



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN VEGETAL



Tesis

Crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.), bajo sistemas de conducción abierto y convencional o en seto



Tesista: Ing. Agr. Facundo Martin González

Director: Ing. Agr. (M Sc.) Roberto Matías Pacheco

Co directora: Dra. Laura Itatí Giménez

- 2023 -

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar efectos de sistema de conducción, genotipo y su interacción sobre crecimiento y rendimiento del cultivo de pimiento, se realizó un experimento en invernadero con Diseño de Bloques en Parcelas Divididas.

Se evaluó radiación interceptada (base de planta, primera horqueta y altura de canopia) cada siete días; crecimiento (altura de planta, área foliar, peso fresco y seco de tallo, raíz, hoja y frutos) en distintas fases del cultivo y componentes de rendimiento (número y peso de frutos por parcela y peso promedio de fruto fresco) en cosecha. Se realizó Análisis Exploratorio de Datos, Análisis de la Variancia y pruebas LSD Fisher, Análisis de Regresión y Análisis de Componentes Principales y Gráficos Biplot.

Se detectaron diferencias entre sistemas de conducción en curvas de pesos de tallo y raíz (fresco y seco), hoja (fresco y seco) y altura de plantas. Las parcelas de sistema abierto se asocian a mayores valores de peso de tallo y raíz (seco y fresco), peso de hojas (fresco y seco), número y peso de frutos chicos, medianos y totales, número de hojas, área foliar y peso fresco de frutos y las del sistema seto, con mayores valores de peso medio y peso seco de frutos, rendimiento por hectárea y altura de planta. No se encontró efecto híbrido ni interacción híbrido-sistema de conducción.

La radiación interceptada presenta curvas cóncavas, con mínimos en mayo y ascenso constante hasta el final, y la eficiencia en el uso de la radiación con curvas crecientes en el tiempo para todas las combinaciones. Las parcelas conducidas en sistema abierto se asocian a mayores valores de radiación interceptada a la altura de la canopia, las del sistema seto a mayores valores de radiación interceptada abajo y en la horqueta.

PALABRAS CLAVES: -Radiación interceptada -IAF -Sistema holandés -Sistema español.

ABSTRACT

To evaluate the effects of the conduction system, genotype and their interaction on growth and yield of pepper crops, a greenhouse experiment was carried out with Block Design in Split Plots. Intercepted radiation (plant base, first, branch and canopy height) was evaluated every seven days; growth (plant height, leaf area, fresh and dry weight of stem, root, leaf and fruits) at different cultivation phases; and yield components (number and weight of fruits per plot and average weight of fresh fruit) at harvest. Exploratory Data Analysis, Analysis of Variance and LSD Fisher tests, Regression Analysis and Principal Component Analysis and Biplot Plots were performed.

Differences were detected between conduction systems in curves of stem and root weights (fresh and dried), leaf weights (fresh and dried) and plant height. Plots in the open system are associated with higher values of stem and root weight (dry and fresh), leaf weight (fresh and dry), number and weight of small, medium, and total fruits, number of leaves, leaf area and fresh fruit weight, and those in the hedge system, with higher values of average weight and dry weight of fruits, yield, and plant height. No hybrid effect or hybrid-driving system interaction was found.

The intercepted radiation presents concave curves, with minimums in May and constant ascent to the end and the efficiency in the use of radiation curves increasing over time for all combinations. Plots conducted in the open system are associated with higher values of intercepted radiation at the height of the canopy, those in the hedgerow system with higher values of intercepted radiation below and in the pitchfork.

KEYWORDS: intercepted radiation-LAI- Dutch method- Spanish method.

INDICE

RESUMEN	2
PALABRAS CLAVES: -Radiación interceptada –IAF –Sistema holandés –Sistema español.....	2
ABSTRACT.....	3
Keywords: intercepted radiation-LAI- Dutch method- Spanish method.....	3
INDICE.....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Origen	6
1.2. Importancia nutricional y usos	7
1.3. Características de las plantas.....	8
1.4. Producción mundial.....	10
1.5. Producción en el país y en la provincia.....	11
1.6. Condiciones de cultivo.....	14
1.7. Cultivo bajo cobertura.....	15
1.8. Factores climáticos y manejo	16
2. ANTECEDENTES.....	19
3. OBJETIVOS.....	23
3.1. General.....	23
3.2. Específicos.....	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1. Descripción del ensayo	24
4.2. Historial del lote y preparación	24
4.3. Diseño experimental	25
4.4. Variables evaluadas.....	28
4.4.1. Componentes del Rendimiento	28
4.4.2. Crecimiento Vegetal	29
4.4.3. Análisis estadístico.....	32
5. RESULTADOS.....	34
5.1. Rendimiento.....	34
5.1.1. Número de frutos por tratamiento	34
5.1.2. Peso de frutos por tratamientos.....	42
5.1.3. Peso promedio individual de frutos	49
5.1.4. Relación entre tratamientos y variables	51
5.2. Crecimiento.....	52

5.2.1.	<i>Variables de crecimiento de las plantas</i>	52
5.2.2.	Radiación interceptada	79
5.2.3.	Relaciones entre tratamientos y variables	89
6.	Discusion.....	90
6.1	Rendimiento.....	90
6.2	CRECIMIENTO	92
7.	CONCLUSIONES.....	97
7.1.	Variables de crecimiento	97
7.2.	Variables de rendimiento.....	98
7.3.	Genotipo e interacción	99
7.4.	Captación de la luz	100
8.	CONFIRMACIÓN DE HIPÓTESIS.....	100
7.1.	Hipótesis sustantiva	100
8.2.	Primera hipótesis de trabajo:.....	101
8.3.	Segunda hipótesis de trabajo	101
8.4.	Tercera hipótesis de trabajo.....	102
9.	BIBLIOGRAFÍA	102

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Origen

Los pimientos (*Capsicum* spp.) son plantas herbáceas o arbustivas, de ciclo anual o perenne que pertenecen a la familia Solanaceae. El género comprende un grupo de aproximadamente 40 especies silvestres, algunas cultivadas por su interés comercial, nativas de América tropical y subtropical, donde su domesticación coincide con el desarrollo de la cultura y la civilización humana. Según los hallazgos arqueológicos, las culturas prehistóricas cultivaban maíz, pimiento, tomate, poroto y cucurbitáceas utilizando tecnologías relativamente desarrolladas (Fari, 1986).

Las especies del género *Capsicum* más interesantes desde un punto de vista agroalimentario y productivo son aquellas que han sido domesticadas por el ser humano debido a un alto proceso de selección y adaptación durante muchos años, sometidas a las necesidades de los agricultores. De las cinco especies de pimiento domesticadas (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* y *C. pubescens* Ruiz y Pavon), *C. annuum* L. ha sido la más conocida, extendida y cultivada, bajo una gran diversidad de tamaños, formas, colores y rangos de picor (Vallespir, 2010). El sabor picante de sus frutos se debe a la capsaicina, sustancia desarrollada como medio de defensa contra los herbívoros, pero inmune contra las aves que favorecen la dispersión de sus semillas. El contenido de capsaicina permite diferenciar los chiles picantes de los pimentones dulces.

C. annuum en particular es originaria de América del sur, principalmente de la región comprendida actualmente por Bolivia y Perú, aunque su domesticación se ubica en México. A finales del siglo XV, con la llegada de Colón a América, las diferentes especies de *Capsicum* comenzaron a ser introducidas en Europa, llegando primeramente a la Península Ibérica, desde donde se distribuyeron hacia el resto de Europa y luego a China, India y África (Bosland y Votava, 2000), se introducen en la cultura culinaria de todos los países y llegan a ser un elemento importante en algunos de sus platos tradicionales. Simultáneamente, tras la llegada de los europeos, se produjo una distribución de las

distintas especies dentro del continente americano, *C. annuum* se estableció en Centroamérica, *C. baccatum* en Bolivia y zona sud-amazónica, *C. chinense* y *C. frutescens* se distribuyeron por toda la zona amazónica alcanzando Centroamérica y *C. pubescens* se distribuyó por los Andes (Chiou y Hastorf, 2014).

1.2. Importancia nutricional y usos

A nivel mundial se evidencia un incremento de la ingesta de hortalizas, por su asociación con efectos benéficos para la salud humana, no obstante, el consumo diario en Argentina alcanza la mitad de lo aconsejado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), donde se detectó escasa articulación entre oferta y demanda (Idigoras, 2014).

El papel de los alimentos nutritivos en la dieta y en la prevención de enfermedades es ampliamente conocido, por lo que las personas se han vuelto más cuidadosas con los alimentos que eligen consumir y buscan aquellos con valores nutricionales más altos. El pimiento morrón es uno de los vegetales más completos en sustancias nutritivas, destacándose la presencia de vitamina A, complejo vitamínico B, vitamina C y vitamina E, así como de minerales como el potasio y calcio, además de una elevada cantidad de compuestos antioxidantes (Peralta Ollachea *et al.*, 2022). Esta riqueza en compuestos benéficos ha hecho que el consumo y cultivo de pimientos se haya incrementado en los últimos años (Liu *et al.*, 2013).

El género *Capsicum* tuvo una gran diversidad de usos tradicionales, empezando por los usos culinarios, como alimento, especia o colorante, pero también ha tenido otros como ingrediente farmacéutico o medicinal en varias terapias, agente bactericida o espray de autodefensa (Korkutata y Kavaz, 2015). Según Vallespir (2010), los pimientos tienen principalmente cuatro usos, el consumo del pimiento en fresco, la obtención del pimentón (mediante la desecación), la fabricación de conservas y por último la obtención de especias importantes en el ámbito culinario de muchas culturas.

En México, los pimientos son concebidos y empleados como alimento y también como medicina, lo que en el conocimiento tradicional forma un continuo, es decir no están

separados en categorías diferentes. El uso indistinto y entremezclado de este vegetal como alimento y medicina fue diversificado, profundamente arraigado y de gran alcance en el pasado y lo sigue siendo en la actualidad en diversas comunidades, basado en especies de pimientos silvestres o cultivadas (Aguilar Meléndez *et al.*, 2021).

1.3. Características de las plantas

El pimiento es una planta vivaz, cultivada generalmente como anual, aunque en condiciones especiales puede ser bianual. Es herbácea de porte erguido, pero se vuelve rápidamente leñosa, permitiendo al tallo soportar la parte aérea, no obstante, en cultivo protegido el desarrollo es más vigoroso y los frutos son mayores, requiriendo el soporte de tutores. Después del nacimiento de la flor apical, el tallo principal se divide en dos ramas, a veces más, de modo tal que, si todas son igualmente vigorosas, se desarrolla una planta perfectamente equilibrada, cuya altura viene determinada por la longitud de los entrenudos. El crecimiento de *C. annuum* puede ser muy variable, existen variedades de tipo determinado e indeterminado. Su sistema radicular está formado por una raíz principal de gran vigor rodeada por una cabellera de raíces laterales. La mayor parte de éstas se ubica en la zona superior del suelo (0-25 cm), pero pueden profundizar hasta 60-70 cm en un área de 50 cm de ancho. Las hojas pueden variar en forma, tamaño y color, dependiendo la variedad, pero en general son simples, completas, simétricas, de forma oval, elíptica o lanceolada, de margen entero, normalmente glabras, de color verde claro u oscuro y en ocasiones de violáceo (FAO, 2002; Nuez *et al.*, 2003).

Las flores normalmente son solitarias, ubicadas en el ápice de las ramas y en las axilas de las hojas. El color de la corola es blanco, aunque en algunas variedades puede encontrarse un color púrpura, sin constricción en la unión del cáliz con el pedicelo (Nuez *et al.*, 2003). Cada planta produce varios centenares de flores que pueden cuajar al 100% cuando son las primeras y van sobre el tallo principal, bajando este porcentaje hasta el 80% para las flores posteriores del mismo tallo y limitándose a un 20-30%, e incluso a veces a un 10%, para las flores de las ramas laterales. Los frutos son bayas huecas que,

dependiendo de la posición del pedúnculo se desarrollan total o parcialmente erguidos o péndulos. Los frutos inclinados o péndulos están más abrigados por las hojas y protegidos contra el asoleamiento, además de que su recolección es mucho más fácil. El pedúnculo se prolonga en el interior del fruto a través de la placenta que sigue la forma del propio fruto. En términos generales, los frutos se desarrollan con rapidez y requieren unos 18 días entre el cuajado y el estadio de madurez verde, y otros 17 días para llegar a la madurez total (fruto rojo o amarillo), tiempos variables según la variedad y las condiciones de temperatura. La forma del fruto depende del número de carpelos y de semillas, en general, los pimientos dulces son rectangulares (Lamuyo), cuadrangulares (Blocky) o cordiformes (Calahorra) conocidos como morrones y las picantes son de forma alargada conocidos como ajíes o chile (Ministerio de Agroindustria, 2013). Algunas variedades pueden producir frutos partenocárpicos bastante bien formados y que carecen o contienen pocas semillas. El grosor del pericarpio es una de las características importantes para la valoración de las variedades, prefiriéndose el pericarpio carnoso para el consumo fresco (FAO, 2002). Las semillas tienen forma de riñón con un pico saliente, textura suave y ausencia de reticulación (Chiou y Hastorf, 2014). La alta variabilidad de los frutos se debe a la increíble selección que ha sufrido la especie adaptándose a distintos ambientes y a las necesidades de los agricultores.

El género *Capsicum* se distribuye en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo donde se localiza la mayor diversidad genética de especies cultivadas y silvestres. En general las especies domesticadas exhiben considerable variación morfológica relacionada principalmente con la forma, color y tamaño de los frutos como resultado de las diferentes presiones de selección natural y artificial, durante los procesos de domesticación (Walsh y Hoot, 2001).

Entre las variedades para uso comercial se distinguen tres grupos, uno destinado para el consumo en fresco del pimiento y en conserva, integrado por las llamadas variedades dulces, otro que incluye las variedades dedicadas a la obtención de pimentón, que podría incluirse como un subgrupo del primero aunque el proceso industrial postcosecha es totalmente diferente, y finalmente un grupo integrado por variedades de sabor picante,

importante en Sudamérica debido a su uso tradicional en la cultura culinaria de esta región (Maroto, 1983). Las variedades dulces se caracterizan por tener frutos de gran tamaño, perfectos para el consumo en fresco y la realización de conserva. Se consumen en estado inmaduro o maduro, con propiedades organolépticas y nutricionales diferentes.

1.4. Producción mundial

En el año 2020 se produjeron en el mundo más de 36.000 millones de kilos de pimienta, sobre una superficie que superó los dos millones de hectáreas, según los datos elaborados por Hortoinfo procedentes de FAOSTAT, el organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ⁽¹⁾.

En la Tabla 1 se presenta la superficie cultivada y producción de pimienta a nivel mundial según información de la FAO en el año 2020.

Tabla 1: Superficie cultivada y producción de pimienta a nivel mundial en los principales países productores

País	Superficie cultivada (ha)	Producción (millones de kilos)	Relación con el total mundial (%)
China	734.961	16.650,85	46,08
México	157.911	2.818,44	7,80
Indonesia	314.772	2.772,59	7,67
Turquía	91.491	2.636,90	7,30
España	21.750	1.472,85	4,07

Fuente: FAOSTAT 2020

Entre los 5 mayores productores mundiales de pimienta (China, México, Turquía, Indonesia y España) obtienen el 72,92% de la cosecha mundial de esta hortaliza. Entre ellos destaca China con el 46,08% de la producción mundial, México el 7,80%, Indonesia el 7,67%, Turquía el 7,30% y España el 4,07% de la producción mundial de pimienta.

¹ <https://hortoinfo.es/produccion-mundial-pimienta-200622/>

A nivel europeo los datos obtenidos de 2018 de la FAO muestran que el mayor productor de pimiento fresco es España con 1,2 millones de toneladas, mientras que el mayor productor de pimiento seco es Rumanía con 50.000 toneladas (FAOSTAT, 2020).

1.5. Producción en el país y en la provincia

Argentina tiene una superficie continental de 2,8 millones de kilómetros cuadrados y cuenta con unos 34 millones de hectáreas con cultivos agrícolas. Los principales cultivos que ocupan esa superficie son: soja, trigo, maíz, girasol, sorgo y arroz. La producción de hortalizas y legumbres ocupa solamente 1,5% de ese total, con unas 500.000 hectáreas, no obstante, se destaca fundamentalmente por su elevado valor económico por unidad de peso, por su alta producción por unidad de superficie cultivada, y porque ocupa cerca de 10 millones de jornales por año, lo que la transforma en una de las actividades de mayor valor social (Idigoras, 2014).

La actividad hortícola se caracteriza por su alto grado de intensidad en cuanto a la utilización de los factores de producción tierra, trabajo, capital y tecnología. Si comparamos con el sector agropecuario en su totalidad, demanda 30 veces más mano de obra, 20 veces más uso de insumos y 15 veces más inversión en maquinaria y equipos por unidad de superficie. Especies como ajo, cebolla, batata, frutilla, lechuga, papa, pimiento, poroto seco, tomate, zanahoria y zapallo, concentran más del 85% del valor de la producción. Alrededor del 93% de la producción nacional de hortalizas se destina al mercado interno y el 7% se exporta (Idigoras, 2014).

En Argentina, la superficie de pimiento en producción se duplicó en la década comprendida entre 2002 y 2011, pasando de 698 a 1.442 hectáreas; concentrándose la producción en la región Salto-jujeña con 550 hectáreas (38 % de la superficie), Corrientes con 503 hectáreas (35%) y Buenos Aires con 322 (22%) (Molina *et al.*, 2013). Argentina es el principal productor en Sudamérica, destina a la producción de pimientos una superficie que varía año a año de 3.000 a 6.000 ha. Durante el año 2018 FAO estimó una superficie de 6.404 ha cultivada de pimientos verdes y 2.716 ha de pimiento para secado (FAO, 2019).

Verde, rojo, amarillo, dulce o picante, el pimiento se posiciona como una de las hortalizas de mayor importancia productiva en nuestro país. En el último tiempo, su demanda registró un importante crecimiento, aumentó su consumo en fresco y los productos con valor agregado como conservas, pimientos deshidratados y especias. El pimiento ocupa el 7º lugar en el promedio de los últimos años de la oferta de todas las hortalizas que ingresan al Mercado Central de Buenos Aires y participa con el 3% de ellas; entre los promedios de oferta entre los años 2001-2012 respecto a 2012-2016 se observó un incremento de oferta del 21% ⁽²⁾. Desde Jujuy hasta Río Negro pueden encontrarse cultivos de pimientos, pero las provincias reconocidas como las principales zonas productivas son: Corrientes, Buenos Aires, Salta y Mendoza.

Corrientes se consolida como la principal productora y abastecedora de pimientos a nivel nacional, con aproximadamente 500 hectáreas cubiertas aporta más del 40% del volumen que ingresa al mercado central de Buenos Aires ⁽³⁾. Los departamentos de Lavalle, Bella Vista y Goya concentran el 80% de la producción provincial y más del 30% de la cosecha nacional. A partir del año 1980, la producción de pimiento mediante invernaderos en la Argentina representó un gran cambio en el modo de producción, lo que trajo como principales consecuencias la modificación en la estacionalidad de la producción y la tecnología aplicada en el sector, generando grandes avances de innovación en materia de plasticultura, fertirriego y nuevos cultivares (Benencia *et al.*, 1994). La provincia de Corrientes se consolidó como una de las más importantes en la producción de pimiento bajo invernadero, gracias a las innovaciones tecnológicas aplicadas al manejo, extendiendo su calendario de cosecha y permitiéndole cubrir la oferta desde mayo hasta diciembre.

En la provincia de Corrientes, las condiciones climáticas no resultan favorables para que el cultivo de pimientos a campo genere buenos rendimientos, por lo tanto, para obtener una producción comercial de alta calidad y rentabilidad se prefiere realizar bajo

² http://www.mercadocentral.gob.ar/sites/default/files/docs/boletin-INTA-CMCBA-68-pimiento_0.pdf

³ http://www.mercadocentral.gob.ar/sites/default/files/docs/boletin-INTA-CMCBA-68-pimiento_0.pdf

invernadero (Ishikawa, 2003). En la Tabla 2 se puede observar la superficie cultivada y la producción de pimientos a campo y bajo cobertura en cada departamento de la provincia donde se registró dicho cultivo durante la campaña 2020-2021. Se destaca el departamento de Lavalle, donde se registró la mayor superficie cultivada bajo cobertura y la mayor producción (33.055,00 t entre cobertura y campo), seguido del departamento de Bella Vista (15.240,54 t entre cobertura y campo). Mientras que en toda la provincia se registran 181 ha de cultivo a campo, con una producción de 1.874,79 t y 734,95 ha bajo cobertura, con una producción de 69.466,61 t.

Tabla 2: Superficie cultivada de pimiento en la provincia de Corrientes

Departamento	Pimiento a campo		Pimiento bajo cobertura	
	Superficie cultivada (ha)	Producción (t)	Superficie cultivada (ha)	Producción (t)
Bella Vista	35,00	505,54	155,00	14.734,88
Capital			19,00	1.740,96
Concepción	15,00	191,58	18,00	1.649,38
Curuzú Cuatiá			2,00	167,39
Empedrado	10,00	117,17	6,00	481,00
Esquina	15,00	120,00	13,00	1.170,00
General Alvear			1,45	130,00
General Paz	8,00	63,00	7,00	640,00
Goya	20,00	170,00	76,50	7.300,00
Itatí			4,80	438,00
La Valle	35,00	385,00	342,00	32.670,00
Mburucuyá	12,00	98,00	21,50	1.990,00
Mercedes			4,80	435,00
Monte Caseros			8,50	785,00
Paso de los Libres			6,00	540,00
Saladas	8,00	65,00	9,90	920,00
San Cosme	8,00	49,50	15,90	1.465,00
San Martín			2,80	255,00
San Miguel			5,80	535,00
San Roque	15,00	110,00	15,00	1.420,00
Total provincial	181,00	1.874,79	734,95	69.466,61

Fuente: Servicio de información agroeconómica. Ministerio de la Producción-Provincia de Corrientes (campaña 2020-2021).

1.6. Condiciones de cultivo

Con el objeto de obtener buena eficiencia de los cultivos y calidad en los frutos se deben tener en cuenta determinadas condiciones, fundamentalmente de temperatura, humedad y pH del suelo. El pimiento se considera una planta exigente en temperatura, la que influye en su crecimiento, en su fertilidad, e incluso en las dimensiones del fruto, de tal modo que éste no se desarrollará correctamente a menos que se provean temperaturas determinadas (si las temperaturas son demasiado bajas el fruto es delgado y puntiagudo y si son demasiado altas el fruto es gordo y chato) (FAO, 2002). Para un buen desarrollo, el pimiento necesita temperaturas diurnas entre los 20 y 25 °C y nocturnas entre 16 y 18 °C, si las temperaturas son inferiores a 10-11 °C el crecimiento del pimiento se detiene y con temperaturas inferiores a 15 °C o superiores a 32 °C se produce un desarrollo anormal. Temperaturas moderadas a altas durante el día (20-25 °C) y por la noche (14-21 °C), aseguran un buen crecimiento vegetativo en los primeros estadios del crecimiento y también aseguran el buen establecimiento de la planta después del trasplante. Luego del trasplante, las raíces sólo se desarrollarán bien si la temperatura del suelo es de 22 a 24 °C, requiriendo para un buen crecimiento una temperatura diurna del aire igual o mayor de 28-30 °C. Temperaturas demasiado alta (≥ 35 °C) pueden perjudicar el desarrollo de las flores, el cuajado y el posterior desarrollo de los frutos, sobre todo cuando las plantas son viejas ya que las plantas jóvenes son menos sensibles a estas condiciones. Los valores óptimos de humedad Relativa varían entre 50 y 70%, ya que valores inferiores afectan el desarrollo de los frutos y condiciones de humedad elevada favorecen el ataque de *Botrytis cinerea* (*Botryotinia fuckeliana* / *Botrytis cinerea*), agente causal de la enfermedad denominada “moho gris”. El pimiento no es particularmente sensible al fotoperiodo, aunque aparentemente la duración media del día favorece la formación de flores y, las exigencias en intensidad luminosa del pimiento son bastante limitadas ya que sus hojas alcanzan el máximo de actividad fotosintética con una intensidad luminosa aproximadamente de $0,4 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ (FAO, 2002). Debido a los requerimientos térmicos, su plantación se produce entre la primavera y el verano, evitando las bajas temperaturas que puedan producirse por la noche (Macua *et al.*, 2010).

La salinidad es uno de los principales factores abióticos que limitan el aprovechamiento de suelos agrícolas, siendo el exceso de sales solubles como el sodio (Na), la condición que más afecta la función y desarrollo de los cultivos. Osuna Rodríguez *et al.* (2022) estudiaron la variación en la tolerancia a sal en seis colectas de chile silvestre, para lo cual evaluaron el porcentaje de reducción relativa de: peso seco de planta, de raíz y de hojas, área foliar y clorofila. Encontraron que todas las características, excepto la clorofila, fueron afectadas negativamente por niveles altos de NaCl.

1.7. Cultivo bajo cobertura

En horticultura existen diversas técnicas y tecnologías que posibilitan la modificación del ambiente para el adecuado desarrollo de los cultivos y la obtención de mayores réditos económicos. Es así que, una manera común de clasificar los sistemas de cultivos hortícolas es diferenciando entre aquellos realizados al aire libre, y aquellos realizados bajo algún tipo de cubierta. Estos últimos son un tipo de cultivo protegido y, posiblemente, el uso de invernaderos sea uno de los más difundidos a nivel mundial.

