



# Efecto del fertirriego bajo diferentes láminas de agua (kc) y mulch plástico, en el rendimiento y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) var. Albión

## Effect of fertigation under different water depths (kc) and plastic mulch, on the yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) var. Albion 1.

Karen Stephanie Lucena Riascos<sup>2✉</sup>, Roberto García-Criollo<sup>2✉</sup>, Dario Fernando Fajardo Fajardo<sup>2✉</sup>

<sup>1</sup>Financiada por la vicerrectoría de Investigación e Interacción social (VIIS), [secretariaviis@udenar.edu.co](mailto:secretariaviis@udenar.edu.co)

<sup>2</sup>Ingeniera Agrónoma, FACIA, UDENAR

<sup>2</sup>Ingeniero en Producción Acuícola, FACIPEC, UDENAR

<sup>2</sup>Ingeniero en Electrónica, FACING, UDENAR



Vol. 54 (1 y 2) de 2024 | pp: 48 - 56 | ISSN 0562-5351 E-ISSN 2665-6558 | REC.: 25/03/2026 - ACEP.: 10/04/2026

### RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, evaluando el un sistema de fertirriego con tres láminas de agua (Kc: 0.5, 0.7 y 0.9) combinado con tres tipos de coberturas plásticas, negra (CN), plateada (CP) y transparente (CT); Bajo un sistema automatizado con sensores de humedad del suelo. Las variables evaluadas fueron el rendimiento del cultivo y calidad del cultivo de fresa, bajo diferentes ambientes edáficos evaluados. Empleando en el estudio un diseño experimental de bloques completos al azar, con un arreglo de franjas divididas; en este el modelo, el factor uno correspondió a los tres coeficientes de cultivo, mientras que el factor dos correspondió a la distribución de los tres tipos de coberturas plásticas. Las variables analizadas fueron; el rendimiento t. ha<sup>-1</sup>, y la calidad de fruto en estado de madurez (SST) Estado de Madurez 3 y 5; dentro de los nueve tratamientos evaluados. Los resultados mostraron que en cuanto al rendimiento (RTO) de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) var. Albión; existió influencia marcante por parte de las diferentes láminas de agua (Kc) y los mulch plásticos utilizados, donde el mayor valor se obtuvo con la interacción de cobertura negra (CN) con la lámina (Kc 0.7), (Kc) con un valor de 92,02 tha<sup>-1</sup>, seguida del Kc (0,90) con una media de 79,06 tha<sup>-1</sup> y el valor más bajo se obtuvo con Kc (0,50) con una media de 66,08 tha<sup>-1</sup>. En cuanto a la calidad del cultivo el plástico transparente con lamina (Kc 0,9) fue el de mejor desempeño con 10,03 °Brix.

**Palabras clave:** sistemas, cultivo, coeficientes, ambientes.

### ABSTRAC

This research was conducted at the Botana Experimental Farm of the University of Nariño to evaluate an automated fertigation system using soil moisture sensors. The study tested three water depths based on crop coefficients (Kc: 0.5, 0.7, and 0.9) combined with three types of plastic mulch: black (BN), silver (SN), and transparent (TN). A randomized complete block design with a split-strip arrangement was used to analyze crop yield (t) and fruit quality (Total Soluble Solids - TSS) at maturity stages 3 and 5. The results for the Albion strawberry variety (*Fragaria x ananassa* Duch) showed a significant influence from both the water depths and the plastic mulches. The highest yield was achieved with the interaction of black mulch and a Kc of 0.7, reaching 92.02, followed by Kc 0.9 (79.06) and Kc 0.5 (66.08). Regarding fruit quality, the transparent mulch with Kc 0.9 performed best, reaching 10.03 °Brix

