

significativamente superior a T1 (5,1 cm). En la segunda (56 DDT) y tercera cosecha (63 DDT), también se identificaron diferencias significativas ($p < 0,05$), T3 (5,4 cm) fue significativamente superior a T1 (4,9 cm) y T2 (4,6 cm), mientras que T4 (5,1 cm) fue similar a T3 y T1. Este comportamiento podría estar relacionado con la capacidad de los mulches para reducir fluctuaciones de temperatura y humedad, mitigando el estrés abiótico. En contraste, Zea et al. (2020) encontraron que el uso de mulch vivo no generó diferencias significativas en esta variable, probablemente, debido a su limitada capacidad para modificar el microclima de manera efectiva.

Rendimiento

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla 7), existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) durante las tres cosechas realizadas en el cultivo. Se encontró que las medias más altas correspondieron a los T3 (7,61 t ha⁻¹) y T4 (6,39 t ha⁻¹) (iguales estadísticamente) y el T3 fue significativamente diferente a los tratamientos

T1 (5,07 t ha⁻¹) y T2 (4,78 t ha⁻¹). Esta variable fue influenciada favorablemente por el mulch T3 y T4 con resultados mejores frente al suelo desnudo, aumentando el rendimiento hasta en 2,54 t ha⁻¹ (Tabla 7). Según Quezada et al. (2023) en las primeras capas del suelo (0 y 10 cm) el microclima provocado por el mulch favorece las variables morfológicas y agronómicas que en consecuencia puede aumentar el rendimiento hasta en 2 ton ha⁻¹. De la misma forma, Iriany et al. (2021) también reportaron resultados similares en cuanto al efecto positivo del mulch inorgánico en comparación con el suelo desnudo, lo cual es consistente con los hallazgos obtenidos en este estudio. Por otra parte, Frutos et al. (2016) reportan diferencias significativas en la variable de rendimiento, no exactamente en tres mediciones de cosecha en diferentes tiempos, pero sí lo detallan en que esta variable es importante porque el uso de mulch orgánico, crea un microclima favorable que mejora el desarrollo del cultivo y, por lo tanto, el rendimiento, lo que es consistente con los resultados obtenidos en este estudio (Fig. 2).