Los beneficios del cultivo en invernadero consisten principalmente en la regulación de las condiciones ambientales. En invierno resulta de interés el efecto invernadero⁴, ya que durante un período que puede durar desde unas pocas semanas hasta algunos meses (dependiendo del clima local), la temperatura nocturna podría limitar el cultivo de plantas que requieren calor, interrumpiendo la producción y disminuyendo la calidad. Merece mencionarse el efecto cortavientos, pues actúa, sobre todo en zonas áridas a dos niveles: reduce los efectos mecánicos del viento y mejora las condiciones higrométricas dentro de los invernaderos. La cobertura actúa como reductor de la evapotranspiración de los cultivos: en el invernadero alcanza aproximadamente el 70% de la registrada en el exterior en un cultivo de invierno, mientras que el consumo de agua por unidad de peso de fruto puede ser la mitad (FAO, 2002).

⁴ En nota al pie hacer una breve descripción de tal fenómeno.

El pimiento cultivado en invernadero se caracteriza por un crecimiento de tipo semi-determinado o indeterminado, con alturas de planta superiores a los 2 metros (Jovicich *et al.*, 2004). Esta especie es de crecimiento simpodial y en cada bifurcación se observa la presencia de flores, generalmente solitarias. Si se deja crecer libremente, las primeras 6-12 flores potencialmente cuajarán frutos, pero la alta demanda de asimilados para su rápido crecimiento frecuentemente ocasiona el aborto de un alto porcentaje de flores generadas posteriormente. Una vez que estos frutos finalizan su crecimiento y son cosechados, la disponibilidad de asimilados aumenta y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente, el cuaje y crecimiento de cuatro a ocho frutos más, que, a su vez, ocasionarán el aborto de flores que se forman posteriormente. La relación fuente-destino en el cultivo de pimiento puede modificarse por distintos factores, entre ellos cambios en la densidad de plantación, conducción y poda (Peil y Galvez, 2005). La curva de crecimiento del cultivo es del tipo sigmoidea, en la cual la fase constante de la misma es donde se acumula la mayor cantidad de materia seca y se lo conoce como madurez fisiológica de la planta. (Valle Mendoza, 2010).

La importancia en el cultivo de invernadero reside en el control de la temperatura, que debe variar según el momento. Se necesita una temperatura de siembra de 28 °C, en la fase de semillero de 22 a 24 °C hasta 18 a 20 °C cuando se alcance el momento de la plantación. Por otra parte, la fertilización o abonado es un factor crucial para el crecimiento de la planta y calidad de los frutos. Es importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas el aporte de N, P, K, Mg y Ca, teniendo en cuenta que la mayor absorción se produce durante el crecimiento de los frutos (Maroto, 1983).

1.8. Factores climáticos y manejo

Los distintos factores por los que compete el cultivo dentro de un ambiente no restrictivo como lo es el invernadero son: radiación solar, agua, dióxido de carbono, temperatura, humedad relativa y nutrientes esenciales, entre otros, los que juegan un papel fundamental durante la fotosíntesis, por lo tanto, en la formación de azúcares para el crecimiento de las plantas (Papadopoulos y Pararajasingham, 1997). Debido a ello, en

los sistemas productivos dentro de los invernaderos, se busca optimizar la cantidad de luz solar incidente y la forma en que ésta es interceptada por las plantas, ya que de ella depende tanto el crecimiento como el rendimiento del cultivo (Jovicich *et al.*, 2004). En pimiento, la disminución de la intensidad de la luz afecta la producción de flores y puede generar la caída de hasta un 60% de las estructuras reproductivas de los primeros cuatro nudos (Patiño Torres *et al.*, 2016).

Las alternativas de manejo tales como conducción y poda de las plantas, pueden contribuir a una mejor eficiencia en la interceptación de luz, lo cual también tiene efecto sobre el rendimiento del cultivo. Existen estudios que demuestran que incrementos en la radiación solar interceptada por el cultivo de pimiento mejoran la calidad, aumentando el tamaño y el peso de los frutos (Castilla, 1996; Jovicich *et al.*, 2004; Portree, 1996). Como así también, es fundamental para el crecimiento, la expansión de las células constituyentes y el almacenamiento de asimilados (Valle, 2010).

La radiación solar se puede considerar el factor ambiental más importante en los cultivos bajo invernadero, pues influye en procesos relacionados con la fotosíntesis, los balances de agua y energía, y el crecimiento y desarrollo del cultivo. Por tal motivo, el manejo de la radiación solar en la producción bajo invernadero es sin duda una de las actividades más importantes en la horticultura protegida. Dicha importancia se sustenta en la relación directa que existe entre la producción de materia seca y rendimiento con la cantidad de radiación interceptada por el cultivo ⁽⁵⁾.

Los frutos necesitan de la luz para lograr el color adecuado, dado que la síntesis de pigmentos se ve favorecida por un mejor aprovechamiento de la radiación incidente (Onis *et al.*, 2001; Urrestarazu *et al.*, 2002). Toda práctica que mejore la interceptación de luz, impactará directamente sobre rendimiento final, entre ellas el manejo de materiales de coberturas, la densidad de plantación y los tutorados.

⁵ <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero> Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C., Intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial

Tutorado

El tutorado es muy importante para el cultivo de pimiento ya que el crecimiento de la planta al inicio es erecto, pero, posteriormente, por el peso del follaje y de los frutos, tiende a inclinarse o caerse, pudiendo quebrarse con facilidad. Bajo invernadero, esto se magnifica ya que las plantas son más tiernas y pueden alcanzar alturas mayores a 2 metros (Urrestarazu *et al.*, 2002).

A través de un correcto tutorado se puede ayudar a mejorar la eficiencia en la intercepción de luz, lo cual tiene un efecto directo sobre el rendimiento (Reséndiz Melgar, 2010). Existen dos tipos de tutorado con mayor difusión en pimiento:

Horizontal (tradicional, español o en seto): Se sujetan las plantas con dos hilos paralelos horizontales, que van abrazando la hilera de plantas, formando un seto de ramas y hojas. Estos hilos, a su vez se sujetan a otros hilos verticales, que están unidos al alambre superior, y que son los que van a soportar el peso del colchón vegetal formado.

Los primeros dos hilos se colocan a 20 cm de altura, y a medida que la planta crece, se van agregando los demás a unos 15-20 cm de los anteriores y así sucesivamente.

Cada nuevo nivel de hilos también se sujeta a los hilos verticales, logrando un entramado que permitirá el tutorado de toda la hilera (Urrestarazu *et al.*, 2002; Jurado Ruíz y Nieto Quesada, 2003; Gamayo Díaz, 2011). En las cabeceras, se suelen usar postes o tacuaras (cañas), donde irán atados los hilos antes mencionados, dándole rigidez al entramado.

Es un sistema de gran relevancia que permite adaptar al cultivo a la conducción libre y sin realizar podas, donde los costos de mano de obra son menores, ya que una sola persona puede realizar la tarea, sin afectar otras prácticas culturales.

Este sistema de conducción, presenta dos desventajas: la primera radica en la poca ventilación, que puede generar condiciones predisponentes a enfermedades parasitarias y plagas animales, por lo cual se recomienda el desbrote y deshoje por debajo de la cruz, cuando la planta haya logrado un crecimiento adecuado (Urrestarazu *et al.*, 2002) y el

segundo inconveniente son los frutos deformes, que al crecer en el colchón de hojas, muchas veces quedan apretados por los hilos, o mal ubicados en las horquetas.-

Vertical (u holandés): en este sistema se dejan dos o cuatro ramas principales y a través de la poda se eliminan todas las laterales. Consiste en liar cada rama a un hilo individual, y se van enrollando con el hilo a medida que van creciendo. Cada hilo vertical se ata a la cruz de cada planta, y el otro extremo va sujeto a un alambre horizontal superior, el cual va atado a la estructura del invernadero. Se atan tantos hilos como tallos principales se hayan dejado (Urrestarazu *et al.*, 2002; Jurado Ruíz y Nieto Quesada, 2003; Gamayo Díaz, 2011).

Podemos decir, que al ser un tutorado vertical e individual de cada rama, permite manejar la arquitectura de la planta, mejorando la captación de luz y aireación, lo que se asocia a una mejor calidad de frutos, facilidad de cosecha, y tratamientos fitosanitarios más efectivos.

Como punto desfavorable, implica un mayor gasto de mano de obra, debido a la poda y tutorado individual de cada rama, a la vez que pueden aumentar las enfermedades virales, debido a las heridas causadas por la poda. (Urrestarazu *et al.*, 2002; Jurado Ruíz y Nieto Quesada, 2003; Gamayo Díaz, 2011).

2. ANTECEDENTES

A través de los años, los agricultores han desarrollado una serie de métodos para alterar las condiciones medioambientales de sus cultivos, con la finalidad de mejorar la calidad de la producción y favorecer la precocidad. La elección del grado de control medioambiental está limitada por el nivel de inversión de capital y los costos de operación que el usuario esté dispuesto a asumir. Los métodos para favorecer la precocidad incluyen necesariamente la búsqueda de la máxima iluminación y el aumento de la temperatura del aire y del suelo (FAO, 2002).

El cultivo de pimiento se desarrolló históricamente a campo abierto, pero el progreso de las condiciones de invernadero ha permitido ampliar las alternativas y cultivarlo en

diferentes ambientes, empleando distintos métodos productivos, a la vez que las experiencias han aportado información técnica y científica sobre su producción bajo este tipo de condiciones (Erazo y Gabriel, 2018).

Los invernaderos son recintos cerrados contruidos con materiales transparentes soportados por varios tipos de estructuras, dentro de los cuales el clima difiere del exterior. Esta modificación climática tiene dos causas principales, la propiedad específica de cada material de cubierta para atrapar la energía radiante dentro del recinto cerrado, denominado el efecto invernadero, y la limitación de la turbulencia (FAO, 2002).

La importancia del papel que juega la luz en la producción hortícola está fuera de duda. Los invernaderos deben captar el máximo de radiación solar durante todo el día en invierno, y durante el resto del año deben aprovechar la radiación de la mañana y de la tarde, para lograr un balance térmico favorable y activar la fotosíntesis al transmitir parte del espectro visible. La pendiente del techo, la forma del invernadero y la orientación de la estructura son factores clave para lograr estos propósitos (FAO, 2002).

El mejoramiento vegetal ha permitido lograr líneas de pimiento multirresistentes a las principales enfermedades para ser utilizados como progenitores de híbridos F1 más competitivos (Depestre, 2002). A través del mejoramiento, se logran híbridos con buenos rendimientos, resistentes a plagas, con adaptación al clima tropical, más precoces, con protección vegetal y mayor período de cosecha (Rodríguez *et al.*, 2008).

Rodríguez *et al.* (2018) evaluaron el comportamiento morfo-agronómico de nuevas combinaciones híbridas de pimiento, de alto potencial productivo, en Cuba. Encontraron diferencias morfológicas entre las distintas combinaciones híbridas, que posibilitan establecer una siembra escalonada bajo este sistema de cultivo. Todas las combinaciones presentaron hábito de crecimiento erecto y tipo de fruto Lamuyo. Algunas combinaciones híbridas sobrepasan las 70 t.ha⁻¹ para el sistema de cultivo protegido.

Gabriel Ortega *et al.* (2022) evaluaron las características agronómicas y de producción de tres híbridos de pimiento en Ecuador. Estudiaron número, peso, ancho y alto de frutos,

grosor de tallo, altura de planta y daño por oídio. Encontraron diferencias entre los híbridos estudiados en peso de frutos, altura de planta y días a la cosecha.

Junto a las especies y variedades de origen local, la mayor parte de los países mediterráneos producen bajo cubierta cultivares similares. La elección de los cultivares no responde exclusivamente a exigencias o aptitudes de tipo eco climático sino más bien al destino del producido, sus posibilidades de éxito en el mercado de exportación y los gustos locales, junto con su aptitud para crecer y fructificar en las condiciones climáticas. Es también una característica cada vez más decisiva en la elección de un cultivar, la capacidad de resistencia a las enfermedades de mayor riesgo (FAO, 2002).

Monge Pérez y Loria Coto (2018), en pimiento dulce cultivado bajo condiciones de invernadero y utilizando dos tipos de poda, establecieron correlaciones de Pearson entre la densidad de siembra y las variables: número de frutos por planta y por metro cuadrado, peso de fruto y rendimiento total y comercial (t.ha^{-1}). Independientemente del tipo de poda, obtuvieron correlación significativa entre densidad de siembra con número de frutos de calidad rechazo por planta ($r = -0,55^{**}$), número de frutos de primera calidad por metro cuadrado ($r = 0,58^{**}$), rendimiento total ($r = 0,42^{*}$), rendimiento de primera calidad ($r = 0,65^{**}$) y rendimiento comercial ($r = 0,43^{*}$). En los tratamientos con poda española, se halló correlación significativa entre densidad de siembra y número de frutos de segunda calidad por planta ($r = -0,59^{*}$), peso de fruto ($r = 0,76^{**}$) y peso de fruto de primera calidad ($r = 0,62^{*}$). Concluyen la mayor densidad de siembra es beneficiosa desde el punto de vista económico y recomiendan estudiar densidades superiores a las incluidas en la investigación (2,60-3,90 plantas/ m^2), para definir una densidad óptima.

Martínez Gutiérrez *et al.* (2021) evaluaron la producción y calidad de pimientos en función del manejo cultural de la poda y la densidad de la plantación. Encontraron que la mayor densidad de plantación incrementó significativamente el índice de área foliar, el rendimiento y producción de materia seca total de fruto, mientras que los parámetros de calidad de fruto no se vieron afectados. Las plantas podadas a 4 tallos no se afectaron en altura ni en grosor de tallo respecto a las sin poda. El índice de área foliar fue menor en la poda a dos brazos y no varió con la poda de 4 tallos y sin poda. El mayor rendimiento y

producción de materia seca de fruto se obtuvo con las plantas a 4 tallos, mientras que la calidad de los frutos no se vio afectada.

Cruz Huerta *et al.* (2009) estudiaron el efecto de la densidad de población combinado con el despunte temprano de las yemas terminales, en pimiento dulce cultivado en hidroponía bajo invernadero, sobre el rendimiento y el período de cosecha. El rendimiento de fruto comercial por planta fue 873 g en el testigo a 604 y 404 g en las densidades 8 y 14 plantas/m², respectivamente; mientras que el rendimiento por unidad de superficie fue mayor en las altas densidades con despunte temprano (5,63 y 4,83 kg/m² en 14 y 8 plantas/m², respectivamente) que en el testigo (2,88 kg/m²). El sistema de producción con alta densidad de población con despunte temprano de las plantas incrementó significativamente el rendimiento de pimiento dulce por unidad de superficie y mostró potencial para reducir el período de cosecha para aprovechar ventanas específicas de mercado.

Monge Pérez (2016) evaluó el efecto de dos tipos de poda (española y holandesa) y tres densidades de siembra (2,60, 3,25 y 3,90 plantas/m²) sobre el rendimiento y la calidad del pimiento. Con la poda española se obtuvo un mayor número total de frutos/m² (46,99) y mayor rendimiento total (76,35 t.ha⁻¹) y comercial (67,35 t.ha⁻¹) que con la poda holandesa (34,11 frutos/m²; 61,17 t.ha⁻¹ y 52,37 t.ha⁻¹, respectivamente). La densidad de siembra no afectó el peso promedio total de los frutos ni el número total de frutos/m², pero el rendimiento total y comercial fue mayor a la densidad de 3,90 plantas/m² (75,75 y 65,83 t.ha⁻¹ respectivamente) y el número de frutos por planta fue mayor a la densidad de 2,60 plantas/m² (14,63 frutos/planta). Los tratamientos que presentaron el mayor rendimiento total y el mayor número de frutos totales/m² fueron la poda española, tanto a 2,60 plantas/m² (75,60 t/ha; 45,01 frutos/m²) como a 3,90 plantas/m² (84,30 t.ha⁻¹; 52,90 frutos/m²).

3. OBJETIVOS

3.1. General

- ✓ Evaluar los efectos del sistema de conducción, el genotipo y la potencial interacción entre ambos sobre caracteres de crecimiento y componentes del rendimiento en el cultivo de pimiento.

Hipótesis sustantiva

- ✓ El sistema de conducción modifica el patrón de crecimiento del cultivo de pimiento, influyendo en la captación de luz, el crecimiento vegetal y, por ende, en el rendimiento final del cultivo.

3.2. Específicos

Primero

Evaluar la influencia de dos sistemas de conducción sobre el crecimiento vegetal de dos híbridos de pimiento dulce.

Hipótesis de trabajo: El sistema de conducción abierto aumenta la intercepción de luz, lo que se traduce en un aumento del crecimiento vegetal.

Segundo

Evaluar la influencia del sistema de conducción sobre los componentes del rendimiento de dos híbridos de pimiento dulce.

Hipótesis de trabajo: El sistema de conducción abierto produce mayor tamaño de frutos que la conducción en seto y esto se traduce en un aumento en el rendimiento del cultivo de pimiento dulce.

Tercero

Determinar la interacción híbrido-sistema de conducción.

Hipótesis de trabajo: Los dos híbridos (Único y Granate) presentan un comportamiento similar en los dos sistemas de conducción.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Descripción del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA Bella Vista INTA), ubicada sobre Ruta Provincial Nº 27, en la Colonia 3 de abril del departamento de Bella Vista, Provincia de Corrientes. La EEA posee una superficie de 330 ha y se encuentra situada a 28° 26' de Latitud Sur y 58° 55' de Longitud Oeste y a 70 m sobre el nivel del mar.

Se trabajó en un invernadero de dos módulos tipo parabólico con ventilación lateral, cubierto por plástico LDT (Larga duración térmica) de 150 µm y postes de quebracho colorado, de 6 m de ancho por 24 m de largo cada uno (superficie cubierta total 288 m²).

El suelo donde se instaló el ensayo pertenece a la serie Lomas (Paleudalfes lamélico, franco grueso, hipertérmica), los resultados del análisis de suelo se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Análisis químico del suelo, enero 2017

Meq/100gr					P	pH	Conductividad	M.O.	N total	N-NO3	NO3
CIC	Ca	Mg	K	Na	ppm		µSiemens/cm	%	%	ppm	ppm
5,25	2,40	2,20	0,48	0,17	43	6,20	698	0,77	0,04	7,1	31,45

Entidad que realizó el análisis NITROSOLSRL, Ruta 27 y 9 de Julio, CP 3432, Bella Vista Corrientes (Tel. 03777-451114/5 y 451353).

4.2. Historial del lote y preparación

En el lote donde que se trabajó se realizó en los últimos 3-4 años producción de pimiento con desinfección de suelo. En la última campaña el cultivo fue incorporado con una rastra de disco, luego se procedió a la implantación de un sorgo forrajero que posteriormente fue incorporado y mezclado con rastra de disco, en estado vegetativo con una base de estiércol de aves a razón de 30 t por hectárea, al voleo y en cobertura completa.

4.3. Diseño experimental

Se utilizó un Experimento Factorial con Arreglo en Parcelas Divididas durante dos campañas consecutivas, con fecha de trasplante de 31 de enero de 2017 y de 05 de febrero de 2018. Los 2 factores estudiados fueron: conducción, con los niveles: abierto y seto; e híbrido, con los niveles: Único y Granate. Cada campaña se consideró como una repetición (Di Rienzo *et al.*, 2022), por lo que el Diseño Experimental finalmente fue de Bloques Completos al Azar con Arreglo en Parcelas Divididas. Los sistemas de conducción fueron ubicados en las parcelas principales y los híbridos en las subparcelas, las que estuvieron constituidas por 30 plantas. En la Tabla 4 se explicitan las características de los sistemas de conducción estudiados.

Tabla 4: Características de los sistemas de conducción abierto y tradicional o en seto

	Conducción Abierto	Conducción Tradicional o en Seto
Distancia entre lomos	1,50 m	1,20 m
Distancia entre plantas	0,35 m	0,35 m
Poda	sin poda	sin poda
Deshojado	hasta la primera horqueta	hasta la primera horqueta



Figura 1: Fotos de parcelas experimentales con sistema de conducción abierto



Figura 2: Fotos de parcelas experimentales con sistema de conducción seto

Se trabajó en lomos parejos, cada lomo dividido en 2 parcelas de 10,5 m cada una, quedando determinadas 8 parcelas para el sistema abierto y 8 parcelas para el sistema tradicional o en seto (Figura 1). Se usó cinta de riego (dos por lomo) con las siguientes características: diámetro de 16 mm, caudal 3,5 L por metro lineal por hora y separación entre goteros 0,20 m.

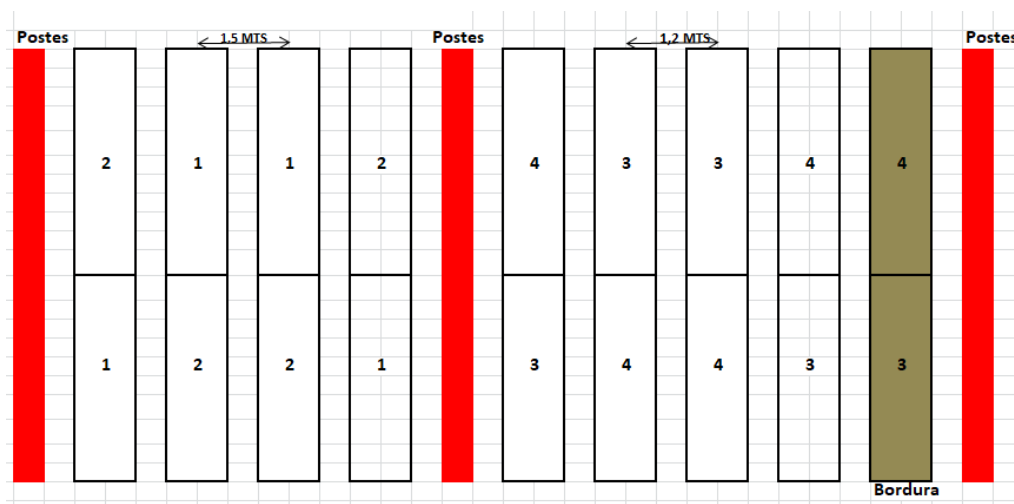


Figura 3: Plano de ensayo experimental, representación de las unidades experimentales y con numeración del 1 al 4 los tratamientos.

Los tratamientos presentados en la figura anterior se definen por la combinación de los dos factores en estudio, quedando de la siguiente manera:

Tratamiento 1: variedad Granate, conducción abierto.

Tratamiento 2: variedad Único, conducción abierto.

Tratamiento 3: variedad Granate, conducción seto.

Tratamiento 4: variedad Único, conducción seto.

El cultivo fue abonado con estiércol vacuno a razón de 8 kilos por metro cuadrado y fertilizantes inorgánicos incorporados a través de fertirriego, utilizando un equipo de dos tanques, A y B, con macro y microelementos con aplicaciones diarias (Tabla 5).

Tabla 5: Tanques “A” y “B” para fertirriego, composición de la solución nutriente.

Solución madre	Tanque “A” 100 lts.	% N	% P2O5	% K2O	% MgO	% S	TOTAL Kg	Kg N	Kg P2O5	Kg K2O	Kg MgO	Kg S
Fosfato Monoamónico	2,00 Kg	12	52				2	0,24	1,04	0	0	0
Nitrato de Potasio	3,50 Kg	13		44			3,5	0,455	0	1,54	0	0
Sulfato de Magnesio	3,50 Kg				16	13	3,5	0	0	0	0,56	0,455
Sulfato de Potasio	3,50 Kg			50		18	3,5	0	0	1,75	0	0,63
Microquel Combi	200 cc						200	0	0	0	0	0
								0,695	1,04	3,29	0,56	1,085

Solución madre	Tanque “B” 100 lts	% N	% P2O5	% K2O	% CaO	% S	TOTAL Kg	Kg N	Kg P2O5	Kg K2O	Kg CaO	Kg S
Nitrato de Calcio	8,00 Kg	17			24		8	1,36	0	0	1,92	0
Nitrato de Potasio	2,00 Kg	13		44			2	0,26	0	0,88	0	0
								1,62	0	0,88	1,92	0

Los materiales de pimiento que se utilizaron son los híbridos Granate y Único. El híbrido Granate de la empresa Rijk Zwaan, se caracteriza por plantas de gran vigor, especial para cultivos de cara a frío en regiones de noreste del país, donde mejor se expresa, no es muy precoz, pero responde con gran rendimiento en frutos de alta calidad, color rojo brillante y de buen peso. Único, de la empresa Clause, del tipo lamuyo, es adecuado para cultivo de invernadero, se caracteriza por plantas vigorosas, compactas y con excelente cobertura, muy productivas y con buena capacidad de cuaje con bajas temperaturas, con frutas grandes, rectangulares, con paredes gruesas, de color rojo intenso y buen viraje en condiciones frías.

Estos híbridos fueron seleccionados por ser dos de los más utilizados en la provincia y porque, además, presentan diferencias morfológicas (tamaño de planta, tamaño y peso de frutos) que podrían generar mayor variabilidad en los resultados.