**Key words:** system, Crop, coefficients, environments.

## INTRODUCCIÓN

El departamento de Nariño presenta un rendimiento bajo del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) que en promedio está en 4,79 t/ha. Minagricultura, (2023), además los cultivos con riego son operados de forma manual y no son eficientes, ello limita suministro de agua adecuado para el cultivo de fresa (Salinas, 2018); debido a que cultivo tiene un sistema radicular poco profundo, una alta área foliar y un gran contenido de agua en la fruta, con lo cual el aporte de grandes cantidades de agua durante todo el ciclo de producción (Ariza et al., 2021). Sin embargo, el uso inadecuado del recurso hídrico en países latinoamericanos como Colombia, compromete la sostenibilidad ambiental y la viabilidad económica del sistema (Mohamed et al., 2020). Unido a lo anterior se dispone de muy poca información precisa para el manejo del cultivo de fresa en la amplia gama de suelos de ladera donde se cultiva, que permita eficientizar su manejo desde el punto de la relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, que permita potenciar la competitividad y la economía a escala regional y nacional siguiendo lo propuesto por Moreno-Ortega et al., (2019); y Ariza et al., (2021). En virtud de lo anterior los sistemas de producción de fresa con inclusión de tecnologías de última generación, la utilización de acolchados (mulch) de plástico y diferentes láminas de agua (Kc), son alternativas de cultivo que influyen positivamente en la productividad del cultivo según lo exponen autores como (Allen et al, 2006) quien afirma que la variación de la curva del coeficiente del cultivo (Kc), correspondientes a la etapa de crecimiento, floración y producción. Influye en la fenología y fisiología del cultivo de fresa, además, estudios realizados por la FAO (2023) afirman que cada cultivo tiene sus propias características y necesidades en torno a su uso consuntivo y que está directamente ligado al tipo de condiciones edafoclimáticas y

fenología del cultivo. Lo cual se demuestra por lo expresado por Doorenbos & Pruitt, (2005) quienes reportan para el cultivo de fresa los siguientes valores de Kc: estados iniciales de 0,4 a 0,5; desarrollo vegetativo de 0,7 a 0,8; estado medio de desarrollo de 1,05 a 1,2; estado tardío de desarrollo de 0,85 a 0,95; estado de maduración de 0,7 a 0,75; valores que influyen directamente en la productividad y calidad del cultivo. Con base en lo anterior es necesario monitorear el agua del suelo y para ello los sensores de humedad son una alternativa que según Solem (2025), son implementos de medición de humedad del suelo, que utilizan diferentes tecnologías como capacitancia (TDR/FDR) o de resistencia para obtener datos de necesidades de agua luego de su transformación y lograr precisión en la automatización de los riegos, dentro de la gama de sensores el autor manifiesta que el sensor de humedad del 10HS Soil Moisture Sensor de METER Group, es un dispositivo de alta frecuencia (70 MHz) que mide el contenido volumétrico de agua (VWC), en el suelo usando tecnología dieléctrica (capacitiva), además manifiestan que estos sensores tienen alta capacidad de medir un alto volumen del suelo (1 L), capacidad que ayuda a evaluar con mayor precisión los valores de humedad del suelo en su natural heterogeneidad. Con base en los anteriores planteamientos el objetivo de la presente investigación fue implementar un cultivo de fresa bajo invernadero con un sistema de fertirriego automatizado, evaluando tres láminas de riego correspondiente a los coeficientes de cultivo (Kc: 0.5, 0.7, 0.9), en interacción con tres tipos mulch plástico (negro (CN), gris (CG), transparente (CT)), sobre el rendimiento y calidad del sistema de cultivo de (*Fragaria x ananassa Duch*) var. Albión; utilizando sensores de humedad 10HS Soil Moisture Sensor, una estación climática y la energía fotovoltaica como fuente para mantener todo el sistema de evaluación bajo invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización y muestreo de suelos.** La investigación se llevó a cabo en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, en un suelo (*Vitric Haplustand*) bajo invernadero. Para la programación del plan de fertilización en el cultivo de fresa y la determinación de las diferentes láminas de agua, se realizó un muestreo de suelo en la capa productiva (Ap:0,20 m) cuyos resultados están expresados en las siguientes tablas 1 y 2.