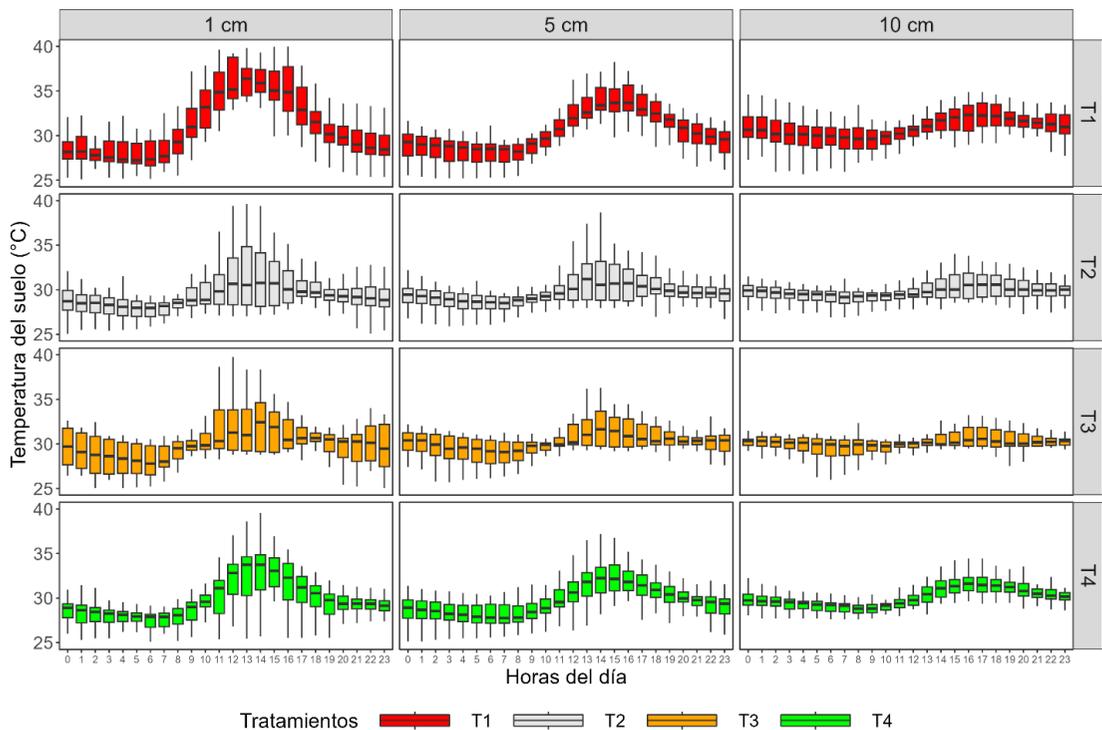


Fig. 2. Comportamiento de la temperatura del suelo para los tratamientos T1 (desnudo; control), T2 (banano), T3 (paja) y T4 (cacao) en las profundidades de 0, 5 y 10 cm, registradas durante las 24 horas del día por todo el cultivo del pepino con el prototipo de Arduino.

Fig. 2. Behavior of soil temperature for treatments T1 (bare soil; control), T2 (banana), T3 (straw) and T4 (cocoa) at depths of 0, 5 and 10 cm, recorded during 24 hours a day in cucumber crop with the Arduino prototype.

Los resultados obtenidos (Tabla 7) mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los rendimientos a lo largo de las tres cosechas realizadas (49, 56 y 63 DDT). Los tratamientos T3 ($7,61 \text{ t ha}^{-1}$) y T4 ($6,39 \text{ t ha}^{-1}$) fueron los que alcanzaron los rendimientos más altos, siendo estadísticamente iguales entre sí, y ambos fueron significativamente superiores a los tratamientos T1 ($5,07 \text{ t ha}^{-1}$) y T2 ($4,78 \text{ t ha}^{-1}$). A pesar de las variaciones en los rendimientos entre los diferentes momentos de cosecha, los tratamientos con mulch (T3 y T4) mantuvieron consistentemente los mejores rendimientos en todas las cosechas, mostrando un incremento de hasta $2,54 \text{ t ha}^{-1}$ en comparación con el tratamiento de suelo desnudo. Estos resultados coinciden con los encontrados por Quezada et al. (2023), quienes reportaron un aumento en el rendimiento de hasta 2 t ha^{-1} , debido al microclima generado por el mulch, lo que favorece las variables morfológicas y agronómicas. De igual manera, Iriany et al. (2021) y Frutos et al. (2016) coincidieron en que el mulch, tanto orgánico como inorgánico, crea un microclima favorable que favorece el desarrollo y mejora el rendimiento de los cultivos.

CONCLUSIONES

El uso de mulch orgánico, especialmente papa (T3) y residuo de cacao (T4), mejoró significativamente el desarrollo agronómico del pepino (*Cucumis sativus* L.) al estabilizar la temperatura del suelo y reducir las fluctuaciones térmicas. A 1 cm de profundidad, el suelo desnudo (T1) alcanzó hasta $36,41^\circ\text{C}$ a las 13 h, mientras que los tratamientos con mulch redujeron la temperatura en hasta $4,69^\circ\text{C}$ (T4), evidenciando su efecto aislante. A 5 y 10 cm, la disipación térmica fue más gradual en los suelos con mulch, favoreciendo un microclima estable para el crecimiento radicular. Esta regulación térmica se reflejó en un mejor desempeño agronómico, con incrementos en diámetro de tallo, número de hojas, biomasa y rendimiento, alcanzando hasta $7,61 \text{ t ha}^{-1}$ en T3 y $6,39 \text{ t ha}^{-1}$ en T4, en comparación con las $5,07 \text{ t ha}^{-1}$ del suelo desnudo. Estos hallazgos destacan el mulch como una estrategia agroecológica efectiva para mitigar el estrés térmico y mejorar la productividad en sistemas hortícolas tropicales.

Se recomienda seguir evaluando su interacción con diferentes condiciones agroclimáticas y prácticas de manejo para maximizar su impacto en la producción agrícola.

AGRADECIMIENTOS

Al Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT) de la Universidad Técnica de Machala, (Ecuador), por colaborar con equipos a nuestros docentes de la carrera de Agronomía, en particular al Ing. Ángel Luna, por su respaldo en el estudio.

Colaboración de autores

Participación activa en la revisión bibliográfica: Paola Alicia Galvez Palomeque.

Participación activa en la elaboración de la metodología: Diego Fabián Yépez Reyes.

Participación activa en la discusión de los resultados: Jorge Vicente Cun Carrión.

Revisión y aprobación de la versión final del artículo: Angel Eduardo Luna Romero.