4.4. Variables evaluadas

4.4.1. Componentes del Rendimiento

Se trabajó sobre la base de la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento} = \text{Número de plantas.m}^{-2} \times \text{número de frutos. planta}^{-1} \times \text{peso del fruto}$$

En base a estos componentes del rendimiento, en los momentos de cosecha se determinó el rendimiento en frutos, previamente clasificados por categoría, a través de:

- ✓ Número de frutos por parcela, mediante el recuento de todos los frutos cosechados en cada parcela,
- ✓ Peso de frutos por parcela (g), utilizando una balanza NOVEL KRETZ de 31 kg, con una sensibilidad de ± 5 g.
- ✓ Peso promedio del fruto fresco (g), obtenido dividiendo el peso total de frutos por el número de frutos de la parcela.

Para la tipificación se consideró el largo del fruto y se clasificaron en las siguientes categorías utilizando calibres caseros disponibles en la EEA INTA Bella Vista (Figura 4), luego se contaron y pesaron los frutos de cada categoría:

Extragrande: más de 13 cm.

Grande: de 10,5 hasta 13 cm.

Mediano: de 8 hasta 10,5 cm.

Chico: hasta 8 cm.

Descarte: frutos dañados o muy chicos, sin valor comercial.



Figura 4: Fotografías de pimientos clasificados en los diferentes tamaños y escala empleada para la tipificación

Como se observa en la Figura 4, las categorías mediano, grande y extragrande corresponden a los frutos de mejor calidad y de mayor valor comercial.

4.4.2. Crecimiento Vegetal

Para evaluar el crecimiento vegetal se realizaron mediciones a lo largo del ciclo del cultivo coincidiendo con las diferentes etapas del cultivo, para lo cual se tuvieron en cuenta los períodos indicados en la Tabla 6 y se emplearon los indicadores que se consignan a continuación.

Tabla 6: Etapas del cultivo de pimiento, días después del trasplante.

Etapas	Crecimiento vegetativo	Floración y cuaje	Desarrollo fruto	Maduración primera ola	Primera cosecha	Maduración segunda ola	Segunda cosecha
Tiempo (días)	36-55	56-70	71-85	86-100	101-120	121-140	141-165

Fuente: <https://sqmnutrition.com/downloadpdf/38227> ⁽⁶⁾

⁶ SQM. Fases fenológicas del pimiento y sus requerimientos nutricionales. Última Consulta: 25/09/2023 Fuente: <https://sqmnutrition.com/downloadpdf/38227>

4.4.2.1. Tasa de crecimiento

Treinta días después de implantado el cultivo y una vez por semana, en cada subparcela se midió la altura de planta en centímetros, considerada de la base del tallo a su extremo distal.

Una vez por mes se extrajo una planta completa para mediciones de área foliar, peso fresco y peso seco. Se realizó un total de seis extracciones de planta entera, las cuáles se pesaron con balanza electrónica para obtener el peso fresco de tallo, raíz, hoja y frutos. Posteriormente se realizaron las lecturas de área foliar a través de un escáner de escritorio y por medio de un programa de análisis digital de imágenes, Leaf Area Measurement (N. Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013). Luego las muestras se colocaron en estufa a 70 °C hasta peso seco constante para obtener el peso seco total por planta, peso seco de tallo y raíz, peso seco total de hoja y peso seco total de fruto.

Los análisis de crecimiento matemáticos pueden usar medidas directas o derivadas. Entre las directas se encuentran la materia seca y el tiempo. A partir de éstas se obtienen las medidas derivadas, tales como tasa de crecimiento relativo, tasa de crecimiento del cultivo, relación del área foliar y el índice de área foliar (Barrera *et al.*, 2010). Con la información obtenida mensualmente, se calcularon las tasas de crecimiento absoluto y de crecimiento relativo.

Tasa de crecimiento absoluto es el índice de crecimiento de las plantas más simple, indica una tasa de cambio en tamaño, el cual es un incremento en tamaño por unidad de tiempo. Las dimensiones y unidades de tasas de crecimiento absoluto son masa por unidad de tiempo, por ejemplo, g. día⁻¹ (Hunt, 2003). Tasa de crecimiento relativo es una medida de eficiencia de la producción de nueva materia seca sobre la ya existente y es también llamada tasa de crecimiento específico (Silva *et al.*, 2000; Casierra-Posada *et al.*, 2007). Permite hacer comparaciones más equitativas entre los organismos que la tasa de crecimiento absoluto, sus dimensiones son masa por masa por unidad de tiempo, típicamente en unidades de g. (g. día)⁻¹ o g. (g. semana)⁻¹ (Hunt, 2003).

4.4.2.2. Radiación interceptada

Para medir la radiación interceptada se tomaron nueve mediciones con un ceptómetro ($\text{MJ}^{-1} \text{ PAR}$) a la altura de la base de la planta, primera horqueta y altura de canopia en cada subparcela, desde el centro de un entresurco hasta el centro del entresurco contiguo, entre las 11,30 y 13,00 hs, cada siete días. El porcentaje de radiación fotosintética activa interceptada por el cultivo se calculó empleando la ecuación siguiente:

$$RFA_i = \left(1 - I_T/I_0\right) \times 100$$

Donde:

I_T : radiación fotosintéticamente activa medida entre el suelo y la primera horqueta,

I_0 : radiación incidente por encima de la canopia del cultivo.

La radiación fotosintéticamente activa es el tipo de radiación que favorece el proceso de fotosíntesis en las plantas; radiaciones mayores a 700 nm no favorecen la fotosíntesis, pero si generan la acumulación de calor en el invernadero. La radiación fotosintéticamente activa representa entre el 45 – 50% de la radiación solar total recibida, y es la de mayor calidad para el crecimiento y desarrollo de los cultivos ⁽⁷⁾.

4.4.2.3. Eficiencia en el uso de la radiación

La eficiencia en el uso de la radiación se obtuvo mediante el cociente entre materia seca aérea producida por el cultivo y la radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada por el cultivo.

⁷ <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protégida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero> Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C., Intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial

4.4.3. Análisis estadístico

A los fines de visualizar el comportamiento general de las variables estudiadas, se realizó un análisis exploratorio de los datos, de manera gráfica y analítica. Los gráficos de caja tienen por objeto reflejar la forma de las distribuciones de las variables en estudio, dando en un mismo elemento gráfico información acerca de la mediana, la media aritmética, los cuantiles 0,05, 0,25, 0,75 y 0,95 y mostrando la presencia, si la hubiere, de valores extremos (Perelman *et al.*, 2019, Di Rienzo *et al.*, 2022).

Cuando se dispone de información sobre una variable medida en los individuos de una muestra, es posible calcular algunos valores, denominados Estimadores o Estadísticos, que permiten describir el comportamiento de dicha variable. Los estadísticos de posición se refieren a la ubicación de los datos sobre el campo de variación de la variable, los más utilizados son: mínimo y máximo, media aritmética, mediana, moda y cuantiles 1 y 3. Los estimadores de variación o variabilidad hacen referencia a la forma en que se distribuyen los datos, es decir su mayor o menor heterogeneidad, los más empleados son: desviación estándar, variancia, coeficiente de variación y rango. Las tablas de frecuencias constituyen arreglos tabulares que muestran las frecuencias absolutas y relativas con las que se presentan los diferentes valores de las variables (Perelman *et al.*, 2019, Di Rienzo *et al.*, 2022).

Para cada una de las variables se compararon los efectos de los factores estudiados y su interacción a través de un Análisis de la Variancia y los efectos de los tratamientos se compararán mediante la Prueba LSD de Fisher, con un nivel de significación del 5%. El Análisis de la Variancia, permite probar hipótesis referidas a los parámetros de posición (esperanza) de dos o más distribuciones. La hipótesis que se somete a prueba generalmente se establece con respecto a los efectos medios de las poblaciones en estudio o de cada uno de los tratamientos evaluados en un experimento. Descompone la variabilidad total en la muestra (suma de cuadrados total de las observaciones) en componentes (sumas de cuadrados) asociados cada uno a una fuente de variación reconocida. La prueba LSD de Fisher compara las diferencias observadas entre cada par

de promedios muestrales con el valor crítico correspondiente a la prueba T para dos muestras independientes (Perelman *et al.*, 2019, Di Rienzo *et al.*, 2022).

Con el objetivo de determinar el crecimiento de las plantas de pimiento se realizaron Análisis de Regresión Lineal de las variables de crecimiento en el tiempo para las diferentes combinaciones de híbrido y sistema de conducción, se probaron diferentes modelos lineales y se ajustaron polinomios cuadráticos. Como criterios para evaluar el ajuste y seleccionar los modelos se emplearon los coeficientes R^2 , AIC y BIC (criterios de información de Akaike y Bayesiano).

El coeficiente R^2 mide la proporción de la variación en la variable y que es explicada por la relación con la variable x, y cuanto más cercano a 1 es indica mejor ajuste, aunque su aplicación en modelos no lineales es discutida. Los criterios AIC y BIC cuando menor es su valor indican mejor ajuste del modelo.

La regresión lineal, permite estudiar la relación funcional entre una variable respuesta (variable dependiente) y una o más variables regresoras (variables independientes o predictoras). Mediante la regresión se estudia cómo los cambios en las variables predictoras afectan a la variable respuesta, mediante el ajuste de un modelo para la relación funcional entre ellas (Perelman *et al.*, 2019, Di Rienzo *et al.*, 2022).

A los efectos de estudiar el comportamiento conjunto de las variables se realizaron Análisis de Componentes Principales y Gráficos Biplot para cada conjunto de variables, que son técnicas utilizadas para reducción de dimensión. El Análisis de Componentes Principales permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos, tratando de encontrar, con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en las filas de la tabla de datos. Los Gráficos Biplot permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio, e identificar asociaciones entre observaciones, entre variables y entre variables y observaciones (Di Rienzo *et al.*, 2022).

Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el Software InfoStat 2022.

5. RESULTADOS.

5.1. Rendimiento

A continuación, se presenta el análisis de las variables de rendimiento, que incluye número de frutos, peso de frutos y peso promedio de frutos para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

5.1.1. Número de frutos por tratamiento

En primer lugar, se presenta el análisis exploratorio de los datos, de manera gráfica y analítica.

En la Figura 5 se presentan los Gráficos de Caja del número de frutos, según su clasificación en extragrandes, grandes, medianos, chicos y descarte para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

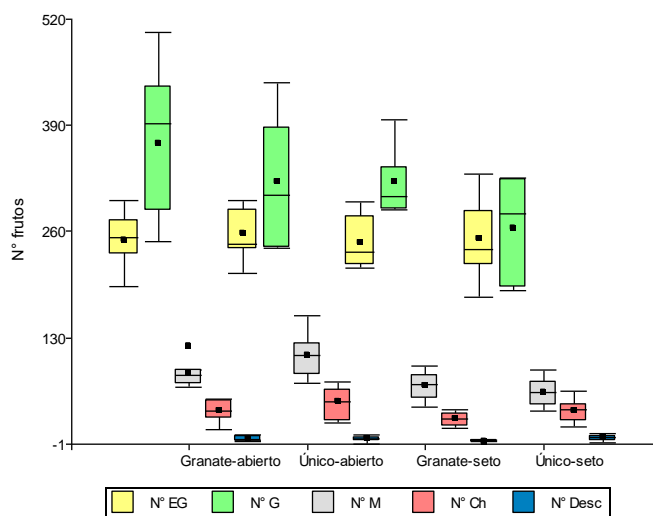


Figura 5: Gráfico de caja de distribución del número de frutos por categoría según tamaño (N° EG: extragrandes, N° G: grandes, N° M: medianos, N° Ch: chicos y N° Desc: descarte) para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

En todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción, la mayor cantidad de frutos corresponde a las categorías extragrandes (promedios entre 245,29 y 257,14 frutos por tratamiento) y grandes (promedios entre 264,43 y 366,71 frutos por tratamiento), seguido de medianos (promedios entre 63,00 y 107,29 frutos por tratamiento) y chicos

(promedios entre 30,00 y 51,70 frutos por tratamiento), con muy poca cantidad de descartes (promedios entre 3,29 y 6,71 frutos por tratamiento). Se puede apreciar que los frutos presentan una distribución adecuada, indicando que los tamaños de la mayoría de los frutos a cosechar se ubicarían entre los de mejor calidad.

En la Figura 6 se pueden observar los gráficos de caja de los números totales de frutos cosechados por cada combinación de híbrido-sistema de conducción.

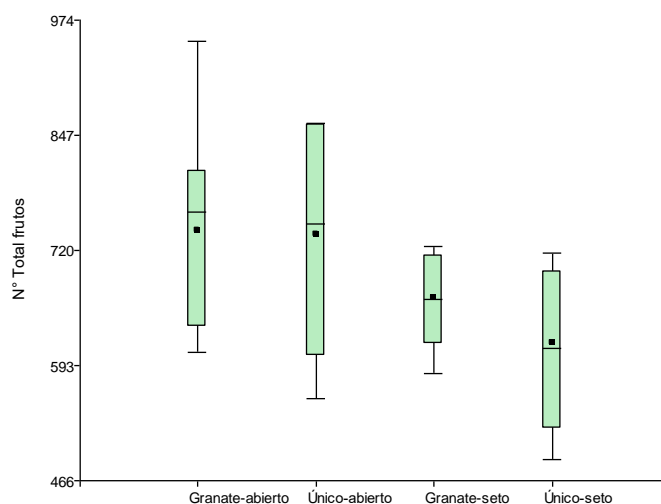


Figura 6: Gráfico de caja de número total de frutos para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

Al analizar los frutos totales cosechados por cada combinación híbrido-sistema de conducción se observa que el sistema abierto tiene mayor cantidad de frutos que el sistema seto, en ambos híbridos. Dentro del sistema seto, Granate presentó mayor cantidad de frutos respecto de Único y una menor dispersión de datos o variabilidad.

En la Tabla 7 se presentan las estadísticas descriptivas del número de frutos para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

Tabla 7: Estadísticas descriptivas del número de frutos por categoría según combinación híbrido-sistema de conducción.

Híbrido-sistema conducción	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente variación	Mínimo	Máximo	Mediana	1er cuartil	3er cuartil
Frutos extragrandes								
Granate-abierto	249,29	33,09	13,27	193	297	252	231	273
Granate-seto	245,29	31,26	12,74	215	296	234	219	278
Único-abierto	257,14	32,52	12,65	209	298	244	238	287
Único-seto	250,86	50,85	20,27	179	330	238	219	284
Frutos grandes								
Granate-abierto	366,71	93,21	25,42	248	504	392	284	437
Granate-seto	321,14	39,86	12,41	286	396	303	286	339
Único-abierto	321,00	83,48	26,01	239	442	305	240	387
Único-seto	264,43	63,78	24,12	187	325	282	191	324
Frutos medianos								
Granate-abierto	85,71	16,76	19,55	69	120	83	72	90
Granate-seto	71,00	16,96	23,89	45	95	73	55	84
Único-abierto	107,29	27,38	25,52	74	157	108	84	123
Único-seto	63,00	17,67	28,05	40	91	63	46	75
Frutos chicos								
Granate-abierto	39,57	13,38	33,81	18	54	40	31	53
Granate-seto	30,00	8,52	28,41	19	42	31	20	36
Único-abierto	51,57	19,45	37,71	25	76	52	27	66
Único-seto	39,43	14,51	36,81	20	64	42	27	48
Descartes								
Granate-abierto	6,14	3,44	55,94	3	11	5	3	9
Granate-seto	3,29	1,25	38,15	1	5	3	3	4
Único-abierto	5,14	3,76	73,12	0	11	6	2	8
Único-seto	6,71	3,99	59,40	1	12	8	2	9
Total de frutos								
Granate-abierto	741,29	120,52	16,26	608	951	762	635	808
Granate-seto	667,43	53,04	7,95	584	724	666	616	714
Único-abierto	737,00	128,14	17,39	557	860	749	603	859
Único-seto	617,71	87,16	14,11	489	717	612	523	697

No se observan diferencias entre las combinaciones híbrido-sistema de conducción en las medidas de posición (promedios, medianas, cuartiles, mínimos y máximos). Si se pueden destacar algunas diferencias en la variabilidad de los datos, mayor variabilidad para la combinación Único-seto entre los frutos extragrandes (Desvío estándar 50,85%) y la combinación Único-abierto entre los frutos medianos (Desvío estándar 27,38%), y menor variabilidad para la combinación Granate-seto entre los frutos grandes (Desvío

estándar 39,86%), chicos (Desvío estándar 8,52%) y en el total de frutos (Desvío estándar 53,04%).

A continuación, se incluyen los Análisis de Variancia de los números de frutos por parcela correspondientes a las diferentes categorías de frutos. Las Pruebas LSD Fisher son incluidas solamente cuando se detectan efectos significativos en la prueba F.

Número de frutos extragrandes

En la Tabla 8 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del número de frutos extragrandes.

Tabla 8: Análisis de la Variancia del número de frutos extragrandes

*F.V.	*SC	*gl	*CM	*F	*p-valor	
Modelo.	14 577,07	12	1 214,76	9,00E-01	0,5660	NS
Sistema	1 000,00	1	1000	0,64	0,4829	NS
Bloque	2 293,43	3	764,48	0,57	0,6452	NS
Bloque*Sistema	4 702,86	3	1 567,62	1,16	0,3567	NS
Hibrido	4,9	1	4,9	3,60E-03	0,9527	NS
Hibrido*Sistema	9,14	1	9,14	0,01	0,9355	NS
Bloque*Hibrido	7 070,93	3	2 356,98	1,75	0,2002	NS
Error	20 227,36	15	1 348,49			
Total	34 804,43	27				

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detecta interacción entre ambos factores, ni efecto significativo de híbrido y sistema de conducción.

Número Frutos grandes

En la Tabla 9 se presenta el Análisis de la Variancia del número de frutos grandes y en la Tabla 10 los resultados de la Prueba LSD Fisher.

Tabla 9: Análisis de la Variancia del número de frutos grandes

*F.V.	*SC	*gl	*CM	*F	*p-valor
Modelo.	70 061,36	12	5 838,45	0,93	0,5472 NS
Sistema	22 752,9	1	22 752,9	9,08	0,0570 NS
Bloque	12 057,11	3	4 019,04	0,64	0,6028 NS
Bloque*Sistema	7 514,46	3	2 504,82	0,4	0,7571 NS
Hibrido	10 368,4	1	10 368,4	1,64	0,2194 NS
Hibrido*Sistema	211,75	1	211,75	0,03	0,8571 NS
Bloque*Hibrido	13 659,68	3	4 553,23	0,72	0,5546 NS
Error	94 652,75	15	6 310,18		
Total	164 714,11	27			

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

Si bien no se detectan efectos significativos de híbrido, sistema de conducción ni interacción entre los factores, el p-valor correspondiente a sistema de conducción está cercano al límite y la prueba LSD permitió detectar algunas diferencias. La combinación Único-seto presenta menor número de frutos grandes que Granate-abierto.

Tabla 10: Prueba LSD Fisher

Hibrido	Sistema	Medias	E.E.	
Único	seto	271,44	31,06	A
Granate	seto	317,19	31,06	A B
Único	abierto	336,56	31,06	A B
Granate	abierto	371,31	31,06	B

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

Numero de frutos medianos

En las Tabla 11 se presenta el Análisis de la Variancia del número de frutos medianos y la posterior prueba LSD Fisher (Tabla 12).

Tabla 11: Análisis de la Variancia del número de frutos medianos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10 132,07	12	844,34	1,67	0,1736 NS
Sistema	6 051,6	1	6051,6	49,3	0,0059 *
Bloque	426,75	3	142,25	0,28	0,8384 NS
Bloque*Sistema	368,25	3	122,75	0,24	0,8654 NS
Hibrido	739,6	1	739,6	1,46	0,2456 NS
Hibrido*Sistema	1 530,32	1	1 530,32	3,02	0,1026 NS
Bloque*Hibrido	1 392,68	3	464,23	0,92	0,4565 NS
Error	7 597,18	15	506,48		
Total	17 729,25	27			

NS: sin significancia estadística

*: indica significancia estadística al 5%

Se ha detectado efecto significativo del sistema de conducción, no así de híbrido ni interacción entre ambos factores.

Tabla 12: Prueba LSD Fisher

Hibrido	Sistema	Medias	E.E.
Único	seto	63,86	8,8 A
Granate	seto	67,89	8,8 A
Granate	abierto	83,86	8,8 A B
Único	abierto	109,39	8,8 B

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

Las combinaciones Único-seto y Granate-seto presentan menor número de frutos medianos que Único-abierto.

Número de frutos chicos

En las Tabla 13 se presenta el Análisis de la Variancia del número de frutos chicos y la posterior prueba LSD Fisher (Tabla 14).

Tabla 13: Análisis de la Variancia del número de frutos chicos

* F.V.	*SC	*gl	*CM	* F	*p-valor	
Modelo.	2 695,63	12	224,64	0,84	0,6104	NS
Sistema	837,22	1	837,22	5,77	0,0957	NS
Bloque	335,8	3	111,93	0,42	0,7406	NS
Bloque*Sistema	435,23	3	145,08	0,55	0,6585	NS
Hibrido	837,23	1	837,23	3,15	0,0963	NS
Hibrido*Sistema	11,57	1	11,57	0,04	0,8375	NS
Bloque*Hibrido	284,3	3	94,77	0,36	0,7852	NS
Error	3 987,8	15	265,85			
Total	6 683,43	27				

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

Si bien no se detectan efectos significativos de híbrido, sistema de conducción ni interacción entre ambos factores, la prueba LSD permitió detectar algunas diferencias

Tabla 14: Prueba LSD Fisher

Hibrido	Sistema	Medias	E.E.	
Granate	seto	28,55	6,38	A
Granate	abierto	38,70	6,38	A B
Único	seto	38,70	6,38	A B
Único	abierto	51,42	6,38	B

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

La combinación Granate-seto presenta menor número de frutos chicos que Único-abierto.

Numero de frutos de descarte

En la Tabla 15 se presenta el Análisis de la Variancia del número de frutos descarte.

Tabla 15: Análisis de la Variancia del número de frutos descarte

* F.V.	* SC	*gl	*CM	* F	*p-valor	
Modelo.	135,43	12	11,29	0,98	0,5060	NS
Sistema	0,4	1	0,4	0,05	0,8394	NS
Bloque	51,61	3	17,2	1,49	0,2565	NS
Bloque*Sistema	24,61	3	8,2	0,71	0,5596	NS
Hibrido	10	1	10	0,87	0,3661	NS
Hibrido*Sistema	34,32	1	34,32	2,98	0,1048	NS
Bloque*Hibrido	11,68	3	3,89	0,34	0,7980	NS
Error	172,68	15	11,51			
Total	308,11	27				

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detectan efectos significativos de híbrido, sistema de conducción, ni interacción entre ambos factores.

Número total de frutos

En la Tabla 16 se presenta el Análisis de la Variancia del número total de frutos y la posterior prueba LSD Fisher (Tabla 17).

Tabla 16: Análisis de la Variancia del número total de frutos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	116 869,88	12	9 739,16	0,71	0,7203	NS
Sistema	83 631,03	1	83 631,03	10,4	0,0484	*
Bloque	9 337,05	3	3 112,35	0,23	0,8758	NS
Bloque*Sistema	24 115,34	3	8 038,45	0,59	0,6325	NS
Hibrido	2 295,22	1	2 295,22	0,17	0,6879	NS
Hibrido*Sistema	3 611,57	1	3 611,57	0,26	0,6149	NS
Bloque*Hibrido	9 420,62	3	3 140,21	0,23	0,8744	NS
Error	205 251,55	15	13 683,44			
Total	322 121,43	27				

NS: sin significancia estadística

* Indica significancia estadística

Se detecta efecto significativo de sistema de conducción, no así de híbrido ni interacción entre ambos factores.

Tabla 17: Prueba LSD Fisher

Híbrido	Sistema	Medias	E.E.	
Único	seto	615,86	45,74	A
Granate	seto	657,51	45,74	A B
Granate	abierto	749,11	45,74	A B
Único	abierto	752,89	45,74	B

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

La combinación Único-seto presenta menor número total de frutos que Único-abierto.

5.1.2. Peso de frutos por tratamientos

En primer lugar, se presenta el Análisis Exploratorio de los Datos, de manera gráfica y analítica.

En la Figura 7 se presentan los Gráficos de Caja del peso de frutos (g), según su clasificación en extragrandes, grandes, medianos, chicos y descartes para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

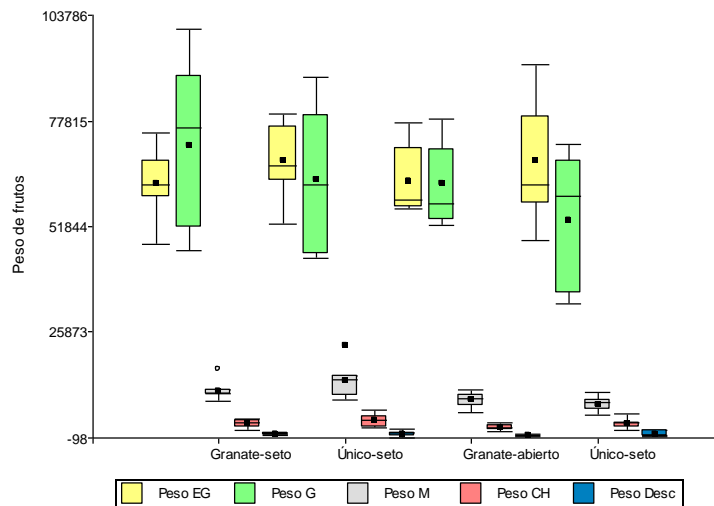


Figura 7: Gráficos de caja del peso de frutos (en g) según categoría, (Peso EG: extragrandes, Peso G: grandes, Peso M: medianos, Peso Ch: chicos y Peso Desc: descarte) para cada combinación híbrido-sistema de conducción

En todos los tratamientos, el mayor peso de frutos corresponde a las categorías extragrandes y grandes, seguido de medianos y chicos, con muy poca cantidad de

descartes, coincidiendo con lo mencionado anteriormente de que constituye una adecuada distribución con predominio de los frutos de mejor calidad. No se observa diferencias entre los tratamientos en los pesos totales de frutos correspondientes a los diferentes tamaños.