**Tabla 1.** Análisis químico y físico de suelo.

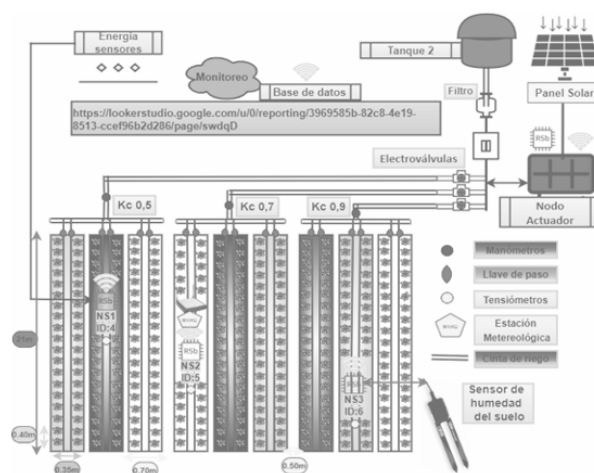
Parámetro	Unidad Medida	Nivel
pH	5,5	Fuert. Acido
M.O	7,67 %	Medio
P	74,2 mg/kg	Alto
K	2,02 cmolc/kg	Alto
C	11,4 cmolc/kg	Alto
Mg	7,7 cmolc/kg	Alto
CIC	21,2 cmolc/kg	Alto
Fe	77,57 mg/kg	Medio
Cu	2,14 mg/kg	Medio
Mn	6,05 mg/kg	Medio
Zn	5,12 mg/kg	Medio
D.apar.	1,10kg/dm <sup>3</sup>	Medio
Textura	Ar.	

**Tabla 2.** Curva característica de agua del suelo del área experimental.

COL.AGUA cm	PF	U %	$\theta_v$ cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>
0		65,36	71,80
25	1,398	62,45	68,70
75	1,875	59,85	65,83
300	2,477	39,25	43,18
15000	4,176	20,20	22,22

**Sistema de riego automatizado de fertirriego:** El sistema de fertirriego estuvo compuesto de tres subsistemas fundamentales, definidos como; fuente de agua, cabezal de riego, la red de distribución,

las derivaciones, los emisores y todos los elementos de control. La fuente de agua se suministró de la red de distribución de la granja, proveniente del reservorio de agua y que llegó por gravedad hasta el invernadero, el cabezal de riego permitió el control y filtrado del agua, la capacidad de adicionar fertilizantes y regular la presión del líquido, se destaca la unidad de filtrado que buscó eliminar partículas o sólidos en suspensión para no obstruir la red de distribución (figura 1).



**Figura 1.** Mapa de campo, detalles de distribución de tratamientos y detalles de la fertirrigación

Para obtener la información en el suelo, estuvieron colocados los sensores de humedad o nodos sensores 10HS Soil Moisture (Metergroup, 2025), que capturaron la información referente a la humedad de suelo en cada zona, mientras el nodo actuador ejecutó el algoritmo de control para activación de las electroválvulas de riego. En el cultivo de fresa en franjas, se instalaron tres sensores de humedad, equidistantemente, que por la pendiente del terreno (10%) se ubicaron en la zona alta, media y baja del ensayo, coincidente con las repeticiones del ensayo (R:1,2 y 3) (fig. 1), que estuvieran los sitios ligados a un determinado mulch plástico, de tal manera que cada sensor quedara ubicado en un bancal con diferente cobertura (gris, negro, transparente), buscando la mayor variabilidad