LITERATURA CITADA

- Amare, G., y B. Desta. 2021. Coloured plastic mulches: Impact on soil properties and crop productivity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 8(1):9. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00201-8>
- Ashrafuzzaman, M., M. Abdul Halim, M. R. Ismail, S. M. Shahidullah and M. A. Hossain. 2011. Effect of plastic mulch on growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 54(4):321–330. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.812.243>
- Batallas, P. A., E. E. Jaramillo Aguilar y A. E. Luna-Romero. 2022. Evaluación morfológica del pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo coberturas plásticas de diferentes colores, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas* 10(3):143-152.
- Carter, M., and E. Gregorich. 2001. *Methods of soil analysis*. Soil Science Society of America Inc. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*, p. 1390. <https://doi.org/10.1201/9781420005271.ch65>
- Chacón-Padilla, K., y J. E. Monge-Pérez. 2020. Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. *Revista Tecnología en Marcha* 33:17–35. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018>
- da Silva, G. H. 2020. Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. *Scientia Horticulturae* 267:6–7. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109315>
- De Lima, J. L. M. P., J. R. L. Da Silva, A. A. A. Montenegro, V. P. Silva and J. R. C. B. Abrantes. 2020. The effect of vegetal mulching on soil surface temperature in semiarid Brazil. *Bodenkultur* 71(4):185–195. <https://doi.org/10.2478/boku-2020-0016>

- FAO. 2022. Cultivos y productos de ganadería. FAOSTAT. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Farias-Larios, J., and M. Orozco-Santos. 1997. Effect of polyethylene mulch colour on aphid populations, soil temperature, fruit quality, and yield of watermelon under tropical conditions. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 25(4):369–374. <https://doi.org/10.1080/01140671.1997.9514028>
- Frutos, V., M. Pérez y D. Risco. 2016. Efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) en Ecuador. *Idesia* 34(6):65. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000038>
- Iqbal, R., M. A. S. Raza, M. Valipour, M. F. Saleem, M. S. Zaheer, S. Ahmad, M. Toleikiene, I. Haider, M. U. Aslam and M. A. Nazar. 2020. Potential agricultural and environmental benefits of mulches—a review. *Bulletin of the National Research Centre* 44(1):12–13. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3>
- Iriany, A., F. Hasanah, D. Roeswitawati and M. F. Bela. 2021. Biodegradable mulch as microclimate modification effort for improving the growth of horensó; *Spinacia oleracea* L. *Global Journal of Environmental Science and Management* 7(2):185–193. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.02.03>
- Jucker, T., T. D. Jackson, F. Zellweger, T. Swinfield, N. Gregory, J. Williamson, E. M. Slade, J. W. Phillips, P. R. L. Bittencourt, B. Blonder, M. J. W. Boyle, M. D. F. Ellwood, D. Hemprich-Bennett, O. T. Lewis, R. Matula, R. A. Senior, A. Shenkin, M. Svátek and D. A. Coomes. 2020. A research agenda for microclimate ecology in human-modified tropical forests. *Frontiers in Forests and Global Change* 2:1–11. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00092>
- Kader, M. A., A. Singha, M. A. Begum, A. Jewel and F. H. Khan. 2019. Mulching as water-saving technique in dryland agriculture: review article. *Bulletin of the National Research Centre* 43(1):1–5. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0186-7>
- Kottek, M., J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf and F. Rubel. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15(3):259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Li, R., Q. Li and L. Pan. 2020. Review of organic mulching effects on soil and water loss. *Archives of Agronomy and Soil Science* 67(1):1. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1718111>
- Lowery, B., W. J. Hickey and R. Lai. 1997. Soil water parameters and soil quality. *Methods for Assessing Soil Quality* 49:143–155. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c8>
- Mohamed, E., S. AboEl-Kasem, M. Mahmoud and A. ElKasas. 2018. Hybrids variation and wheat straw mulch effects on vegetative growth and fruit yield of sweet pepper under El-Arish area conditions. *Sinai Journal of Applied Sciences* 7(3):187–196. <https://doi.org/10.21608/sinjas.2018.79035>
- Ngosong, C., J. N. Okolle and A. S. Tening. 2019. Mulching: A sustainable option to improve soil health. *Soil Fertility Management for Sustainable Development* :231–249. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5904-0_11
- Opara-Nadi, O. A., and R. Lal. 1987. Effects of no-till and disc plowing with and without residue mulch on tropical root crops in southeastern Nigeria. *International Institute of Tropical Agriculture* 9:231–240. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(87\)90072-9](https://doi.org/10.1016/0167-1987(87)90072-9)
- Portilla Farfán, F. 2015. Agroclimatología del Ecuador. Disponible en https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17047/1/Agroclimatologia_del_Ecuador.pdf
- Quezada, L., E. E. Jaramillo Aguilar, A. E. Luna Romero, W. A. Vega Mora and S. Barrezueta Unda. 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):32–38. <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.004>
- Ramos, F., J. Aguilar, M. López, Y. Ochoa y O. Vázquez. 2011. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo. *Investigación y Ciencia* 51:3–9. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3640687.pdf>
- Reed, D. W. 1996. *Water, media y nutrition*. Ball Publishing, p. 311. <https://www.iberlibro.com/primer-a-edicion/Growers-Guide-Water-Media-Nutrition-Greenhouse/5783302549/bd>
- Romero, W., E. Jaramillo y A. Luna. 2022. Evaluación morfológica del pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo diferentes coberturas vegetales muertas, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas* 10(3):134–142. Disponible en <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/571/544/>

