



## Efecto de las podas sobre el rendimiento de *Capsicum annum* L. bajo dos ambientes<sup>1</sup>

### Effect of pruning on the *Capsicum annum* L. yield under two environments

Luz Fanny Orozco-Orozco<sup>2</sup>, Jaime Lozano-Fernández<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Recepción: 20 de octubre, 2020. Aceptación: 15 de mayo, 2021. Esta investigación formó parte del Proyecto “Tecnologías de producción limpia ajustadas a los modelos agronómicos bajo condiciones protegidas” ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).
- <sup>2</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación La Selva. Rionegro, Antioquia, Colombia. Código postal: 054040. lfrozcoo@gmail.com o lorozco@agrosavia.co (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-8805-944X>); jflozano@agrosavia.co o jalofer3899@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-8251-9604>).

### Resumen

**Introducción.** En el cultivo de pimentón se han recomendado las podas para mejorar la intercepción de luz, aumentar el cuajado y la calidad de los frutos. **Objetivo.** Evaluar el efecto de las podas sobre los componentes de rendimiento de dos híbridos de pimentón establecidos en dos ambientes: campo abierto y campo protegido bajo techo plástico con ventilación natural. **Materiales y métodos.** Se realizaron dos ensayos en el Centro Investigación La Selva de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Rionegro, Antioquia, Colombia. Se evaluaron dos híbridos de pimentón tipo bloque en dos ambientes: campo abierto (en el ciclo 2013-2014) y campo protegido bajo techo plástico (en los ciclos 2013-2014, 2014-2015) y tres sistemas de podas de formación: dos tallos, tres tallos y sin podar. Para el primer ensayo se empleó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos (dos híbridos y tres sistemas de poda) y cinco repeticiones. Para el segundo se establecieron los mismos tratamientos solo bajo el ambiente protegido, en un diseño de bloques completos al azar. **Resultados.** Hubo diferencias estadísticas para rendimiento total en el sistema sin podar en ambos ensayos. En el ambiente protegido-2013 los híbridos alcanzaron una producción media de 36,7 t ha<sup>-1</sup>, el sistema sin podas fue el más rendidor (promedio 49,7 t ha<sup>-1</sup>). A campo abierto el rendimiento fue de 23,6 t ha<sup>-1</sup>. Los rendimientos totales obtenidos bajo el ambiente protegido-2014 (36,2 t ha<sup>-1</sup>), igualaron al obtenido en 2013 y superaron estadísticamente los de campo abierto. **Conclusión.** Las plantas sin podar mostraron los mejores rendimientos en ambos ensayos. En algunas variables se presentaron diferencias entre los ambientes, los híbridos de pimentón y su interacción. Se deben realizar estudios adicionales para determinar si el ambiente protegido es adecuado para el desarrollo de los híbridos.

**Palabras clave:** campo abierto, campo protegido, rendimiento, manejo integrado, pimentón, podas.

### Abstract

**Introduction.** Pruning the stems of bell pepper has been recommended to improve light interception, increase fruit set, and the quality of fruits. **Objective.** To evaluate the effect of pruning on yield components of two pepper



hybrids established in two environments: open field and protected field under roof with plastic and natural ventilation. **Materials and methods.** Two trials were conducted at the La Selva Research Center of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Rionegro, Antioquia, Colombia. Two pepper hybrids of block type were evaluated in two environments: open field (in the 2013-2014 cycle) and protected field under plastic cover (in the 2013-2014, 2014-2015 cycles), and three formation pruning treatments: two stems, three stems, and no pruning. For the first experiment, a randomized complete block design with six treatments (two hybrids and three pruning systems) and five replicates was used. For the second, the same treatments were established only under the protected environment, in a randomized complete block design. **Results.** Statistical differences were found for total yield in the unpruned system in both trials. In the protected field-2013 the hybrids achieved an average yield of 36.7 t ha<sup>-1</sup>, the unpruned system was the highest yielding (49.7 t ha<sup>-1</sup>). In the open field the yield was 23.6 t ha<sup>-1</sup>. The total yields obtained under the protected field-2014 (36.2 t ha<sup>-1</sup>), equaled that obtained in 2013, and statistically exceeded those of the open field. **Conclusion.** Unpruned plants showed the best yields in both trials. Differences between environments, hybrids, and their interaction were present in some variables. Further studies should be carried out to determine if the protected environment is suitable for the development of the hybrids.

**Keywords:** open field, protected field, yield, integrated management, bell pepper, pruning.

## Introducción

Para el año 2018 la producción mundial de especies de *Capsicum* spp (chiles, pimentones picantes y dulces) fue de 2 762 056 hectáreas. Estas especies se cultivan en 119 países, los principales productores son: China, Indonesia, México y Nigeria. Colombia ocupó el lugar veintinueve con 117 252 toneladas (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020), con un área sembrada en el 2019 de 3479 hectáreas de pimentón (*C. annum* L.) y una producción promedio de 14,4 t ha<sup>-1</sup>, concentrada en un 73 % en los departamentos del Valle del Cauca, Antioquia, Santander, Norte Santander y Cesar (Agronet, 2020).

Entre las labores agronómicas realizadas en el cultivo se encuentra la poda, que consiste en eliminar algunas partes de la planta, como yemas, brotes desarrollados, raíces y frutos. Sirve para obtener plantas equilibradas, vigorosas, mantener una forma deseable, controlar dirección y cantidad del crecimiento y disminuir la competencia entre los órganos de la planta. Además, regula el balance entre el crecimiento reproductivo y vegetativo, influye en el número y la cantidad de flores y fruto, aumenta la ventilación en las partes bajas de la planta, mejora la captura de luz y aumentan la eficiencia fotosintética, el cuajado y el tamaño de frutos. También induce una cosecha precoz, mayor tamaño y uniformidad de los frutos, lo que facilita las prácticas de cultivo y un mejor control de plagas y enfermedades (Casilimas et al., 2012; Langlé, 2011; Maniutiu et al., 2010; Thakur et al., 2018a; Thakur et al., 2018b; Urrestarazu et al., 2002).

En un invernadero con ventilación natural se evaluó el efecto de las podas a uno, tres y cuatro tallos, sobre el crecimiento y rendimiento del híbrido tipo lamuyo cultivar Buffalo, se encontró el mayor rendimiento por planta (3,2 kg) y total (95 t ha<sup>-1</sup>), con la poda a cuatro tallos. El mayor tamaño de los frutos se obtuvo con poda a dos tallos (Thakur et al., 2018b).

Bajo ambiente protegido se realizaron podas a uno, dos y cuatro tallos en los híbridos de pimentón, tipo bloque, Pasodoble (amarillo), Lírca (amarillo) y Sondela (rojo). Con la poda a cuatro tallos, los tres híbridos incrementaron el número de frutos por planta (promedio de 24) y el rendimiento total (85 t ha<sup>-1</sup>), mientras que con la poda a un tallo se incrementó el peso y grosor de los frutos (Alsadon et al., 2013).

Para evaluar el rendimiento del pimentón después de las podas, Awalin et al. (2017) midieron el efecto de los tratamientos podados a cuatro tallos y sin podar, junto con la aplicación de micronutrientes foliares y encontraron

que cuando se podaron las plantas y se aplicó una mezcla de micronutrientes B, Zn, Cu y Mn, se alcanzó el máximo crecimiento y rendimiento de 30,4 t ha<sup>-1</sup>.

Con el híbrido Belladona F1, tipo bloque, bajo condiciones de túnel plástico, con diferentes densidades de plantas por hectárea y las podas a dos y tres tallos, Maniutiu et al. (2010) encontraron altos rendimientos con una mayor densidad (40 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y plantas podadas a tres tallos.

No en todos los estudios se ha mostrado un efecto de las podas sobre el aumento del rendimiento y la calidad de los frutos. Así fue como Singh y Kaur (2018), al evaluar en casa de malla con techo plástico y ventilación natural, a una densidad de cinco plantas m<sup>-2</sup>, los híbridos tipo bloque Indra -verde- (Syngenta), Bachata -amarillo- e Inspiration -rojo- (Rijkzwaan), obtuvieron la mayor producción con plantas sin podar, seguido de las podadas a cuatro tallos.

Bajo condiciones protegidas, Mussa y Shinichi (2019) encontraron altos rendimientos en plantas de pimentón sin podar, pero con el incremento de algunos problemas fitosanitarios. Evaluaron las distancias de siembra de 40 y 70 cm entre plantas y las podas a dos, cuatro tallos y sin podar. Encontraron que, independiente de la distancia de siembra, los mayores rendimientos por metro cuadrado (3,2 g m<sup>-2</sup>), se lograron en plantas sin podar, sin embargo, bajo este tratamiento se alcanzó la mayor infestación por trips, por eso recomendaron podar a 4 tallos y sembrar a una densidad de 40 x 40 cm entre plantas.

La producción de pimentón en Colombia bajo ambiente protegido es una alternativa para la rotación de flores y hortalizas, lo que amerita desarrollar técnicas de cultivo que optimicen la calidad de la fruta cosechada y aumenten el rendimiento. El presente estudio se desarrolló para evaluar el efecto de las podas sobre los componentes de rendimiento de dos híbridos de pimentón, establecidos en dos ambientes: campo abierto y campo protegido bajo techo plástico con ventilación natural.