posible entre repeticiones. De esta manera el nodo sensor recolectó la información de estos sensores que fue enviada a través de un protocolo de comunicación al sistema de información central, donde estuvo disponible en tiempo real y se realizó la consulta por los usuarios desde cualquier dispositivo con una conexión a internet (Castro & Chamorro, 2016). La energía del todo el sistema de fertirriego fue entregado por una fotovoltaica, con una generación de hasta 18 Wh (vatios-hora), almacenada en una batería de 12 amperios – hora a 12V, energía liberada cuando la radiación no fue suficiente, compensando los faltantes de energía. Con base en los procesos anteriormente descritos y como el interés de la investigación fue trabajar con los sensores de humedad del suelo 10HS Soil Moisture Sensor; se procedió a calibrar las necesidades de agua calculadas de acuerdo a las metodologías propuestas por el fabricante Metergroup (2025), además para ajustar la precisión de las determinaciones se procedió a el ajuste de los sensores de humedad en campo con la metodología propuesta por Castro & Chamorro (2016); desarrollando las ecuaciones respectivas para determinar los contenidos de humedad, con los volúmenes, umbrales y nivel de agotamiento en el riego Montenegro et. al, (1990), para los coeficientes de estudio (Kc 0,9; 0,7; 0,5), obteniendo las variaciones de humedad del suelo y la programación permanente de la apertura y cierre de los solenoides en el sistema, de acuerdo con las láminas de agua programadas.

**Prácticas culturales en el cultivo de fresa y variables evaluadas:** La siembra del cultivo de fresa se realizó mediante estolones de plantas certificadas provenientes de la variedad Albión, sembrados a una distancia de 0,40 m entre plantas y 0,30 m entre hileras, obteniendo 53 plantas/hilera, 106 plantas/franja (kc), para un total de plantas por “mulch plástico” y por los tres coeficientes de cultivo

de 318 plantas y un gran total plantado en la investigación de 954 plantas de fresa (Figura 1). Además, se aplicaron todas las BPA durante todo el ciclo de cultivo, sobre todo en los 90 días de evaluación continua bajo las tres láminas de agua (Kc 0,5, 0,7 y 0.9) y las coberturas plásticas (Negra (CN), Gris (CG) y Transparente (CT)). La fertilización se realizó teniendo en cuenta el resultado del análisis de suelos (tabla 1) y los requerimientos nutricionales del cultivo de fresa; el plan de fertilización fue calculado por el criterio de absorción, con base en los propuesto por Castro & Gómez (2010), correspondiente a 18 k/ha N - 5 k/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 8 k/ha K<sub>2</sub>O, aplicando la fertilización de base a los 30 días después de la siembra de los estolones, donde se aplicó el 30% del total del plan de fertilización en forma edáfica como fertilización de fondo; el 70% del resto de la fertilización fue aplicada en el transcurso del ciclo vegetativo del cultivo, por el sistema de fertirriego del cultivo en porcentuales de requerimiento.

**Variables agronómicas y de agua evaluadas:** Se realizaron 10 evaluaciones en 90 días de investigación sistemática, se procedió a evaluar a partir del tamaño de muestra estadística que fueron 12 plantas por cada tratamiento donde se evaluó diferentes los atributos de calidad de fruto con ello en los atributos de los Contenido de **sólidos solubles (SST)**: Se midieron los azúcares determinando los contenidos de grados Brix (Martínez et al, 2008). Igualmente se midió el **Rendimiento donde**: Se cosechó la totalidad de la parcela útil, este valor se llevó al área total del ensayo y se realizó una proyección de esta producción en (t ha<sup>-1</sup>). Finalmente se determinó el **Gasto de agua**: Para este parámetro se tomó la información de la acumulación por lamina aplicada en cada tratamiento, durante los tres meses de evaluación, detectada a través de los sensores de humedad del suelo y acumulada en la matriz del sistema

## Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo de franjas divididas, factorial (3 \* 3) 4, siendo 27 unidades experimentales, conforme al modelo matemático siguiente propuesto por Little & Hills, (1976).

