

**EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DEL PIMIENTO (*CAPSICUM ANNUN L.*)  
BAJO COBERTURAS PLÁSTICAS DE DIFERENTES COLORES, ECUADOR**MORPHOLOGICAL EVALUATION OF BELL PEPPER (*CAPSICUM ANNUN L.*) UNDER PLASTIC COVERS OF DIFFERENT COLORS, ECUADOR

Pedro Andrés Batallas Sánchez<sup>1,2</sup>  
E-mail: [pbatallas3@utmachala.edu.ec](mailto:pbatallas3@utmachala.edu.ec)  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2196-9414>

Edwin Edison Jaramillo Aguilar<sup>1</sup>  
E-mail: [ejaramillo@utmachala.edu.ec](mailto:ejaramillo@utmachala.edu.ec)  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

Ángel Eduardo Luna-Romero<sup>1</sup>  
E-mail: [aeluna@utmachala.edu.ec](mailto:aeluna@utmachala.edu.ec)  
ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala (UTMACH), El Oro, Ecuador.

<sup>2</sup> Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT), UTMACH. Ecuador.

## Cita sugerida (APA, séptima edición)

Batallas Sánchez, P. A., Jaramillo Aguilar, E. E., Luna-Romero, A. E. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (*capsicum annun l.*) bajo coberturas plásticas de diferentes colores, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 143-152. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

## RESUMEN

Debido a los retos que presenta la seguridad alimentaria, principalmente por los cambios en los patrones climáticos y degradación de los suelos, la agricultura ha adoptado nuevas técnicas como el uso de coberturas plásticas, que mejoran las propiedades físicas del suelo. Por eso en este estudio se evaluó morfológicamente el efecto que tienen las cubiertas plásticas de diferentes colores frente al suelo desnudo en el cultivo de pimiento. Se analizaron los parámetros de geotemperatura y flujo neto de calor en el suelo. Se realizaron cinco tratamientos: tratamiento control (T0, suelo sin cobertura), cubierta plástica de diferentes colores: negro (T1), rojo (T2), azul (T3) y verde (T4). Se utilizó diseño completamente al azar con tres repeticiones. El mulch plástico es capaz de modificar el microclima, e influye en la variabilidad de la geotemperatura en los primeros horizontes. Además, presentaron mayor energía acumulada con respecto al suelo desnudo. Las variables morfológicas del cultivo fueron influenciadas favorablemente por los tratamientos del mulch plástico, destacando el T3 y T2 en la altura de planta, en diámetro del tallo el T2 presenta mejores resultados, El número de hojas estuvieron influenciados por el T2 y T4.

## Palabras clave:

Mulch, geotemperatura, microclima, flujo neto de calor.

## ABSTRACT

Due to the challenges presented by food security, mainly due to changes in weather patterns and soil degradation, agriculture has adopted new techniques such as the use of plastic covers, which improve the physical properties of the soil. That is why in this study the effect of plastic covers of different colors against bare soil on pepper cultivation was morphologically evaluated. The parameters of geotemperature and net heat flux in the soil were analyzed. Five treatments were performed: control treatment (T0, floor without cover), plastic cover of different colors: black (T1), red (T2), blue (T3) and green (T4). Completely random design with three repetitions was used. The plastic mulch is able to modify the microclimate, and influences the variability of the geotemperature in the first horizons. In addition, they presented greater accumulated energy with respect to the bare ground. The morphological variables of the crop were favorably influenced by the treatments of the plastic mulch, highlighting the T3 and T2 in the height of the plant, in diameter of the stem the T2 presents better results. The number of leaves were influenced by the T2 and T4.

## Keywords:

Mulch, geotemperature, microclimate, net heat flow.

## INTRODUCCIÓN

El sector agrícola es altamente dependiente de las condiciones ambientales, en especial de la temperatura y la precipitación, siendo considerado como el más vulnerable a los cambios en los patrones climáticos (Chalise et al., 2017). Por tanto, la agricultura necesita adaptarse a estos nuevos escenarios climáticos, enfocándose en la sostenibilidad de la seguridad alimentaria para la creciente población mundial (Iglesias & Garrote, 2015).

Se puede considerar al suelo como uno de los pilares más importantes en la seguridad alimentaria global, ya que constituye la base para la producción de alimentos. De este recurso también dependen los grandes y pequeños agricultores, debido a que representa su medio de subsistencia. En el ámbito ambiental, el suelo es un recurso natural que ayuda en la regulación de las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. Sin embargo, aproximadamente el 33% de los suelos globales están moderadamente o altamente degradados (FAO, 2017).

La modificación microclimática garantiza un cultivo sustentable y una alta producción (Thakur & Kumar, 2021). Por tal motivo, se han establecido técnicas de modificación como el uso de coberturas plásticas (Kader et al., 2017). Esta técnica ha sido adoptada principalmente por su precio accesible y rápida instalación. Además, ayuda en el control de malezas y facilita la modificación de variables microclimáticas como la temperatura del suelo, humedad y la tasa de transpiración de las plantas (Qadeer et al., 2021).

Estas coberturas plásticas también reducen la lixiviación de nutrientes y mejoran la absorción de los mismos, ayudan en el control de plagas, aumentan la eficiencia de los agroquímicos y dan lugar a una cosecha más limpia (Torres et al., 2016). Además, aumentan el uso eficiente del agua debido a que reducen de manera significativa la pérdida por evaporación del agua superficial del suelo (Zhu et al., 2021).

En Ecuador, la producción de pimiento ha demostrado un crecimiento constante, sin embargo, en el año 2018 tanto la producción como el área cosechada sufrieron una caída y a partir de ahí se han mantenido constantes. Para el año 2020 la producción de pimiento fue de 8.075 toneladas en un área cosechada de 2.204 hectáreas, de acuerdo a estos datos, se puede inferir que el rendimiento de pimiento en el país es de 3,66 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2020).

