



COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y RENTABILIDAD DE HÍBRIDOS DE *Capsicum annuum* L. CV. ANCHO SAN LUIS CULTIVADOS EN CAMPO ABIERTO EN PERÚ

AGRONOMIC PERFORMANCE AND PROFITABILITY OF HYBRIDS OF *Capsicum annuum* L. CV. ANCHO SAN LUIS GROWN IN OPEN FIELD IN PERU

Dimas Taco-Huancara^{1a}, Laydy Mitsu Mena-Chacon^{1b*} y Luis Antonio Baltazar Zegarra-Aymara^{1c}

^{1a} Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Agronomía. Urb. Aurora s/n, Arequipa, Perú
<https://orcid.org/0009-0007-2033-5413>

^{1b} Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Agronomía. Urb. Aurora s/n, Arequipa, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-9364-7801>

^{1c} Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Agronomía. Urb. Aurora s/n, Arequipa, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-6215-2099>

* Autor para correspondencia: lmenach@unsa.edu.pe

RESUMEN

La hibridación juega un papel crucial en la producción de *Capsicum annuum*, cv. Ancho San Luis. Sin embargo, se requiere de análisis comparativos para identificar aquellos híbridos que responden mejor en términos de productividad y calidad bajo condiciones específicas. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento agronómico y rentabilidad de cinco híbridos de *C. annuum* cv. Ancho San Luis, en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú. Los híbridos evaluados (Supernova, Almirante, Alteño, Sargento y Conquistador) se distribuyeron bajo un diseño de bloques completamente aleatorizados. Se evaluó altura de la planta (cm), largo final de raíz (cm), número de botones florales, número de frutos, incidencia de escaldado (%), calibre (largo y ancho en cm, peso en g), color (°ASTA), concentración total de pigmentos carotenoides (C_{TP}), pungencia (SHU), rendimiento y rentabilidad. El análisis de los resultados fue realizado a través de los modelos lineales mixtos, prueba de comparaciones múltiple LSD-Fisher y correlación de Pearson, a un nivel de significancia de 95% (p-valor<0,05). Sargento presentó los frutos con mayor calibre comercial (22,64 g), con una baja incidencia de escaldado (0,38% por planta). Por el contrario, Supernova presentó los frutos con menor calibre comercial (15,05 g), pero éstos cumplieron con los parámetros de exportación. El mayor número de frutos por planta fue obtenido por Supernova, siendo el híbrido más rentable (2,07%). Se concluye que es necesario continuar con la búsqueda de híbridos que superen la calidad y rentabilidad de Supernova bajo las condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú.

Palabras clave: Chile, ají ancho, rendimiento, horticultura, manejo de cultivo, crecimiento.

ABSTRACT

Hybridization plays a crucial role in the production of *Capsicum annuum*, cv. Ancho San Luis. However, identifying hybrids with higher productivity and fruit quality under specific conditions requires comparative analyses. The objective of this study was to evaluate the agronomic performance and profitability of five hybrids of *C. annuum* cv. Ancho San Luis under open field conditions in Arequipa, Peru. The evaluated hybrids (Supernova, Almirante, Alteño, Sargento, and Conquistador) were distributed in a completely randomized block design. Plant height (cm), final root length (cm), number of flower buds, number of fruits, scald incidence (%), fruit size (length and width in cm, weight in g), color ($^{\circ}$ ASTA), total carotenoid pigment concentration (C_{TP}), pungency (SHU), yield and profitability were evaluated. The results were analyzed using linear mixed models, LSD-Fisher multiple comparisons test and Pearson's correlation, at a significance level of 95% (p-value<0.05). Sargento produced the fruits with the largest commercial size (22.64 g), with a low incidence of scalding (0.38% per plant). Conversely, Supernova presented fruits with the smallest commercial size (15.05 g), but they met export parameters. The highest number of fruits per plant was obtained by Supernova, being the most profitable hybrid (2.07%). It is concluded that it is necessary to continue the search for hybrids that surpass the quality and profitability of Supernova under open field conditions in Arequipa, Peru.

Key words: Pepper, ancho-type pepper, yield, horticulture, crop management, growth.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se cultivan 1,7 millones de ha de hortalizas del género *Capsicum* en todo el mundo (FAOSTAT, 2023); dentro de este género, se encuentra *Capsicum annuum* L. cuyos frutos presentan un alto contenido de vitaminas A, C, carotenoides, flavonoides, compuestos antioxidantes y capsaicinoides (Orellana-Escobedo et al., 2012; López et al. 2019; Choi et al. 2023), propiedades que le confieren, además de su uso como especia, gran potencial farmacológico (Orellana-Escobedo et al., 2012; Baenas et al., 2019; Zhang et al., 2023). Se ha reportado que los cultivares de *C. annuum* más sembrados en Perú son pimiento dulce, pimiento nativo, pimentón, Ancho San Luis (ají ancho), paprika, rocoto y piquillo, con una producción total de 27 749,69 t año⁻¹ (FAOSTAT, 2023) provenientes principalmente de Tacna (12 417 t año⁻¹), Lima (4 507,40 t año⁻¹) e Ica (3 800,74 t año⁻¹) (MIDAGRI, 2021) con un valor de exportación Free On Board - FOB de USD\$ 50124912,00 para el 2020 (SIICEX, 2023). Los reportes nacionales indican que el híbrido del cv. Ancho San Luis "Supernova" es el más sembrado en las zonas áridas de Ica y Arequipa (GRAA, 2021); sin embargo, los productores locales refieren daños de escaldaduras y golpes de sol que merman la calidad de los frutos. Una de las principales estrategias para mejorar la calidad comercial de los frutos es el uso de híbridos con alto potencial de rendimiento y adaptación a condiciones ambientales específicas y uniformidad de frutos (Zewdie y Bosland, 2000; Welbaum, 2015; Mora et al., 2018; Sreenivas et al., 2020; Krishna et al., 2021; Naves et al., 2022).