En la Figura 8 se pueden observar los gráficos de caja de los pesos totales de frutos cosechados por cada combinación de híbrido-sistema de conducción.

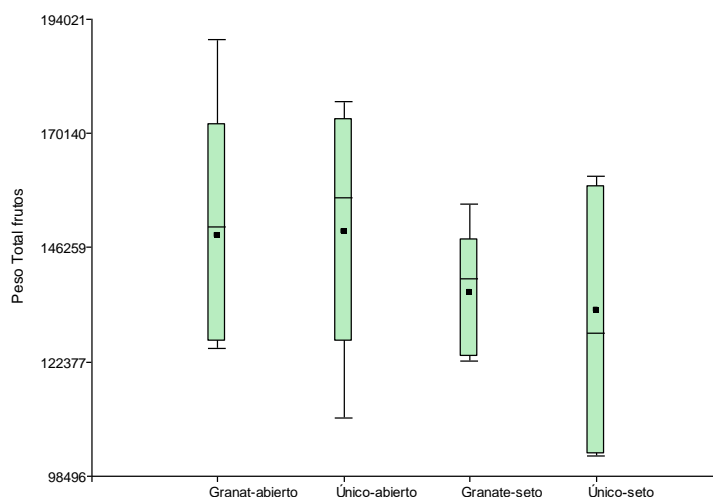


Figura 8: Gráficos de caja de peso total de frutos (en g) para cada combinación híbrido-sistema de conducción

Al analizar los pesos totales cosechados por cada combinación híbrido-sistema de conducción, se observa que el sistema abierto en ambos híbridos tendería a tener mayor peso total de frutos que el sistema seto. Dentro del sistema seto se observa mayor peso en granate que en único y este último presenta mayor dispersión.

Tabla 18: Estadísticas descriptivas del peso de frutos (g) por categoría según combinación híbrido-sistema de conducción

Híbrido- Sistema conducción	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente variación	Mínimo	Máximo	Mediana	1er cuartil	3er cuartil
Frutos extragrandes								
Granate-abierto	62 374,86	8 645,47	13,86	47 366	74 751	62 182	58 984	67 920
Granate-seto	62 964,29	8 262,23	13,12	56 307	77 384	58 370	56 597	71 036
Único-abierto	67 964,00	9 135,34	13,44	52 481	79 595	66 717	62 914	76 452
Único-seto	68 030,57	15 314,26	22,51	48 319	91 570	62 242	57 419	78 887
Frutos grandes								
Granate-abierto	71 665,86	20 907,53	29,17	45 890	100 405	76 223	51 427	88 702
Granate-seto	62 292,43	10 201,22	16,38	52 279	78 243	57 531	53 405	70 929
Único-abierto	63 377,43	18 704,27	29,51	43 934	88 646	62 176	45 032	79 257
Único-seto	53 524,86	17 047,12	31,85	32 776	72 012	59 200	35 395	68 106
Frutos medianos								
Granate-abierto	11 487,29	2 444,84	21,28	8 797	16 633	10 791	10 545	11 739
Granate-seto	9 260,14	1 961,22	21,18	5 989	11 778	9 568	7 706	10 576
Único-abierto	13 980,14	4 344,91	31,08	9 310	22 516	14 215	10 133	15 022
Único-seto	8 111,14	1 998,98	24,64	5 347	11 247	8 726	6 613	9 163
Frutos chicos								
Granate-abierto	3 330,57	1 103,19	33,12	1 699	4 721	3 498	2 325	4 370
Granate-seto	2 445,43	716,04	29,28	1 587	3 678	2 441	1 755	2 884
Único-abierto	4 244,29	1 564,82	36,87	2 341	6 631	4 128	2 363	5 306
Único-seto	3 415,14	1 249,41	36,58	1 882	5 746	3 586	2 378	3 779
Descartes								
Granate-abierto	813,14	356,48	43,84	421	1 277	741	470	1 180
Granate-seto	527,14	238,69	45,28	145	878	556	372	673
Único-abierto	854,00	667,04	78,11	0	1 958	1 035	162	1 143
Único-seto	844,29	603,92	71,53	271	1 662	617	290	1 650
Total de frutos								
Granate-abierto	148 858,57	25056,92	16,83	125 227	189 679	150 648	126 479	172 044
Granate-seto	136 962,29	12417,99	9,07	122 580	155 495	139 688	123 343	147 981
Único-abierto	149 565,86	26372,07	17,63	110 777	176 776	156 841	126 491	173 038
Único-seto	133 081,71	26331,08	19,79	102 838	161 098	128 467	102 884	159 066

No se observan diferencias entre las combinaciones híbrido-sistema de conducción en las medidas de posición (promedios, medianas, cuartiles, mínimos y máximos). Si se pueden destacar algunas diferencias en la variabilidad de los datos, mayor variabilidad para la combinación Único-seto entre los frutos extragrandes (coeficiente de variación 22,51%) y para la combinación Único-abierto entre los frutos medianos, y menor variabilidad para la combinación Granate-seto entre los frutos grandes (coeficiente de

variación 16,38%), chicos (coeficiente de variación 29,28%) y en el total de frutos (coeficiente de variación 9,07%).

A continuación, se incluyen los Análisis de la Variancia de los pesos de frutos por categoría.

Peso de frutos extragrandes

En la Tabla 19 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso de frutos extragrandes.

Tabla 19: Análisis de la Variancia del peso de frutos extragrandes

*F.V.	* SC	*gl	* CM	* F	*p-valor
Modelo.	1289604486	12	107467041	0,96	0,5197 NS
Sistema	21917322	1	21917322	0,15	0,7259 NS
Bloque	180889710	3	60296570,1	0,54	0,6624 NS
Bloque*Sistema	443528856	3	147842952	1,32	0,3039 NS
Hibrido	78190140,6	1	78190140,6	0,7	0,4160 NS
Hibrido*Sistema	478414,29	1	478414,29	4,30E-03	0,9487 NS
Bloque*Hibrido	465262641	3	155087547	1,39	0,2849 NS
Error	1676256363	15	111750424		
Total	2965860849	27			

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detectaron efectos significativos de sistema de conducción, híbrido ni interacción entre ambos factores.

Peso de frutos grandes

En la Tabla 20 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso de frutos grandes.

Tabla 20: Análisis de la Variancia del peso de frutos grandes

*F.V.	* SC	*gl	*CM	* F	*p-valor
Modelo.	2676558365	12	223046530	0,6	0,8105 NS
Sistema	821597216	1	821597216	8,29	0,0636 NS
Bloque	741117616	3	247039205	0,67	0,5862 NS
Bloque*Sistema	297309209	3	99103069,7	0,27	0,8482 NS
Hibrido	269693262	1	269693262	0,73	0,4075 NS
Hibrido*Sistema	401761,29	1	401761,29	1,10E-03	0,9742 NS
Bloque*Hibrido	481773907	3	160591302	0,43	0,7328 NS
Error	5569661577	15	371310772		
Total	8246219941	27			

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detectó efecto significativo de sistema de conducción, híbrido ni interacción entre los factores.

Peso de frutos medianos

En las Tablas 21 y 22 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso de frutos medianos y la posterior prueba LSD Fisher.

Tabla 21: Análisis de la Variancia del peso de frutos medianos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	176359824	12	14696652	1,37	0,2786 NS
Sistema	113346689	1	113346689	38,98	0,0083 *
Bloque	10499795,6	3	3499931,87	0,33	0,8064 NS
Bloque*Sistema	8723649,46	3	2907883,15	0,27	0,8453 NS
Hibrido	7066083,6	1	7066083,6	0,66	0,4297 NS
Hibrido*Sistema	23210466	1	23210466	2,16	0,1620 NS
Bloque*Hibrido	16057321	3	5352440,32	0,50	0,6886 NS
Error	160905924	15	10727061,6		
Total	337265748	27			

NS: sin significancia estadística

* Indica significancia estadística

Se detectó efecto significativo de sistema de conducción, no así de híbrido ni interacción entre los factores. Las combinaciones Único-seto y Granate-seto presentan menor peso de frutos medianos que Único-abierto.

Tabla 22: Prueba LSD Fisher

Híbrido	Sistema	Medias	E.E.	
Único	seto	8161,85	1280,7	A
Granate	seto	8932,03	1280,7	A
Granate	abierto	11319,47	1280,7	A B
Único	abierto	14191,15	1280,7	B

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

Peso de frutos chicos

En las Tablas 23 y 24 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso de frutos chicos y la posterior prueba LSD Fisher.

Tabla 23: Análisis de la Variancia del peso de frutos chicos

*F.V.	*SC	*gl	*CM	*F	*p-valor	
Modelo.	18739534,1	12	1561627,84	0,87	0,5936	NS
Sistema	5235246,03	1	5235246,03	4,97	0,1121	NS
Bloque	2827509,8	3	942503,27	0,52	0,6733	NS
Bloque*Sistema	3160303,23	3	1053434,41	0,58	0,6346	NS
Híbrido	6237050,63	1	6237050,63	3,46	0,0827	NS
Híbrido*Sistema	5488	1	5488	3,00E-03	0,9567	NS
Bloque*Híbrido	1395595,3	3	465198,43	0,26	0,8545	NS
Error	27053243,4	15	1803549,56			
Total	45792777,4	27				

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detectó efecto significativo de sistema de conducción, híbrido ni interacción entre los factores, no obstante, la prueba LSD Fisher detectó diferencias. La combinación Granate-seto presentó menor peso de frutos chicos que Único-abierto.

Tabla 24: Prueba LSD Fisher

Híbrido	Sistema	Medias	E.E.	
Granate	seto	2335,53	525,13	A
Granate	abierto	3267,97	525,13	A B
Único	seto	3350,72	525,13	A B
Único	abierto	4227,16	525,13	B

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

Peso de frutos descarte

En la Tabla 25 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso de frutos descarte.

Tabla 25: Análisis de la Variancia del peso de frutos descarte

*F.V.	*SC	*gl	*CM	*F	*p-valor
Modelo.	2824846,07	12	235403,84	0,97	0,5152 NS
Sistema	10176,1	1	10176,1	0,03	0,8833 NS
Bloque	561524,43	3	187174,81	0,77	0,5288 NS
Bloque*Sistema	1197604,36	3	399201,45	1,64	0,2221 NS
Hibrido	212576,4	1	212576,4	0,87	0,3647 NS
Hibrido*Sistema	133584,14	1	133584,14	0,55	0,4701 NS
Bloque*Hibrido	554814	3	184938	0,76	0,5336 NS
Error	3648352,36	15	243223,49		
Total	6473198,43	27			

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detectó efecto significativo de sistema de conducción, híbrido ni interacción entre los factores.

Peso total de frutos

En la Tabla 26 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso total de frutos.

Tabla 26: Análisis de la Variancia del peso total de frutos

*F.V.	*SC	*gl	*CM	*F	*p-valor
Modelo.	3409522280	12	284126857	0,38	0,9489 NS
Sistema	2141802980	1	2141802980	4,99	0,1116 NS
Bloque	529230835	3	176410278	0,24	0,8679 NS
Bloque*Sistema	1287371324	3	429123775	0,58	0,6365 NS
Hibrido	5876755,6	1	5876755,6	0,01	0,9301 NS
Hibrido*Sistema	36834758	1	36834758	0,05	0,8263 NS
Bloque*Hibrido	128928044	3	42976014,5	0,06	0,9809 NS
Error	1,108E+10	15	738645013		
Total	1,4489E+10	27			

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detectó efecto significativo de sistema de conducción, híbrido ni interacción entre ambos.

5.1.3. *Peso promedio individual de frutos*

El peso promedio individual, es un indicativo de la calidad comercial.

En la Figura 9 se presentan los pesos medios de frutos por cada combinación híbrido-sistema de conducción.

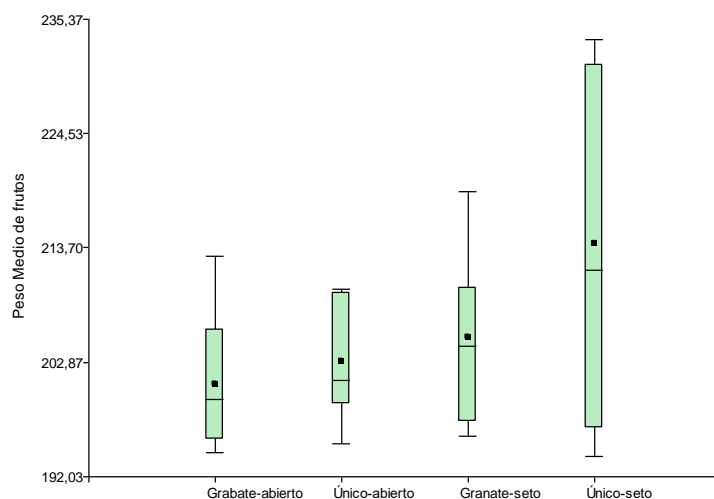


Figura 9: Gráficos de caja de los pesos medios de los frutos (en g) por combinación híbrido-sistema de conducción

Se observan promedios crecientes ordenados según las combinaciones Granate-abierto, Único-abierto, Granate-seto y Único-seto, esta última con mayor variabilidad que las otras. Todas las distribuciones presentan asimetrías positivas, con mayor concentración de valores bajos.

En la Tabla 27 se presentan las estadísticas descriptivas del peso medio de frutos por categoría según combinación híbrido-sistema de conducción.

Tabla 27: Estadísticas descriptivas del peso medio de frutos (g) por categoría según combinación híbrido-sistema de conducción

Híbrido- Sistema conducción	Promedio	Desviación estándar	Coefficiente variación	Mínimo	Máximo	Mediana	1er cuartil	3er cuartil
Granate abierto	200,76	6,55	3,26	194,3	212,9	199,4	195,5	206,0
Granate seto	205,19	8,26	4,02	195,9	219,00	204,4	197,2	209,9
Único abierto	202,90	5,57	2,74	195,1	209,8	201,2	198,9	209,4
Único seto	214,13	15,55	7,26	194,00	233,4	211,6	196,6	231,1

Los gráficos y las medidas de posición (promedio, mediana y máximo) indican que la combinación Único-seto tendería a dar frutos de mayor peso, no obstante, también presenta mayor variabilidad (coeficiente de variación 7,26%).

A continuación, se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso promedio de los frutos.

En la Tabla 28 se presentan los resultados del Análisis de la Variancia del peso medio de frutos.

Tabla 28: Análisis de la Variancia Fisher del peso medio de frutos

*F.V.	*SC	*gl	*CM	*F	*p-valor	
Modelo.	1 120,58	12	93,38	0,73	0,7014	NS
Sistema	342,23	1	342,23	7,09	0,0761	NS
Bloque	51,52	3	17,17	0,14	0,9376	NS
Bloque*Sistema	144,73	3	48,24	0,38	0,7692	NS
Híbrido	114,24	1	114,24	0,9	0,3582	NS
Híbrido*Sistema	80,92	1	80,92	0,64	0,4374	NS
Bloque*Híbrido	199,35	3	66,45	0,52	0,6733	NS
Error	1 907,17	15	127,14			
Total	3 027,75	27				

NS: sin significancia estadística. *F.V.: Fuente de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: Grado de libertad CM: Cuadrado Medio; F: Distribución; p-valor: Significación estadística.

No se detectó efecto significativo de sistema de conducción, híbrido ni interacción entre los factores.

5.1.4. Relación entre tratamientos y variables

Los resultados de la reducción de la dimensión mediante el Análisis de Componentes Principales se presentan en la Figura 10.

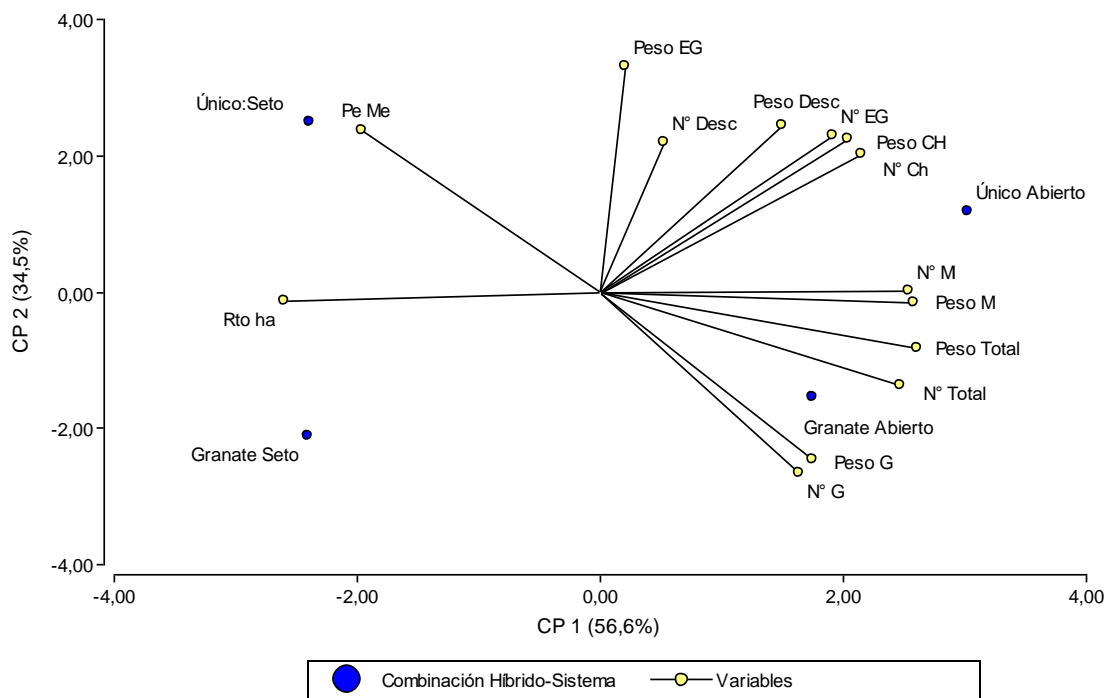


Figura 10: Biplot resultante del Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales logra reducir la dimensión de los datos manteniendo el 91,1% de la información (56,6% en la componente 1 y 34,5% en la componente 2). Se observa una separación de las combinaciones híbrido-sistema de conducción sobre la componente 1 (eje horizontal), a la derecha las observaciones correspondientes al sistema abierto con ambos híbridos, asociado a mayores valores de los números y pesos de frutos chicos, medianos y total; a la izquierda las observaciones correspondientes al sistema seto con ambos híbridos, asociado a mayores valores de peso medio de frutos y rendimiento por hectárea. Sobre el eje vertical, se observa la separación entre los híbridos, abajo las observaciones de Granate, asociadas a mayores valores de número y peso de frutos grandes y total; y arriba, las observaciones de Único, asociadas

a mayores valores de número y peso de frutos extragrande, chicos y descarte y peso medio de los frutos.

5.2. Crecimiento

A continuación, se presenta el análisis de las variables de crecimiento, que incluye altura de planta, peso seco total, peso seco de tallo, peso seco de hojas, peso seco de frutos, tasa de crecimiento absoluta, tasa de crecimiento relativa y área foliar. También se midieron otras variables como, radiación interceptada y eficiencia en el uso de la radiación.

5.2.1. Variables de crecimiento de las plantas

Se representan a continuación las variables que describen el crecimiento de las plantas de pimienta por momento de observación y en relación con las combinaciones híbrido-sistema de conducción. Se confeccionaron gráficos de puntos con la finalidad de analizar el comportamiento de las variables en el tiempo.

Se presentan también los Análisis de Regresión de las variables de crecimiento. En todos los casos el modelo que mejor ajustó a los datos fue el polinomio de segundo grado, de la forma $y = \alpha x + \beta x^2 + \gamma$. Los gráficos muestran los ajustes logrados con los modelos para cada situación y las tablas las estimaciones de los parámetros de los modelos polinomiales y los criterios para verificar la adecuación de estos.

Altura de plantas

En la Figura 11 se presenta la evolución de la altura de plantas de pimienta en el tiempo, para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

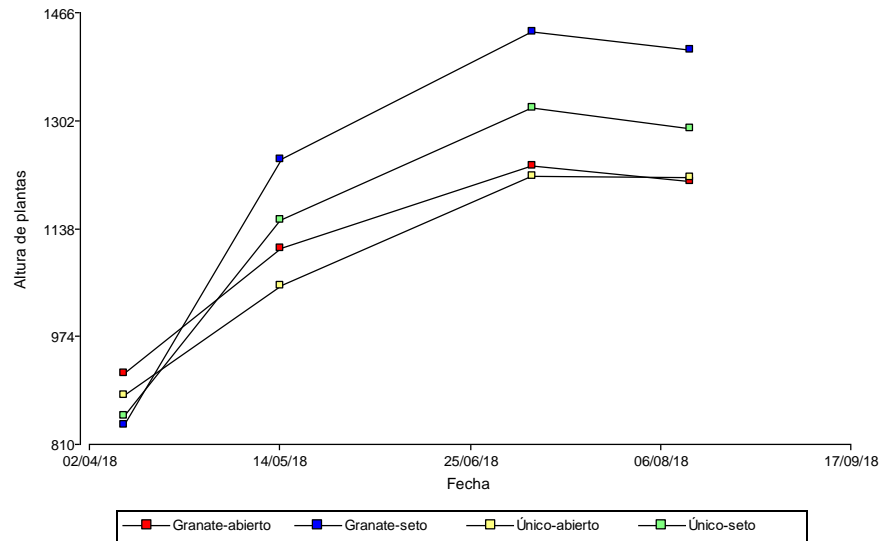


Figura 11: Evolución de la altura de plantas (en cm) en el tiempo, según combinación de híbrido y sistema de conducción

Las curvas son crecientes en el tiempo, con una estabilización en el tercer momento de medición (16/06/18). Las combinaciones del sistema seto presentan las mayores alturas de planta a partir del segundo momento de medición (14/05/18).

En la Figura 12 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a la altura de planta (cm) por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

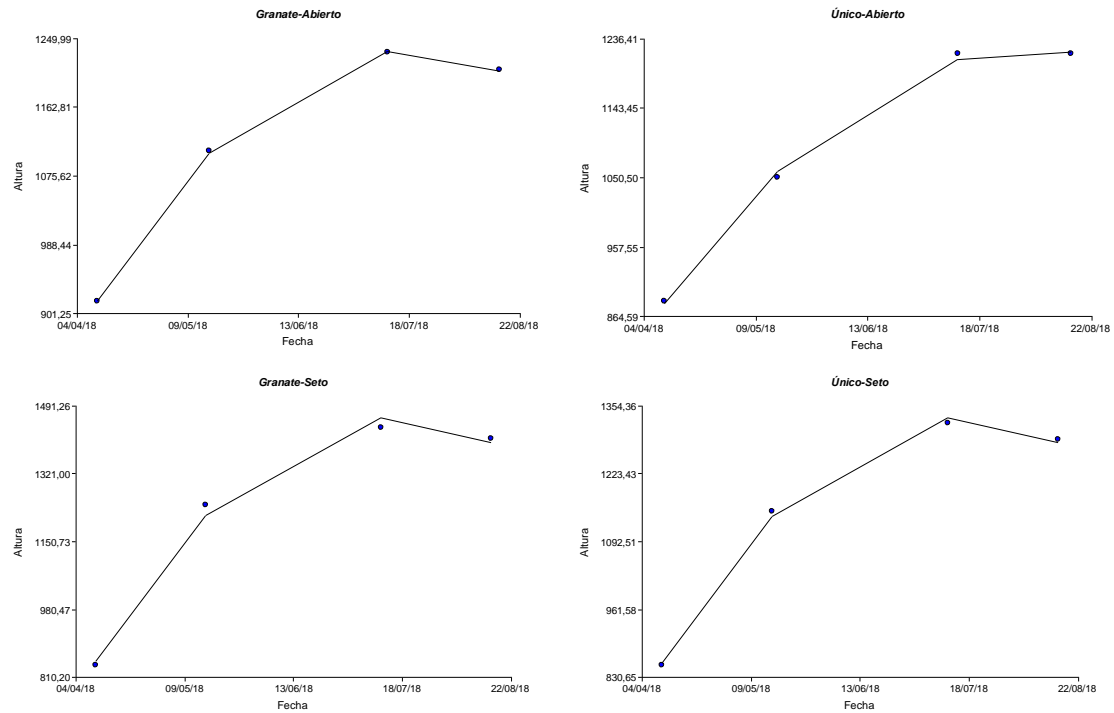


Figura 12: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado a la altura de plantas (en cm) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción.

La evolución de la altura de plantas en el tiempo presenta curvas similares en todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción.