## Materiales y métodos

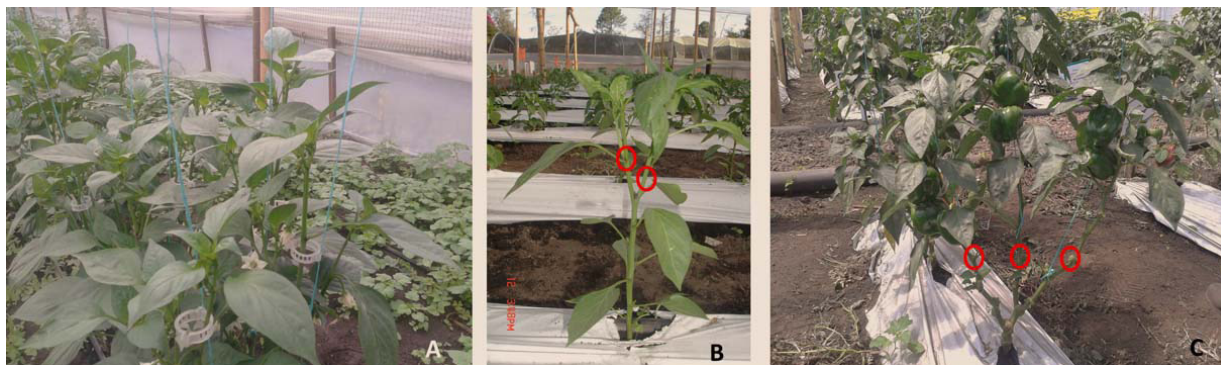
Los trabajos se realizaron durante dos ciclos de cultivo: el primero entre agosto del 2013 y junio del 2014, el segundo entre julio del 2014 y abril del 2015, en el Centro de Investigación La Selva de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), ubicado en el municipio de Rionegro, Antioquia, Colombia, a 06° 08' 06" de latitud N y a 75° 25' 03" de longitud W, con una altura de 2120 msnm, con promedios anuales de 14 ° C de temperatura, 1917 mm de precipitación, 78 % de humedad relativa, 1726 h año<sup>-1</sup> de brillo solar y 1202 mm de evapotranspiración; en una zona de vida ecológica bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y un suelo de unidad cartográfica Asociación Rionegro, de taxonomía Typic Fulvudans (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007).

Se emplearon dos ambientes: a) campo abierto (abierto-2013), que no tiene ningún tipo de estructura que brinde sombra o protección y que reduzca la incidencia de la luz solar o del agua de lluvia y b) ambiente protegido (replicado en dos ciclos: protegido-2013 y protegido-2014), el cual consistió en un techo plástico y ventilación natural, se empleó una estructura construida en guadua o bambú, tipo doble capilla con abertura cenital, de 20 m de ancho por 50 m de largo, con alturas promedio en la parte baja de la capilla de 2,5 m y en la parte alta de 4,0 m. El techo plástico flexible de polietileno térmico de larga duración (PE LDT), multi-capa, de alta resistencia, con difusor de luz para una distribución uniforme durante el día (83-85 %) de transmisión de luz interna y una difusión de 65-70 %, con ingredientes IR que evita el escape de calor por la noche y estabilizadores UV. Con lados cubiertos con plástico desde el piso hasta unos 50 cm de altura y el resto destapado; provistos de cortinas plásticas plegables para atenuar el efecto de las temperaturas bajas durante la noche.

Los híbridos empleados fueron: Cuadrado Asti Rojo (C-rojo) y Amarillo (C-amarillo), que según Sativa Seed y Service (2020), presentan un ciclo de precocidad intermedia, vigor medio, que son aptos para cultivar en invernadero y al aire libre, con peso de fruto aproximado 350 y 280 g, respectivamente.

Las podas de formación fueron a dos (P2), tres (P3) tallos y sin podar (P0), con la técnica recomendada por Álvarez y Pino (2018), que busca dejar las ramas después de la primera bifurcación o "Y", la cual se presenta a los

25-30 cm de altura del tallo principal y eliminar la flor que se forma, lo mismo que las hojas y brotes que salen por debajo de ella. Después se continuó con la poda de brotes laterales que salen de dichas ramas iniciales, se dejó la flor y su respectiva hoja, hasta el final del ciclo del cultivo (Figura 1).



**Figura 1.** Tratamientos de podas aplicadas a los híbridos de pimentón (*Capsicum annuum* L.). A. Plantas sin podar. B. Plantas con podas a dos tallos. C. Plantas con podas a tres tallos. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2014.

**Figure 1.** Pruning treatments applied to bell peppers (*Capsicum annuum* L.) hybrids. A. Unpruned plants. B. plants pruned at two stems. C. Plants pruned at three stems. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2014.

Para el tutorado de las plantas de pimentón se usó un tendido de alambre galvanizado calibre 14, colocado a 2 m de altura, en tacos de madera o bambú, con dos líneas separadas unos 50 cm por encima de los surcos de las plantas, sobre las cuales se amarraron las ramas con hilos de polipropileno desde la base de las plantas y los tallos. A esta técnica se le conoce como tutorado de doble espaldera (Figura 2).

Se evaluó el número y peso (g) de fruto por planta, y se expresó el rendimiento total en  $t\ ha^{-1}$  por categorías: extra (mayor a 160 g), primera (entre 120-159 g), segunda (entre 70-119 g), tercera (menor a 70 g), descarte y comercial (suma de todas las categorías menos los descartes), según la norma Técnica Colombiana NTC 3634-1 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2001), el Reglamento (CE) No 1221/2008 de la comisión de 5 de diciembre de la Unión Europea (2008) y la norma Standard FFV-28 (United Nations Economic Commission for Europe, 2017), para la comercialización de los pimentones dulces en Colombia y la Comunidad Europea.

Se evaluó cada semana la incidencia de plagas y enfermedades, se seleccionó al azar cinco plantas por unidad experimental, donde se contó la presencia de insectos plagas y se determinaron los síntomas y áreas de afectación de las principales enfermedades del cultivo en el tercio medio y superior de la planta. Para determinar el porcentaje de incidencia de plagas o enfermedades, se relacionó el número de plantas u órganos afectados sobre el total evaluados por 100.

### Diseño experimental y análisis estadístico

Para el primer ensayo se empleó un diseño de bloques completos al azar bajo el ambiente protegido-2013 y el ambiente de campo abierto-2013, con seis tratamientos producto del factorial entre dos híbridos y tres sistemas de podas de formación [T1 = C-amarillo con dos tallos (P2), T2 = C-amarillo con tres tallos (P3), T3 = C-amarillo sin podar (P0), T4 = C-rojo con dos tallos (P2), T5 = C-rojo con tres tallos (P3) y T6 = C-rojo sin podar (P0)], distribuidos en cinco bloques. Se empleó como criterio de bloqueo, el largo de la cubierta por su diferencial de



**Figura 2.** Tutorado tipo doble espaldera o en “V”. A. Estructura en bambú. B. Amarre de ramas en “V”, en ambiente en campo abierto, de las plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.). C. Estructura. D. Amarre en ambiente protegido. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2014.

**Figure 2.** Double stringing/wiring trellis or in “V” system. A. Structure in bamboo. B. Tie of branches in “V”, in an open environment of bell peppers (*Capsicum annuum* L.). C. Structure. D. Mooring in protected environment. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2014.

temperatura y el sentido del sistema de riego por goteo dado el gradiente de humedad generado. En el segundo ciclo se establecieron los mismos tratamientos pero solo bajo el ambiente (protegido-2014). La unidad experimental fue de 6,4 m<sup>2</sup>, con 0,8 m entre surcos y 0,4 m entre plantas, con una densidad de 3 plantas m<sup>2</sup>. Por tratarse de experimentos agronómicos replicados en el tiempo y el espacio (multilocalidades), se empleó el método de análisis de experimentos múltiples, propuesto por Gomez y Gomez (1984), con varianza combinada, donde se definió por

localidad los tres ambientes según la metodología de Moore y Dixon (2015) y Romaina (2012). Para el análisis estadístico de los datos se usó el programa SAS Institute Inc. (2018).

### Condiciones agroclimáticas

En los dos ciclos, los híbridos se sembraron en bandejas y se trasplantaron en promedio a los 44 días después de siembra (dds). La duración del cultivo fue de 322 en el primer ciclo y 300 dds para el segundo.

De acuerdo con el análisis químico de los suelos donde se estableció el ensayo, el nivel de fertilidad de la mayoría de los nutrientes estuvo entre medio y alto. Solo el potasio y el magnesio resultaron bajos en el segundo período y el manganeso en ambos ciclos. Los porcentajes de materia orgánica fueron altos y no se presentó aluminio, por eso no se aplicó ningún tipo de enmienda. El pH promedio fue de 6,1 y protegido-2013 presentó una conductividad eléctrica de 5,5, lo que indica un afloramiento de sales, debido a la falta del lavado natural que realizan las lluvias, el sistema de riego por goteo y las altas temperaturas alcanzadas (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Caracterización química de los suelos donde se estableció el ensayo de pimentón (*Capsicum annum* L.). Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

**Table 1.** Chemical characterization of soils where the bell peppers (*Capsicum annum* L.) experiments were established. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