La investigación del desempeño de híbridos en condiciones de campo abierto permite un análisis comparativo de su rendimiento y otras características agronómicas (Mora et al., 2018; Holguín-Burgos et al., 2022) que ayudan a identificar aquellos que responden mejor en términos de productividad y calidad de fruto (Rodrigues et al., 2007; Nkansah et al., 2017). Esta investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento agronómico, productividad y rentabilidad de diferentes híbridos de *C. annuum* cv. Ancho San Luis, en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la parcela agrícola D2-2 de la Irrigación Majes, provincia Caylloma, región Arequipa, Perú (coordenadas UTM 18S 801587.8 8192563.7, altitud 1420 msnm), durante el periodo abril - noviembre del 2021. La temperatura media mensual fue de 17,39 °C (mínima 11,45 °C y máxima 25,58 °C), humedad relativa 42,38% y 16,86 mm de precipitaciones (SENAMHI, 2023). Las propiedades fisicoquímicas del suelo previo al ensayo fueron: clase textural franco arenoso (75,6% arena, 22% limo y 2,4% arcilla), pH 6,67, conductividad eléctrica 2,87 dS m⁻¹, CO₃Ca 1,12%, materia orgánica (MO) 2,08%, N disponible 0,194%, P 18,3 ppm, K₂O 189 ppm, capacidad de intercambio catiónico (CIC) 22,182 cmol kg⁻¹, Ca 18,6 cmol kg⁻¹, Mg 1,89 cmol kg⁻¹ y Na 1,26 cmol kg⁻¹, determinados mediante los métodos del triángulo textural del sistema USDA, potenciómetro (Hanna, HI9126, UE) en relación suelo/agua 1:1, conductímetro (Hanna,

HI993310, USA) en extracto de suelo saturado, neutralización ácida, Walkley-Blac, micro-Kjeldahl, Olsen modificado, espectrofotometría con extracción por acetato de amonio, saturación con acetato de amonio, titulación de Ca^{+2} y Mg^{+2} con EDTA, y espectrofotometría de emisión (fotómetro de llama), respectivamente, siguiendo la metodología descrita por Bazán (2017).

Se evaluaron cinco híbridos de *C. annuum*, cv. Ancho San Luis: Supernova (control), Almirante, Alteño, Sargento y Conquistador, los cuales se distribuyeron bajo un diseño de bloques completamente aleatorizados con cinco repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 38 plantas.

Los plantines fueron preparados por 45 días en vivero y se trasplantaron a campo el 10 de abril previa aplicación de tiofanato metilo + thiram (2%), extracto de *Ecklonia maxima* (3%) y ácido fosfórico (0,01%). El sistema de plantación fue a dos hileras por surco con una densidad de 55 555 plantas ha^{-1} (0,20 m entre plantas y 1,8 m entre surcos) y sistema de tutorado con malla. Con la finalidad de no agotar las reservas nutritivas del suelo y simular un manejo comercial de acuerdo a las etapas fenológicas del cultivo, se aplicó fertilización vía fertirriego (N 385,8 kg ha^{-1} ; P 168,1 kg ha^{-1} ; K 394,0 kg ha^{-1} ; Ca 58,9 kg ha^{-1} ; Mg 48,3 kg ha^{-1}). El riego fue diario con un tiempo promedio de 30 minutos en la etapa de crecimiento y 2 horas en fructificación y llenado de fruto. El control de malezas fue manual a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, con presencia predominante de bleado (*Amaranthus spp.*), pata de pajarito (*Cynodon dactylon*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), liccha (*Chenopodium sp.*) y verdolaga (*Portulaca oleracea*). El manejo fitosanitario se basó en el control químico, previo monitoreo. Para la cosecha, se colectaron manualmente frutos de color rojo intenso, punta arrugada o "punta de zapato" y de consistencia flácida. Posteriormente los frutos se colocaron en un secadero de plástico tipo túnel de 3 m de ancho, 15 m de largo y 1 m de alto.

La altura de planta desde la base del tallo principal hasta el ápice de la hoja más alta (cm), largo final de la raíz principal (cm), número de botones florales por planta y número de frutos por planta se evaluaron semanalmente. Para la determinación del largo de la raíz al término del ensayo, se extrajo la masa radical de la planta con cuidado de no dañarla, se enjuagó con abundante agua y posteriormente se extendió en una superficie plana para medirla. Adicionalmente se determinó el porcentaje de frutos escaldados acumulados por planta. La calidad comercial se evaluó en 150 frutos por tratamiento en los que se determinó el calibre antes y después del secado (largo y ancho en cm), color en °ASTA medido