Las Tablas 29 y 30 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 29: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	1	1	330,67	23,54	21,08
Único-abierto	1	0,99	4326,08	33,82	31,37
Granate-seto	0,99	0,98	42685,39	42,98	40,52
Único-seto	1	0,99	6601,39	35,51	33,06

Los valores de los criterios son adecuados, lo que indica que los modelos seleccionados son convenientes.

Tabla 30: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coefficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	-62390372	1982989,4	-31,46	0,0202	*
	$\hat{\alpha}$	2881,98	91,67	31,44	0,0202	*
	$\hat{\beta}$	-0,03	1,10E-03	-31,41	0,0203	*
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	-49184253	7172514,84	-6,86	0,0922	NS
	$\hat{\alpha}$	2271,1	331,58	6,85	0,0923	NS
	$\hat{\beta}$	-0,03	3,80E-03	-6,84	0,0924	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	-125945334	22530134,8	-5,59	0,1127	NS
	$\hat{\alpha}$	5818,03	1041,54	5,59	0,1128	NS
	$\hat{\beta}$	-0,07	0,01	-5,58	0,1129	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-96814668	8860165,39	-10,93	0,0581	NS
	$\hat{\alpha}$	4472,31	409,6	10,92	0,0581	NS
	$\hat{\beta}$	-0,05	4,70E-03	-10,91	0,0582	NS

* Indica significancia estadística

NS: sin significancia estadística

Solamente resultan significativos los coeficientes de la combinación Granate-abierto.

Pesos fresco y seco total

En la Figura 13 se presenta la evolución de los pesos fresco y seco total en el tiempo en relación con la combinación híbrido-sistema de conducción.

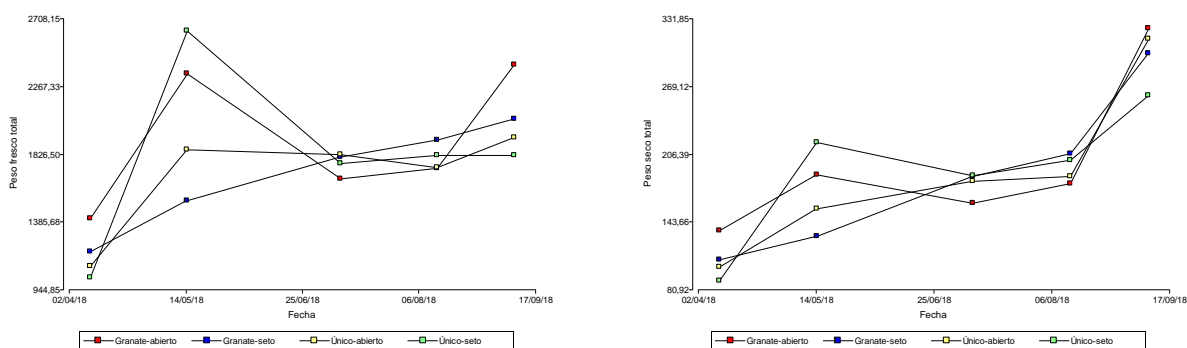


Figura 13: Evolución en el tiempo de los pesos fresco y seco total (en g), para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

Ambas variables muestran un incremento entre el primer y segundo momento de medición (14/05/18), en el que se diferencian las combinaciones Granate-abierto y Único-

seto de las demás. Luego se produce un fuerte descenso y un incremento más suave hacia el final.

En la Figura 14 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso seco total por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

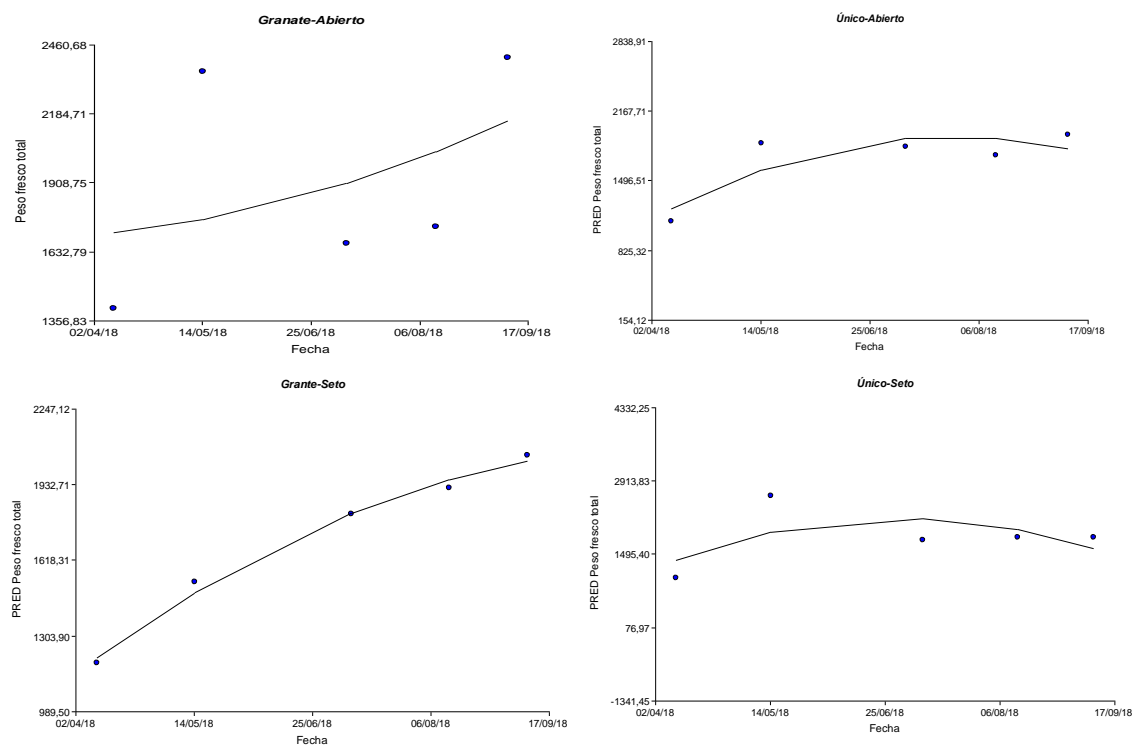


Figura 14: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso fresco total (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción.

La evolución del peso fresco total en el tiempo presenta curvas similares y crecientes entre los primeros momentos para todas las combinaciones. En las combinaciones de Granate ese movimiento creciente continua hasta el final, pero en las de Único se observa un descenso de los valores.

Las Tablas 31 y 32 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 31: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,17	0	4043309,57	81,09	79,53
Único-abierto	0,71	0,42	830137,1	73,11	71,55
Granate-seto	0,99	0,98	25653,45	55,8	54,24
Único-seto	0,32	0	4981437,59	82,56	80,99

Si bien los valores de R² resultan bajos en algunas combinaciones, en general los demás criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 32: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	21089724,4	207584297	0,1	0,9283	NS
	$\hat{\alpha}$	-977,45	9593,45	-0,1	0,9281	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	0,11	0,1	0,9279	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	-108327841	93464665,5	-1,16	0,3661	NS
	$\hat{\alpha}$	5002,6	4319,44	1,16	0,3664	NS
	$\hat{\beta}$	-0,06	0,05	-1,16	0,3667	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	-39559831	16558333,8	-2,39	0,1395	NS
	$\hat{\alpha}$	1822,99	765,24	2,38	0,1401	NS
	$\hat{\beta}$	-0,02	0,01	-2,38	0,1408	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-220638921	240384312	-0,92	0,4556	NS
	$\hat{\alpha}$	10195,22	11109,29	0,92	0,4556	NS
	$\hat{\beta}$	-0,12	0,13	-0,92	0,4557	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los coeficientes resultó estadísticamente significativo.

En la Figura 15 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso seco total por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

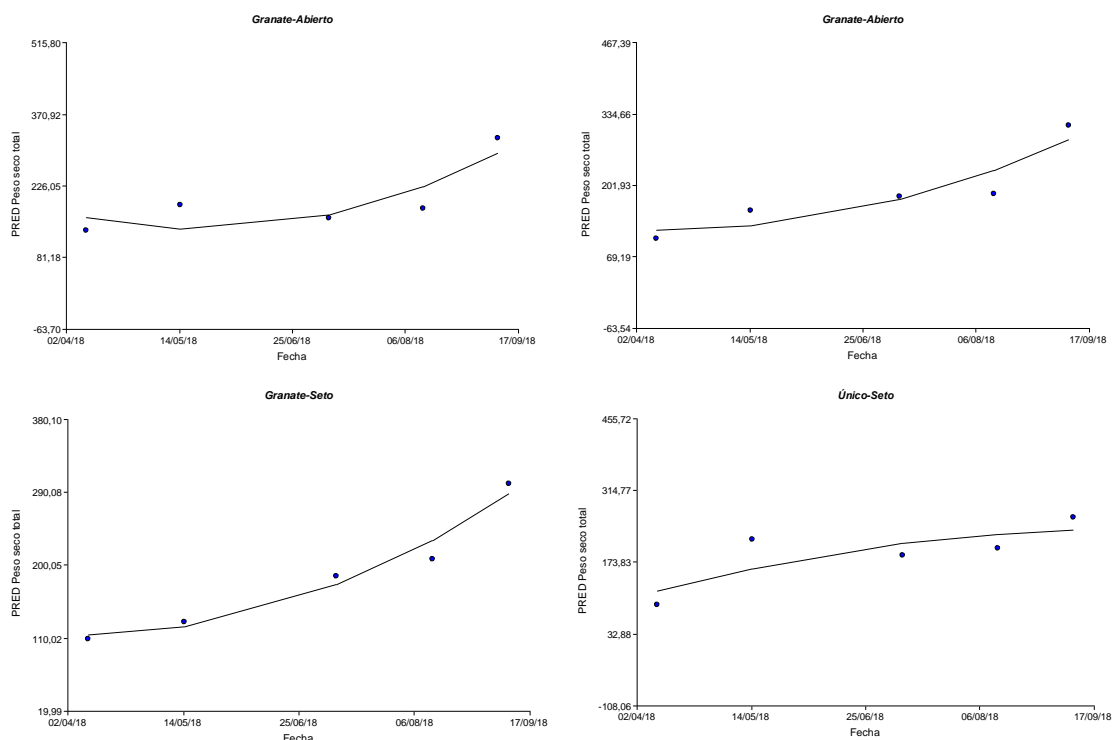


Figura 15: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso seco total (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción.

La evolución del peso seco total en el tiempo presenta curvas similares y crecientes en el tiempo para las combinaciones, aunque con pendiente claramente diferente en el caso de la combinación Único-seto. En la mayoría de las combinaciones las curvas continúan la pendiente ascendente hasta el final del período de mediciones que se encuentra dentro del segundo período de cosecha.

Las Tablas 33 y 34 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 33: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,72	0,44	36765,18	57,62	56,06
Único-abierto	0,84	0,68	21284,1	55,36	53,80
Granate-seto	0,96	0,92	3912,91	48,20	46,64
Único-seto	0,63	0,26	36537,37	57,57	56,01

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 34: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coefficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	23195269,4	19857396,3	1,17	0,3632	NS
	$\hat{\alpha}$	-1072,79	917,7	-1,17	0,3629	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	0,01	1,17	0,3626	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	13890879	15842085,5	0,88	0,4731	NS
	$\hat{\alpha}$	-643,04	732,14	-0,88	0,4724	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	0,01	0,88	0,4718	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	13283184,2	7741613,7	1,72	0,2283	NS
	$\hat{\alpha}$	-614,99	357,78	-1,72	0,2278	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	4,10E-03	1,72	0,2272	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-7196431,9	19759403,4	-0,36	0,7506	NS
	$\hat{\alpha}$	331,81	913,18	0,36	0,7511	NS
	$\hat{\beta}$	-3,80E-03	0,01	-0,36	0,7517	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

Pesos fresco y seco de tallo y raíz

En la Figura 16 se presenta la evolución de los pesos fresco y seco de tallo y raíz, de acuerdo con la combinación híbrido-sistema de conducción.

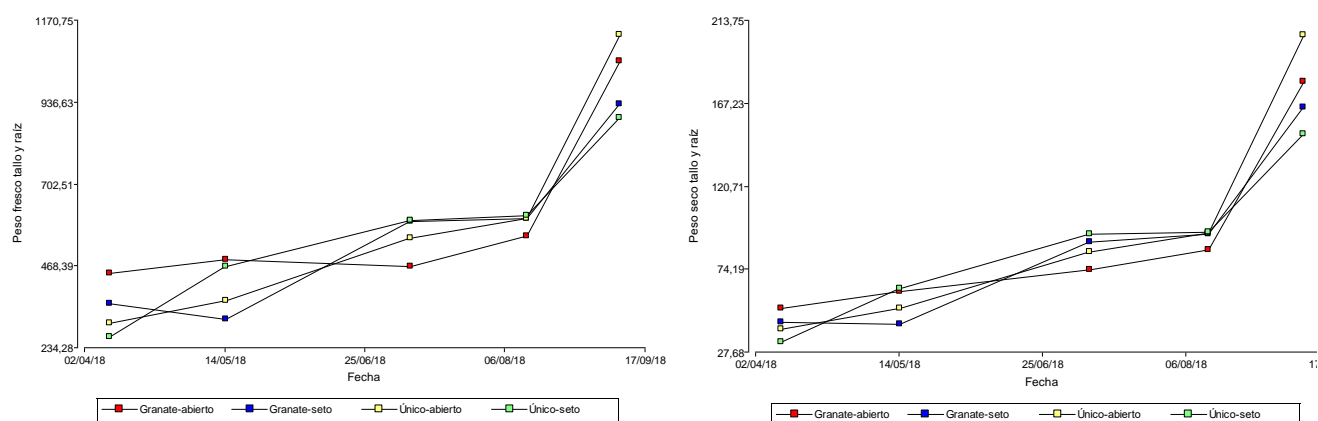


Figura 16: Evolución en el tiempo de los pesos fresco y seco de tallo y raíz (en g), para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

Las curvas de evolución de los pesos fresco y seco de raíz y tallo presentan un crecimiento constante en el tiempo y al final un crecimiento más abrupto, donde se diferencian las combinaciones del sistema abierto de las de seto.

En la Figura 17 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso fresco de tallo y raíz por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

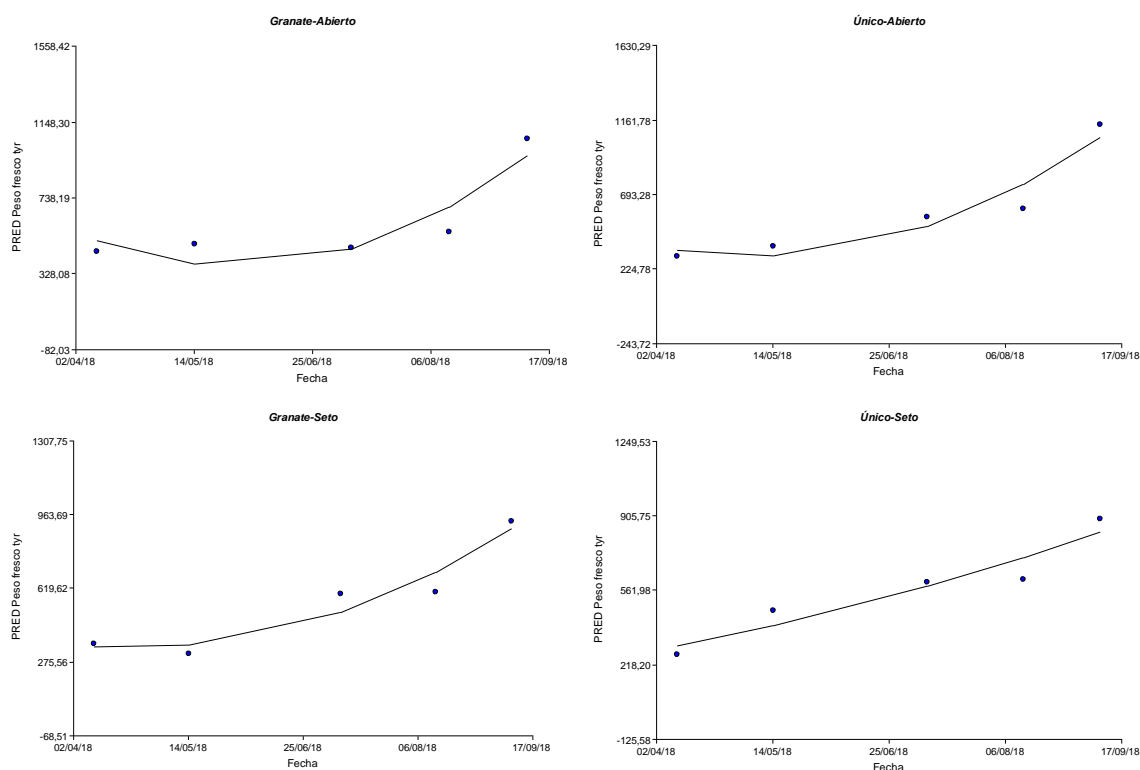


Figura 17: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso fresco de tallo y raíz (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción.

La evolución del peso fresco de tallo y raíz en el tiempo presenta curvas similares y crecientes en el tiempo para todas las combinaciones, aunque con pendiente diferente para Único-Seto.

Las Tablas 35 y 36 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 35: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,85	0,70	233604,27	67,12	65,56
Único-abierto	0,91	0,82	179749,7	66,89	65,33
Granate-seto	0,92	0,84	53042,95	63,4	61,84
Único-seto	0,90	0,81	112288,16	63,74	62,17

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 36: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coeficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	104262858	51358484,8	2,03	0,1795	NS
	$\hat{\alpha}$	-4821,4	2373,52	-2,03	0,1793	NS
	$\hat{\beta}$	0,06	0,03	2,03	0,1791	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	86363004	50171539,4	1,72	0,2273	NS
	$\hat{\alpha}$	-3995,73	2318,66	-1,72	0,2270	NS
	$\hat{\beta}$	0,05	0,03	1,73	0,2266	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	53268525,6	35398851,8	1,5	0,2713	NS
	$\hat{\alpha}$	-2465,28	1635,95	-1,51	0,2708	NS
	$\hat{\beta}$	0,03	0,02	1,51	0,2703	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	10470893,3	36607550,3	0,29	0,8018	NS
	$\hat{\alpha}$	-487,29	1691,81	-0,29	0,8004	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	0,02	0,29	0,7991	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

En la Figura 18 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso seco de tallo y raíz por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

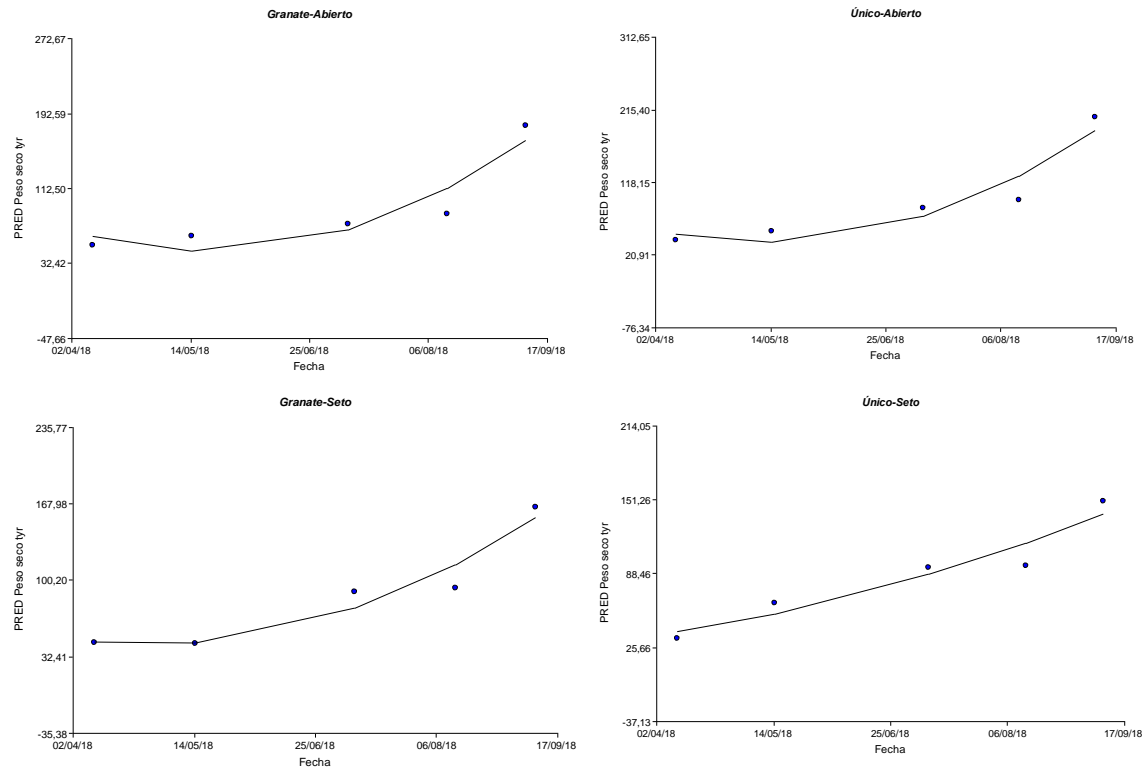


Figura 18: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso seco de tallo y raíz (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción.

La evolución del peso seco de tallo y raíz en el tiempo presenta curvas similares y crecientes en el tiempo para todas las combinaciones, aunque con pendiente claramente diferente en el caso de la combinación Único-Seto.

Las Tablas 37 y 38 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 37: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,87	0,74	7261,91	50,20	48,64
Único-abierto	0,90	0,79	8502,38	51,52	49,96
Granate-seto	0,93	0,86	2287,68	46,96	45,39
Único-seto	0,92	0,83	3163,98	46,42	44,86

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 38: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coefficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	17424019,2	9456805,07	1,84	0,2067	NS
	$\hat{\alpha}$	-805,9	437,04	-1,84	0,2065	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	0,01	1,85	0,2063	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	18819295,7	10790037,8	1,74	0,2233	NS
	$\hat{\alpha}$	-870,61	498,66	-1,75	0,2229	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	0,01	1,75	0,2226	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	11390098,4	6835139,36	1,67	0,2376	NS
	$\hat{\alpha}$	-527,1	315,88	-1,67	0,2371	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	3,60E-03	1,67	0,2367	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	3392190,38	6477529,01	0,52	0,6527	NS
	$\hat{\alpha}$	-157,41	299,36	-0,53	0,6515	NS
	$\hat{\beta}$	1,80E-03	3,50E-03	0,53	0,6502	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

Pesos fresco y seco de hojas

En la Figura 19 se presenta la evolución en el tiempo de los pesos fresco y seco de hojas de pimiento para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

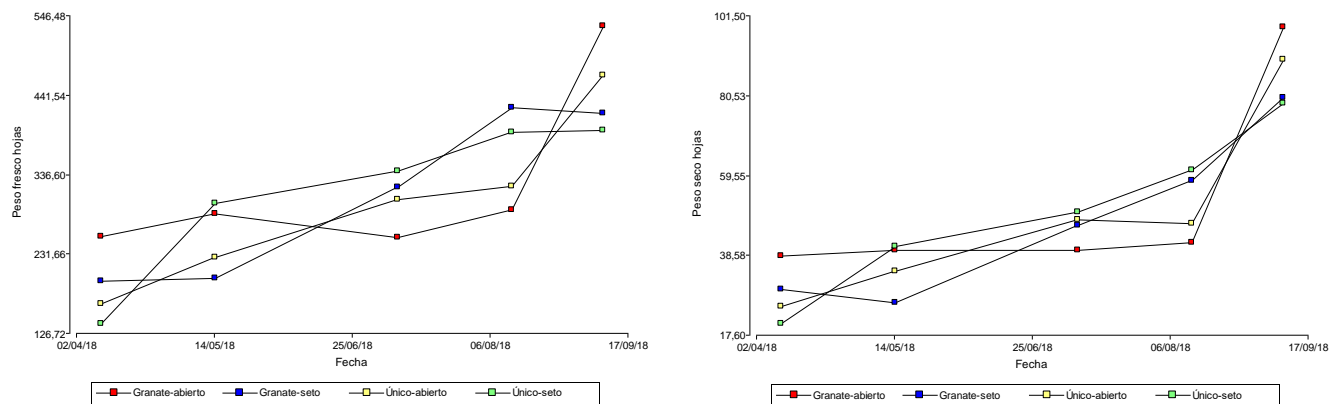


Figura 19: Evolución en el tiempo de los pesos fresco y seco de hojas (en g) para cada combinación híbrido-sistema de conducción

Ambos pesos se incrementan en el tiempo, con un aumento más importante a partir del cuarto momento de medición (06/08/18) en las combinaciones de sistema abierto.