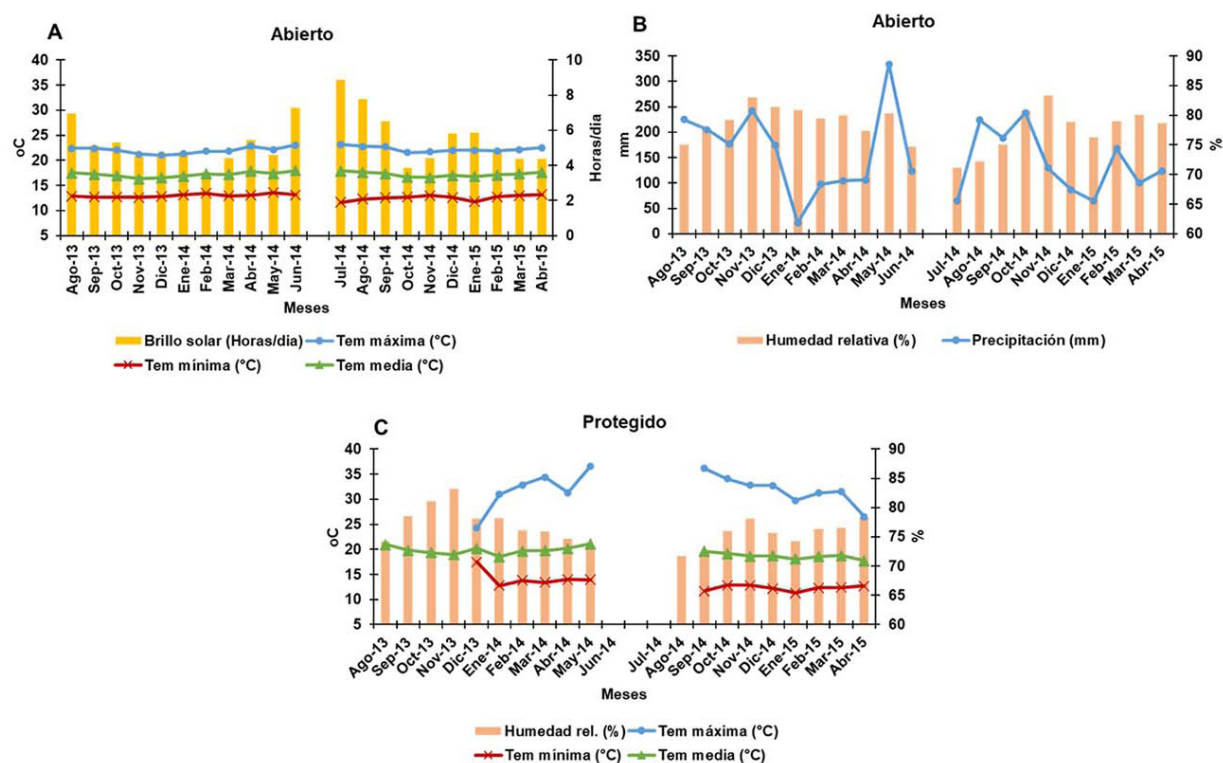
Ambientes	Materia orgánica (%)	pH (1:1 en agua)	Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	K	Na	CICE
				cmol kg <sup>-1</sup>				
Campo abierto 2013	19,0 Alto*	5,9	0,8 No salino	16,1 Alto	2,7 Alto	0,9 Alto	0,1 Normal	19,8 Medio
Protegido 2013	18,3 Alto*	6,3	5,5	24,2 Alto	4,5 Alto	2,1 Alto	0,5 Normal	31,3 Alto
Protegido 2014	14,4 Alto	6,1	0,3 No salino	8,6 Alto	1,4 Bajo	0,2 Bajo	0,2 Normal	10,3 Medio
	P (Bray II)	B	Zn	Mn	Fe	S	Cu	Al
mg kg <sup>-1</sup>								
Campo abierto 2013	69,3 Alto	0,7 Alto	14,7 Alto	3,9 Bajo	85,3 Alto	13,3 Medio	2,6 Medio	0,0
Protegido 2013	68,6 Alto	2,4 Alto	18,0 Alto	5,5 Medio	39,5 Medio	64,3 Alto	4,8 Alto	0,0
Protegido 2014	42,3 Alto	0,4 Alto	7,9 Alto	1,7 Bajo	75,3 Alto	11,0 Medio	2,6 Medio	0,0

\* Interpretación basada en: Instituto Colombiano Agropecuario [ICA, 1992]. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de asistencia No. 25. La determinación de pH se realizó con potenciómetro, la conductividad eléctrica con conductivímetro (suelo: agua 1:2,5), la materia orgánica con el método propuesto por Walkey y Black. P por el método de Bray II. S y B con fosfato monobásico de calcio. Al con KCl. Ca, Mg, K y Na con acetato de amonio 1N pH 7,0. Fe, Mn, Zn y Cu con Olsen modificado. / \* Interpretation based on: ICA (1992), Fertilization in different crops. Fifth approach. Assistance manual No. 25. The determination of pH was made with a potentiometer, the electrical conductivity with a conductivity meter (soil: water 1:2.5), and the organic matter with the method proposed by Walkey and Black. P by the method of Bray II. S and B with monobasic calcium phosphate. Al with KCl. Ca, Mg, K and Na with ammonium acetate 1N pH 7.0. Fe, Mn, Zn, and Cu with modified Olsen.

Al calcular la necesidad de fertilización (NF), dada por la ecuación  $NF = [(RC-FS)/(\%EF)] * 100$ , donde RC= requerimiento del cultivo, FS= fertilidad del suelo y % EF= porcentaje de la eficiencia de las fuentes de fertilizantes

empleadas, no se requirió aplicación de fertilizantes, sin embargo se empleó una fertilización mínima de reposición o mantenimiento de 60, 50, 50 y 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y un fertilizante compuesto de menores. Las fuentes simples de fertilizantes empleadas fueron: urea (46 % de N), fosfato diamónico (18 y 46 % de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloruro de potasio (60 % K<sub>2</sub>O) y un fertilizante compuesto de elementos menores (8, 5, 18, 6, 1,6, 1, 0,75, 0,005 y 2,5 % de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, MgO, S, B, Cu, Mo y Zn, respectivamente). Esta se fraccionó en cuatro aplicaciones con base en la recomendación establecida por Lozano et al. (2018).

Los datos promedio de temperatura máxima, mínima y media para el primer ciclo, bajo ambiente protegido-2013, estuvo por encima del ambiente de campo abierto-2013 en 9,8, 1,2 y 2,8 °C, varió en promedios de 31,7, 14,2 y 19,2 °C; mientras que en campo abierto, fue de 21,8, 13,1 y 17,2 °C, respectivamente. Para el segundo ciclo, en el ambiente protegido-2014, la máxima estuvo por encima de la ambiental en 8,9 °C, no presentó diferencias con la mínima y la temperatura media fue mayor en 1,3 °C. Las temperaturas del segundo ciclo fueron 31,8, 12,3 y 18,6 °C y por fuera de la cubierta de 22,1, 12,7 y 17,1 °C, respectivamente (Figura 3A y C).



**Figura 3.** Caracterización climática de los ambientes bajo las cuales se establecieron los ensayos de pimentón (*Capsicum annuum* L.). A. Temperatura (Tem) y brillo solar promedio mensual en el ambiente campo abierto. B. Humedad relativa y precipitación promedio mensual en ambiente abierto. C. Temperatura (Tem) y humedad relativa promedio mensual en ambiente protegido. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 2013-2015. Fuente: En campo abierto: IDEAM, estación meteorológica aeropuerto José María Córdoba, Rionegro (Antioquia) y en protegido: Thermohigrómetro USB/Data logger, modelo CM-DT171.

**Figure 3.** Climatic characterization of the environments under which the bell peppers (*Capsicum annuum* L.) trials were established. A. Temperature (Tem) and monthly average solar brightness in the open environment. B. Relative humidity and rainfall monthly average in the open field. C. Temperature (Tem) and relative humidity monthly average in protected field. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 2013-2015. Source: Open field: IDEAM, José María Córdoba airport weather station, Rionegro (Antioquia) and Protected field: USB Thermohydrometer /Data logger, model CM-DT171.

La menor precipitación mensual (59,9 mm) del primer ciclo se presentó entre enero- febrero 2014, mientras que para el segundo fue entre diciembre 2014 y enero 2015 (75,5 mm). Los periodos más lluviosos del primer ciclo estuvieron entre agosto-noviembre 2013 (212,1 mm) y mayo 2014 (334 mm), los meses con más precipitaciones fueron noviembre-2013 y mayo-2014. Para el segundo ciclo productivo, la mayor cantidad de lluvias se presentaron en agosto-octubre 2014 (216,8 mm) y febrero 2015 (168 mm). En general, se presentó menor precipitación promedio mensual en el segundo ciclo (Figura 3B).

El brillo solar fue mayor para el segundo ciclo, con una relación inversa y proporcional a la nubosidad y la pluviosidad. Los meses con mayor número promedio de horas día<sup>-1</sup> de brillo solar fueron al principio y al final del primer ciclo (agosto 2013 y junio 2014), mientras que para el segundo ciclo fueron al inicio entre julio y septiembre 2014 y en la mitad entre diciembre-2014 y enero-2015. El porcentaje de humedad relativa no presentó diferencias notables en los tres ambientes evaluados (Figura 3 A, B y C).

## Resultados

El inicio de la cosecha del ambiente protegido del primer ciclo (protegido-2013) fue catorce días más temprano respecto a campo abierto (abierto-2013) y diecinueve días respecto a protegido-2014. El rendimiento de frutos de las categorías total, extra y primera, junto con el número de frutos por planta de extra y primera, cumplieron con los supuestos requeridos para un análisis paramétrico. El resto de las variables se analizaron con modelos mixtos no paramétricos, Kruskal Wallis de muestras independientes, con subconjuntos homogéneos basados en significancias asintóticas (Cuadro 2 y 3).

**Cuadro 2.** Análisis estadístico descriptivo de algunos parámetros estudiados en pimentón (*Capsicum annum* L.) para variables que cumplieron con los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de los residuos y se procesaron con análisis paramétricos. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

**Table 2.** Descriptive statistical analysis of some parameters studied to bell pepper (*Capsicum annum* L.) for variables that fulfilled the assumptions of normality, variance homogeneity, and independence of the residues and were processed with parametric analysis. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Pruebas	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )		Número de frutos por planta (No./planta)	
	Total	Extra	Extra	Primera
- Coeficiente de variación	28,2	37,6	34,6	55,2
- Número de datos	78	78	78	78
- Normalidad (Kolmogorov-Smirnov, $\alpha=0,05$ ) <sup>1</sup>	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
- Homogeneidad de varianzas (Levene, $\alpha=0,05$ ) <sup>2</sup>	0,056	>0,05	>0,05	>0,05
- Independencia de los residuos (D de Durbin-Watson)	2,05	1,86	1,76	1,54
- Prueba paramétrica: medias de cuadrados mínimos para el efecto Condición ( $\alpha=0,05$ )	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
- Prueba paramétrica: medias de cuadrados mínimos para el efecto Tratamiento ( $\alpha=0,05$ )	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
- Prueba paramétrica: medias de cuadrados mínimos para la interacción Tratamiento por Condición ( $\alpha=0,05$ )	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05

<sup>1</sup> Calculado con base en los residuos. <sup>2</sup> Calculado con base en el valor absoluto de los residuos / <sup>1</sup> Calculated based on the waste.

<sup>2</sup> Calculated based on the absolute value of the waste.