En este estudio se evaluó morfológicamente el efecto que tienen las cubiertas plásticas de diferentes colores (negro, rojo, verde y azul) frente al suelo desnudo (control) en el cultivo de pimiento (*Capsicum Annun L.*), Ecuador. Además, se analizó los parámetros de geotemperatura y flujo neto de calor en el suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental del Campus Santa Inés, de la Universidad Técnica de Machala, localizada en la parroquia El Cambio, provincia

de El Oro, Ecuador, a 6 msnm. El clima de la zona se caracteriza por poseer una temperatura promedio anual que oscila entre 24 y 26 °C, con una precipitación total anual hasta los 1250 mm (GAD Machala, 2015).

### Diseño experimental

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Se realizaron cinco tratamientos: tratamiento control (T0, Práctica convencional sin cobertura), cubierta plástica de diferentes colores: negro (T1), rojo (T2), azul (T3) y verde (T4). Cada unidad experimental (UE) tuvo una superficie (5 m<sup>2</sup>) con dimensiones de 5 m (longitud) x 1 m (ancho). Cada UE contó con 16 plantas, para un total de 240 plantas en toda la parcela de estudio.

### Manejo del experimento

**Preparación del terreno:** se roturó el suelo mediante la utilización de un motocultor. Luego se formaron las camas de siembra a 1 m de ancho y 0,8 m de calle, y se efectuó la aplicación de hongos benéficos del género *Trichoderma* sp. Después se colocaron las cubiertas plásticas de polietileno en las camas y se realizaron perforaciones para ubicar las plantas y los emisores del riego.

**Trasplante:** las plántulas se llevaron a campo con seis hojas verdaderas y una altura promedio de 10 cm, a tres bolillos con 60 cm de separación entre plantas. Al momento de colocar las plantas se sumergieron las raíces por unos segundos en una solución a base de un bioestimulante (algas marinas) y un fungicida (Mancozeb y Oxiclورو de cobre).

**Fertilización:** se aplicó 3 kg de Sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 12 días después de trasplante (ddt) y 1 kg de Nitrato de calcio Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> a los 34 ddt. También se realizó la aplicación de un bioestimulante a base de algas marinas a 15 ddt.

**Riego:** se utilizó el sistema de riego por goteo, con línea regante superficial de 20 mm de diámetro. En cada línea se colocaron goteros ajustables a 45 cm de separación con descarga de 0 a 40 L h<sup>-1</sup> y se estableció la misma frecuencia de riego para todos los tratamientos.

**Control de plagas y enfermedades:** el control de malezas se lo efectuó de manera manual cada semana en los surcos. Respecto al control de insectos, se aplicaron dos insecticidas con ingrediente activo Imidacloprid y Methomyl una semana después del trasplante para el control de hormiga, coleópteros, mosca blanca y pulgones. También se realizaron dos aplicaciones preventivas de un fungicida con ingrediente activo Oxiclورو de cobre y Mancozeb, la primera aplicación fue a 15 ddt y la segunda, luego de haberse realizado una poda de hojas bajas para evitar una posible infección por hongos.

**Calibración de termistores:** se registró los valores de resistencia, observados en un multímetro, de cada termistor sumergido en agua a la temperatura de 5, 25 y 50 °C, luego con estos valores obtenidos se calcularon los coeficientes de Steinhart-Hart en la Thermistor Calculator V1.1

desarrollada por Stanford Research Systems Inc (SRS, 2012).

#### Medición de variables físicas del suelo y morfológicas en el cultivo

**Determinación de propiedades físicas de suelo:** se realizó una calicata de donde se extrajeron muestras a 0, 10, 20 y 30 cm de profundidad. Los parámetros físicos como densidad aparente ( $D_a$ ) y humedad gravimétrica ( $G_w$ ) se determinaron de acuerdo al método y ecuaciones propuestas por Lowery et al. (1996). Por otro lado, el punto de marchitez permanente (PMP) se determinó de acuerdo a la ecuación propuesta por Silva et al. (1988) donde utiliza el valor de  $G_w$  a capacidad de campo (ecuación 1). El calor específico de suelo seco ( $C_{ss}$ ) en las diferentes profundidades de estudio se determinó de acuerdo al método de Unsuihuay (2002).

$$PMP = G_w \times 0.74 - 5 \quad (1)$$

**Temperatura de suelo:** Fue medida a los 0, 10 y 30 cm de profundidad mediante el uso de termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC, por sus siglas en inglés) de 10 000  $\Omega$ . Estos termistores fueron colocados en cinco camaras al azar, abarcando los cinco tratamientos de estudio. Con el uso de un multímetro se obtuvieron los valores de resistencia durante 12 días de 7:00 a 19:00. Por último, mediante la aplicación de la ecuación propuesta por Steinhart & Hart (1968) se convirtieron los valores de resistencia en temperatura (ecuación 2).

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

Donde: T es la temperatura (Kelvin), R el valor de resistencia ( $\Omega$ ), y A, B y C son los coeficientes calculados.

**Flujo neto de calor en el suelo:** fue calculado a los 0, 10 y 30 cm de profundidad mediante la ecuación establecida por Puig (1950) basado en la ley de Fourier (ecuación 3).

$$Q = -K (\Delta T / \Delta X) \quad (3)$$

Donde: Q es el flujo neto de calor, K es la conductividad térmica del material y  $\Delta T / \Delta X$  es el gradiente de temperatura.

**Altura de planta:** se midieron las plantas desde la base del tallo hasta la yema terminal apical. Se realizaron tres lecturas con la ayuda de una cinta métrica cada 15 días en las 5 plantas seleccionadas por cada tratamiento.