En la Figura 20 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso fresco de hojas por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

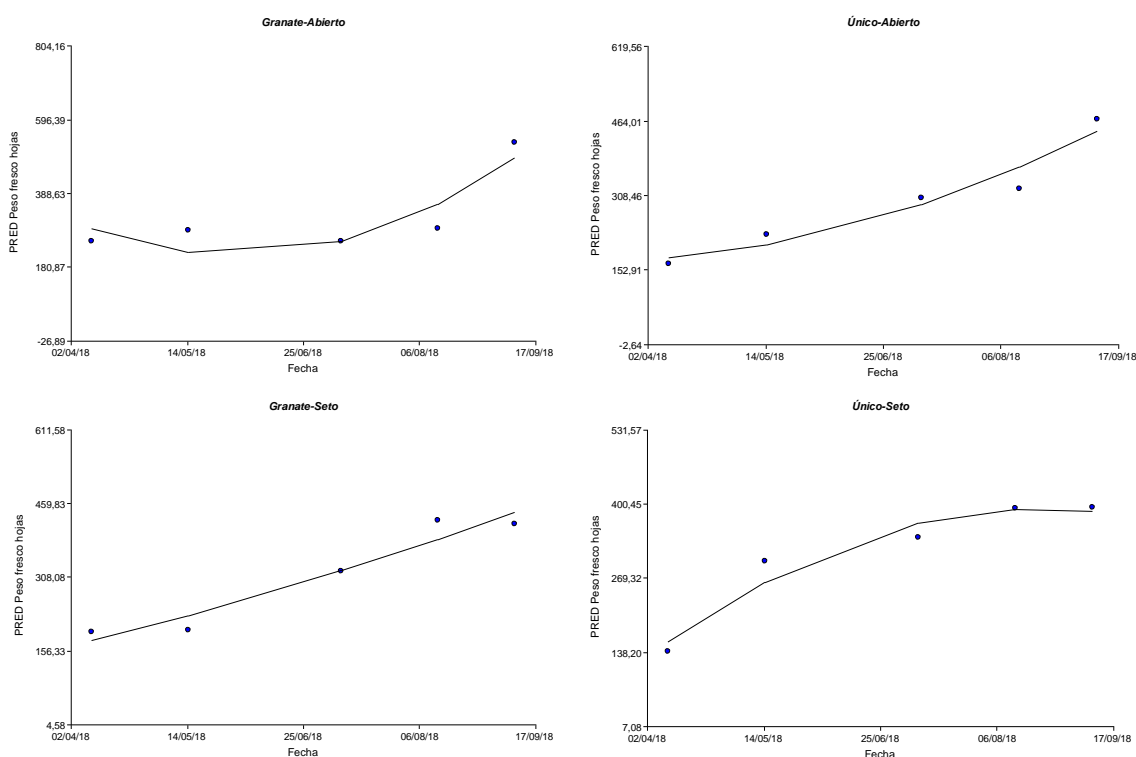


Figura 20: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso fresco de hojas (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución del peso fresco de hojas en el tiempo presenta curvas similares y crecientes en el tiempo para las combinaciones Granate-abierto, Único-abierto y Granate-seto, y una curva creciente que se estabiliza a partir del tercer momento para Único-seto.

Las Tablas 39 y 40 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 39: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,79	0,58	70173,36	60,99	59,42
Único-abierto	0,93	0,86	17560,08	54,98	53,42
Granate-seto	0,94	0,87	18923,57	54,57	53,01
Único-seto	0,95	0,9	11512,44	52,84	51,28

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 40: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coeficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	49576107,5	27805085,9	1,78	0,2165	NS
	$\hat{\alpha}$	-2292,39	1285	-1,78	0,2164	NS
	$\hat{\beta}$	0,03	0,01	1,78	0,2162	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	14210984,7	15249668,9	0,93	0,4498	NS
	$\hat{\alpha}$	-658,45	704,76	-0,93	0,4488	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	0,01	0,94	0,4478	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	3863372,81	14634705,8	0,26	0,8165	NS
	$\hat{\alpha}$	-180,24	676,34	-0,27	0,8148	NS
	$\hat{\beta}$	2,10E-03	0,01	0,27	0,8131	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-24231016	12315966,1	-1,97	0,1880	NS
	$\hat{\alpha}$	1118,32	569,18	1,96	0,1884	NS
	$\hat{\beta}$	-0,01	0,01	-1,96	0,1888	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

En la Figura 21 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso seco de hojas por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

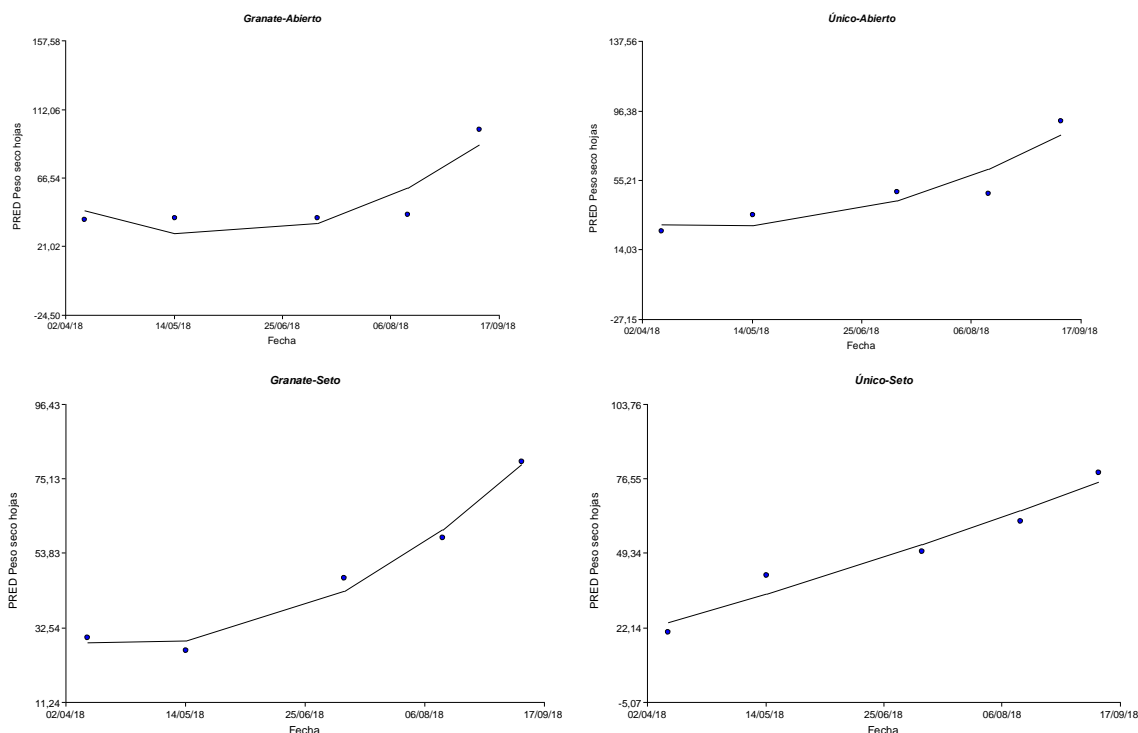


Figura 21: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso seco de hojas (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución del peso seco de hojas en el tiempo presenta curvas similares y crecientes en el tiempo para todas las combinaciones, aunque con pendiente claramente diferente en el caso de la combinación Único-Seto.

Las Tablas 41 y 42 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 41: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,79	0,59	3014,51	45,79	44,23
Único-abierto	0,86	0,71	1721,48	43,54	41,98
Granate-seto	0,99	0,97	83,7	30,57	29,01
Único-seto	0,95	0,91	548,9	36,53	34,96

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 42: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coefficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	11079534,9	6085295,12	1,82	0,2103	NS
	$\hat{\alpha}$	-512,31	281,23	-1,82	0,2101	NS
	$\hat{\beta}$	0,01	3,20E-03	1,82	0,2099	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	5571490,9	4857594,98	1,15	0,3701	NS
	$\hat{\alpha}$	-257,82	224,49	-1,15	0,3696	NS
	$\hat{\beta}$	3,00E-03	2,60E-03	1,15	0,3691	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	5054405,15	1327854,28	3,81	0,0626	NS
	$\hat{\alpha}$	-233,91	61,37	-3,81	0,0624	NS
	$\hat{\beta}$	2,70E-03	7,10E-04	3,82	0,0623	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	594129,95	2408762,08	0,25	0,8282	NS
	$\hat{\alpha}$	-27,79	111,32	-0,25	0,8262	NS
	$\hat{\beta}$	3,20E-04	1,30E-03	0,25	0,8242	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

Pesos fresco y seco de frutos

En la Figura 22 se presenta la evolución en el tiempo de los pesos fresco y seco de frutos de pimienta para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

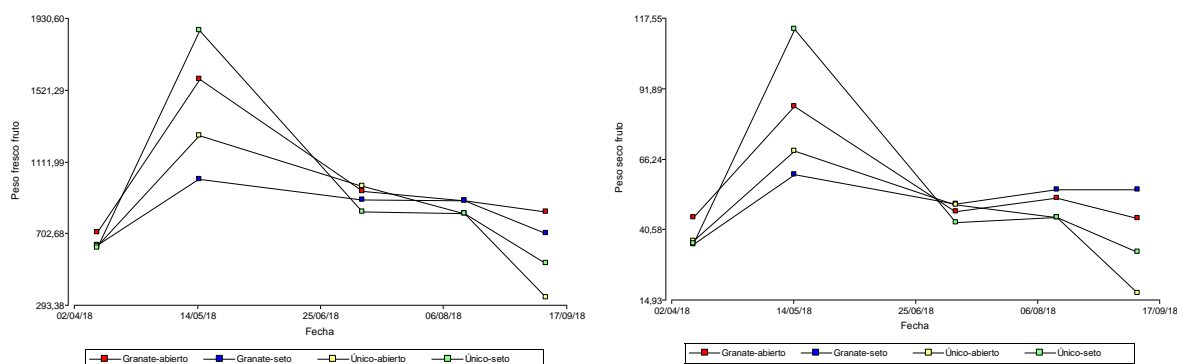


Figura 22: Evolución en el tiempo de los pesos fresco y seco de frutos (en g) para cada combinación híbrido-sistema de conducción

Se observa un aumento brusco de los pesos de frutos en el segundo momento de medición (14/05/18), donde se separan las combinaciones Granate-abierto y Único-seto de las demás, luego se produce un descenso paulatino hasta el final del período.

En la Figura 23 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso fresco de frutos por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

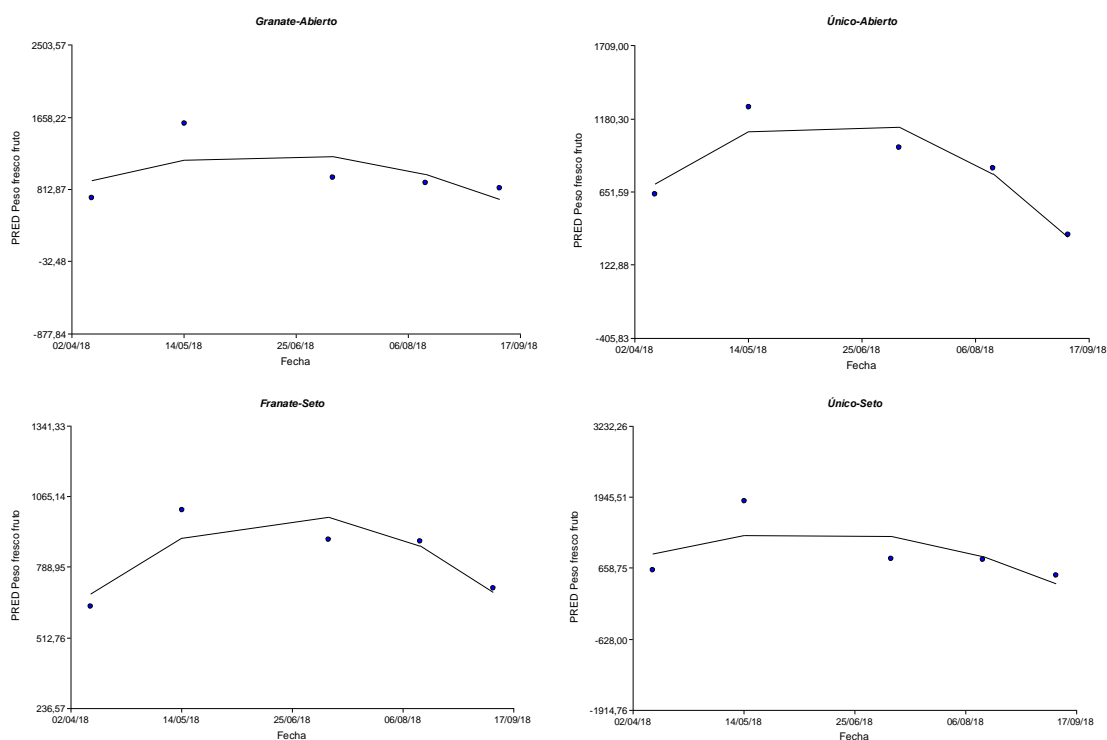


Figura 23: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso fresco de frutos (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución del peso fresco de frutos en el tiempo presenta curvas similares para todas las combinaciones, crecientes hasta la segunda medición y luego claramente decrecientes, con curvatura menos marcada en la combinación Único-seto.

Las Tablas 43 y 44 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 43: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,34	0	1756522,67	77,33	75,77
Único-abierto	0,88	0,75	270544,05	69,18	67,62
Granate-seto	0,75	0,51	106544,5	64,42	62,86
Único-seto	0,43	0	3469854,55	81,08	79,51

A pesar de que algunas combinaciones presentan valores bajos de R^2 , en general los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 44: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coeficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	-132749241	142563216	-0,93	0,4501	NS
	$\hat{\alpha}$	6136,34	6588,52	0,93	0,4500	NS
	$\hat{\beta}$	-0,07	0,08	-0,93	0,4499	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	-208901830	63119084	-3,31	0,0804	NS
	$\hat{\alpha}$	9656,77	2917,03	3,31	0,0804	NSS
	$\hat{\beta}$	-0,11	0,03	-3,31	0,0804	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	-96691730	39202740,7	-2,47	0,1325	NS
	$\hat{\alpha}$	4468,51	1811,74	2,47	0,1325	NS
	$\hat{\beta}$	-0,05	0,02	-2,47	0,1325	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-206878798	207297864	-1	0,4234	NS
	$\hat{\alpha}$	9564,18	9580,21	1	0,4233	NS
	$\hat{\beta}$	-0,11	0,11	-1	0,4232	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

En la Figura 24 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de peso seco de frutos por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

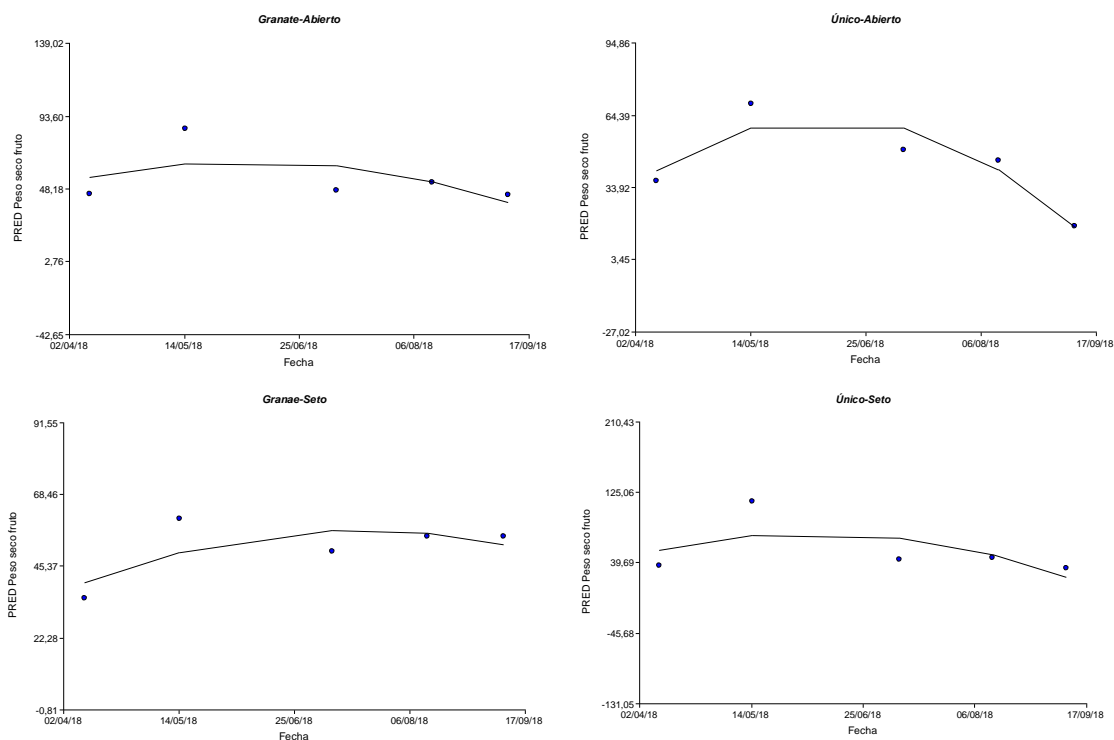


Figura 24: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al peso seco de frutos (en g) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución del peso seco de frutos en el tiempo presenta curvas similares para todas las combinaciones, crecientes hasta la segunda medición y luego claramente decrecientes, con curvatura más marcada en la combinación Único-abierto.

Las Tablas 45 y 46 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 45: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,30	0	4352,15	47,84	46,28
Único-abierto	0,84	0,68	905,38	41,26	39,70
Granate-seto	0,48	0	1048,5	40,52	38,96
Único-seto	0,36	0	15655,75	54,03	52,46

A pesar de que algunos valores de R² son bajos, en general los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 46: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coficiente	Est.	E.E.	T	p-valor
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	-5308284,6	7470210,23	-0,71	0,5510 NS
	$\hat{\alpha}$	245,42	345,23	0,71	0,5509 NS
	$\hat{\beta}$	-2,80E-03	4,00E-03	-0,71	0,5507 NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	-10499908	3869089,13	-2,71	0,1132 NS
	$\hat{\alpha}$	485,4	178,81	2,71	0,1131 NS
	$\hat{\beta}$	-0,01	2,10E-03	-2,72	0,1131 NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	-3161319,4	3591228,16	-0,88	0,4716 NS
	$\hat{\alpha}$	146,02	165,97	0,88	0,4718 NS
	$\hat{\beta}$	-1,70E-03	1,90E-03	-0,88	0,4720 NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-11182752	13863583,1	-0,81	0,5046 NS
	$\hat{\alpha}$	517,02	640,7	0,81	0,5044 NS
	$\hat{\beta}$	-0,01	0,01	-0,81	0,5043 NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

Área foliar

En la Figura 25 se presenta la evolución en el tiempo del área foliar de plantas de pimiento para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

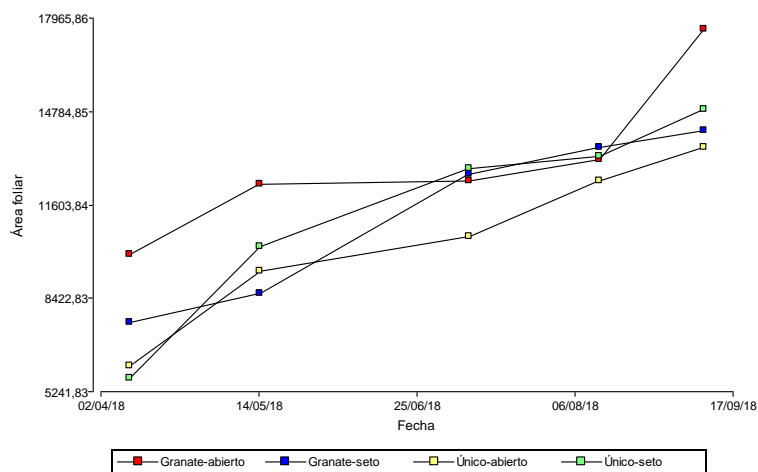


Figura 25: Evolución en el tiempo del área foliar (en cm) para cada combinación híbrido-sistema de conducción

Se observa un aumento del área foliar en el segundo momento de medición (14/05/18), menos pronunciada para la combinación Granate-seto, valores que siguen aumentando hasta el final del período.

En la Figura 26 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de área foliar por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

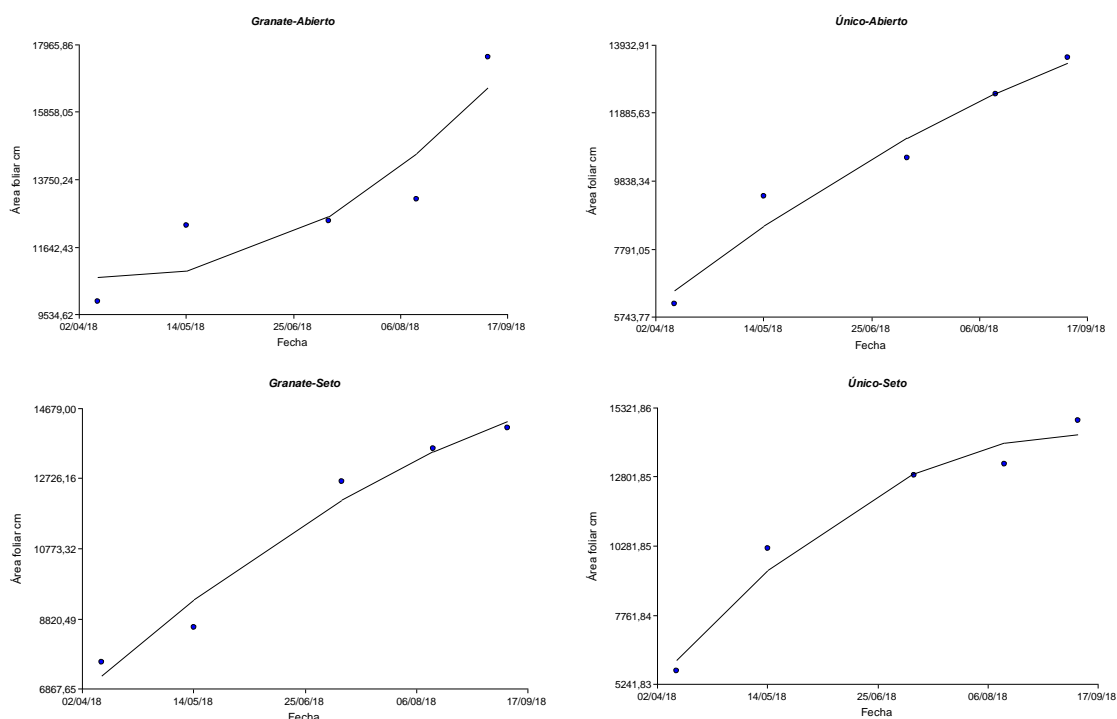


Figura 26: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado al área foliar (en cm) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución del área foliar en el tiempo presenta curvas similares y crecientes en el tiempo para todas las combinaciones, aunque con pendiente y curvatura diferente en el caso de la combinación Granate-abierto.

Las Tablas 47 y 48 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 47: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,82	0,64	34543277,3	91,87	90,31
Único-abierto	0,96	0,92	6935848,8	84,69	83,13
Granate-seto	0,97	0,94	5584616,28	83,41	81,85
Único-seto	0,97	0,93	10320786,5	85,86	84,30

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 48: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	524642421	610212804	0,86	0,4805	NS
	$\hat{\alpha}$	-24283,8	28200,81	-0,86	0,4799	NS
	$\hat{\beta}$	0,28	0,33	0,86	0,4793	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	-183852121	297570554	-0,62	0,5997	NS
	$\hat{\alpha}$	8452,61	13752,14	0,61	0,6014	NS
	$\hat{\beta}$	-0,1	0,16	-0,61	0,6032	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	-234401976	261890795	-0,9	0,4652	NS
	$\hat{\alpha}$	10787,06	12103,21	0,89	0,4668	NS
	$\hat{\beta}$	-0,12	0,14	-0,89	0,4685	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-637062360	334397506	-1,91	0,1971	NS
	$\hat{\alpha}$	29388,34	15454,08	1,9	0,1976	NS
	$\hat{\beta}$	-0,34	0,18	-1,9	0,1981	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

Tasas de crecimiento absoluto y relativo

En las Figuras siguientes se presenta la evolución en el tiempo de las tasas de crecimiento absoluto y relativo del peso seco total de plantas de pimienta para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

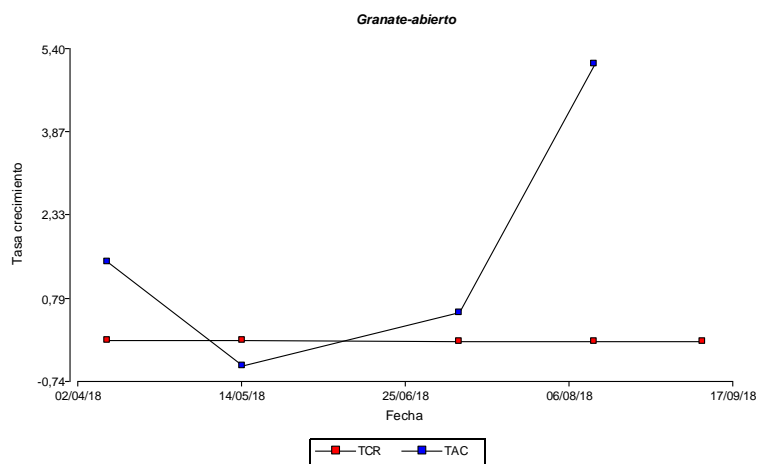


Figura 27: Evolución en el tiempo de las tasas de crecimiento absoluto y relativo para la combinación Granate-abierto

En el caso del híbrido Granate en sistema de conducción abierto, la tasa de crecimiento relativo tiene un comportamiento lineal, con una pequeña pendiente descendente en el tiempo, y la tasa de crecimiento absoluto describe una curva que desciende entre el primer y segundo momento de medición y luego se vuelve creciente hasta el final del período.