- Silva, A., J. Poncede León, F. García y A. Durán. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. *Boletín de Investigación* 10:1–17. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/31373/1/boletin_de_investigacion_1988_10.pdf
- Steinhart, J. S., and S. R. Hart. 1968. Calibration curves for thermistors. *Deep-Sea Research and Oceanographic Abstracts* 15(4):497–503. [https://doi.org/10.1016/0011-7471\(68\)90057-0](https://doi.org/10.1016/0011-7471(68)90057-0)
- Systems, S. R. 2012. Thermistor calculator. Disponible en <https://www.thinksrs.com/downloads/programs/therm%25%0A20calc/ntccalibrator/ntccalculator.html>
- Systems, S.R. (2012). Thermistor Calculator. Disponible en <https://www.thinksrs.com/downloads/programs/therm%20calc/ntccalibrator/ntccalculator.html>
- Taday-Valdez, G., K. Cajamarca-Crespo, P. Gálvez-Palomeque y Á. Luna-Romero. 2024. Evaluación del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de mulch plástico, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas* 7(1):172–180. <https://doi.org/10.62452/3xmmfy38>
- Tanveer, S., X. Lu, S.-U.-S. Shah, I. Hussain and M. Sohail. 2020. Soil carbon sequestration through agronomic management practices. *CO2 Sequestration*. *IntechOpen* 10. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87107>
- Tiwari, K. N., P. K. Mal, R. M. Singh and A. Chattopadhyay. 1998. Response of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.) to drip irrigation under mulch and non-mulch conditions. *Agricultural Water Management* 38(2):91–102. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(98\)00063-8](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(98)00063-8)
- Veneros, J., L. García, E. Morales, V. Gómez, M. Torres and F. López-Morales. 2020. Application of remote sensors for the analysis of vegetation cover and water bodies. *Idesia (Arica)* 38(4):99–107. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000400099>
- Villaseñor, D., J. Chabla y E. Luna. 2015. Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *CUMBRES, Revista Científica* 1(2):28–34.
- Villaseñor, D., Y. Noblecilla-Romero, E. Luna-Romero, R. Molero-Naveda, S. Barrezuela-Unda, W. Huarquilla-Henriquez, C. González-Porras and J. Garzón-Montealegre. 2020. Optimal economic response of potassic fertilization on productive variables of banana (*Musa* spp.). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences* 36(2):161–170. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-14RODV80014>
- Vincent-Caboud, L., M. Casagrande, C. David, M. R. Ryan, E. M. Silva y J. Peigne. 2019. Using mulch from cover crops to facilitate organic no-till soybean and maize production. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 39(5):44. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0590-2>
- Wien, H. C., P. L. Minotti and V. P. Grubinger. 1993. Polyethylene mulch stimulates early root growth and nutrient uptake of transplanted tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118(2):207–211. <https://doi.org/10.21273/jashs.118.2.207>
- Yaghi, T., A. Arslan and F. Naoum. 2013. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management* 128:149–157. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.002>
- Zárate-Martínez, W., M. A. Arellano-García, F. Ramírez-Godina, K. Moreno-León, y D. C. González-Sandoval (2021). Evaluación de diferentes niveles de radiación sobre la densidad estomática de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(3), 1–9. <https://doi.org/10.19136/era.a8n3.3009>
- Zea, P., L. Pierre, G. Lucero, W. Larriva and E. J. Chica. 2020. Desarrollo y rendimiento de calabacín y lechuga cultivados sobre acolchados vivos en Cuenca, Ecuador. *Siembra* 7(1):2–5. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1811>