**Diámetro de tallo:** se midió el diámetro del tallo a 1 cm desde la superficie del suelo. Se realizaron tres lecturas con la ayuda de un calibrador cada 15 días en las 5 plantas seleccionadas por cada tratamiento.

**Número de hojas:** se realizó un conteo de las hojas completamente formadas en tres fechas, cada 15 días en las 5 plantas seleccionadas por cada tratamiento.

**Índice de área foliar:** se extrajeron 3 hojas de las diferentes plantas evaluadas por cada tratamiento, luego se colocaron estas hojas sobre un papel milimetrado y se tomaron fotos con un dispositivo móvil para el cálculo

del área foliar en el software Image J. Luego se utilizó la ecuación 4 propuesta por Reis et al. (2013) para calcular el índice de área foliar (IAF).

$$IAF = (AF \times NP) / AT \quad (4)$$

Donde: AF es el área foliar media de tres plantas, NP es el número de plantas por  $m^2$  y AT es el área total considerada como  $1 m^2$ .

#### Métodos estadísticos

Se efectuó la prueba paramétrica Análisis de varianza (ANOVA) de un factor intergrupos, con la finalidad de determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos del factor de estudio y de ser ese el caso, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan a  $p < 0,05$  para conocer que tratamientos presentaron diferencias significativas. Finalmente, se utilizaron gráficos de barras para representar los resultados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Propiedades físicas de suelo

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de las diferentes propiedades físicas de suelo en las profundidades evaluadas, mismas que sirvieron como variables para los posteriores cálculos de flujo neto de calor.

**Tabla 1.** Propiedades físicas de suelo en las profundidades de 0, 10, 20 y 30 cm

Nivel (cm)	$D_a$ ( $g\ cm^{-3}$ )	$G_w$ (%)	$C_{ss}$ (cal $g\ ^\circ C^{-1}$ )	PMP (%)
0	1,37	30,02	0,04	17,21
10	1,35	32,38	0,11	18,96
20	1,37	31,79	0,17	18,52
30	1,35	31,72	0,15	18,47

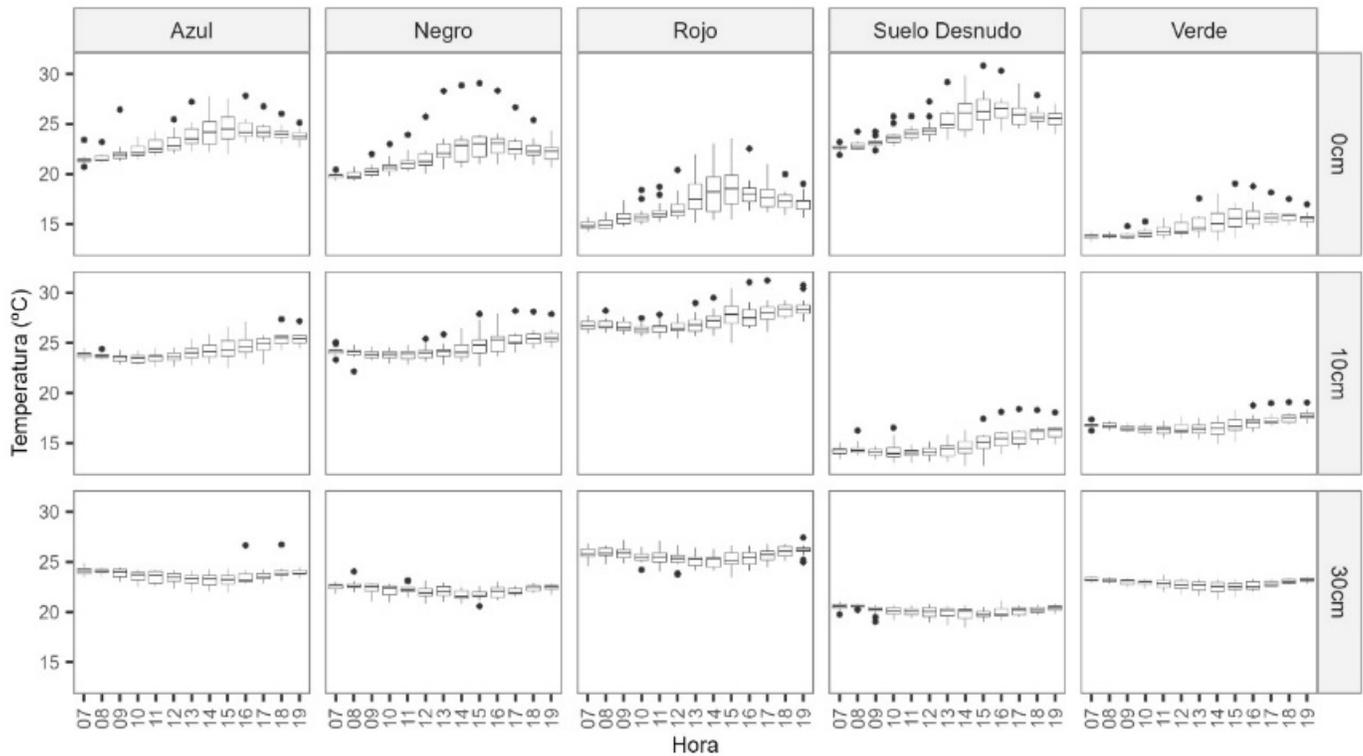
Donde  $D_a$  es densidad aparente,  $G_w$  es humedad gravimétrica,  $C_{ss}$  es calor específico de suelo seco y PMP es punto de marchitez permanente