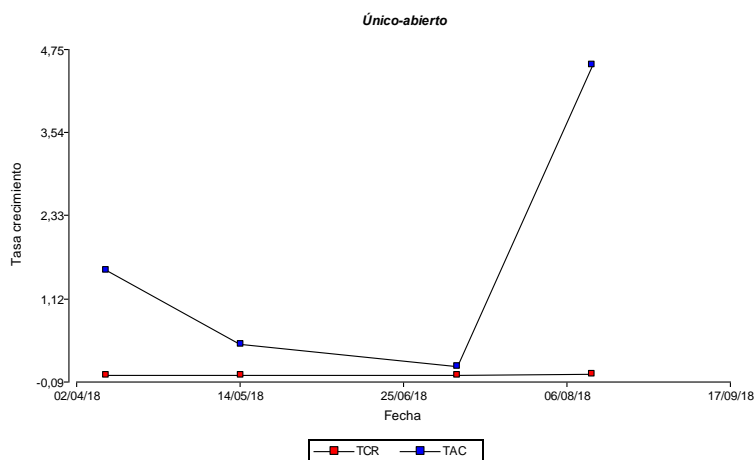


Figura 28: Evolución en el tiempo de las tasas de crecimiento absoluto y relativo para la combinación Único-abierto

La tasa de crecimiento relativo en el tratamiento Único-abierto tiene un comportamiento lineal, con una pequeña pendiente descendente en el tiempo, y la tasa de crecimiento absoluto describe una curva que desciende entre el primer y segundo momentos de medición y luego se vuelve creciente hasta el final del período.

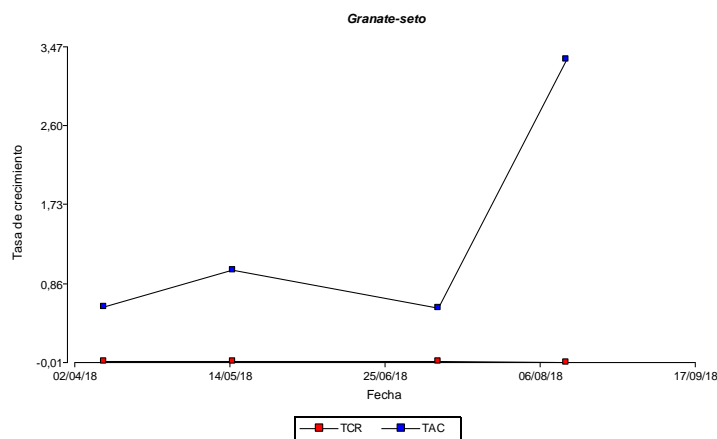


Figura 29: Evolución en el tiempo de las tasas de crecimiento absoluto y relativo para la combinación Granate-seto

La tasa de crecimiento relativo para el híbrido Granate en sistema de seto tiene un comportamiento lineal, con una pequeña pendiente descendente en el tiempo, y la tasa de crecimiento absoluto describe una curva ascendente entre el primer y segundo momento de medición, decreciente entre el segundo y tercer momento y luego se vuelve creciente hasta el final del período.

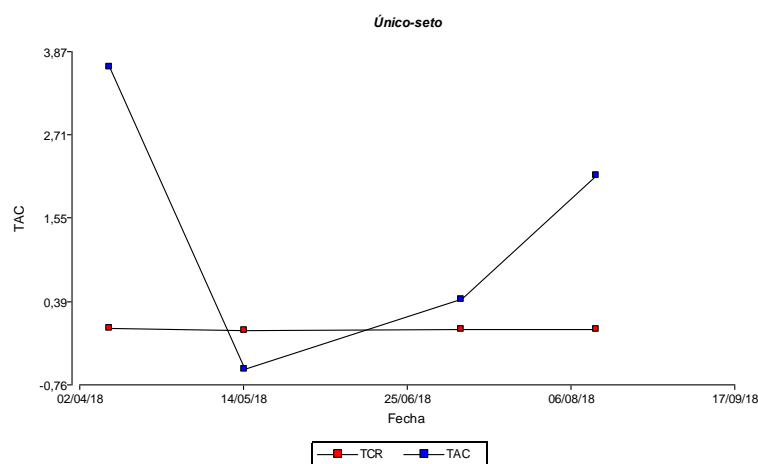


Figura 30: Evolución en el tiempo de las tasas de crecimiento absoluto y relativo para la combinación Único-seto

Para el caso de Único-seto, la tasa de crecimiento relativo tiene un comportamiento lineal, con una pequeña pendiente descendente en el tiempo, y la tasa de crecimiento absoluto describe una curva que desciende entre el primer y segundo momentos de medición y luego se vuelve creciente hasta el final del período.

En la Figura 31 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de tasa de crecimiento absoluto por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

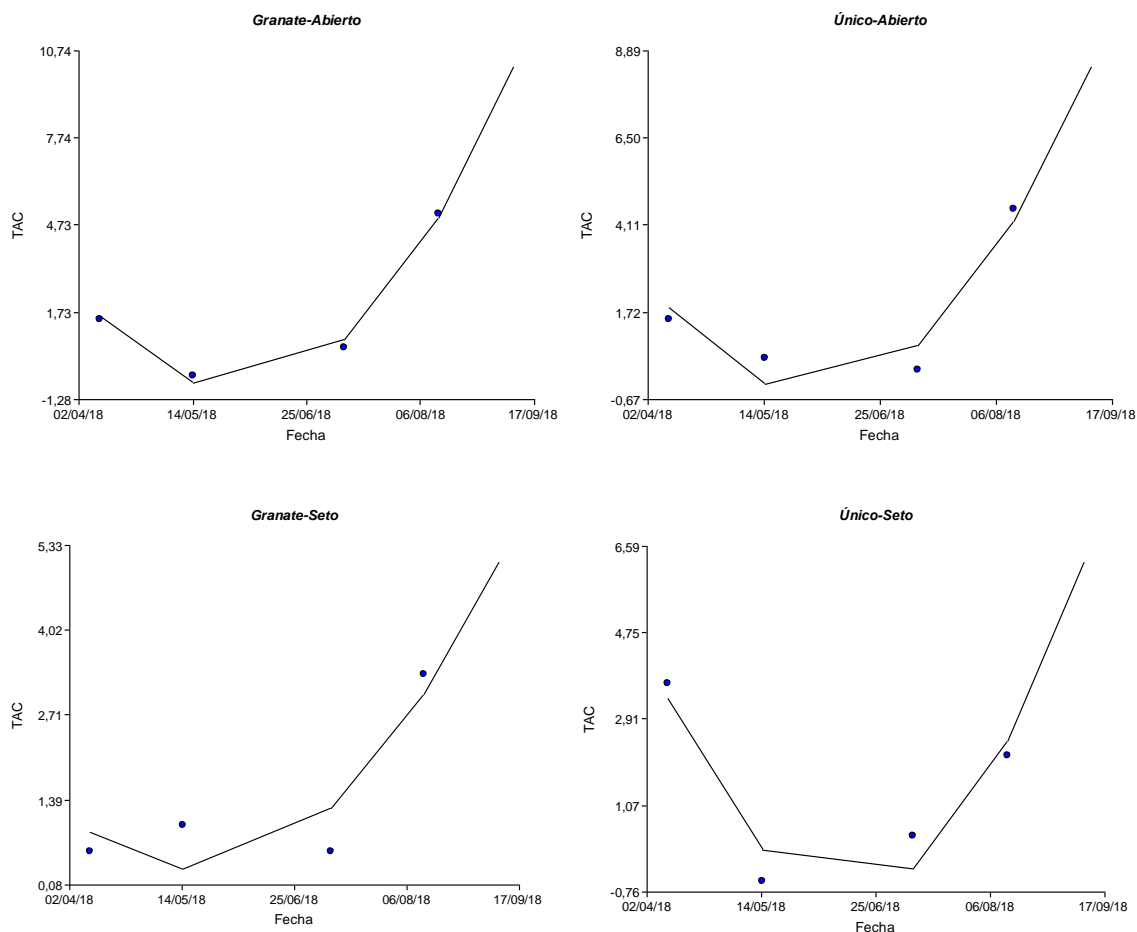


Figura 31: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado a la tasa de crecimiento absoluto (g.día) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución de la Tasa de crecimiento absoluto en el tiempo presenta curvas similares para todas las combinaciones, que decrecen entre el primer y segundo momento y luego crecen hasta el final del período, aunque con pendiente y curvaturas diferentes.

Las Tablas 49 y 50 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 49: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,99	0,97	5,05	6,81	4,35
Único-abierto	0,90	0,71	33,73	14,4	11,95
Granate-seto	0,79	0,36	31,93	14,19	11,73
Único-seto	0,89	0,67	32,82	14,3	11,84

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 50: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coeficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	1922353,87	245010,7	7,85	0,0807	NS
	$\hat{\alpha}$	-88,9	11,33	-7,85	0,0807	NS
	$\hat{\beta}$	1,00E-03	1,30E-04	7,85	0,0807	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	1604953,29	633290,87	2,53	0,2393	NS
	$\hat{\alpha}$	-74,21	29,28	-2,53	0,2392	NS
	$\hat{\beta}$	8,60E-04	3,40E-04	2,54	0,2391	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	687037,64	616233,54	1,11	0,4654	NS
	$\hat{\alpha}$	-31,78	28,49	-1,12	0,4653	NS
	$\hat{\beta}$	3,70E-04	3,30E-04	1,12	0,4651	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	1743552,87	624762,21	2,79	0,2190	NS
	$\hat{\alpha}$	-80,6	28,88	-2,79	0,2191	NS
	$\hat{\beta}$	9,30E-04	3,30E-04	2,79	0,2191	NS

NS: sin significancia estadística

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

En la Figura 32 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de TCR por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

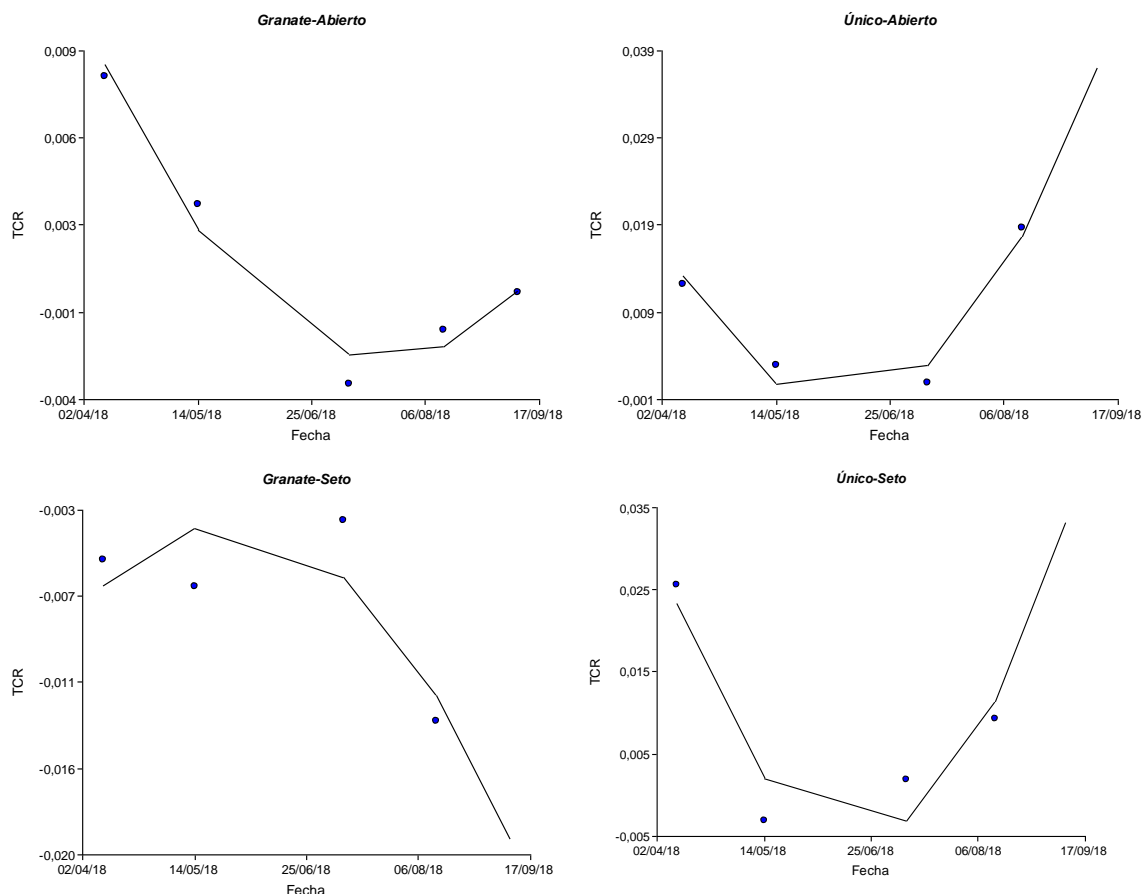


Figura 32: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado a la tasa de crecimiento relativa (g.g.día) en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución de la tasa de crecimiento relativo en el tiempo presenta curvas diferentes para las distintas combinaciones. La combinación Granate-Seto muestra un comportamiento muy distinto, con aumento en los primeros momentos y luego un descenso brusco hacia el final y las otras combinaciones un descenso en los primeros momentos y aumento hacia el final, aunque con diferente pendiente y curvatura.

Las Tablas 51 y 52 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 51: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,97	0,94	9,10E-06	-50,08	-51,65
Único-abierto	0,95	0,85	3,00E-04	-32,16	-34,62
Granate-seto	0,65	0,56	6,00E-04	-29,32	-31,77
Único-seto	0,87	0,60	1,80E-03	-25,05	-27,50

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 52: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coeficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	1925,5	417,21	4,62	0,0439	*
	$\hat{\alpha}$	-0,09	0,02	-4,61	0,0439	*
	$\hat{\beta}$	1,00E-06	2,20E-07	4,61	0,0440	*
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	7972,99	1877,3	4,25	0,1472	NS
	$\hat{\alpha}$	-0,37	0,09	-4,25	0,1472	NS
	$\hat{\beta}$	4,30E-06	1,00E-06	4,25	0,1472	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	-2620,9	2679,83	-0,98	0,5071	NS
	$\hat{\alpha}$	0,12	0,12	0,98	0,5070	NS
	$\hat{\beta}$	-1,40E-06	1,40E-06	-0,98	0,5068	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	10368,49	4570,56	2,27	0,2643	NS
	$\hat{\alpha}$	-0,48	0,21	-2,27	0,2644	NS
	$\hat{\beta}$	5,50E-06	2,40E-06	2,27	0,2644	NS

NS: sin significancia estadística

* Indica significancia estadística

Solamente resultaron estadísticamente significativos los estimadores para la combinación Granate-abierto.

5.2.2. Radiación interceptada

En esta sección se presenta la evolución en el tiempo de la radiación interceptada a diferentes alturas de las plantas de pimiento.

También se presentan los Análisis de Regresión de la radiación interceptada en los diferentes sectores de las plantas. En todos los casos el modelo que mejor ajustó a los datos fue el polinomio de segundo grado, de la forma $y = \alpha x + \beta x^2 + \gamma$.

Radiación interceptada a nivel de la canopia

En la Figura 33 se presenta la evolución en el tiempo de la radiación interceptada a la altura de la canopia.

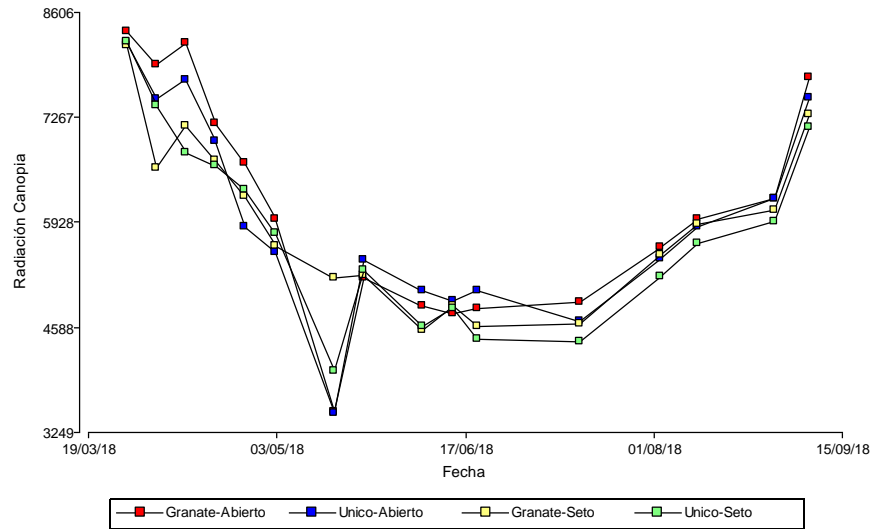


Figura 33: Evolución en el tiempo de la radiación interceptada (%) a la altura de la canopia

La radiación interceptada presenta una evolución en el tiempo con una curva de forma cóncava, con un mínimo aproximadamente a mediados de mayo y luego un ascenso constante hasta el final del período.

En la Figura 34 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de radiación interceptada a nivel de canopia por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

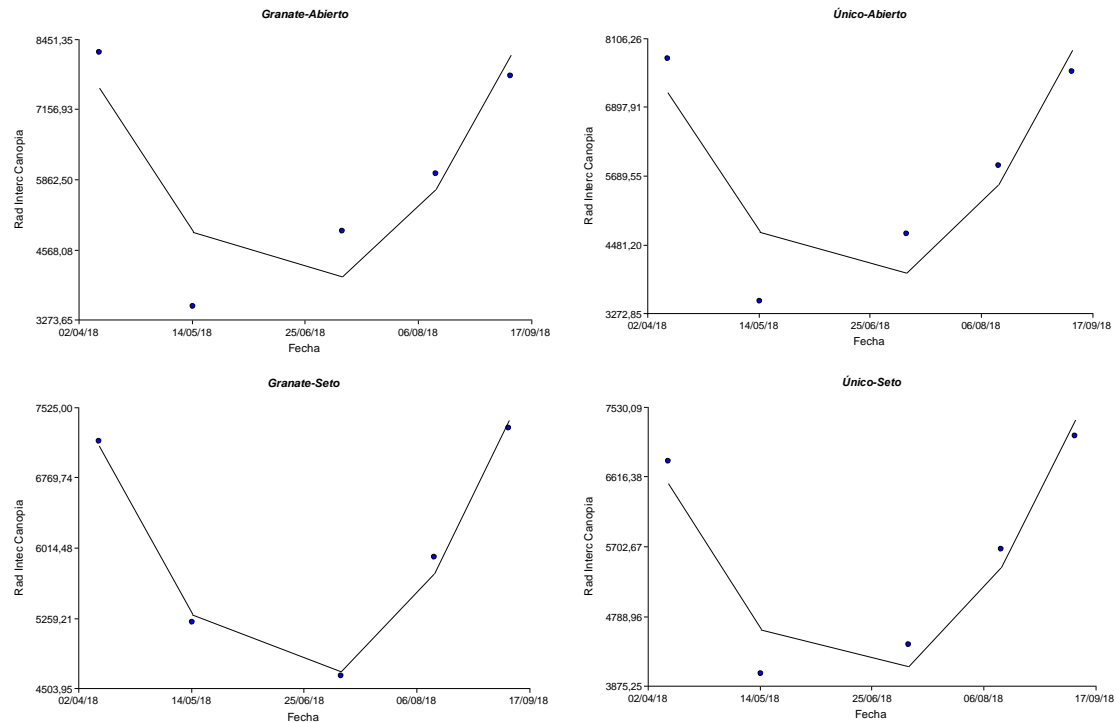


Figura 34: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado a la radiación interceptada (%) a nivel de canopia en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución de la radiación interceptada en el tiempo presenta curvas similares y crecientes en el tiempo para todas las combinaciones, con un descenso brusco entre el primer y el tercer momento de medición y luego un ascenso similar hasta el final del período.

Las Tablas 53 y 54 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 53: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,79	0,57	18586696,8	89,20	87,64
Único-abierto	0,81	0,62	14723730,3	87,88	86,32
Granate-seto	0,99	0,98	236513,59	67,91	66,35
Único-seto	0,92	0,84	3667315,14	80,72	79,16

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 54: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	1256027012	467023957	2,69	0,1149 NS
	$\hat{\alpha}$	-58049,91	21583,38	-2,69	0,1149 NS
	$\hat{\beta}$	0,67	0,25	2,69	0,1149 NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	1181803827	409269272	2,89	0,1019 NS
	$\hat{\alpha}$	-54620,54	18914,26	-2,89	0,1019 NS
	$\hat{\beta}$	0,63	0,22	2,89	0,1019 NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	847049853	55593648,2	15,24	0,0043 *
	$\hat{\alpha}$	-39147,1	2569,24	-15,24	0,0043 *
	$\hat{\beta}$	0,45	0,03	15,24	0,0043 *
Único-seto	$\hat{\gamma}$	946140348	200077297	4,73	0,0419 *
	$\hat{\alpha}$	-43730,14	9246,51	-4,73	0,0419 *
	$\hat{\beta}$	0,51	0,11	4,73	0,0419 *

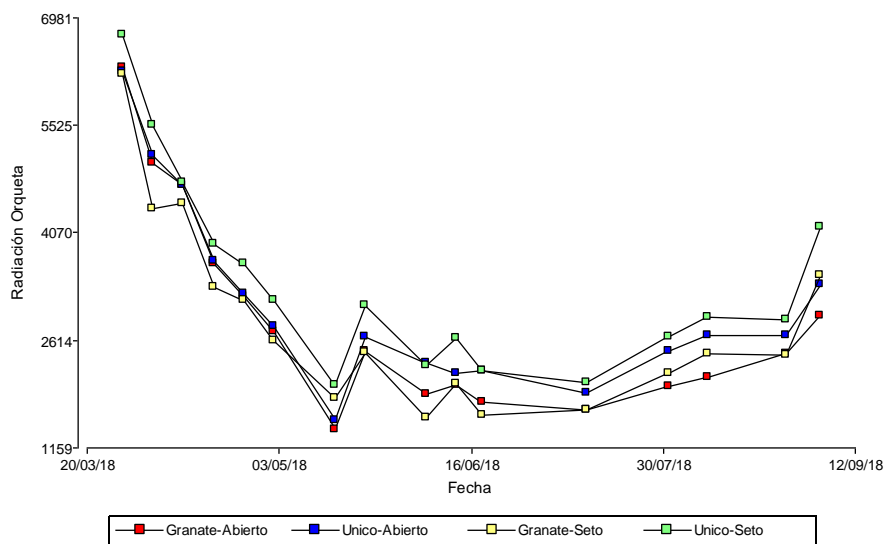
NS: sin significancia estadística

* Indica significancia estadística

Los estimadores para las combinaciones del sistema de conducción Seto resultaron significativos, los del sistema abierto no.

Radiación interceptada a nivel de la horqueta

En la Figura 35 se presenta la evolución en el tiempo de la radiación interceptada a la altura de la horqueta.

**Figura 35:** Evolución en el tiempo de la radiación interceptada (%) a la altura de la horqueta

La radiación interceptada presenta una evolución en el tiempo con una curva de forma cóncava, con descenso rápido al inicio y un mínimo a mediados de mayo aproximadamente y luego un ascenso lento hasta el final del período.

En la Figura 36 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de radiación interceptada a nivel de horqueta por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

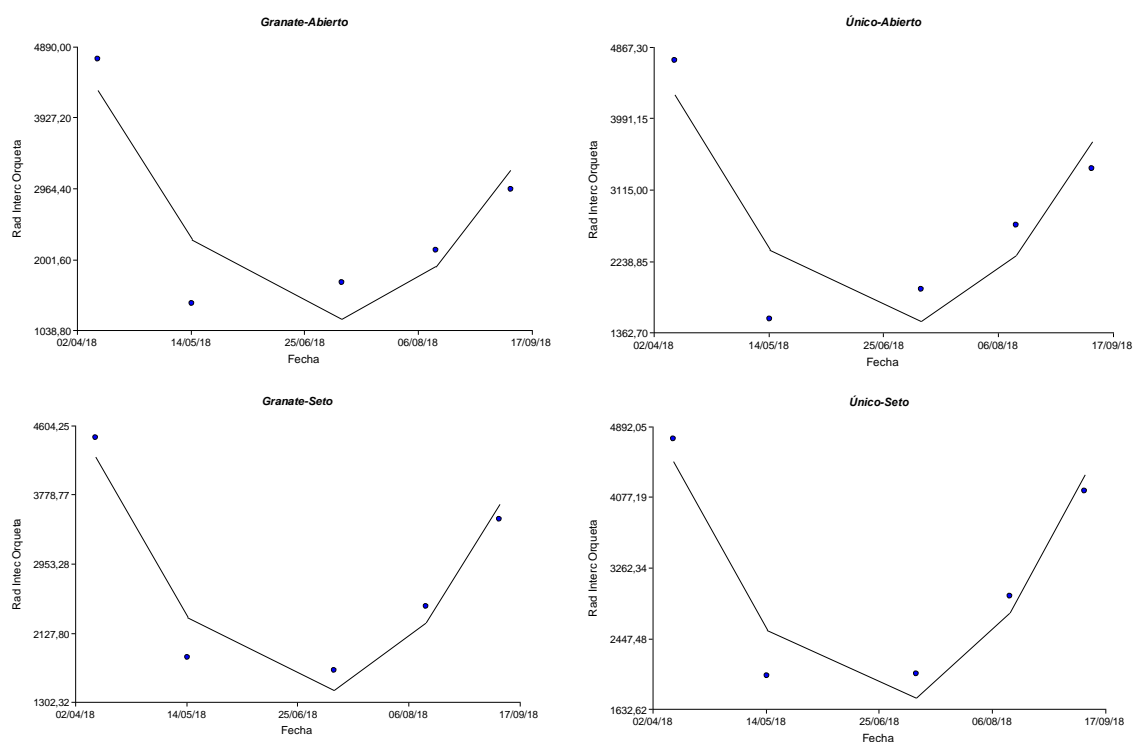


Figura 36: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado a la radiación interceptada (%) a nivel de horqueta en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción

La evolución de la radiación interceptada en el tiempo presenta curvas similares para todas las combinaciones, con un brusco descenso entre los momentos uno y tres, y luego un crecimiento similar hasta el final del período.