**Cuadro 3.** Análisis descriptivo de algunos parámetros estudiados en pimentón (*Capsicum annum* L.) para variables que no cumplieron con alguno de los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de los residuos y se procesaron con análisis no paramétrico. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

**Table 3.** Descriptive analysis of some parameters studied in bell peppers (*Capsicum annum* L.) for variables that did not fulfill any of the assumptions of normality, variance homogeneity, and independence of the residues and were processed with non-parametric analysis. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Pruebas	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )		Número de frutos por planta (No./planta)	
	Comercial	Descarte	Total	Comercial
- Coeficiente de variación	31,2	62,2	33,1	33
- Número de datos	78	78	78	78
- Normalidad (Kolmogorov-Smirnov, $\alpha=0,05$ ) <sup>1</sup>	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
- Homogeneidad de varianzas (Levene, $\alpha=0,05$ ) <sup>2</sup>	0,041	<0,05	<0,05	<0,05
- Independencia de los residuos (D de Durbin-Watson).	1,9	1,81	1,45	1,86
- Prueba no paramétrica para el efecto Ambiente: Kruskal Wallis, significancia asintótica, Pr > Chi-cuadrado <sup>3</sup>	<0,05	<0,05	>0,05	<0,05
- Prueba no paramétrica para el efecto Tratamiento	<0,05	0,01	<0,05	<0,05
- Prueba no paramétrica interacción Tratamiento por Ambiente	0,07	>0,05	>0,05	>0,05

<sup>1</sup> Calculado con base en los residuos. <sup>2</sup> Calculado con base en el valor absoluto de los residuos. <sup>3</sup> Prueba no paramétrica para separación de medias en variables que no cumplen con alguno de los supuestos del análisis paramétrico. Kruskal Wallis, muestras independientes, con subconjuntos homogéneos basados en significaciones asintóticas / <sup>1</sup> Calculated based on the waste. <sup>2</sup> Calculated based on the absolute value of the waste. <sup>3</sup> Non-parametric test for separation of means into variables that do not meet any of the assumptions of the parametric analysis. Kruskal Wallis, independent samples, with homogeneous subsets based on asymptotic meanings.

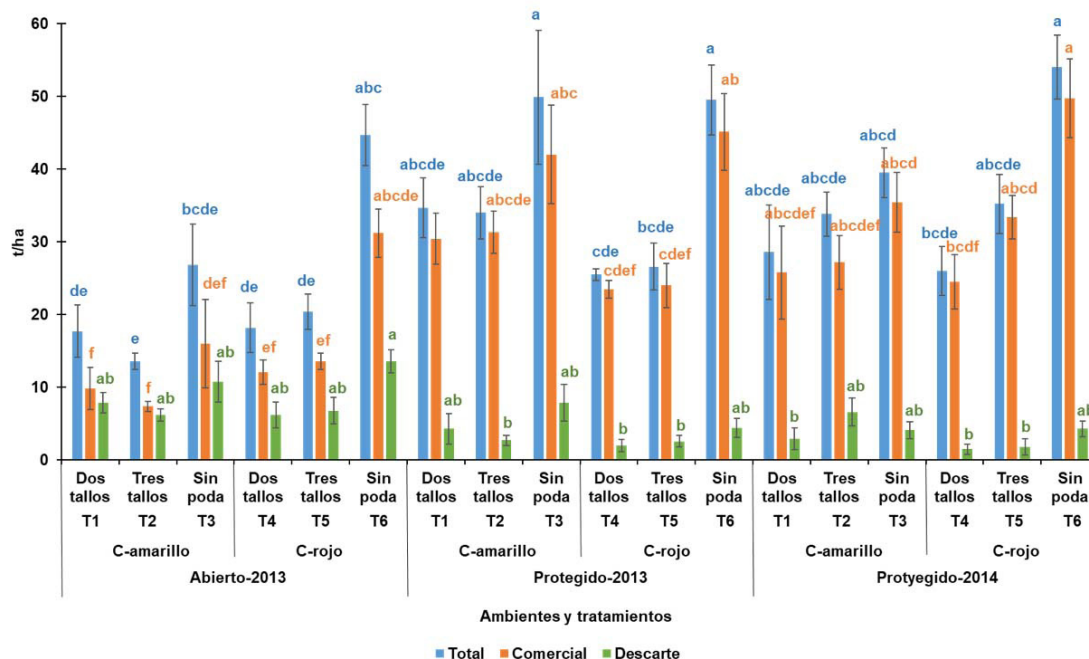
En la mayoría de los parámetros evaluados fue significativo ( $p<0,05$ ) el efecto de los factores ambiente bajo los cuales se desarrolló el cultivo (abierto-2013, protegido-2013 y protegido-2014), los seis tratamientos conformados por los tres sistemas de podas y los dos híbridos y la interacción ambiente por tratamiento.

El rendimiento total de pimentones presentó una correlación directamente proporcional al número de frutos total, número y peso de las categorías primera, extra y comercial. El número de frutos total por planta también mostró correlación directa con el peso y número de las categorías primera, segunda, tercera y comerciales (Coeficiente de Pearson  $r>0,7$  con  $p<0,05$ ).

### Rendimiento de frutos

De acuerdo con el análisis de varianza en los tres ambientes evaluados, para las variables de rendimiento de pimentones frescos de las categorías total, comercial, primera, segunda y tercera, se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p<0,05$ ). El mayor promedio de rendimiento total se dio en protegido-2013 (36,7 t ha<sup>-1</sup>), seguido del protegido-2014 (36,2 t ha<sup>-1</sup>), que superó en un 34 % el obtenido en el ambiente de campo abierto en el 2013 (23,6 t ha<sup>-1</sup>, Figura 4).

Si se comparan los T3 y T6, bajo los ambientes en campo abierto-2013 y los dos protegidos, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p>0,05$ ), excepto T3 en campo abierto. Los rendimientos promedio de la categoría total de C-rojo y C-amarillo, en campo abierto-2013, fueron de 44,7 y 26,8 t ha<sup>-1</sup>, mientras que en los protegidos fue de 51,8 y 44,7 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las condiciones de desarrollo de los dos híbridos en protegido-2013 no fueron diferentes estadísticamente al protegido-2014 (Figura 4).



**Figura 4.** Rendimiento de frutos total, comercial y descartes de dos híbridos de pimentón (*Capsicum annum* L.) tipo bloque, bajo tres ambientes y tres tipos de podas. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Promedios de una serie con igual letra no presentan diferencias estadísticas significativas (Kruskal Wallis, con subconjuntos homogéneos basados en significaciones asintóticas y Tukey -  $p > 0,05$ ). Barras del promedio del error estándar (SE) con  $n = 5$  para tratamientos. T1 = C-amarillo poda a dos tallos (P2), T2 = C-amarillo poda a tres tallos (P3), T3 = C-amarillo sin podar (P0), T4 = C-rojo poda a dos tallos (P2), T5 = C-rojo poda a tres tallos (P3) y T6 = C-rojo sin podar (P0).

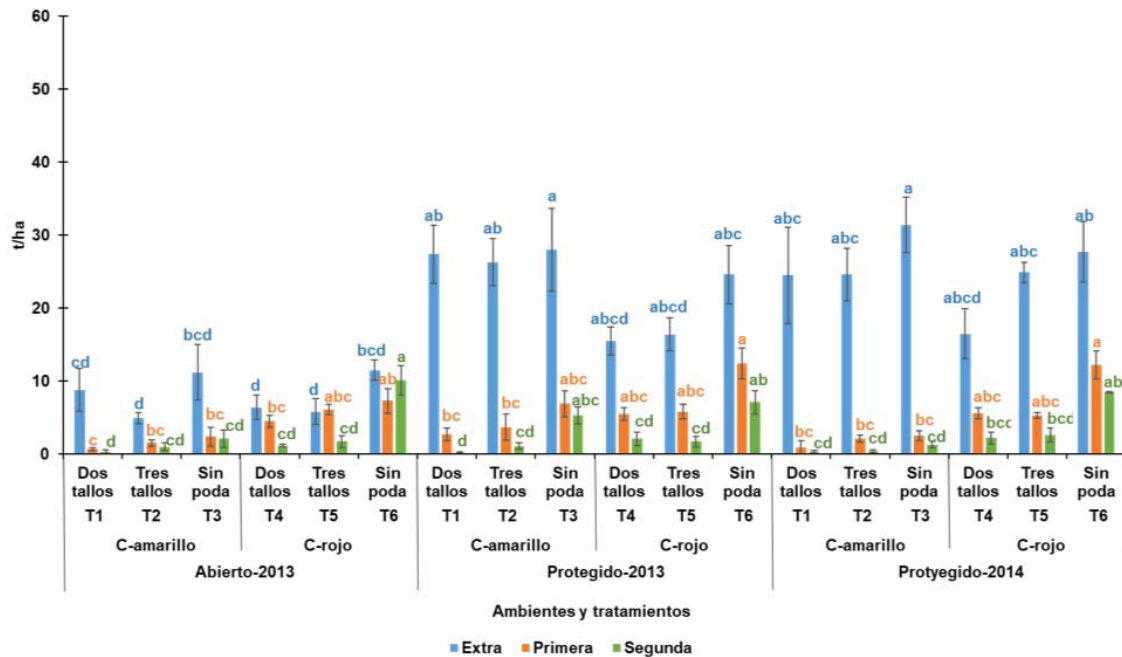
**Figure 4.** Yield of fruits of total, commercial and discard of two block-type bell peppers (*Capsicum annum* L.) hybrids under two environments and three types of pruning. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Averages of a series with the same letter do not present significant statistical differences (Kruskal Wallis, with homogeneous subsets based on asymptotic meanings and Tukey -  $p > 0,05$ ). Average bars value of the standard error (SE),  $n = 5$  for treatments. T1 = C-yellow with two stems (P2), T2 = C-yellow with three stems (P3), T3 = C-yellow unpruned (P0), T4 = C-red with two stems (P2), T5 = C-red with three stems (P3), and T6 = C-red unpruned (P0).