### Temperatura de suelo

De acuerdo a los valores de geotemperatura registrados se pudo evidenciar distintos comportamientos de los tratamientos de estudio en las diferentes profundidades evaluadas. Es así que, a los 0 cm los tratamientos con cobertura de color azul (T3), negro (T1) y tratamiento control (T0) mantuvieron una tendencia similar con valores de temperatura mayores a  $25\ ^\circ C$ , mientras que, los tratamientos con cobertura roja (T2) y verde (T4) presentaron valores menores a  $20\ ^\circ C$ . Por otro lado, a los 10 cm los tratamientos con mayor temperatura fueron el T3, T1 y T2, siendo los tratamientos T0 y T4 los que menor temperatura registraron, por debajo de los  $20\ ^\circ C$ . Por último, a los 30 cm, el comportamiento de los tratamientos T3, T1 y T4 fue similar con valores de temperatura entre  $20$  y  $25\ ^\circ C$  (Figura 1). La literatura menciona que los plásticos aumentan la temperatura con respecto a los suelos desnudos, donde Mendonça et al., (2021) destaca

el plástico de color negro tiende a absorber y transmitir más radiación de onda corta, lo que provoca un aumento de la temperatura del perfil del suelo. Sin embargo, en el

ensayo el plástico de color verde y rojo se contraponen a lo reportado en la literatura.



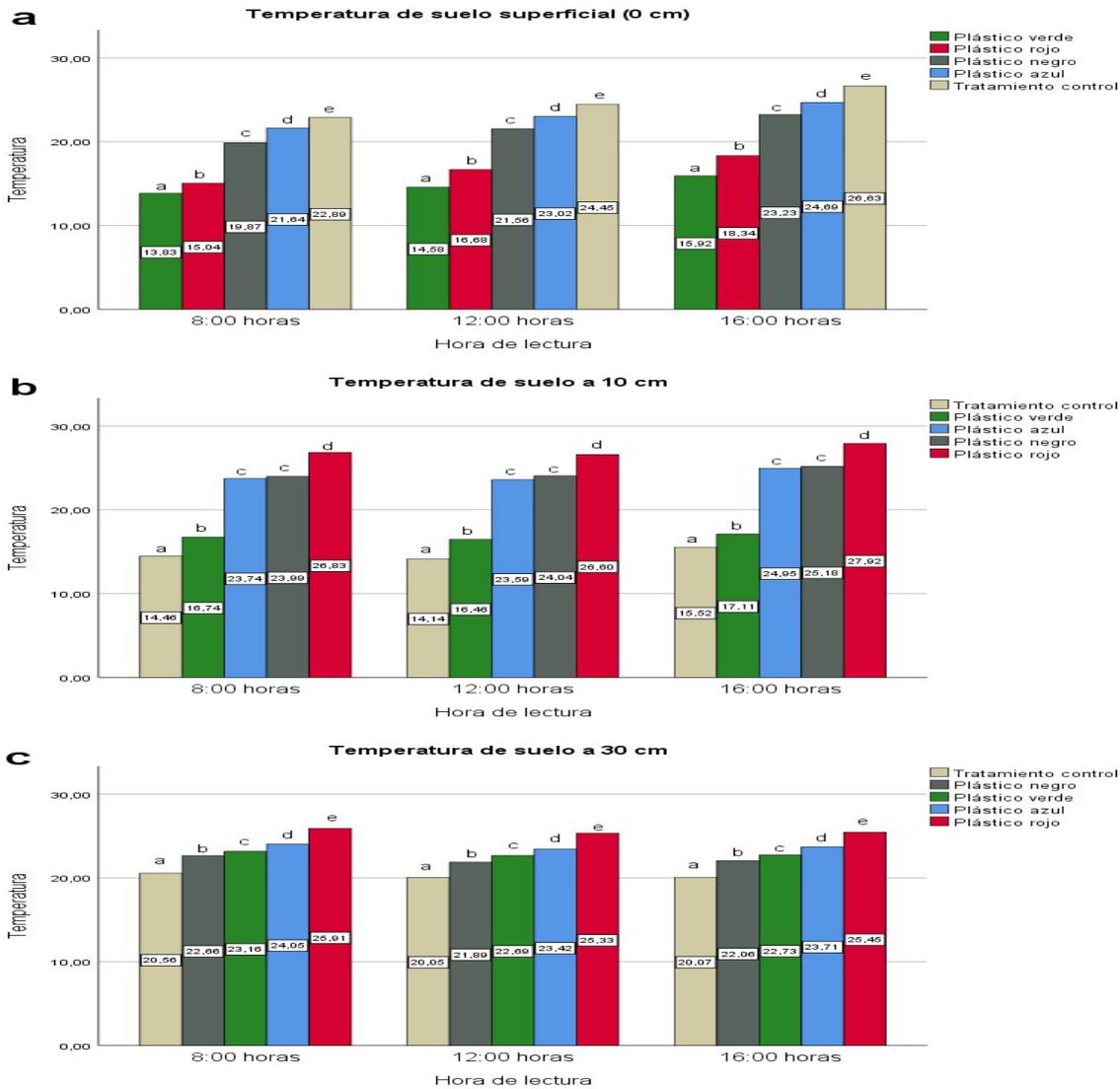
**Figura 1.** Comportamiento de la temperatura de suelo en los cinco tratamientos de estudio en las profundidades de 0, 10 y 30 cm

Ashrafuzzaman et al., (2011) asegura que en horas de la mañana los valores de temperatura de suelo son bajos, incrementándose de manera paulatina hasta alcanzar su punto máximo a las 15:00 horas, decreciendo en las horas posteriores. Este comportamiento también se evidenció en el ensayo realizado, tanto en los tratamientos con coberturas plásticas de colores, como en el grupo control.