por espectrofotometría en frutos secos (Martínez-Girón y Ordóñez-Santos, 2015), concentración total de pigmentos carotenoides en frutos secos (C_{TP}) en base a los °ASTA (Pérez-Gálvez et al., 2004), pungencia en base a la escala Scoville en frutos secos (Scoville heat units - SHU) (Scoville, 1912) y peso seco del fruto (g). Los frutos se clasificaron según los parámetros de calidad para la exportación especificados en la NTP 012.800:2021 (INACAL, 2021): categoría primera (mínimo 9 cm de largo y 6 cm de ancho, sanos, enteros, con coloración uniforme), segunda (menos de 9 cm largo y 6 cm de ancho, sanos, enteros y con decoloraciones no mayores al 20%) y descarte (frutos con daños fitosanitarios, mecánicos y/o deformes). El rendimiento se determinó en base al peso seco de los frutos de categoría primera y segunda (t ha^{-1}). El análisis de rentabilidad se estimó en base a los ingresos netos (IN) y los costos de producción (CP), donde $\text{IN}/\text{CP} > 1$ indica que el cultivo es rentable; $\text{IN}/\text{CP} = 1$, sin margen de ganancias; y, $\text{IN}/\text{CP} < 1$, el cultivo no es rentable. El precio de venta establecido para el análisis de rentabilidad fue de USD \$4,00 kg^{-1} para la categoría primera y de USD \$2,00 kg^{-1} para los frutos de categoría segunda.

Para la verificación de los supuestos de los análisis de estadística paramétrica se utilizaron los test de Shapiro-Wilk, Levene y Durbin-Watson. El análisis de los resultados fue realizado a través de los modelos lineales mixtos y prueba de comparaciones múltiple LSD-Fisher. Adicionalmente se determinó la correlación de Pearson entre las características de la planta (altura de planta, largo de raíz, número de botones florales y frutos) y el rendimiento. En todos los casos, el nivel de significancia fue de 95% ($p\text{-valor} < 0,05$). Los análisis se realizaron en el software estadístico R (R Core Team, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos evaluados cumplieron con los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianzas (Levene) e independencia de los residuos (Durbin-Watson), requeridos para el análisis de estadística paramétrica.

Comportamiento agronómico

La altura de planta registrada para Supernova fue marcadamente inferior en todas las fechas evaluadas, con una tasa de crecimiento semanal de 5,39 cm hasta la semana 8 y de 0,46 cm entre la semana 9 y 24 (Fig. 1). Este bajo vigor vegetativo se relacionó favorablemente con el crecimiento longitudinal de sus raíces (26,96 cm), el cual significativamente mayor al de los

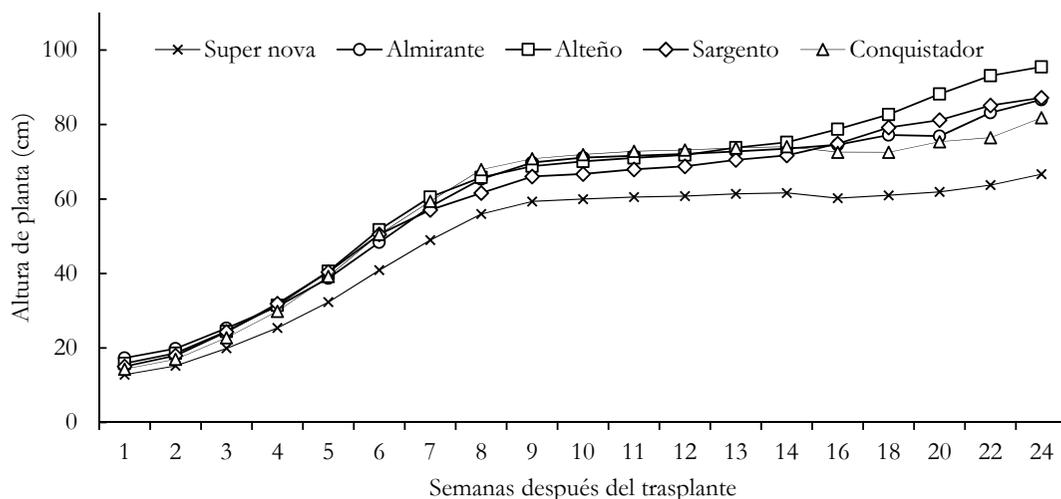


Fig. 1. Altura de planta de cinco híbridos de *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis, en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú.

Fig. 1. Plant height of five hybrids of *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis under open field conditions in Arequipa, Peru.

híbridos Almirante (23,33 cm), Sargento (22,06 cm), Conquistador (24,18 cm), y Alteño (24,18 cm) ($p < 0,05$).

En general, el número de botones florales aumentó paulatinamente hasta la semana nueve, momento en el que se registró el máximo valor (Fig. 2). Supernova se caracterizó por el desarrollo de botones florales dos semanas antes que el resto de tratamientos (datos no publicados), lo que se tradujo en una floración y maduración de frutos más temprana; la cosecha de Supernova se realizó en la semana 21 después del trasplante. En Conquistador y Almirante la cosecha se realizó en la semana 23; Alteño y Sargento fueron cosechados en la semana 25, siendo los tratamientos más tardíos.

En la semana 14 luego del trasplante, Almirante registró 28 frutos por planta, superando significativamente al resto de híbridos evaluados; sin embargo, presentó un descenso significativo en posteriores evaluaciones, siendo superado por Supernova desde la semana 17 ($p < 0,05$). En la última evaluación (semana 21 luego del trasplante), Supernova y Almirante presentaron 8,6 frutos por planta, con diferencia significativa respecto al resto de híbridos (5,9 frutos por planta) ($p < 0,05$) (Fig. 3). Esta diferencia fue consistente con el número de frutos acumulados desde la semana 13 hasta la 21: Supernova (142 frutos por planta) y Almirante (140 frutos por planta) registraron significativamente más frutos por planta que Conquistador (111 frutos por planta), Alteño (110 frutos por planta) y Sargento (103 frutos por planta). Las diferencias