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + E_{ij} + \beta_k + \delta_{jk} + (\alpha\beta)_{ik} + \rho_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  = variable de respuesta;  $\mu$  = media,  $\alpha_i$  = efecto del factor lámina (Kc),  $\gamma_j$  = efecto del bloque j,  $E_{ij}$  = error a  $(\alpha\beta)_{ik}$ ,  $\beta_k$  = efecto del factor mulch plástico,  $\delta_{jk}$  = error b  $(\alpha\beta)_{ik}$ ,  $(\alpha\beta)_{ik}$  = interacción entre lámina y mulch plástico,  $\rho_{ijkl}$  = error c

En el modelo, el FACTOR UNO correspondió a las tres láminas de agua (fijas durante todo el ciclo de evaluaciones en cada franja), determinadas a partir de los tres coeficientes de cultivo a evaluar Kc (0,50; 0,70; 0,90) donde a cada franja (tres bancales) le correspondió una lámina de agua (Kc), que se mantuvo durante todo el ciclo del cultivo (10 meses de investigación, distribuidos a partir de la siembra de los estolones y los tres (3) meses finales de evaluación efectiva realizada para medir las diferentes variables propuestas en la investigación). El FACTOR DOS (2), fue compuesto por los tres tipos de mulch plástico (Negro, Gris y Transparente), obteniendo así tres franjas cada una con tres bancales, para un total de 9 bancales de evaluación. Para las variables evaluadas, se tomaron las muestras de cada parcela distribuidas en tres repeticiones parte (I alta, II media y III baja), donde cada repetición estaba conformada por 12 plantas, determinada como área útil de evaluación, las cuales se marcaron respetando el efecto borde y efecto cabecera en el ensayo, (Figura 1). En los casos donde el ANOVA presentó diferencias estadísticas se procedió a realizar las respectivas comparaciones múltiple de promedios DHS de Tukey; todos los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015),

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la Tabla 3, de los cuadrados medios, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para la variable fruto por planta y significativas para rendimiento (RTO) dentro la interacción mulch plástico y lámina de agua (Kc), además en la misma tabla se puede observar que dentro de los efectos simples hubo influencia del acolchado plástico (mulch), en cuanto al rendimiento y la calidad de fruto de fresa (grados brix estado 3 y 5 de madurez), además la influencia de la lámina de agua en el rendimiento ( $t \cdot ha^{-1}$ ) del cultivo de fresa, dentro del análisis de los resultados más sobresalientes a continuación de discuten los diferentes atributos del cultivo evaluados.

**Tabla 3.** Cuadrados medios de las variables rendimiento (RTO); Sólidos Solubles Totales Madurez 3 y 5 (SST)

F. V	GL	FPP #	RTO ( $t \cdot ha^{-1}$ )	SST° (BRIX) M3	SST° (BRIX) M5
MODELO	18	28,63 <sup>ns</sup>	265,9 ns	0,23 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
BLOQUE	2	41,04 <sup>**</sup>	68,76 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>
LAMINA	2	95,26 <sup>ns</sup>	514,5 <sup>**</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
LAMINA* BLOQUE	4	17,04 <sup>ns</sup>	9,14 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
MULCH	2	8,48 <sup>ns</sup>	87,76 <sup>**</sup>	0,74 <sup>**</sup>	0,72 <sup>**</sup>
MULCH* BLOQUE	4	16,26 <sup>ns</sup>	9,84 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
LAMINA* MULCH	4	23,15 <sup>*</sup>	342,1 <sup>**</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
ERROR	8	5,18	4,44	0,17	0,03
R2		0,93	0,99	0,75	0,92
CV		11,68	2,67	5,76	1,91

\*\*= Diferencias altamente significativas ( $p > 0,01$ ),  
\* Diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), ns: no significativo

**Frutos por planta (FPP).** Los resultados mostraron que existió influencia de la interacción mulch plástico x lámina de agua en este atributo, siendo el plástico gris, negro y transparente con las láminas altas (Kc 0,9) y medias (Kc 0,7), las que mostraron los

mayores resultados número de frutos por planta; fluctuando entre 23,33 y 20,67 frutos por planta (FPP) (tabla 4), correspondiendo

estos resultados a lo denominado lamina media.

**Tabla 4.** Comparación múltiple de promedios de frutos por planta (FPP), en la interacción Lámina de agua (Kc) y Mulch plástico, en cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) var. Albión t.