La temperatura de suelo presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las 3 profundidades de lectura. El T2 fue el que registró valores con mayor temperatura en las profundidades de 10 y 30 cm con respecto a los demás tratamientos. Además, el T0 es el que registró valores con menores temperatura a los 10 y 30 cm. Por otro lado, T0 es el que registró valores de mayor de temperatura a 0 cm de suelo con una media de 22,89; 24,45 y 26,63 °C a las 8:00, 12:00 y 16:00, respectivamente. Seguido del T3 con 21,64; 23,02 y 24,69 °C a las 8:00, 12:00 y 16:00, respectivamente. Mientras tanto, el T4 fue el tratamiento que menor temperatura registró 13,83; 14,68 y 15,92 °C, en el mismo horario que los otros tratamientos mencionados (Figura 2a).

Respecto a la temperatura de suelo a 10 cm de profundidad, el tratamiento que registró mayor temperatura en los 3 horarios (8:00, 12:00 y 16:00) fue el T2 con 26,83; 26,60 y 27,92 °C. Seguido del tratamiento con plástico negro (T1), cuya temperatura media fue de 23,99; 24,04 y 26,17 °C, y finalmente, el T0 fue el que menor temperatura registró con 14,46; 14,14 y 15,52 °C (Figura 2b).

En la profundidad de 30 cm para los mismos 3 horarios, el T2 registro mayor temperatura con los siguientes valores: 25,91; 25,33 y 25,45 °C. Seguido del T3, cuya temperatura media fue de 24,05; 23,42 y 23,71 °C. El T0 fue el que menor temperatura registró con 20,56; 20,05 y 20,07 °C, los datos de temperatura se cuantifican de acuerdo a las 8:00; 12:00 y 16:00 (Figura 2c). Los resultados obtenidos en las profundidades de 10 y 30 cm guardaron relación con lo investigado por Mendonça et al. (2021), quien determinó que el mulch plástico aumenta la temperatura con respecto al control, de color negro y verde incrementaron de manera significativa la temperatura del suelo, respecto al suelo desnudo.

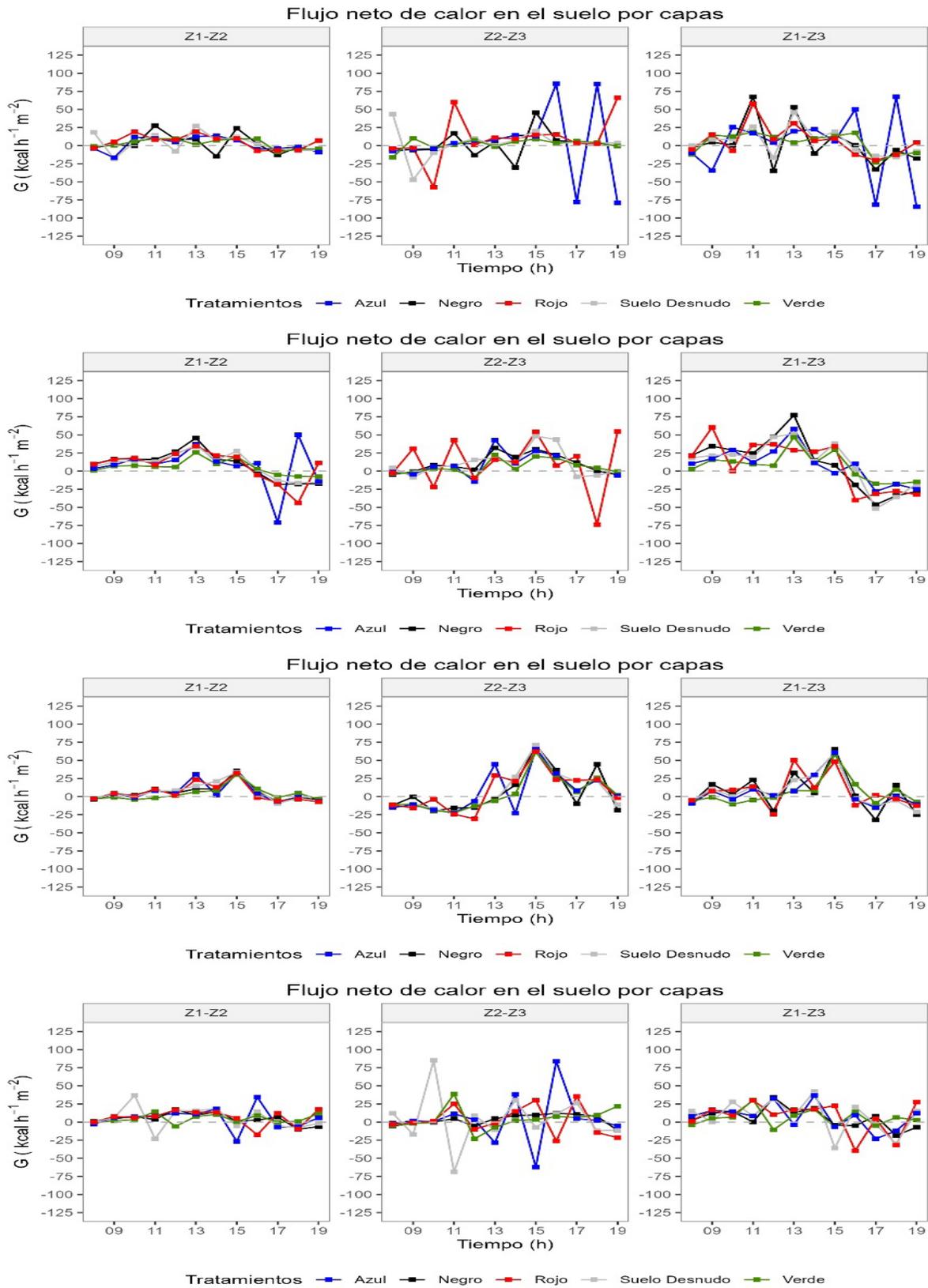


**Figura 2.** Promedio de la geotemperatura registrada en tres horas a las distintas profundidades de suelo: a 0 cm, b 10 cm y c 30 cm