en la cantidad final de frutos podrían deberse a características fisiológicas y requerimientos de manejo agronómico de cada híbrido, las cuales repercuten sobre el cuajado y caída de frutos. Cruz et al. (2019) encontraron que el desarrollo de la planta y número de frutos fueron afectados por el distanciamiento entre plantas, donde a mayor distanciamiento se encontró un mayor cuajado, en comparación de menor distanciamiento entre plantas donde hubo competencia y formación de microclimas que provocó caída de frutos cuajados. Pese a que Camposeco-Montejo et al. (2021) no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de ocho híbridos de chile habanero (*C. chinense* L.), Ortega et al. (2022) refirieron que el tamaño, peso de fruto y rendimiento varió significativamente entre tres híbridos de *C. annuum* (E20L.30100, Tandara y Macantro). Por su parte, Rodrigues et al. (2007) reportaron tamaños de frutos entre 10,2 a 11,9 cm de largo y 4,8 a 5,6 cm de ancho para cinco híbridos de *C. annuum* con diferencias significativas entre ellos. Así también, en el estudio realizado por Silva et al. (2013) en el Valle de Azapa, Chile, en condiciones de clima árido y campo abierto, encontraron diferencias significativas en tamaño de planta y peso de frutos en 5 híbridos del cultivar Cuatro Cascos; sin embargo, al comparar híbridos del cultivar Trompito no obtuvieron diferencias. Esta variabilidad de respuestas en las características agronómicas a nivel de especies e híbridos evidencia la necesidad de seleccionar el material genético adecuado para las condiciones específicas de una zona productiva a

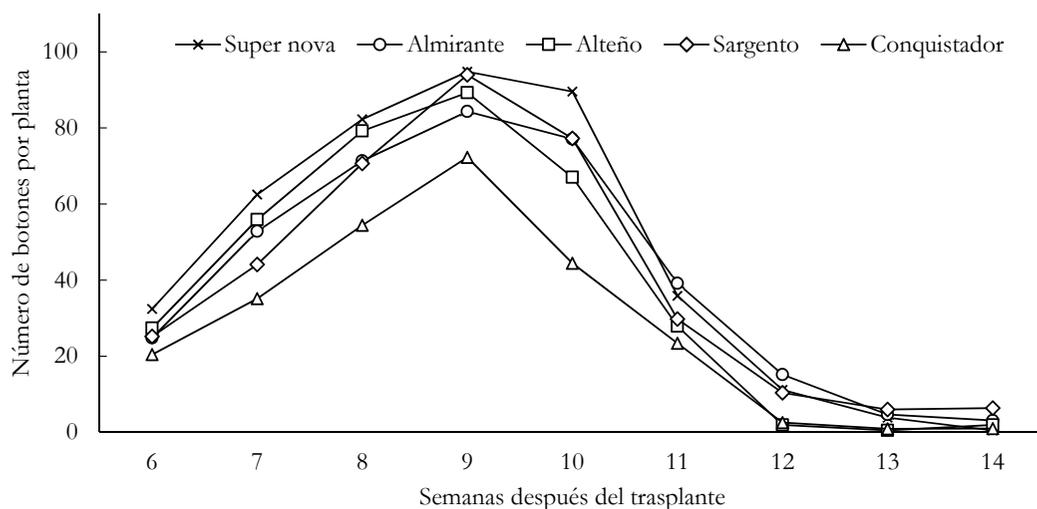


Fig. 2. Número de botones florales por planta en cinco híbridos de *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis, en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú.

Fig. 2. Number of flower buds per plant in five hybrids of *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis under open field conditions in Arequipa, Peru.

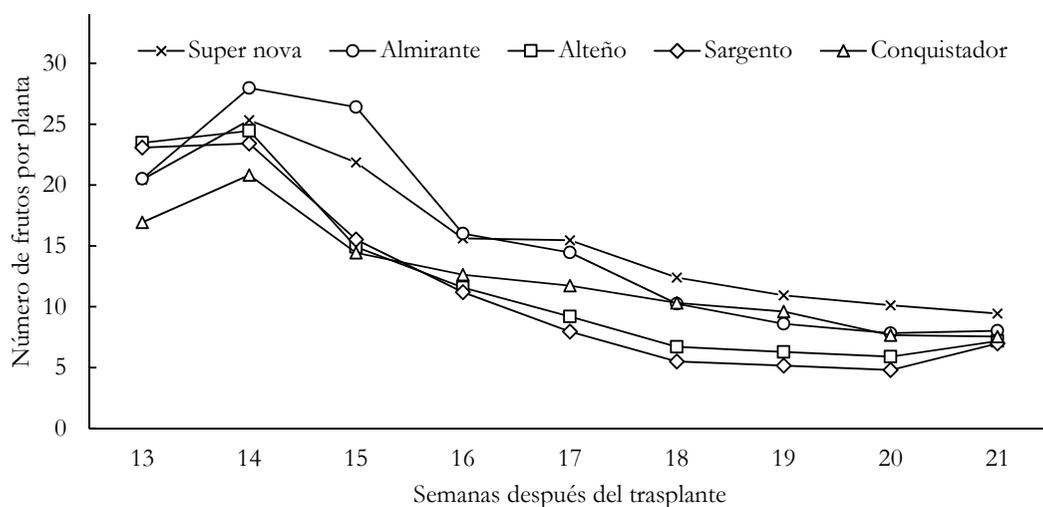


Fig. 3. Número de frutos por planta en cinco híbridos de *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis, en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú.