Lámina (Kc)	Mulch plástico	Medias	n	E.E.	
0,7	Negro	23,33	3	1,31	A
0,7	Gris	23,33	3	1,31	A
0,9	Gris	22	3	1,31	A
0,9	Negro	20,67	3	1,31	A
0,7	Transparente	20,67	3	1,31	A
0,5	Transparente	18	3	1,31	A B
0,5	Negro	17,67	3	1,31	A B
0,9	Transparente	17,33	3	1,31	A B
0,5	Gris	12,33	3	1,31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Dentro de la investigación, el otro grupo estadísticamente diferencial lo formaron los tratamientos con lamina baja con plástico gris y negro cuyos valores fluctuaron entre 18 y 17,67 FPP, quedando aquí el tratamiento de lámina alta x plástico transparente (17,33 FPP), influenciado posiblemente por la alta cantidad de arvenses que se proliferaban bajo este plástico, lo cual fue favorecido por la coeficiente de cultivo (Kc 0,9), lo cual significó alta humedad que posiblemente afectó el ambiente edáfico en perjuicio del número de frutos por planta. Al respecto de los resultados, Martínez et. al. (2008), manifiestan los frutos por planta en fresa es una respuesta genotípica de acuerdo a su afinidad con la cantidad de lámina de agua aplicada, complementa al decir que la respuesta fenotípica de la planta depende del genotipo y el estadio de desarrollo de la misma en el momento del estrés, de la duración, la severidad del estrés y de los factores ambientales que lo provoquen; igualmente Fischer et al. (2012), manifiestan que el tamaño, el peso del fruto y algunas variables de producción son en general respuesta variabilidad genética propia de cada variedad,

además estas respuestas fenológicas a diversas condiciones edafoclimáticas, a su vez Solís et al. (2018) manifiestan que la productividad en estas variables depende de la respuesta genotípica y su afinidad con la cantidad de agua aplicada. Igualmente, Kreutler & Ruiz (2018), trabajando en cultivo de tomate, encontraron que el número de frutos por planta aumenta con mayores láminas de riego.

#### **Rendimiento del cultivo de fresa (RTO).**

En la tabla 3 de los cuadrados medios, se puede observar que la variable rendimiento (Valores escalados de las parcelas a  $t \cdot ha^{-1}$ ) presentó diferencias altamente significativas para la interacción mulch plástico x lámina de agua, dentro de la comparación múltiple de promedios por (tabla 5), se puede observar en la interacción mulch plástico x lámina de agua, fue el que el mayor rendimiento obtuvo con la combinación de lámina de agua alta (Kc 0,9) x mulch plástico (gris, transparente y negro) con valores de  $46,56 t \cdot ha^{-1}$  de fresa,  $46,23 t \cdot ha^{-1}$  de fresa y  $46,07 t \cdot ha^{-1}$  de fresa respectivamente; presentando diferencias estadísticas significativas con los demás tratamientos evaluados (Tabla 5).

**Tabla 5.** Comparación múltiple de promedios de rendimiento (RTO), para la interacción Lámina de agua (Kc) y Mulch plástico, en cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) var. Albión.