Los rendimientos de frutos de las categorías total y comercial, de los T1, T2, T4 y T5, bajo los ambientes protegido-2013 y 2014, no presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), mostraron un promedio del total de los cuatro tratamientos de 30,6 y del comercial de 27,5 t ha<sup>-1</sup>. Los T3 y T6, bajo un mismo ambiente, no presentaron diferencias ( $p > 0,05$ ) en las variables peso fresco total y comercial de frutos (Figura 4).

Las diferencias de los rendimientos de la categoría comercial en campo abierto-2013 (15,0 t ha<sup>-1</sup>), con las condiciones protegidas (32,7 t ha<sup>-1</sup>), se debieron a la mayor cantidad de frutos de descarte que se presentó en campo abierto (8,6 t ha<sup>-1</sup>), que representó el 36 % del total de la producción, mientras que en los ambientes protegidos los descartes fueron de 3,8 t ha<sup>-1</sup> promedio, lo cual corresponde al 10 % del total y presentó diferencias estadísticas (Kruskal Wallis  $p < 0,05$ ). Para los dos híbridos los mayores descartes se dieron con T3 y T6, sin importar el ambiente, a excepción de C-amarillo en el ambiente protegido-2014, donde T2 mostró los mayores valores (6,6 t ha<sup>-1</sup>). La producción de frutos de descarte de los híbridos en T1, T2, T4 y T5, no presentaron diferencias significativas (Figura 4).

El peso de frutos de la categoría extra presentó una correlación directamente proporcional ( $r>0,7$  y  $p<0,05$ ) con la producción total, comercial, extra nacional y de exportación. Fue superior en los ambientes protegidos ( $24,0$  t  $ha^{-1}$  promedio), con una participación del 54 % del rendimiento total, sin presentar diferencias estadísticas entre los tratamientos de podas bajo dicho ambiente ( $p>0,05$ ). Los menores rendimientos para esta categoría se presentaron en campo abierto-2013, con T2, T4 y T5; mientras que los mayores promedios aritméticos, sin ser diferentes a nivel estadístico ( $p>0,05$ ), se presentaron con T3 y T6 (Figura 5).



**Figura 5.** Rendimiento de frutos de las categorías extra, primera y segunda de dos híbridos de pimentón tipo bloque (*Capsicum annuum* L.), bajo tres ambientes y tres tipos de podas. Centro de Investigación La Selva Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Promedios de una serie con igual letra no presentan diferencias estadísticas significativas (Kruskal Wallis, con subconjuntos homogéneos basados en significaciones asintóticas y Tukey -  $p>0,05$ ). Barras del promedio del error estándar (SE) con  $n = 5$  para tratamientos. T1 = C-amarillo con dos tallos (P2), T2 = C-amarillo con tres tallos (P3), T3 = C-amarillo sin podar (P0), T4 = C-rojo con dos tallos (P2), T5 = C-rojo con tres tallos (P3) y T6 = C-rojo sin podar (P0).

**Figure 5.** Yield of fruits of extra class I and II categories of two block-type bell peppers (*Capsicum annuum* L.) hybrids, under three environments and three types of pruning. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

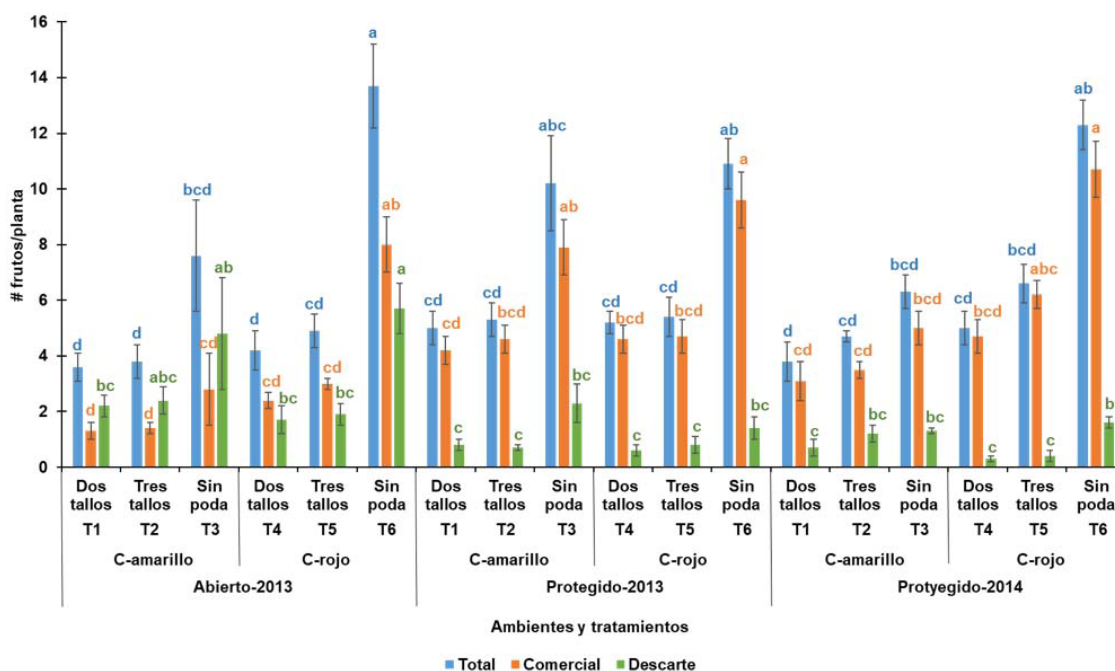
Averages of a series with the same letter do not present statistically significant differences (Kruskal Wallis, with homogeneous subsets based on asymptotic meanings and Tukey -  $p>0,05$ ). Average bars value of the standard error (SE),  $n = 5$  for treatments. T1 = C-yellow with two stems (P2), T2 = C-yellow with three stems (P3), T3 = C-yellow unpruned (P0), T4 = C-red with two stems (P2), T5 = C-red with three stems (P3), and T6 = C-red unpruned (P0).

Para el peso de frutos de la categoría primera no fue consistente la respuesta de los híbridos bajo los ambientes protegidos, dado que lo producido en el 2014 ( $4,7$  t  $ha^{-1}$ ) no fue similar al 2013 ( $6,2$  t  $ha^{-1}$ ), con una diferencia del 24 % y no superó estadísticamente los rendimientos en campo abierto-2013 ( $3,7$  t  $ha^{-1}$ ,  $p>0,05$ ). T3 y T6 fueron los que presentaron los mayores rendimientos de frutos de primera y el híbrido C-rojo (T6) el más rendidor. Podar el híbrido C-rojo o C-amarillo, a dos y tres tallos, (T1-T2 y T4-T5), no mostró diferencias estadísticas ( $p>0,05$ ) en los tres ambientes (Figura 5).

En las categorías segunda y tercera (datos no graficados), bajo los tres ambientes evaluados, la producción promedio de los dos híbridos no presentó diferencias significativas. Los menores rendimientos de la categoría segunda se presentaron en protegido-2014 con 2,6 t ha<sup>-1</sup>. El T6 obtuvo rendimientos similares ( $p>0,05$ ) en los tres ambientes, igual que la producción de T1 y T2 con C-amarillo. La categoría segunda y tercera representaron el 8 y 1%, respectivamente, de la producción total. C-rojo con P0 (T6) también fue el más rendidor en estas dos categorías (Figura 5).

### Número de frutos

El número de frutos de pimentón en las categorías comercial, extra, primera y descarte, bajo los tres ambientes, presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p<0,05$ ); mientras que no se presentó diferencias en producción total, segundas y terceras. El mayor promedio aritmético de frutos total se obtuvo en protegido-2013 con 7,0 frutos por planta, lo cual superó en solo un fruto por planta a los obtenidos en campo abierto-2013 (6,3 frutos) y protegido-2014 con 6,5 frutos (Figura 6).



**Figura 6.** Número de frutos por planta de las categorías total, comercial y descartes de dos híbridos de pimentón (*Capsicum annum* L.) tipo bloque, bajo tres ambientes y tres tipos de podas. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Promedios de una serie con igual letra no presentan diferencias estadísticas significativas (Kruskal Wallis, con subconjuntos homogéneos basados en significaciones asintóticas y Tukey -  $p>0,05$ ). Barras del promedio del error estándar (SE) con  $n = 5$  para tratamientos. T1 = C-amarillo con dos tallos (P2), T2 = C-amarillo con tres tallos (P3), T3 = C-amarillo sin podar (P0), T4 = C-rojo con dos tallos (P2), T5 = C-rojo con tres tallos (P3) y T6 = C-rojo sin podar (P0).

**Figure 6.** Number of fruits per plant of the total, commercial and discard categories of two block-type bell peppers (*Capsicum annum* L.) hybrids, under two environments and three types of pruning. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Averages of a series with the same letter do not present statistically significant differences (Kruskal Wallis, with homogeneous subsets based on asymptotic meanings and Tukey -  $p>0,05$ ). Average bars value of the standard error (SE),  $n = 5$  for treatments. T1 = C-yellow with two stems (P2), T2 = C-yellow with three stems (P3), T3 = C-yellow unpruned (P0), T4 = C-red with two stems (P2), T5 = C-red with three stems (P3), and T6 = C-red unpruned (P0).

Igual que para el rendimiento en los tres ambientes evaluados, el número de frutos de las categorías total y comercial, con los tratamientos T1, T2, T4 y T5, no presentaron diferencias ( $p>0,05$ ), con el menor número de frutos; mientras que el número de frutos total con plantas sin podar presentó diferencias estadísticas entre C-rojo [13,7 frutos planta<sup>-1</sup> (T6)] y C-amarillo [7,6 frutos planta<sup>-1</sup> (T3)] en campo abierto-2013. En general, con base en el promedio de todos los tratamientos para los dos ambientes protegidos, el número de frutos comercial no presentó diferencias. La mayor cantidad se obtuvo con T3 y T6, pero T6 fue mayor y diferente estadísticamente en los tres ambientes (Figura 6).