Fig. 3. Number of fruits per plant in five hybrids of *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis under open field conditions in Arequipa, Peru.

fin de obtener la mejor interacción en términos agronómicos del genotipo y medio ambiente. Así lo refieren Bachenger et al. (2018) en el estudio de diferentes líneas de *C. annuum* provenientes de 36 países y cultivados en diferentes zonas productivas de Taiwan, Vietnam, Indonesia, Corea del Sur y Tailandia.

Se ha reportado que la acumulación de

capsaicinoides totales está determinada por el genotipo y el entorno de crecimiento (Canto-Flick et al., 2008, Camposeco-Montejo et al., 2021); sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los parámetros de color, C_{TP} y pungencia de los frutos (Tabla 1), que podría indicar cierto grado de homogeneidad de las características químicas entre los híbridos

Tabla 1. Características físicas y químicas de frutos comerciales (secos) de cinco híbridos de *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis, en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú**Table 1. Physical and chemical characteristics of commercial fruits (dry) of five hybrids of *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis under open field conditions in Arequipa, Peru.**

Híbrido	Calibre de fruto seco			Escaldado			
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (gr)	(% por planta)	Color (°ASTA)	CTP ⁽¹⁾ (ppm)	Pungencia (SHU)
Supernova	12,60b	5,85d	15,05c	0,74a	125a	2791,25a	317a
Almirante	12,66b	6,12c	15,07c	0,70a	160a	3572,80a	84a
Alteño	11,81c	6,41b	16,83b	0,56a	184a	4108,72a	229a
Sargento	13,74a	8,01a	22,64a	0,38b	148a	3304,84a	306a
Conquistador	12,48b	6,20bc	15,28c	0,58a	155a	3461,15a	486a

⁽¹⁾ CTP: Concentración total de pigmentos carotenoides = 22,33 × ASTA. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. LSD-Fisher (p-valor<0,05).

estudiados. Si bien la escala SHU se usa para determinar el picor de los pimientos, el cual depende de la concentración de capsaicina y dihidrocapsaicina (Orellana-Escobedo et al., 2012), existen otros compuestos volátiles, nutricionales y características físicas que varían entre híbridos. Los morfotipos de los frutos de los cinco híbridos se aprecian en la Fig. 4, donde resalta el híbrido Sargento por el mayor tamaño de frutos antes y después del secado comercial. Zhang et al. (2023), al comparar cinco híbridos de *C. annuum* cv. Conoides, encontraron diferencias significativas en longitud de fruto, masa, proporción de número de semillas y porcentaje de pulpa, contenidos de nutrientes, carbohidratos, grasas crudas, ceniza, tipos y concentración de olefinas, ésteres y alcoholes.

Las diferencias significativas encontradas en el tamaño de frutos entre híbridos son consistentes con lo reportado por Ortega et al. (2022), Camposeco-Montejo et al. (2021) y Zhang et al. (2023). Aunque el híbrido Supernova registró el mayor crecimiento de raíz y número de frutos por planta, el tamaño longitudinal, ecuatorial y peso de los frutos fue significativamente menor al obtenido por el híbrido Sargento (Tabla 1). Esta respuesta contrasta a lo expresado por Montero et al. (2010) y López-Serrano et al. (2022), quienes explican que una mayor masa de raíces favorece la exploración de un volumen mayor de sustrato y permite la absorción de los nutrientes y agua con mayor facilidad, repercutiendo en una mejor calidad de los frutos; pese a esto, el tamaño de los frutos también está condicionado por otros factores tanto intrínsecos como extrínsecos (número de células, elongación celular, balance hormonal, nutrición, temperatura, estrés hídrico, viento, etc.) (Kaur et al., 2017; López et al. 2019; Sreenivas et al., 2020; Krishna et al., 2021; Holguín-

Burgos et al., 2022; López-Serrano et al., 2022). La regulación del calibre de los frutos responde, entre otros factores, a la competencia entre frutos dentro de la planta y, aunque Supernova logró la mayor cantidad de frutos, los nutrientes, agua y fotoasimilados no habrían sido suficientes para alcanzar un óptimo crecimiento y tamaño de los frutos. Resultados semejantes fueron descritos por Ortega et al. (2022), quienes refirieron una relación negativa altamente significativa entre el número promedio de frutos y el peso de fruto en tres híbridos de *C. annuum*. Asimismo, Silva et al. (2013) indicaron que la menor inversión en estructura vegetativa favorece la formación de frutos en híbridos de *C. annuum*.

El híbrido Sargento presentó el mayor calibre, tanto en fresco (16,94 cm de largo, 8,55 cm de ancho y 166,55 g) como en seco (13,74 cm de largo, 8,01 cm de ancho y 22,64 g) y presentaron una baja incidencia de frutos con escaldado (0,38% por planta), significativamente menor a la observada en el resto de híbridos (promedio 0,74% de incidencia) (p-valor<0,05) (Tabla 1). Estas características posicionaron a Sargento como el híbrido de mejor calidad para exportación estando por encima de los parámetros exigidos por la mayoría de los mercados. Los frutos del híbrido Supernova presentaron el menor calibre, pero se mantuvieron dentro de los parámetros exigidos para exportación (INACAL, 2021).