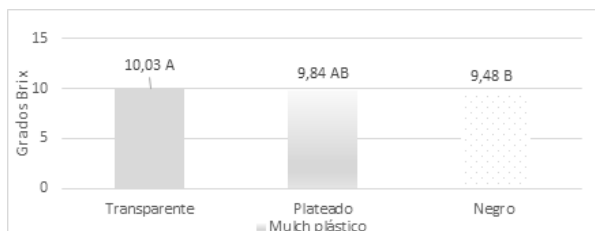
Lámina (Kc)	Mulch Plástico	Medias	n	E.E.				
0,9	Gris	46,56	3	0,7	A			
0,9	Transparente	46,23	3	0,7	A			
0,9	Negro	46,07	3	0,7	A			
0,7	Negro	43,63	3	0,7	A	B		
0,7	Gris	41,73	3	0,7		B	C	
0,5	Negro	37,88	3	0,7			C	D
0,7	Transparente	36,65	3	0,7				D E
0,5	Gris	33,55	3	0,7				E
0,5	Transparente	25,34	3	0,7				F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Comparando los anteriores resultados con los nacionales Minagricultura (2023), manifiesta que los mayores resultados están representados por los departamentos de Caldas (37,71 t.ha<sup>-1</sup>de fresa), Cundinamarca (37,71 t.ha<sup>-1</sup>de fresa) y Antioquia (31,21 t.ha<sup>-1</sup>de fresa); comparativamente con los resultados promedios de producción en departamento de Nariño que son de 4,79 t.ha<sup>-1</sup>de fresa, permite ver la importancia de la tecnificación del cultivo con la producción obtenida en al presente investigación y el futuro que se abre con este tipo de aplicaciones en el cultivo para Nariño. Igualmente, los anteriores resultados distan de los encontrados por Kilimo, (2025), (FAO, 2023), Hernández et al., (2018), quienes encontraron los mejores rendimientos en fresa con la aplicación de lámina de agua correspondiente al coeficiente de cultivo (Kc 0.7), posiblemente dicha diferencia se debió al suelo donde se desarrolló la presente investigación que fue un suelo con altos contenido de vidrio volcánico >70%, ) con su textura arcillosa y densidad aparente de 1,10 k.dm<sup>-3</sup>, todo esto influyo en el mayor gasto y retención de agua.

### Calidad del cultivo de fresa fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) var. Albión.

En esta variable se encontró diferencias estadísticas únicamente en los efectos simples correspondiente a la mulch plástico en estado 3 y 5 de madurez (tabla 3). Al respecto en la figura 2, se puede evidenciar que el acolchado transparente fue el de mejor resultado en el estado 5 de madurez (10,03 ° Brix), presentando diferencias estadísticas significativas con respecto a los otros dos acolchados plásticos. Situación que coincide con lo evaluado por Casierra-Posada et al., (2011), quienes al evaluar diferentes acolchados plásticos ((rojo, amarillo, azul, verde, y transparente y sin plástico) en cultivo de fresa, encontraron que el plástico transparente le confirió mejores valores de SST ° (Brix), al cultivo. Lo anterior se corrobora en las investigaciones de Alvarado-Cepeda et al., (2020), quienes encontraron igualmente los mayores valores de calidad con este tipo cobertura plástica, en ese sentido Casierra-Posada et al. (2011), indican que la cobertura transparente no permite el recalentamiento del suelo, mejorando el incremento eficiente de la tasa de asimilación neta (TAN), lo cual se refleja en el cultivo especialmente en la calidad del mismo.



**Figura 2.** Comparación múltiple de promedios SST ° (Brix) M5, en cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) var. Albión. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$  Tukey)

**Tiempo, volumen y lamina de riego aplicada en el sistema automatizado.** en cuanto a esta variable el **consumo de agua** mostró que la lámina correspondiente al coeficiente de cultivo (Kc 0,9) fue la de mayor consumo con un total de 17,12 m<sup>3</sup>/480 m<sup>2</sup>/ 90 días, equivalente a un Consumo de agua por riego de 0,238 m<sup>3</sup>./modulo/riego, valor que concuerda con lo obtenido por Chavez *et.al.* (2012), bajo condiciones similares de suelo a la presente investigación; Presentando diferencias estadísticas significativas con respecto a los demás tratamientos: A su vez el menor consumo de agua se presentó con la lámina correspondiente al (kc 0,5) con un total de 7,95 m<sup>3</sup>/480 m<sup>2</sup>/ 90 días.

## CONCLUSIONES

- Los mayores rendimientos se obtuvieron con la interacción de la lamina (Kc 0,9) y los tres tipos de acolchados (negro, gris y transparente)
- La mayor calidad en términos de SST ° (Brix) M5 se obtuvo con el mulch plástico transparente y lámina de agua (kc 0,9)
- El consumo de agua más alto se observó con la lamina correspondientes al coeficiente de cultivo (Kc 0,9)

## AGRADECIMIENTO

A la Vicerrectoría de Investigación e Interacción Social de la Universidad de Nariño por el apoyo institucional y la financiación

otorgada para la ejecución de la investigación en el marco de la convocatoria Docente 2020. Al programa de Ingeniería Agronómica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Acuícola; a la Granja Experimental Botana, por facilitar las instalaciones e infraestructura para la realización del trabajo de campo.