### Flujo neto de calor

Según los resultados obtenidos referentes a flujo de calor en el suelo, todos los tratamientos de estudio en el primer horizonte de suelo (0 cm), excepto el T0 y T3, mantuvieron una ganancia de calor moderada llegando hasta las 50 kcal h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>. Los tratamientos antes exceptuados registraron picos de ganancia de calor inusual, el primero en horas de la mañana, mientras que el segundo en la tarde. Por otro lado, en el segundo horizonte de suelo la ganancia de calor fue más notoria superando las 75 kcal h<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> en la mayoría de días, siendo el T0 y T2 los que mayor ganancia de calor registraron en la mañana y el T3

en horas de la tarde. Respecto al tercer horizonte, el T1 registró picos de ganancia de calor superior al resto de tratamientos tanto en la mañana como en la tarde, a su vez, el T3 también presentó picos de ganancia de calor, pero solo en la tarde. De manera general, en la mayoría de los días los tratamientos con cubiertas plásticas empezaron su ganancia de calor entre las 9:00 y 10:00, mientras que el tratamiento control ya se encontraba ganando calor desde la primera lectura a las 7:00. Por otra parte, la pérdida de calor en los tratamientos empezó a ocurrir a las 17:00 (Figura 3).



**Figura 3.** Flujo de calor en el suelo en las tres profundidades analizadas

## Altura de planta

Los resultados referentes a altura de planta a 10 ddt (29/07/2022) mostraron que el T3 obtuvo el valor promedio más alto con 13,97 cm, siendo estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) entre los demás tratamientos incluido T0, mismo que presentó el valor promedio más bajo con 12,49 cm. A los 25 ddt (12/08/2022) también mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el T3 que obtuvo el valor promedio más alto con 18,30 cm que los demás tratamientos, donde se encontró al T0 con el promedio más bajo con 16,41 cm. En las primeras dos lecturas se

pudo evidenciar que la altura de planta fue mayor en los tratamientos con coberturas plásticas con respecto al tratamiento control sin cobertura, lo que coincidió con los resultados obtenidos por Adekaldu et al., (2021). En los resultados obtenidos a 40 ddt (26/08/2022) el T0 y el T2 mostraron semejanzas estadísticas entre ellos con los valores promedios más altos, 47,27 y 47,59 cm, respectivamente. Estos tratamientos a su vez presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) con el resto de tratamientos, donde la cobertura plástica negra obtuvo el valor promedio más bajo con 43,22 cm (Figura 4).