Análisis de rentabilidad

En el híbrido Supernova, el rendimiento y el número de frutos por planta presentaron una relación significativa directamente proporcional ($r = 0,96$, $R^2 = 0,92$, p-valor = 0,0091), con un rendimiento total de 11,11 t ha⁻¹, conformado por 92% de frutos de categoría primera y 8% segunda. Esta distribución de calibres le confirió una

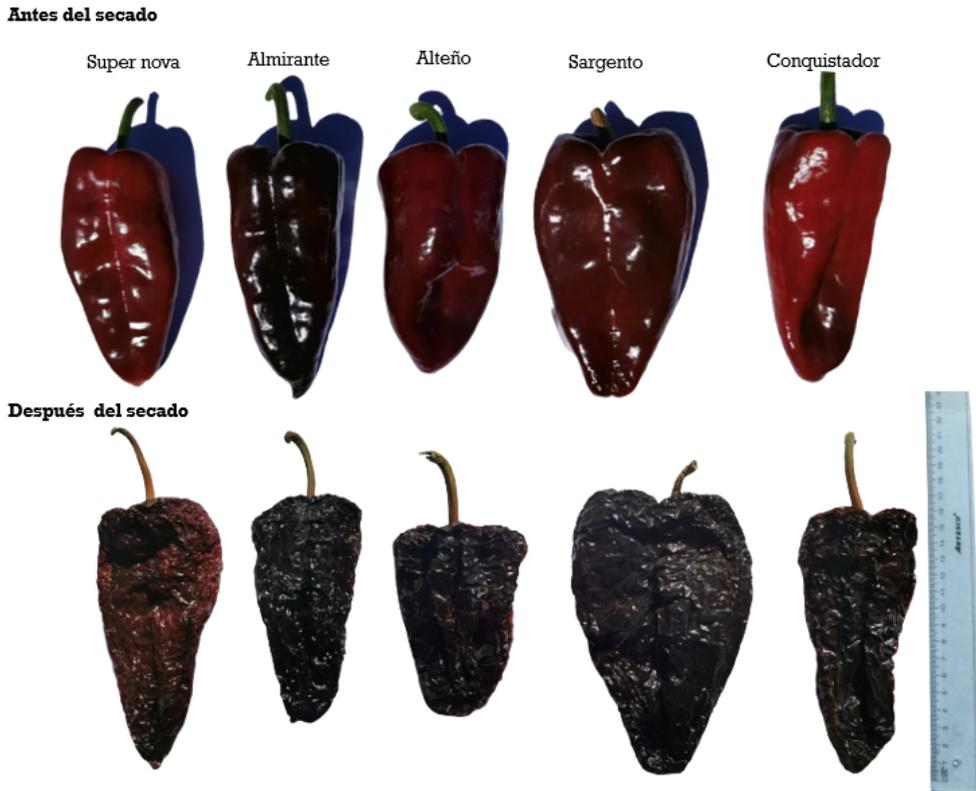


Fig. 4. Morfotipo de frutos de cinco híbridos de *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis, antes y después del secado, cultivado en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú.

Fig. 4. Fruit morphotype of five hybrids of *Capsicum annuum* cv. Ancho San Luis, before and after drying, grown under open field conditions in Arequipa, Peru.

rentabilidad significativamente mayor que los demás híbridos evaluados (Tabla 2). Pese a que los frutos de Sargento lograron mejores calibres y peso (Tabla 1), al contar con menos frutos por planta, su rendimiento fue significativamente inferior al obtenido por Supernova (p -valor $<0,05$) con un rendimiento total de $6,01 \text{ t ha}^{-1}$ (83% de categoría primera y 17% segunda). Los rendimientos más bajos fueron obtenidos por los híbridos Alteño y Almirante, con un promedio de $5,52 \text{ t ha}^{-1}$ (74% categoría primera y 26% segunda) (Tabla 2). Aunque la rentabilidad obtenida fue positiva con todos los híbridos y mostraron que, bajo las condiciones de clima árido, su producción es económicamente rentable (Tabla 2), el rendimiento fue mayor al reportado por Orozco y Lozano (2022), quienes alcanzaron el equivalente a $3,01 \text{ t ha}^{-1}$ (peso fresco $23,6 \text{ t ha}^{-1}$) con los híbridos Cuadrado Asti Rojo y Amarillo en condiciones de campo abierto; aunque este estudio no evaluó la rentabilidad, es de esperarse

que un mayor rendimiento incremente la rentabilidad. La rentabilidad obtenida fue menor a la reportada por Ortega et al. (2022) quienes reportaron una relación beneficio/costo de 3,09 y 6,57 con los híbridos Macantro y Tandara. Inicialmente se podría indicar que las diferencias en rentabilidad se deberían a las condiciones de manejo, ya que Ortega et al. (2022) basó el análisis de rentabilidad en un invernadero de 1000 m^2 ; sin embargo, Lozano-Fernández et al. (2022) encontraron que el manejo bajo condiciones de campo abierto o invernadero no conllevó ventajas significativas sobre el rendimiento de cuatro híbridos. Asimismo, Zewdie y Bosland (2000) y Krishna et al. (2021) observaron que en el rendimiento de distintos genotipos de *C. annuum*, líneas haploides e híbridos, predominó la acción genética aditiva con menor influencia de los factores ambientales, demostrando estabilidad en diversos ambientes. Estos estudios abren la posibilidad de extrapolar los resultados de

Tabla 2. Rendimiento comercial y análisis de rentabilidad de cinco híbridos de *C. annuum* cv. Ancho San Luis, en condiciones de campo abierto en Arequipa, Perú**Table 2. Commercial yield and profitability analysis of five hybrids of *C. annuum* cv. Ancho San Luis under open field conditions in Arequipa, Peru**

Híbrido	Rendimiento comercial (t ha ⁻¹)		Ingreso neto USD \$ (IN) ⁽¹⁾	Rentabilidad IN/CP ⁽²⁾ (%)
	Categoría primera	Categoría segunda		
Supernova	10,25a	0,86b	30203,58	2,07a
Almirante	4,12cd	1,72a	22391,26	1,54bc
Alteño	3,98d	1,22a	19548,81	1,34c
Sargento	4,97bc	1,02a	22101,07	1,52bc
Conquistador	5,81b	0,91b	23746,31	1,63b

⁽¹⁾ IN = Rendimiento comercial x precio de venta (USD \$4,00 para categoría primera y USD \$2,00 para segunda). ⁽²⁾ CP: Costo de producción USD \$14568,27 ha⁻¹. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos. LSD-Fisher (p-valor<0,05).

rendimiento y rentabilidad en híbridos de *C. annuum*, cv. Ancho San Luis, a otras regiones y condiciones de manejo.