El mayor número de frutos de la categoría descarte fue el componente principal en los menores rendimientos del peso fresco presentados bajo el ambiente campo abierto-2013 (3,1 frutos por planta), representando el 49 % del total, seguido por protegido-2013 con 1,1 frutos que conformó el 14 %. Se presentaron diferencias (Kruskal Wallis  $p<0,05$ ) entre el ambiente campo abierto y los protegidos. Los mayores descartes se dieron en los dos híbridos con T3 y T6, seguido de T2 y T5, sin importar el ambiente de cultivo (Figura 6).

Igual que en el rendimiento, el número de frutos extra y primera no presentó diferencias estadísticas bajo el ambiente protegido y el menor valor se presentó en campo abierto-2013. C-rojo sin podar (T6), en protegido-2013, produjo el mayor número de frutos de primera (2,9 frutos por planta), mientras que T6 en campo abierto-2013 presentó en promedio 1,7 frutos por planta, sin presentar diferencias ( $p>0,05$ ) con los obtenidos en condiciones protegidas. Los híbridos podados a dos y tres tallos (T1, T2, T4 y T5), bajo los tres ambientes, tampoco presentaron diferencias (Figura 7).

En las categorías segunda y tercera (datos no mostrados) no se presentaron diferencias estadísticas entre los ambientes ( $p>0,5$ ), lo que indica la falta de adaptación de los híbridos al crecimiento bajo el ambiente protegido. Similar a las otras categorías, C-rojo con T6 obtuvo el mayor número de frutos por planta, mientras que los dos híbridos con T1, T2, T4 y T5 en las tres condiciones, no presentaron diferencias significativas ( $p>0,05$ , Figura 7).

### **Distribución de la cosecha de frutos**

Sin importar el tipo de poda, las plantas concentraron su mayor producción promedio aritmética entre el segundo y tercer mes después de iniciar la cosecha (Figura 8).

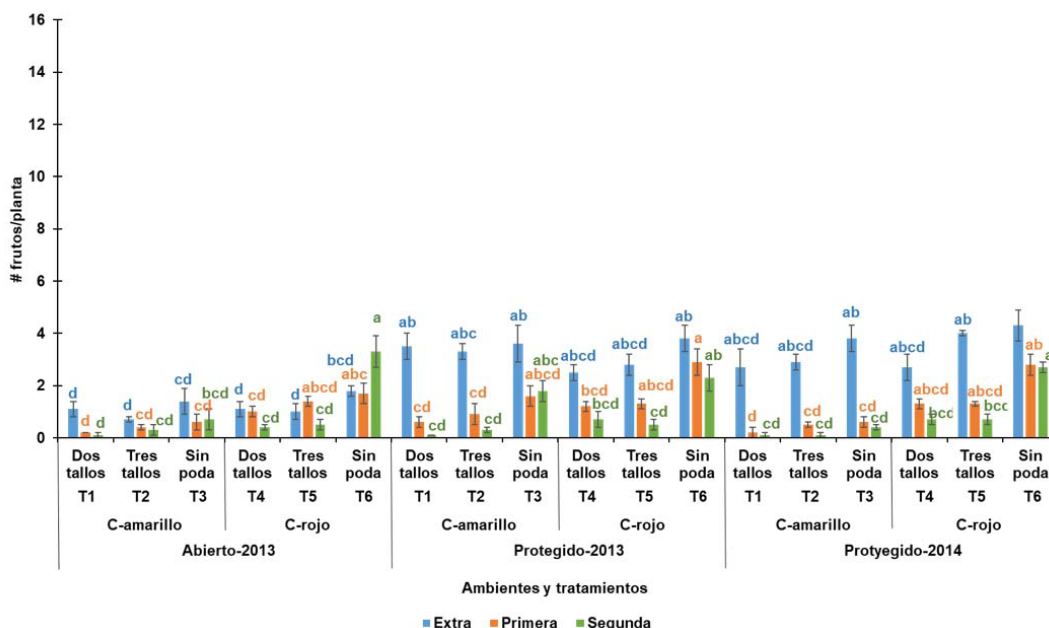
Bajo los tres ambientes, C-amarillo con T3 obtuvo su mayor rendimiento en el tercer mes, mientras que C-rojo con T6 lo superó durante la mayoría de los otros meses de cosecha (Figura 8).

Podar los híbridos a dos y tres tallos, no mostró tendencias en los rendimientos bajo los tres ambientes. Mientras en protegido, C-amarillo podado a dos tallos (T1) superó en el segundo y tercer mes al C-rojo (T4), en los otros meses T4 superó a T1. En campo abierto-2013, C-amarillo (T1) también superó a C-rojo (T4) en el tercero y cuarto mes de producción. En cuanto a los podados a tres tallos (T2 y T5), su comportamiento tampoco mostró tendencias, en algunos meses fue superior T2 y en otros T5 (Figura 8). Para estos híbridos, bajo las condiciones evaluadas, no se podría establecer un manejo que permita concentrar la cosecha a partir de las podas, con el fin de planear la temporalidad de la producción para no generar una sobreoferta de pimentón.

### **Incidencia fitosanitaria**

Los mayores porcentajes de incidencia de plagas y enfermedades se presentaron en protegido-2013 sin afectar los rendimientos y el número de frutos. Bajo campo abierto-2013 y protegido-2014, no se encontró una relación directa entre la presencia de plagas y enfermedades con los componentes del rendimiento (Figura 9).

En el caso de trips, su incidencia fue similar bajo los dos ambientes de cultivo en el 2013. Sus variaciones durante el ciclo se debieron a los manejos implementados. La mayor incidencia coincidió con los valores altos



**Figura 7.** Número de frutos por planta de las categorías extra, primera y segunda de dos híbridos de pimentón (*Capsicum annuum* L.) tipo bloqu bajo tres ambientes y tres tipos de podas. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Promedios de una serie con igual letra no presentan diferencias estadísticas significativas (Kruscall Wallis, con subconjuntos homogéneos basados en significaciones asintóticas y Tukey -  $p>0,05$ ). Barras del promedio del error estándar (SE) con  $n = 5$  para tratamientos. T1 = C-amarillo con dos tallos (P2), T2 = C-amarillo con tres tallos (P3), T3 = C-amarillo sin podar (P0), T4 = C-rojo con dos tallos (P2), T5 = C-rojo con tres tallos (P3) y T6 = C-rojo sin podar (P0).

**Figure 7.** Number of fruits per plant of the extra, I and II categories of two block-type bell pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrids, under two environments and three types of pruning. Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

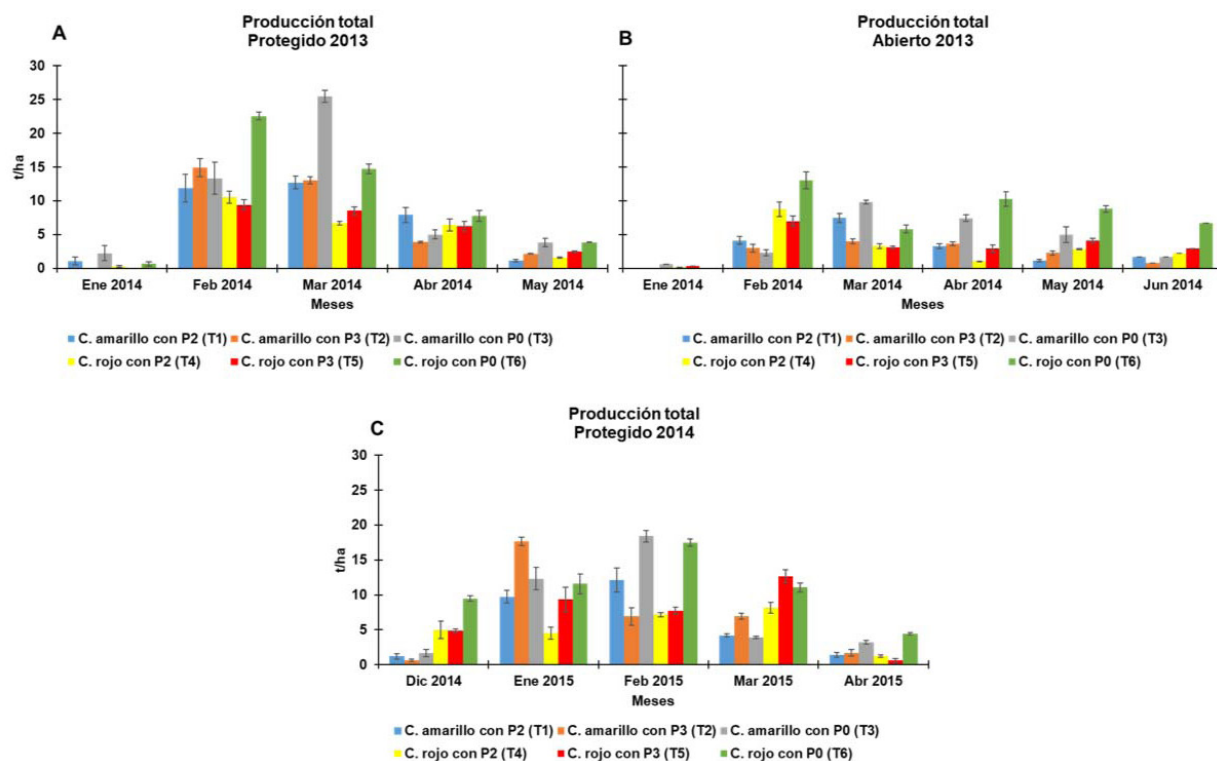
Averages of a series with the same letter does not present significant statistical differences (Kruscall Wallis, with homogeneous subsets based on asymptotic meanings and Tukey -  $p>0,05$ ). Average bars value of the standard error (SE),  $n = 5$  for treatments. T1 = C-yellow with two stems (P2), T2 = C-yellow with three stems (P3), T3 = C-yellow unpruned (P0), T4 = C-red with two stems (P2), T5 = C-red with three stems (P3), and T6 = C-red unpruned (P0).

de humedad relativa. En protegido-2014, trips y áfidos no superaron el 25 %. La presencia de áfidos en campo abierto-2013 y protegido-2013 no fue significativa (Figura 3 y 9A).