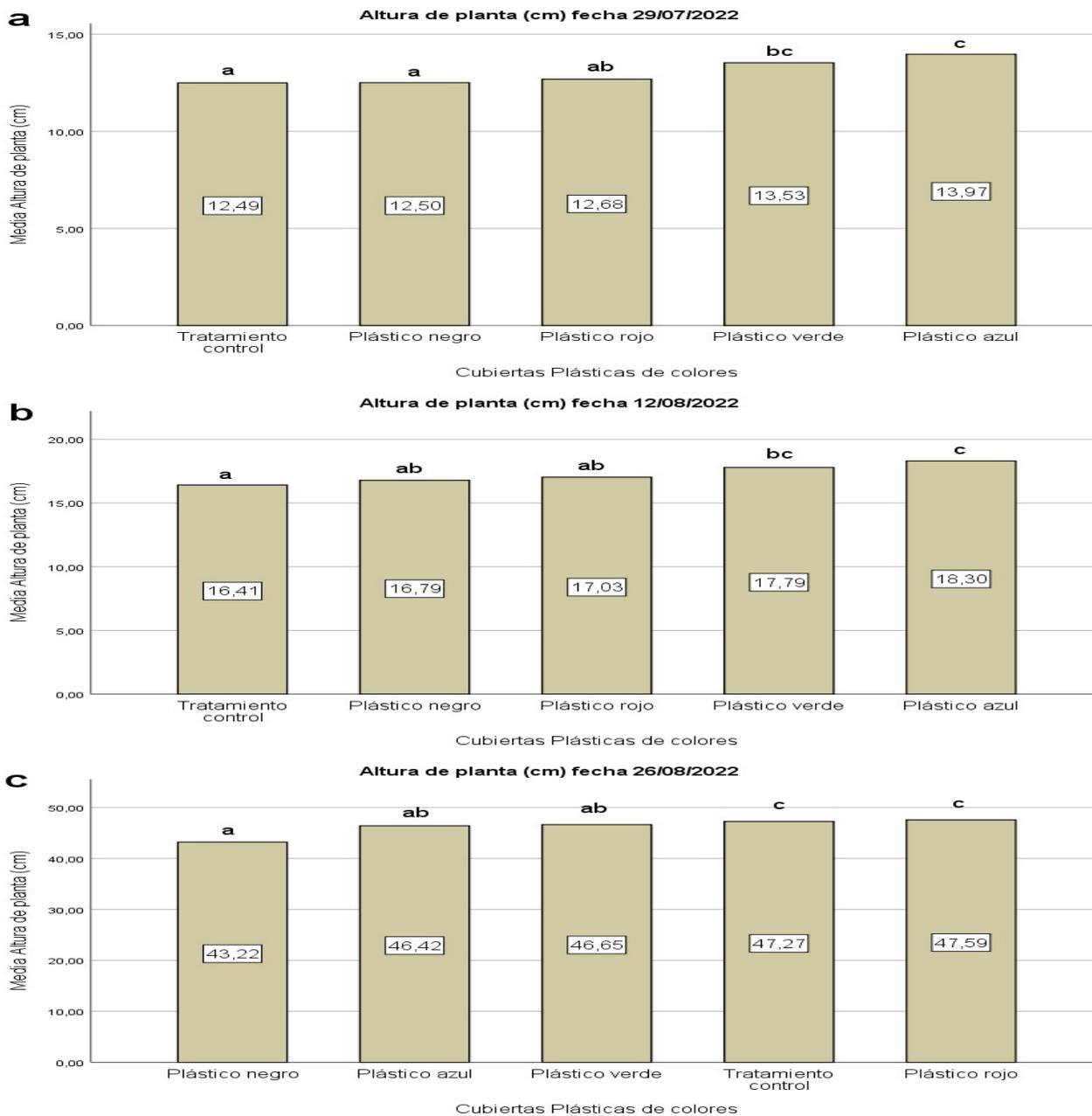


Figura 4. Promedio de altura de planta en los diferentes días después de trasplante: a 10 ddt, b 25 ddt y c 40 ddt

### Diámetro de tallo

En los resultados obtenidos referentes a diámetro de tallo a 10 ddt (29/07/2022) y a 40 ddt (26/08/2022), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de estudio. Sin embargo, En los resultados a 25 ddt (12/08/2022) si se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con el T2 que obtuvo el

valor promedio más alto con 4,53 mm, respecto al T0 con 4,29 mm (Figura 5). Esto tuvo relación con los resultados obtenidos por Ashrafuzzaman et al. (2011), donde el diámetro de tallo estuvo influenciado por todos los tratamientos de estudio con coberturas plásticas de colores (transparente, negro y azul) registrando promedios mayores a los obtenidos con el tratamiento control.

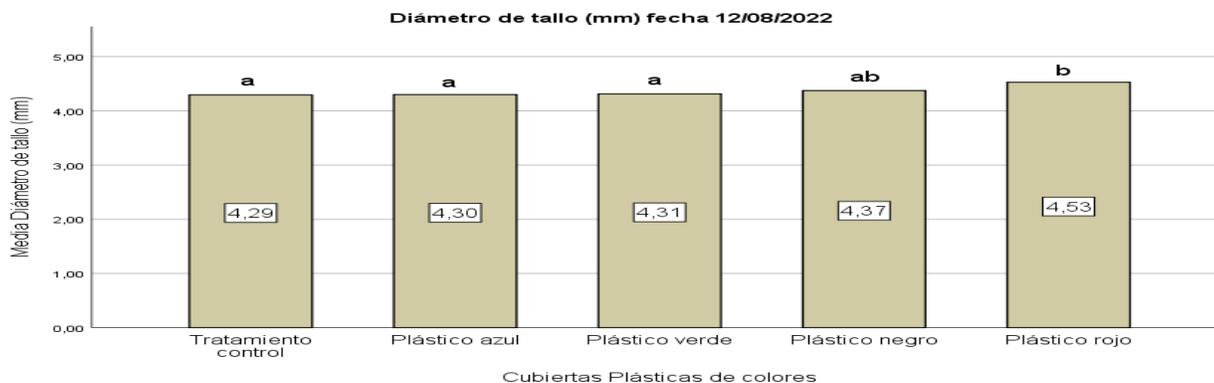


Figura 5. Promedio de diámetro de tallo a 25 ddt (12/08/2022), expresado en mm para los diferentes tratamientos

### Número de hojas

Los resultados referentes a número de hojas a 10 ddt (29/07/2022) mostraron que el T2 obtuvo el valor promedio más alto con 7,53 hojas, siendo estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) entre los demás tratamientos incluido T0, mismo que presentó el valor promedio más bajo con 6,47 hojas. Los resultados obtenidos a los 25 ddt (12/08/2022) también mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el T4 que obtuvo el valor promedio más alto con 11,40 hojas con respecto a los demás tratamientos, donde se encontró al T0 con el promedio más bajo

con 9,73 hojas (Figura 6). En las dos primeras lecturas fue posible evidenciar que las coberturas producen un mayor número de hojas por planta que el T0, lo que coincidió con Ashrafuzzaman et al., (2011) en su investigación que estuvo enfocada en evaluar el crecimiento y rendimiento en plantas de pimienta.

Los resultados que se obtuvieron a 40 ddt (26/08/2022) no presentaron diferencias estadísticamente significativas. De esta misma manera se presentó el caso de índice de área foliar, donde tampoco se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de estudio.