CONCLUSIONES

En las condiciones de campo abierto de Arequipa, Perú, los frutos con mayor peso seco, calibre y menor incidencia de escaldadura se obtuvo con el híbrido Sargento; sin embargo, el mayor número de frutos por planta del híbrido Supernova lo posicionaron como el más rentable, con parámetros de calidad dentro de los estándares comerciales.

Contribuciones de autores

Todos los autores participaron activamente en la revisión bibliográfica, elaboración de la metodología, discusión de los resultados, revisión y aprobación final de la versión final del artículo. El autor Dimas Taco-Huancara realizó la recolección de datos en campo.

LITERATURA CITADA

Bazán, R. 2017. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Ministerio de Agricultura y Riego - MIDAGRI. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Lima, Perú. INIA

Baenas, N., M. Belovic, N. Ilic, D. Moreno, and C. García. 2019. Industrial use of pepper (*Capsicum annuum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. Food Chemistry 274: 872-885. doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.047

Barchenger, D.W., R.A. Clark, P.A. Gniffke, D.R. Ledesma, S. Lin, P. Hanson, and S. Kumar. 2018. Stability of yield and yield components of pepper (*Capsicum annuum*), and evaluation of publicly available predictive meteorological data in East and Southeast Asia. HortScience 53(12): 1776-1783. doi.org/10.21273/HORTSCI13581-18

Camposeco-Montejo, N., A. Flores, N. Ruiz-Torres, P. Álvarez, G. Niño, X. Ruelas, M. Torres, P. Rodríguez, V. Villanueva, and J. García. 2021. Agronomic performance, capsaicinoids, polyphenols and antioxidant capacity in genotypes of habanero pepper grown in the Southeast of Coahuila, Mexico. Horticulturae 7(10): 372-388. doi.org/10.3390/horticulturae7100372

Canto-Flick, A., E. alam-Uc, J.B. Bello, C.A.L. Guzman, D. Solís-Marroquín, S. Avilés-Viñas, E. Gómez-Uc, G. López-Puc, N. Santana-Buzzy, L.G. Iglesias-Andreu. 2008. Capsaicinoids content in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.): Hottest known cultivars. HortScience 43: 1344-1349. doi.org/10.21273/HORTSCI.43.5.1344

Choi, M.H., M.H. Kim, and Y.S. Han. 2023. Physicochemical properties and antioxidant activity of colored peppers (*Capsicum annuum* L.). Food Sci. Biotechnol. 32: 209-219. doi.org/10.1007/s10068-022-01177-x

Cruz Nieto, D., J. Cardenas Legua, Y. Velez Chang, F. Caro Soto y A. Cruz Nieto. 2019. Evaluación de densidades de siembra sobre el rendimiento de Ají Páprika (*Capsicum annuum* L.) var. Bella. Big Bang Faustiniiano 8(4): 25-28. doi.org/10.51431/bbf.v8i4.558

- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database [FAOSTAT]. 2023. Crops and livestock products. Food and Agriculture Organization. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Consultado 10 diciembre 2023).
- Gerencia regional de agricultura y riego de Arequipa [GRAA]. 2021. Estadística agrícola campaña 2020-2021. Gobierno Regional de Arequipa. Disponible en <https://www.agroarequipa.gob.pe/index.php/agricol/a> (Consultado 15 noviembre 2023).
- Holguín-Burgos, B., A. Alvarado-Aguayo, D. Delgado-Delgado y M. Munzón-Quintana. 2022. Análisis del comportamiento de tres híbridos de pimiento bajo 2 diferentes sistemas de riego. *Agronomía Costarricense* 46(2): 147-158. doi.org/10.15517/rac.v46i2.52054
- Instituto Nacional de Calidad del Perú [INACAL]. 2021. NTP 012.800:2021 PAPRIKA. Guajillo y ancho. Materia prima. Requisitos., 1st edn. Lima, Perú. INACAL
- Kaur, S., N. Ghai, and S.K. Jindal. 2017. Improvement of growth characteristics and fruit set in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) through IAA application. *Indian J. Plant Physiol.* 22: 213–220. doi.org/10.1007/s40502-017-0293-0
- Krishna, M.M., S.E. Topno, and V. Bahadur. 2021. Genetic variability studies in chilli (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Chemical Studies* 9(1): 2412-2415. doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i1ah.11588
- Martínez-Girón, J., y L. Ordóñez-Santos. 2015. Efecto del procesamiento térmico sobre el color superficial del pimentón rojo (*Capsicum annuum*) variedad "Nataly". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 13(2): 104-113. doi.org/10.18684/BSAA(13)104-113
- López-Serrano, L., A. Catalayud, M. Cardarelli, G. Colla, and Y. Roupheal. 2022. Improving bell pepper crop performance and fruit quality under suboptimal calcium conditions by grafting onto tolerant rootstocks. *Agronomy* 12(7): 1644-1657. doi.org/10.3390/agronomy12071644
- López, C., R. Garruña, C. Castillo, A. Martínez, M. Ortiz, M. and R. Andueza. 2019. Structure and genetic diversity of nine important landraces of *Capsicum* species cultivated in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Agronomy* 9: 376-381. doi.org/10.3390/agronomy9070376
- Lozano-Fernández, J., L. Orozco-Orozco, y N. Grisales-Vásquez. 2022. Comportamiento agronómico de cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en campo abierto y en condiciones protegidas. *Terra Latinoamericana* 40: 2-16. doi.org/10.28940/terra.v40i0.1459
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú [MIDAGRI]. 2021. Perfil productivo y competitivo de los principales productos del sector. Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. Disponible en <https://siea.midagri.gob.pe/portal/> (Consulta 10 noviembre 2023).
- Montero, L, C. Duarte, R. Cun y J.A. Cabrera. 2010. Efectividad de biofertilizantes micorrízicos en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L. var. Verano 1) cultivado en diferentes condiciones de humedad del sustrato. *Cultivos Tropicales* 31(3): 01-08.
- Mora, J., C. Echandi, L.F. Barrantes y K. Bonilla. 2018. Manual técnico basado en experiencias con el híbrido "Dulcítico" (*Capsicum annuum*). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica – INTA. 80 p.
- Naves, E.R., F. Scossa, W.L. Araújo, A. Nunes-Nesi, A. Fernie, and A. Zsögön. 2022. Heterosis and reciprocal effects for agronomic and fruit traits in *Capsicum* pepper hybrids. *Sci. Hort.* 295: 110821-110829. doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110821
- Nkansah, G., J.C. Norman, and A. Martey. 2017. Growth, yield and consumer acceptance of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) as influenced by open field and greenhouse production systems. *Journal of Horticulture* 4(4): 216-224. doi.org/10.4172/2376-0354.1000216
- Orellana-Escobedo, L., L.E. Garcia-Amezquita, G.I. Olivas, J.J. Ornelas-Paz, and D.R. Sepulveda. 2012. Capsaicinoids content and proximate composition of Mexican chili peppers (*Capsicum spp.*) cultivated in the State of Chihuahua. *CyTA – Journal of Food* 11(2): 179-184. doi.org/10.1080/19476337.2012.716082
- Orozco, L. y J. Lozano. 2022. Efecto de las podas sobre el rendimiento de *Capsicum annuum* L. bajo dos ambientes. *Agronomía Mesoamericana* 33(1): 20-28. doi.org/10.15517/am.v33i1.44253
- Ortega, J., E. Erazo, E. Vera, W. Narváez y C. Castro. 2022. Selección de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) para Puerto La Boca, Ecuador. *UNESUM-Ciencias: Revista Científica Multidisciplinaria* 6(2): 63-72. doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.628

- Scoville, W. 1912. (Títel unbekannt). The Journal of the American Pharmacists Association 1: 453-454.
- Pérez-Gálvez, A., I. Mínguez-Mosquera, J. Garrido-Fernández, M. Lozano-Ruíz, M. and V. Montero. 2004. Correlación entre unidades asta-concentración carotenoide en pimentones. Predicción de la estabilidad del color durante el almacenamiento. Grasas y Aceites 55(3): 213-218.
- Rodrigues, I.N., Lopes, M.T., Lopes, R., Gama, A., and Rodrigues, M.R. 2007. Production and quality of commercial hybrid (*Capsicum annuum*) sweet pepper under protected cultivation, in Manaus-AM. Acta Amazonica 37(4): 491-496. doi.org/10.1590/S0044-59672007000400002
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. 2023. Boletín agroclimática de capsicum. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03604SENA-27.pdf> (Consultado 20 octubre 2023).
- Silva, C., A. Alay y N. Negrón. 2013. Características de ocho híbridos experimentales de pimiento (*Capsicum annuum* L.), en el valle de Azapa. Idesia (Arica) 31(3): 107-111. doi.org/10.4067/S0718-34292013000300015
- Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior [SIICEX]. Reporte de exportaciones peruanas por partida arancelaria. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo de Perú. Disponible en https://www.siicex.gob.pe/siicex/porta15ES.asp?_page_=194.17100 (Consultado 20 noviembre 2023)
- Sreenivas, M., T. Bhattacharjee, A. Baran, P. Kumar, S. Banerjee, S. Chatterjee, A. Maji, A. Kumar, I. Chakraborty, and A. Chattopadhyay. 2020. Breeding chili pepper for simultaneous improvement in dry fruit yield, fruit quality and leaf curl virus disease tolerance. International Journal of Vegetable Science 26(5): 457-486. doi.org/10.1080/19315260.2019.1648351
- Welbaum, G.E. 2015. Vegetable production and practices. Ed. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK. 486 p. ISBN 13: 9781845938024
- Zewdie, Y. y P.W. Bosland. 2000. Evaluación de la interacción genotipo, ambiente e interacción genotipo por ambiente para capsaicinoides en *Capsicum annuum* L. Euphytica 111: 185-190. doi.org/10.1023/A:1003837314929
- Zhang, X., X. Chen, Y. Dong, S. Wang, Y. Hu, X. Ding, and D. Jia. 2023. Study on the agronomic traits and quality characteristics of new varieties of pod peppers hybridized with three lines. Science and Technology of Food Industry 44(7): 311-319. doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022060123