Los ácaros se presentaron con mayor incidencia en el ambiente protegido-2014 a los 120 días después del trasplante (ddt), luego estuvo por debajo del 25 %. En protegido-2013, la incidencia fue mayor y cambiante durante todo el ciclo, con picos que no coincidieron con altas o bajas de temperatura o humedad relativa. La presencia de *Copitarsia* sp durante todo el ciclo fue baja en los tres ambientes (Figura 3 y 9B).

En campo abierto no se encontraron enfermedades limitantes para el cultivo, mientras que bajo el ambiente protegido se presentó cenicilla con alta incidencia. Al microscopio se observaron estructuras compatibles con el hongo *Oidiopsis* sp, cuyo estado sexual es *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. El patógeno se observó a partir de los 112 y 139 ddt para protegido-2013 y 2014, respectivamente. En protegido-2014 bajó a partir de los 139 días hasta el final del ciclo, mientras que en protegido-2013 se mantuvo alta sin afectar la producción (Figura 9C).

El plan de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), para el ambiente protegido, requirió más aplicaciones que en campo abierto. Se realizaron 26 aplicaciones en campo abierto-2013, 47 en protegido-2013 y 55 en protegido-2014 de insecticidas y fungicidas. En campo abierto-2013 solo se realizaron dos aplicaciones de fungicidas (Mancozeb [800 g kg<sup>-1</sup>] y Fosetil aluminio [800 g kg<sup>-1</sup>]) y 24 de insecticidas: nueve con una mezcla de



**Figura 8.** Producción total mensual acumulada de frutos de dos híbridos de pimentón (*Capsicum annuum* L.), tipo bloque (amarillo y rojo), bajo tres ambientes y tres tipos de poda. A. Producción total mensual en el ambiente protegido-2013. B. Producción total mensual en campo abierto-2014. C. Producción total mensual en protegido-2014. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

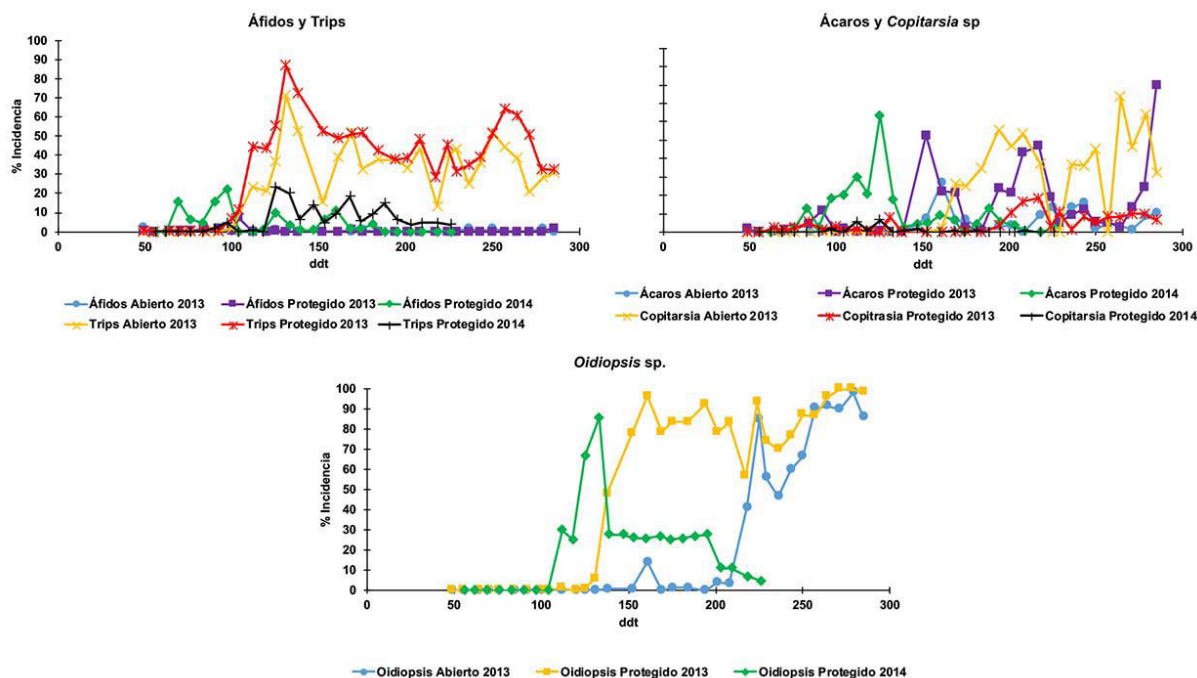
Barras del promedio del error estándar (SE) con promedio de  $n = 3$ . T1 = C-amarillo con dos tallos (P2), T2 = C-amarillo con tres tallos (P3), T3 = C-amarillo sin podar (P0), T4 = C-rojo con dos tallos (P2), T5 = C-rojo con tres tallos (P3) y T6 = C-rojo sin podar (P0).

**Figure 8.** Total monthly accumulated production of two block-type bell pepper (*Capsicum annuum* L.), hybrids (yellow and red) under three environments and three types of pruning. A. Total monthly production in the protected environment-2013. B. Total monthly production in open field-2014. C. Total monthly production in protected-2014 Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

Average bars value of the standard error (SE), mean  $n = 3$ . T1 = C-yellow with two stems (P2), T2 = C-yellow with three stems (P3), T3 = C-yellow unpruned (P0), T4 = C-red with two stems (P2), T5 = C-red with three stems (P3), and T6 = C-red unpruned (P0).

*Allium sativum* [54,2] - *Capsicum* spp [43,4 %] y dos con *Lecanicillium lecani* [1000 millones de conidias  $g^{-1}$ ] y *Beauveria bassiana*, los cuales se rotaron con una aplicación por producto de Spinetoram [60  $g l^{-1}$ ], Tiametoxam [25 %], Imidacloprid [35 %] y *Bacillus thuringiensis*, subesp, Kurstaki [6,4 %], entre otros.

En protegido-2013 se empearon ocho aplicaciones de fungicidas y trece de insecticidas y en protegido-2014 once de fungicidas y doce de insecticidas, realizándose de dos a cuatro aplicaciones de Chlorothalonil [720  $g l^{-1}$ ], dos a tres de Difenconazol [250  $g l^{-1}$ ] y dos de productos como Azoxistrobina [20  $g$ ] + Difenconazole [12,5  $g$ ], Mancozeb y Fosetil aluminio. Con insecticidas se realizaron de siete a once aplicaciones de *Allium sativum* y *Capsicum* spp, tres de Abamectina [80 %], Avermectina [20 %, 18  $g l^{-1}$ ], *Bacillus thuringiensis*, subesp, Kurstaki, [6,4 %]; hubo rotación con Tiametoxam, Spinetoram y un biológico con: *Lecanicillium lecani*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, y la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Las dosis aplicadas fueron las recomendadas en sus respectivas fichas técnicas.



**Figura 9.** Plagas y enfermedades con mayor incidencia en dos híbridos de pimentón (*Capsicum annuum* L.) tipo bloque (amarillo y rojo), bajo tres ambientes y tres sistemas de poda. A. Porcentaje (%) de áfidos y trips. B. % de ácaros y *Copitarsia* sp. y C. % de *Oidiopsis* sp. ddt (días después de trasplante). Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

**Figure 9.** Greater incidence of pests and diseases in two block-type bell pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrids (yellow and red), under three environments and three pruning systems. A. Aphids and thrips percentage (%). B. % of mites and *Copitarsia* sp. and C. % of *Oidiopsis* sp. ddt (days after transplant), Research Center La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia, 2013-2014.

## Discusión

Los mayores rendimientos y número de frutos de los híbridos de pimentón se observaron bajo los dos ambientes protegidos, aunque en las categorías primera, segundas y terceras del peso fresco y en las totales, segundas y terceras del número de frutos, no superaron los valores de campo abierto-2013, lo que demuestra una baja adaptabilidad de los híbridos en el ambiente protegido. Este comportamiento puede estar relacionado con lo planteado por Erickson y Markhart (2002) y Lozano et al. (2018), sobre la sensibilidad del género *Capsicum* a las altas temperaturas que se alcanzan bajo la cubierta plástica, que afecta el desarrollo de las flores en su etapa de meiosis y que, al no completarse, produce esterilidad; sumado a la reducción en las concentraciones de azúcares reductores en estas estructuras y al incremento en la producción de etileno, acompañado, según Villa-Castorena et al. (2003), de un efecto osmótico exagerado, debido al incremento de sales y fertilizantes presentes en el suelo, al combinarse con las altas temperaturas. Las diferencias de temperatura máxima entre el ambiente protegido y el natural de este experimento estuvieron en más de ocho grados y el promedio en más de uno, combinado con los niveles altos de nutrientes en el suelo y el afloramiento de sales.

Bajo los tres ambientes evaluados, los dos híbridos alcanzaron los mayores rendimientos en las plantas sin podar, resultados similares obtuvieron, por un lado, Singh y Kaur (2018) con pimentones tipo bloque de color amarillo y rojo, bajo condiciones protegidas con techo plástico, debido al mayor número tallos, que generan más

área foliar, capaz de producir fotosintatos empleados para el llenado de los frutos; y por el otro, Mussa y Shinichi (2019), quienes también encontraron los mayores rendimientos en plantas sin podar, al combinar tratamientos de densidades de siembra y podas. Además, a nivel económico, Jovicich et al. (2003) determinaron que el no podar, genera un ahorro del 25 % en mano de obra.

Al disminuir a dos y tres el número de tallos en las podas, se ocasionó una menor interceptación de la luz solar, debido a un menor índice de área foliar, lo que explica los bajos rendimientos. Resultados similares reportaron Alsadon et al. (2013), Maniutiu et al. (2010), Onis et al. (2001) y Thakur et al. (2018b), con tratamientos de podas a uno, dos y tres tallos, bajo diferentes condiciones ambientales de desarrollo del cultivo y en los túneles plásticos.

Las plantas de los híbridos C-amarillo y C-rojo bajo los tres ambientes evaluados, con podas a dos y tres tallos, no aumentaron la producción de frutos de mayor tamaño (tipo extra) y sus rendimientos totales fueron inferiores a las plantas sin podar, contrario a los resultados de Awalin et al. (2017), Urrestarazu et al. (2002) y Thakur et al. (2018a; 2018b), quienes encontraron frutos pequeños y menores rendimientos al no realizar podas.