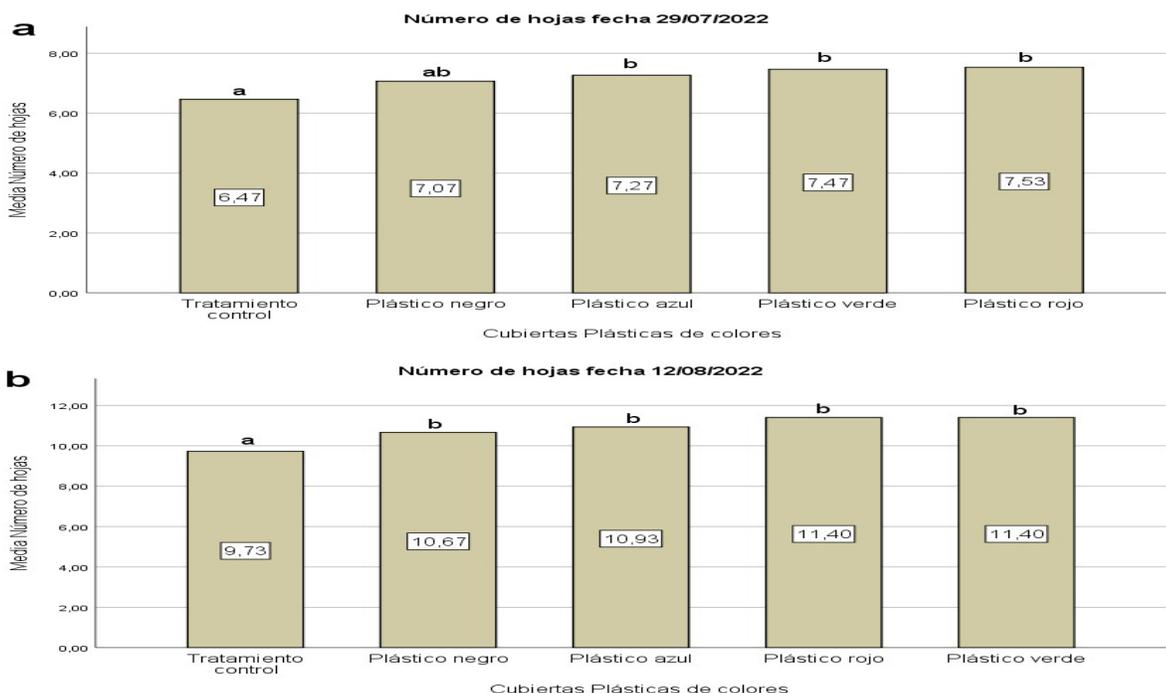


Figura 6. Promedio de número de hojas por planta a diferentes días después de trasplante: a 10 ddt y b 25 ddt

## CONCLUSIONES

El mulch plástico puede modificar el microclima denotado por los registros de la geotemperatura en el perfil del suelo. Sin embargo, las geotemperaturas en las primeras capas (0 y 10 cm) registran una variabilidad que se puede atribuir al color de la cobertura. En cuanto al flujo neto de calor, los tratamientos de mulch plástico no pierden rápidamente la energía almacenada con respecto al suelo desnudo, es decir, permiten el paso de una fracción de la radiación y al mismo tiempo actúan como barreras de la emisión de la radiación térmica saliente. Las variables morfológicas del cultivo han sido influenciadas favorablemente por los tratamientos del mulch plástico, destacando el color azul y rojo en la altura de planta, en el diámetro del tallo el color rojo presenta mejores resultados, El número de hojas para los 10 y 25 ddt estuvieron influenciados por el color rojo y verde. Es necesario resaltar que el ensayo se realizó entre los meses de julio y agosto, caracterizados por bajas temperaturas con respecto al ciclo estacional, además, se recomienda repetir el experimento para otros meses con diferentes condiciones climatológicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adekaldu, E., Amponsah, W., Tuffour, H. O., Adu, M. O., & Agyare, W. A. (2021). Response of chilli pepper to different irrigation schedules and mulching technologies in semi-arid environments. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6, 100222. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100222>
- Ashrafuzzaman, M., Halim, M. A., Ismail, M. R., Shahidullah, S. M., & Hossain, M. A. (2011). Effect of Plastic Mulch on Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annum* L.). *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 54(2), 321–330.
- Chalise, S., Naranpanawa, A., Bandara, J. S., & Sarker, T. (2017). A general equilibrium assessment of climate change-induced loss of agricultural productivity in Nepal. *Economic Modelling*, 62, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.01.014>
- FAO. (2017). Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos.
- FAO. (2020). Cultivos y productos de ganadería. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- GAD Machala. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala.
- Iglesias, A., & Garrote, L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management*, 155, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.03.014>
- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., & Ito, K. (2017). Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research*, 168, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>
- Lowery, B., Hickey, W., Arshad, M., & Lal, R. (1996). Soil Water Parameters and Soil Quality. *Soil Science Society of America. SSSA Special Publication 49*, 143–157. <https://doi.org/https://doi.org/10.2136/sssaspecpub49.c8>
- Mendonça, S. R., Ávila, M. C. R., Vital, R. G., 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/10.1016/j.scienta.2020.109657>
- Puig, P. (1950). Curso teórico-práctico de ecuaciones diferenciales aplicado a la Física y Técnica. Biblioteca Matemática.
- Qadeer, A., Ajmal, Z., Usman, M., Zhao, X., & Chang, S. (2021). Agricultural plastic mulching as a potential key source of microplastic pollution in the terrestrial ecosystem and consequences. *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105855. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105855>
- Reis, L. S., de Azevedo, C. A. v, Albuquerque, A. W., & Junior, J. F. S. (2013). Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(4), 386–391. <http://www.agriambi.com.br>
- 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*, 10, 20.
- SRS. (2012). Thermistor Calculator. <https://www.thinksrs.com/downloads/programs/therm%20calc/ntccalibrator/ntccalculator.html>
- Steinhart, J. S., & Hart, S. R. (1968). Calibration curves for thermistors. *Deep-Sea Research*, 15, 497.
- Thakur, M., & Kumar, R. (2021). Light conditions and mulch modulates the damask rose (*Rosa damascena* Mill.) yield, quality, and soil environment under mid hill conditions of the western Himalaya. *Industrial Crops and Products*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113317>
- Torres, V., Valdez, L. A., Cárdenas, A., Lira, H., Hernández, M., & Ibarra, L. (2016). Effect of colored plastic mulch on growth, yield and nutrient status in cucumber under shade house and open field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 39(14), 2144–2152. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1201108>

Unsihuay, F. (2002). Evaluación del efecto de la disminución de la radiación absorbida en la temperatura del suelo y flujo de calor en el suelo. *Anales Científicos*, 87–100.

Zhu, G., Yong, L., Zhang, Z., Sun, Z., Wan, Q., Xu, Y., Ma, H., Sang, L., Liu, Y., Wang, L., Zhao, K., & Guo, H. (2021). Effects of plastic mulch on soil water migration in arid oasis farmland: Evidence of stable isotopes. *Catena*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105580>

-