## REFERENCIAS

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Estudio FAO Riego y Drenaje n.º 56). FAO. [www.fao.org](http://www.fao.org)
- Ariza, M. T., Soria, C., Medina-Juarros, J. J., & Miranda, L. (2021). Yield and fruit quality of strawberry cultivars under different irrigation regimes. *Agronomy*, 11(2), 261.
- Casierra-Posada, F., Jarma-Orozco, A., & Rojas, J. D. (2011). Efecto del color de la cobertura del suelo sobre la calidad de la fruta en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Albión). *Agronomía Colombiana*, 29(1), 11-18. [revistas.unal.edu.co](http://revistas.unal.edu.co)
- Castro, H. E., & Gómez, M. I. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (Ed.), *Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas residuales* (pp. 213-303). SCCS.
- Castro, J. A., & Chamorro, D. R. (2016). Ajuste y calibración de sensores de humedad de suelo para la gestión eficiente del riego en cultivos hortícolas. Editorial Universidad de Nariño.
- Chaves, A; Lasso, Z, Ruiz H, Benavides O. 2012. Efecto de dos coberturas plásticas y tres láminas de agua bajo un sistema de riego por goteo en un cultivo de fresa. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/10112>

- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2015). InfoStat (versión 2015) [Software de cómputo]. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (2005). Las necesidades de agua de los cultivos (Estudio FAO 24). FAO.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2012). Importancia de la ecofisiología en la producción de frutales en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 119-137.
- Hernández-Cuello, G., Pérez-Petitón, J., & León-Fundora, M. (2018). Rendimiento de la fresa cultivada en condiciones de organopónico. *Ingeniería Agrícola*, 8(1), 21–25. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/847>
- Kilimo. (2025). Plataforma de gestión de riego: Optimización de la lámina mediante Big Data. [kilimo.com](http://kilimo.com)
- Kreutler García, H., & Ruiz Eraso, H. (2018). Evaluación de coeficientes de cultivo (Kc) en diferentes fases de desarrollo de un cultivar de tomate, bajo condiciones de fertilización y riego localizado (Tesis de maestría). Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/15525/1/93123.pdf>
- Little, T. M., & Hills, F. J. (1976). Métodos estadísticos para la investigación agrícola. Editorial Trillas.
- Martínez, F. E., Sarmiento, J., Fischer, G., & Jiménez, F. (2008). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes del crecimiento y el rendimiento de la fresa (*Fragaria sp.*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(1), 38-48.
- METER Group. (2025). Sensores de humedad del suelo: Guía de selección y especificaciones. <https://www.metergroup.com>
- Minagricultura. (2023). Cadena de la fresa. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Grupo de Cultivos Permanentes y Hortofrutícolas, Secretaría Técnica Nacional de las Cadenas de Frutos rojos. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Documentos/20230331%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Mohamed, H. M. I., & Mohamed, S. M. (2020). Economic study of strawberry production in Egypt. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*, 2(1), 101-115.
- Moreno-Ortega, A., Castro-Rengifo, A. F., & Gómez-Santamaría, A. J. (2019). ¿Qué tan competitiva es la fresa colombiana en el mercado internacional? *Expresiones*, 7(13), 52-62.
- Salinas, L. (2018). *Sistemas de riego y su automatización en el cultivo de fresa*. Editorial Académica Española.
- Solem Irrigation. (2025). Sensor de humedad del suelo EC-10 HS. [solem-irrigation.com](http://solem-irrigation.com)
- Solís-Acosta, M. F., García-Toledo, P. F., Salgado-Tello, I. P., Fiallos-Ortega, L. R., & Guzmán-Acan, F. A. (2018). Aplicación de agua en diferentes láminas y frecuencias de riego para cultivo de fresa *Fragaria vesca*. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/03/riego-cultivo-fresa.html>