Los mayores descartes se dieron en el ambiente campo abierto-2013, en plantas sin podar, seguido de las podadas a tres tallos; estos resultados fueron similares a los encontrados por Zrubecz y Tóth (2008), quienes en plantas sin podar encontraron una producción mayor de fruta de descarte.

De acuerdo con la distribución de las cosechas para estos híbridos, bajo las condiciones evaluadas, podar a dos y tres tallos no produjo la concentración de la producción de frutos con el fin de planear su temporalidad y evitar una sobreoferta de pimentón que afecte su precio en el mercado, tampoco indujo a una cosecha precoz ni a un mayor tamaño y uniformidad de frutos; en contradicción a lo afirmado por Casilimas et al. (2012), Langlé (2011), Maniutiu et al. (2010), Thakur et al. (2018a), Thakur et al. (2018b) y Urrestarazu et al. (2002).

Las mayores incidencias de plagas y enfermedades se presentaron bajo los ambientes protegidos, debido al microclima con altas temperaturas y humedades, generado por el techo plástico, igual que lo reportado por Mussa y Shinichi (2019). El manejo integrado empleado durante el ciclo del cultivo disminuyó su efecto adverso sobre los rendimientos, pero se empleó un mayor número de aplicaciones de fungicidas e insecticidas en comparación con las realizadas en el ambiente campo abierto o a libre exposición.

## Conclusiones

Las mayores producciones de los híbridos de pimentón se obtuvieron bajo el ambiente protegido, aunque algunas categorías no superaron el peso y número de frutos de campo abierto, lo que mostró que sembrar bajo cubierta con techo plástico, no representó una ventaja para obtener los mejores rendimientos.

Los mayores rendimientos se obtuvieron en plantas sin podar para los dos híbridos de pimentón, debido a la alta producción de follaje capaz de generar fotosintatos para el desarrollo y llenado de un mayor número de frutos.

Las podas a dos y tres tallos, en los híbridos tipo bloque amarillo y rojo, bajo los ambientes evaluadas; no se constituye en una herramienta para concentrar la cosecha, que permita planear la producción en este tipo de híbridos de pimentón.

La mayor incidencia de plagas y enfermedades se presentó en los ambientes protegidos con techo plástico, debido al microclima con altas temperaturas y humedades que se genera, por lo que requirió un mayor número de aplicaciones de fungicidas e insecticidas para su manejo.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a los investigadores Paula Andrea Aguilar, Luisa Fernanda Zuluaga y Luis Felipe Montoya Munera por su aporte técnico en el desarrollo de la investigación. A la

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) colombiano, por apoyar logística y financieramente el proyecto.

## Referencias

- Agronet (2020). *Base agrícola EVA 2007-2019*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>
- Alsadon, A., Mahmoud, W., Hesham, A. R., & Abdullah, I. (2013). Effects of pruning systems on growth, fruit yield and quality traits of three greenhouse-grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 7(9), 1309–1316. [http://www.cropj.com/alsadon\\_7\\_9\\_2013\\_1309\\_1316.pdf](http://www.cropj.com/alsadon_7_9_2013_1309_1316.pdf)
- Álvarez, F., & Pino, M. T. (2018). Aspectos generales del manejo agronómico del pimiento en Chile (Capítulo 3) En M. T. Pino, A. Campos, J. Saavedra, F. Álvarez, C. Salazar, C. Hernández, & O. Zamora (Eds.), *Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes* (pp. 41–58). Instituto de Investigaciones Agropecuarias <http://biblioteca.iniacl/medios/biblioteca/boletines/NR40850.pdf>
- Awalin, S., Shahjahan, M., Roy, A., Akter, A., & Kabir, M. (2017). Response of bell pepper (*Capsicum annuum*) to foliar feeding with micronutrients and shoot pruning. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 11(3), 1–8. <https://doi.org/10.9734/JAERI/2017/31620>
- Casilimas, H., Monsalve, O., Bojacá, C. R., Gil, R., Villagrán, E., Arias, L. A., & Fuentes, L. S. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. [http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/manual\\_pimenton/files/assets/common/downloads/Manual%20de%20producci.pdf](http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/manual_pimenton/files/assets/common/downloads/Manual%20de%20producci.pdf)
- Erickson, A. N., & Markhart, A. H. (2002). Flower developmental stage and organ sensitivity of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) to elevated temperature. *Plant, Cell and Environment*, 25(1), 123–130. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00807.x>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020, July). *FAOSTAT data crops*. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2<sup>nd</sup> Ed.). Jhon Wiley & Sons. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAR208.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAR208.pdf)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2007). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras*. Departamento de Antioquia. <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-imageviewer.pl?biblionumber=6777>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (1992). *Fertilización en diversos cultivos: quinta aproximación*. Repositorio de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/14124>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2001). *Norma técnica colombiana NCT 3634-1, Frutas y hortalizas frescas, Pimentón. I. C. S.: 67.080.20*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Jovicich, E., Cantliffe, D. J., & Stoffella, P. J. (2003). “Spanish” pepper trellis system and high plant density can increase fruit yield, fruit quality, and reduce labor in a hydroponic, passive-ventilated greenhouse. *Acta Horticulturae*, 614, 255–262. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.614.37>
- Langlé, L. (2011). *Respuesta del chile huacle (Capsicum spp.) a diferentes densidades de plantación y podas bajo manejo intensivo en invernadero* [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio del Instituto Politécnico Nacional. [http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER\\_CIIDIROAX/270](http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/270)

- Lozano, J., Orozco, L. F., & Montoya, L. F. (2018). Effect of two environments and fertilization recommendations on the development and production of bell pepper (cv. Nathalie). *Acta Agronómica*, 61(1), 101–108. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.64739>
- Maniutiu, D., Sima, R., Apahidean, A. S., Apahidean, M., & Ficior, D. (2010). The influence of plant density and shoot pruning on yield of bell pepper cultivated in plastic tunnel. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine CLUJ-Napoca - Horticulture*, 67(1), 259–263.
- Moore, K. J., & Dixon, P. M. (2015). Analysis of combined experiments revisited. *Agronomy Journal*, 107(2), 763–771. <https://doi.org/10.2134/agronj13.0485>
- Mussa, A., & Shinichi, K. (2019). Effect of planting space and shoot pruning on the occurrence of thrips, fruit yield and quality traits of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) under greenhouse conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(6), 787–792. <https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue6/PartN/7-5-182-513.pdf>
- Onis, A., López-Camelo, A. F., & Gómez, P. (2001). Efecto de la poda a dos y cuatro ramas sobre la producción de pimiento en invernáculo no calefaccionado. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(1), 5–11. <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=rfa&d=2001onisa>
- Romana, J. C. (2012). *Estadística experimental. Herramientas para investigación*. Universidad Privada de Tacna. <http://www.iiap.org.pe/upload/Transparencia/Actualizaciones%202011-2013/TRANSP632/20130129/CursoEstadistica/TEXTOS/estadisticaexperimental.pdf>
- Sativa Seed & Service. (2020). *Catálogos hortícolas profesionales 2013-2014*. <http://www.sativa.it/es/pr132-cuadrado-asti-rojo/>
- SAS Institute Inc. (2018). *SAS® 9.4* [computer program]. SAS Institute Inc.
- Singh, I., & Kaur, A. (2018). Effect of pruning systems on growth and yield traits of greenhouse grown bell pepper (*Capsicum annum* L. var. grossum). *Indian Journal of Agricultural Research*, 52(4), 414–418. <https://doi.org/10.18805/IJAR.E.A-4997>
- Thakur, O., Kumar, V., & Singh, J. (2018a). A review on advances in pruning to vegetable crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 3556–3565. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.702.422>
- Thakur, G., Singh, A. K., Patel, P., Maurya, P., & Kumar, U. (2018b). Effect of training level on growth and yield of Capsicum (*Capsicum annum* L.) hybrid buffalo under natural ventilated polyhouse. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, SPI*, 82–85. <https://www.phytojournal.com/archives/2018/vol7issue1S/PartB/SP-7-1-271.pdf>
- United Nations Economic Commission for Europe. (2017). *Unece standard FFV-28 concerning the marketing and commercial quality control of Sweet Peppers*. [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/28\\_SweetPeppers.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/standard/fresh/FFV-Std/English/28_SweetPeppers.pdf).
- Unión Europea. (2008). *Reglamento (CE) No 1221/2008 de la comisión de 5 de diciembre de 2008*. Diario Oficial de la Unión Europea. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0d4cb359-dfef-462c-bfd0-8c18f2db87ae/language-es/format-PDF>.
- Urrestarazu, G., M., Castillo, J. E., & Salas, M. C. (2002). *Cultivo de pimiento: técnicas culturales y calidad*. Interempresas. <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/67517-Cultivo-de-pimiento-tecnicas-culturales-y-calidad.html>
- Villa-Castorena, M., Ulery, A. L., Catalan-Valencia, E. A., & Remmenga, M. D. (2003). Salinity and nitrogen rate effects on the growth and yield of chile pepper plants. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 1781–1789. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1781>

Zrubecz, P., & Tóth, F. (2008). The effect of pruning on fruit quality composition and on the economic loss caused by *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in greenhouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *North-Western Journal of Zoology*, 4(2), 282–294. [https://www.researchgate.net/publication/228643843\\_The\\_effect\\_of\\_pruning\\_on\\_fruit\\_quality\\_composition\\_and\\_on\\_the\\_economic\\_loss\\_caused\\_by\\_Frankliniella\\_occidentalis\\_Pergande\\_in\\_greenhouse\\_sweet\\_pepper\\_Capsicum\\_annuum\\_L](https://www.researchgate.net/publication/228643843_The_effect_of_pruning_on_fruit_quality_composition_and_on_the_economic_loss_caused_by_Frankliniella_occidentalis_Pergande_in_greenhouse_sweet_pepper_Capsicum_annuum_L)