Las Tablas 55 y 56 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 55: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,82	0,64	7383787,34	84,44	82,88
Único-abierto	0,79	0,59	8075580,93	84,62	83,06
Granate-seto	0,93	0,85	2466203,66	78,77	77,20
Único-seto	0,92	0,84	2953153,2	79,7	78,13

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 56: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coeficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	806795015	290207301	2,78	0,1087	NS
	$\hat{\alpha}$	-37278,1	13411,85	-2,78	0,1087	NS
	$\hat{\beta}$	0,43	0,15	2,78	0,1088	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	796964781	295461864	2,7	0,1143	NS
	$\hat{\alpha}$	-36827,14	13654,68	-2,7	0,1144	NS
	$\hat{\beta}$	0,43	0,16	2,7	0,1144	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	801989549	164529046	4,87	0,0396	*
	$\hat{\alpha}$	-37059,41	7603,66	-4,87	0,0396	*
	$\hat{\beta}$	0,43	0,09	4,87	0,0396	*
Único-seto	$\hat{\gamma}$	860508099	180587461	4,77	0,0413	*
	$\hat{\alpha}$	-39766,41	8345,8	-4,76	0,0413	*
	$\hat{\beta}$	0,46	0,1	4,76	0,0413	*

NS: sin significancia estadística

* Indica significancia estadística

Los estimadores para las combinaciones del sistema de conducción Seto resultaron significativos, los del sistema Abierto no.

Radiación interceptada en la zona baja de las plantas

En la Figura 37 se presenta la evolución en el tiempo de la radiación interceptada en la zona baja de las plantas.

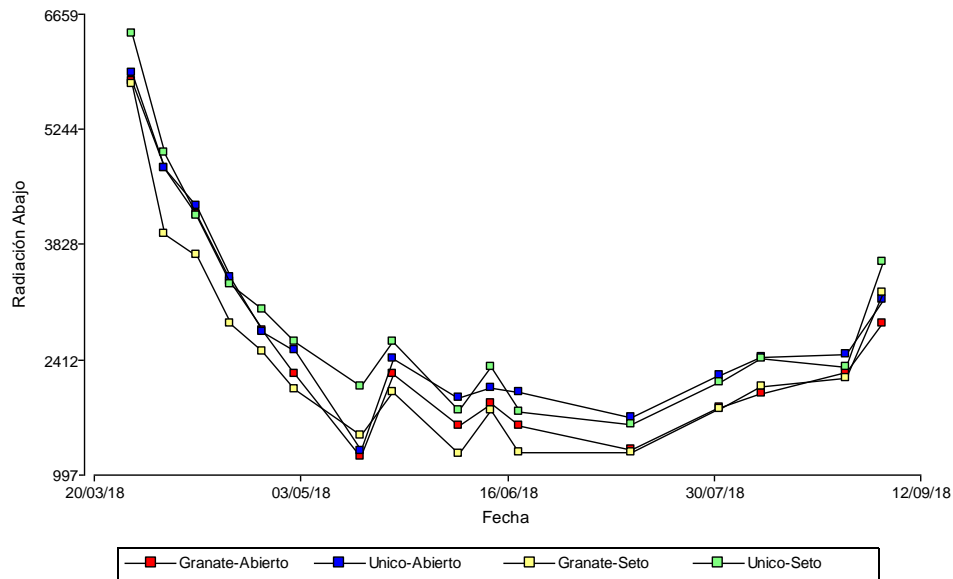


Figura 37: Evolución en el tiempo de la radiación interceptada (%) en la parte baja de las plantas.

La radiación interceptada presenta una evolución en el tiempo con una curva de forma cóncava que desciende rápidamente al principio hasta un mínimo aproximadamente a mediados de mayo, y luego un ascenso constante hasta el final del período.

En la Figura 38 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de radiación interceptada en la zona baja de las plantas por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

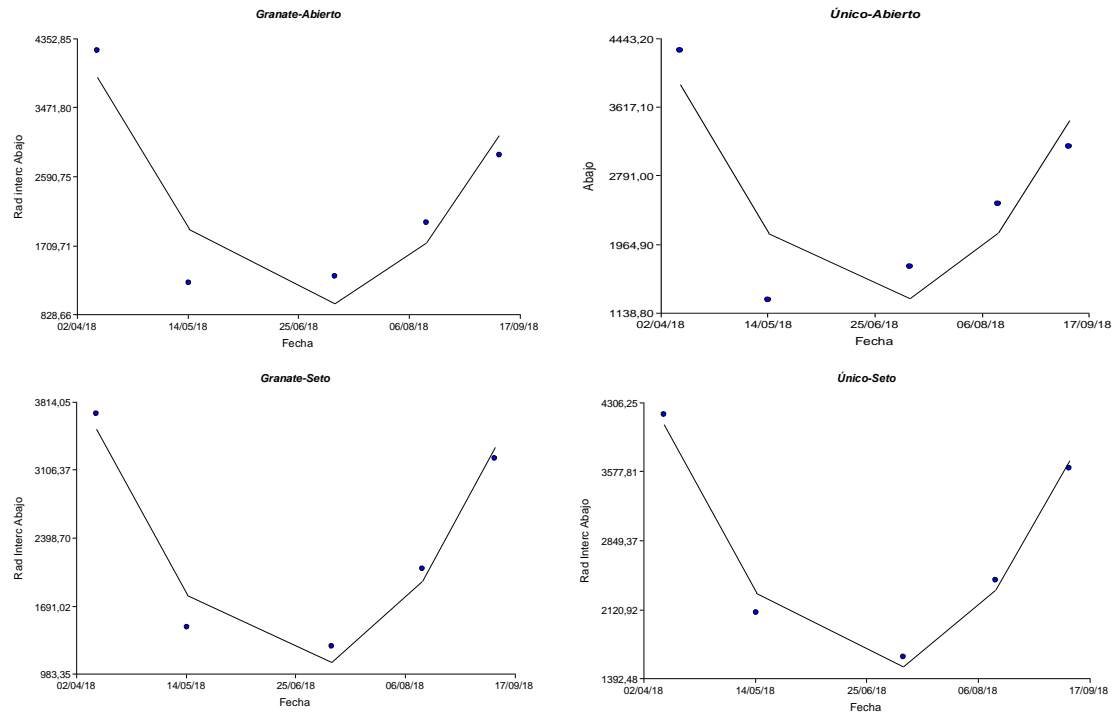


Figura 38: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado a la radiación interceptada (%) en la zona baja de las plantas en función del tiempo, según combinación de híbrido-sistema de conducción.

La evolución de la radiación interceptada en el tiempo presenta curvas decrecientes y luego crecientes en el tiempo para todas las combinaciones, aunque con pendiente y curvaturas diferentes en el caso de la combinación Granate-abierto.

Las Tablas 57 y 58 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 57: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica.

Combinación	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Granate-abierto	0,82	0,64	34543277,3	91,87	90,31
Único-abierto	0,96	0,92	6935848,8	84,69	83,13
Granate-seto	0,97	0,94	5584616,28	83,41	81,85
Único-seto	0,97	0,93	10320786,5	85,86	84,3

Los criterios resultan adecuados, por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 58: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor.

Combinación	Coficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	524642421	610212804	0,86	0,4805	NS
	$\hat{\alpha}$	-24283,8	28200,81	-0,86	0,4799	NS
	$\hat{\beta}$	0,28	0,33	0,86	0,4793	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	-183852121	297570554	-0,62	0,5997	NS
	$\hat{\alpha}$	8452,61	13752,14	0,61	0,6014	NS
	$\hat{\beta}$	-0,1	0,16	-0,61	0,6032	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	-234401976	261890795	-0,9	0,4652	NS
	$\hat{\alpha}$	10787,06	12103,21	0,89	0,4668	NS
	$\hat{\beta}$	-0,12	0,14	-0,89	0,4685	NS
Único-seto	$\hat{\gamma}$	-637062360	334397506	-1,91	0,1971	NS
	$\hat{\alpha}$	29388,34	15454,08	1,9	0,1976	NS
	$\hat{\beta}$	-0,34	0,18	-1,9	0,1981	NS

NS: sin significancia estadística.

Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

Eficiencia en el uso de la radiación

Se obtuvo como el cociente entre materia seca aérea producida por el cultivo y la RFA interceptada acumulada por el cultivo.

En la Figura 39 se presenta el ajuste de las regresiones polinómicas a los valores de eficiencia en el uso de la radiación por fecha de medición para cada combinación híbrido-sistema de conducción.

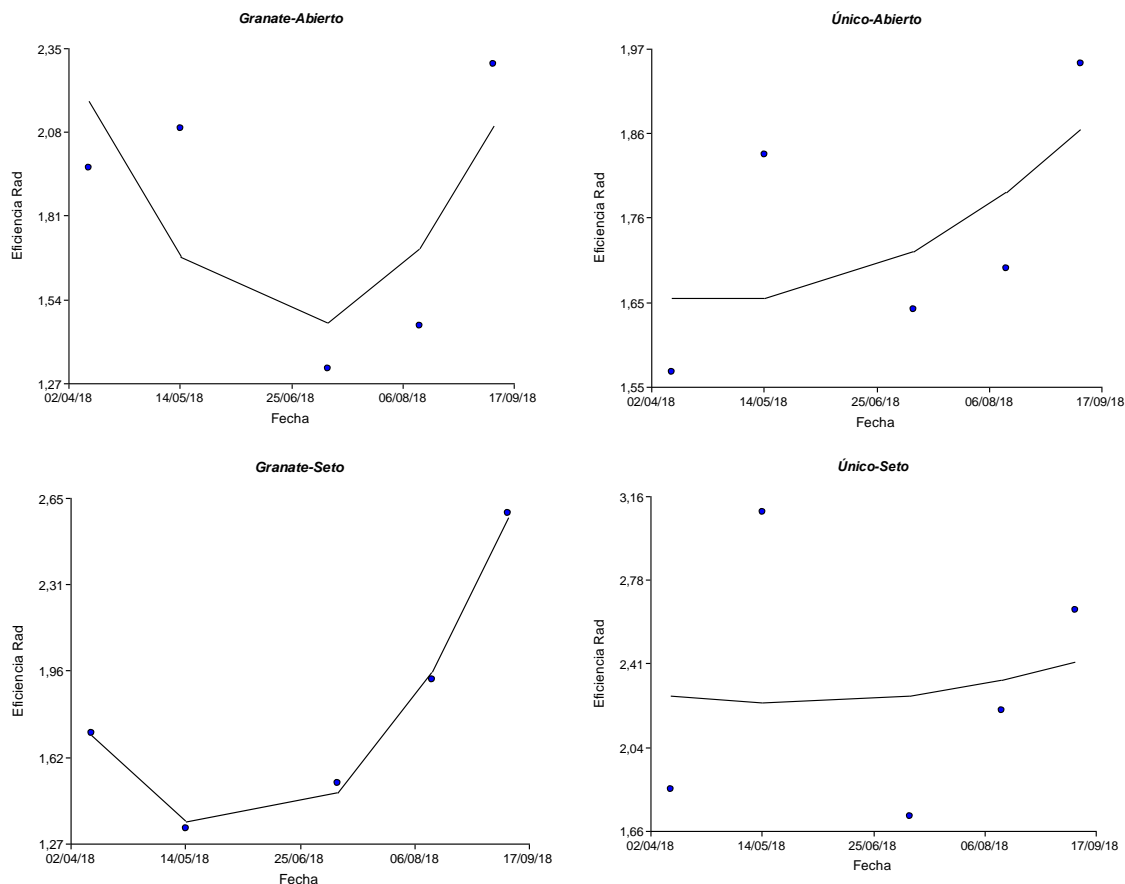


Figura 39: Ajuste de modelos polinomiales de segundo grado a la eficiencia en el uso de la radiación en función del tiempo, ($\text{g MJ}^{-1} \text{ PAR}$) según combinación de híbrido-sistema de conducción.

Las combinaciones de Granate muestran un descenso entre el primer y segundo momentos, y luego un crecimiento sostenido hasta el final del período, y las de Único un comportamiento general similar, pero con un brusco aumento en el segundo momento que hace que el ajuste sea diferente y con mayor error.

Las Tablas 59 y 60 presentan las estimaciones de los parámetros y los criterios para verificar la adecuación de los modelos.

Tabla 59: Criterios de diagnóstico de regresión lineal polinómica.

Combinación	R^2	$R^2 \text{ Aj}$	ECMP	AIC	BIC
Granate-Abierto	0,52	0,04	2,13	8,75	7,18
Único-Abierto	0,35	0	0,38	0,16	-1,40
Granate-Seto	1	0,99	0,01	-14,24	-15,81
Único-Seto	0,02	0	6,94	15,29	13,73

Aunque algunos valores de R^2 son bajos, en general los demás criterios resultan adecuados por lo que se puede establecer que los modelos seleccionados son apropiados.

Tabla 60: Estimadores de los parámetros del modelo y estadístico T y su p-valor

Combinación	Coficiente	Estimación	E.E.	T	p-valor	
Granate-abierto	$\hat{\gamma}$	217598,88	149758,93	1,45	0,2834	NS
	$\hat{\alpha}$	-10,06	6,92	-1,45	0,2834	NS
	$\hat{\beta}$	1,20E-04	8,00E-05	1,45	0,2834	NS
Único-abierto	$\hat{\gamma}$	22030,19	63454,65	0,35	0,7616	NS
	$\hat{\alpha}$	-1,02	2,93	-0,35	0,7613	NS
	$\hat{\beta}$	1,20E-05	3,40E-05	0,35	0,7610	NS
Granate-seto	$\hat{\gamma}$	243355,39	15029,14	16,19	0,0038	*
	$\hat{\alpha}$	-11,25	0,69	-16,2	0,0038	*
	$\hat{\beta}$	1,30E-04	8,00E-06	16,21	0,0038	*
Único-seto	$\hat{\gamma}$	28249,24	288185,73	0,1	0,9309	NS
	$\hat{\alpha}$	-1,31	13,32	-0,1	0,9308	NS
	$\hat{\beta}$	1,50E-05	1,50E-04	0,1	0,9308	NS

NS: sin significancia estadística

* Indica significancia estadística

Solamente resultaron estadísticamente significativos los estimadores para la combinación Granate-seto.

5.2.3. Relaciones entre tratamientos y variables

Los resultados de la reducción de la dimensión mediante el Análisis de Componentes Principales se presentan en la Figura 40.

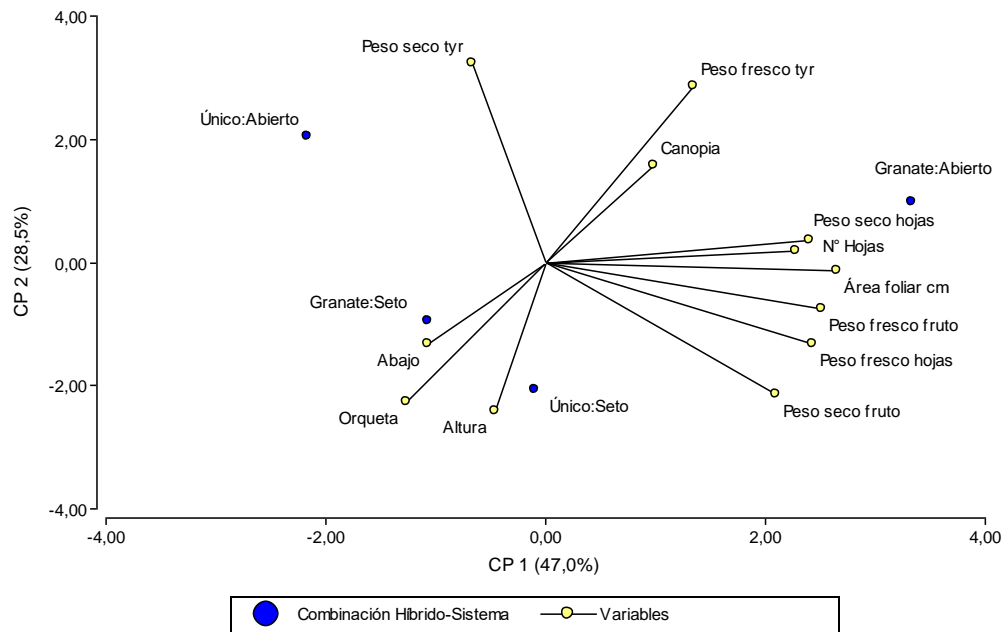


Figura 40: Biplot resultante del Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales logra reducir la dimensión de los datos manteniendo el 75,5% de la información (47,0% en la componente 1 y 28,5% en la componente 2). Se observa ubicación de las combinaciones Híbrido-Sistema de conducción, sobre la componente 1 (eje horizontal), a la izquierda arriba la combinación Único-abierto, asociada a mayores valores de peso seco de tallo y raíz, abajo a la izquierda las combinaciones de los híbridos Granate y Único con el sistema de conducción seto, asociados a mayores valores de altura de planta y radiación interceptada abajo y en la horqueta, y arriba a la derecha la combinación Granate-abierto, asociada a mayores valores de las restantes variables.

6. DISCUSION

6.1 RENDIMIENTO

La mejora en la intercepción de luz, mejora la eficiencia productiva de la planta de pimiento. El manejo de la conducción, a través de diferentes tipos de tutorados, permite manejar la arquitectura de la planta, mejorando la captación de luz y la aireación, lo que

se asocia a mejor calidad y cantidad de frutos y facilidad de cosecha (Urrestarazu et al., 2002; Jurado Ruíz y Nieto Quesada, 2003; Gamayo Díaz, 2011).

No se encontró efecto de híbrido, ni interacción entre híbrido y sistema de conducción en ninguna de las variables estudiadas, lo que indica que no existen diferencias entre los híbridos estudiados para ninguna de las variables de rendimiento y que los dos híbridos se comportan de la misma manera en cualquiera de los sistemas de conducción, resultado que difiere de lo reportado por Rodríguez et al. (2018), quienes observaron variaciones en la masa media de los frutos entre diferentes combinaciones híbridas y por Montaña Mata y Belisario Ramos (2012), quienes encontraron diferencias entre cultivares para tamaño y peso de frutos, número de frutos por planta.

El número de frutos por parcela, en todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción osciló entre 617,71 y 741, 29, que llevados a frutos por planta oscilan entre 20,59 y 24,71, valores que coinciden con los encontrados por Rodríguez et al. (2018), quienes evaluaron diferentes combinaciones híbridas de pimiento e informaron números promedio de frutos por planta entre 20 y 25. Si se consideran los resultados de Monge Pérez (2016) quien, en un ensayo en el que comparó densidades de siembra y métodos de poda en pimiento, reporta promedios entre 34,11 y 46,99 frutos/m², se puede establecer que son levemente inferiores a los valores encontrados en esta tesis que oscilarían entre 39,22 y 58,88 frutos/m².

Entre las variables referidas a número de frutos se detectaron diferencias en variabilidad, se presentaron coeficientes de variación que oscilaron entre 12,41 y 73,12%, correspondiendo los valores menores a los frutos extragrandes, grandes y medianos y las mayores variabilidades en los frutos chicos y descartes. No obstante, estos coeficientes son menores a los encontrados por Pacheco Olivera *et al.* (2022) quienes en un estudio de 32 poblaciones de pimiento en México obtuvieron coeficientes de variabilidad entre 26,7 y 120,2%, lo que era de esperar debido a la inclusión de distintas poblaciones de pimientos en el estudio de estos autores.

Sin embargo, los valores obtenidos en este trabajo resultaron ser mayores a los obtenidos por Cruz Huerta *et al.* (2009) que estudiaron el efecto de diferentes densidades de plantación en pimiento sobre las variables de rendimiento: g/planta, g/metro², nro. frutos/planta, nro. frutos/m², peso medio de fruto, e índice de área foliar. En general, todas las variables presentaron baja variabilidad, con coeficientes de variación entre 8 y 14%, salvo el del peso medio de fruto que fue de 31%.

En relación con el peso de frutos por parcela, los pesos totales cosechados oscilaron entre 133 081,71 y 149 565,86 g/tratamiento, que corresponde a valores entre 4436,06 y 4985,53 g/planta. Si se consideran como tamaños comerciales a los frutos clasificados como extragrandes, grandes, medianos y chicos, solamente deberían eliminarse de este análisis a los frutos descarte, que se presentaron en cantidades tan insignificantes que no afectan los valores establecidos. Estos valores se presentan muy elevados en comparación a los observados por Cruz Huerta *et al.* (2009) que estudiaron el efecto de la densidad de población combinado con el despunte temprano de yemas terminales, en pimiento dulce cultivado en hidroponía bajo invernadero, sobre el rendimiento y el período de cosecha. El rendimiento de frutos comerciales osciló entre 404 y 873 g/planta, mientras que el rendimiento por unidad de superficie varió entre 2 880 y 5 630 g/m².

6.2 CRECIMIENTO

El pimiento es un cultivo muy exigente en luminosidad, tanto en su fase vegetativa, como en la reproductiva, tolerando temperaturas más altas cuando aumenta este factor (Jurado Ruíz y Nieto Quesada, 2003). En los sistemas de cultivos protegidos, se busca optimizar la cantidad de luz solar incidente y su intercepción por toda la cubierta vegetal, ya que de esta depende el crecimiento y por ende el rendimiento (Reséndiz Melgar, 2010). Debido a esto se lo considera como uno de los factores más limitante en producciones bajo invernadero durante las estaciones de otoño, invierno y primavera (Ludvik *et al.*, 2017).

La deficiencia de luz en el cultivo de pimiento, como en períodos nubosos, sectores de sombreado o encalado de cubiertas, provoca ahilamiento de plantas, con entrenudos largos y débiles, y caída de flores, afectando la cantidad y calidad de la cosecha (Jurado Ruíz y Nieto Quesada, 2003); (Marcelis et al., 2004); (Valle Mendoza, 2010) y (Gamayo Díaz, 2011). Al incrementar el área foliar se incrementa la intercepción de radiación, por lo cual la poda y conducción del cultivo, son factores que afectarían la captación de luz (Onis y equipo, 2001).

Durante la fotosíntesis la luz juega un papel fundamental, ya que afecta la formación de azúcares para el crecimiento de las plantas. Una baja intensidad lumínica reduce la tasa de asimilación neta, disminuyendo los niveles de hidratos de carbono disponibles, generando el aborto de flores (Reséndiz Melgar, 2010); (Ludvik *et al.*, 2017).

En las variables de crecimiento, en todos los casos, el modelo que mejor ajustó a los datos fue el polinomio de segundo grado, de la forma $y = \alpha x + \beta x^2 + \gamma$. En la mayoría de los casos las curvas son crecientes y en algunos casos se observa al final del período de medición una estabilización del crecimiento, incluso con leves decrecimientos. Este comportamiento no concuerda con lo indicado por Valle Mendoza (2010), que existen dos fases distintas en el ritmo de crecimiento de la planta de pimiento, una primera fase de lento crecimiento y una segunda fase, de crecimiento rápido, ajustando a curvas de tipo doble sigmoidea, probablemente debido al período en el que se realizaron las mediciones.

No resultaron significativos los coeficientes correspondientes a las regresiones de peso fresco y seco total, peso fresco y seco de tallo y raíz, peso fresco y seco de hojas, peso fresco y seco de frutos, área foliar y tasa de crecimiento absoluto.

En el caso de los pesos seco total, de tallo-raíz y hojas en la mayoría de las combinaciones las curvas continúan la pendiente ascendente hasta el final del período de mediciones que se encuentra dentro del segundo período de cosecha. Los pesos secos de frutos presentan un comportamiento diferente, con máximos entre los meses de julio y

agosto, coincidiendo con la primera ola de maduración y de cosecha, lo que indica que los frutos de la primera ola serían más grandes que los de la segunda.

Los pesos totales (fresco y seco) muestran un incremento entre el primer y segundo momento de medición. Las curvas de evolución de los pesos fresco y seco de raíz y tallo presentan un crecimiento constante en el tiempo y al final un crecimiento más abrupto, donde se diferencian las combinaciones del sistema abierto de las de seto. Los pesos de hoja (fresco y seco) se incrementan en el tiempo, con un aumento más importante a partir del cuarto momento de medición (coincidiendo con la primera ola de maduración) en las combinaciones de sistema abierto. En relación con los pesos de frutos (fresco y seco) presentan un aumento brusco en el segundo momento de medición (coincidiendo con el período de desarrollo de los frutos), luego se produce un descenso paulatino hasta el final del período. Las formas de estas curvas son similares a las encontradas por Juárez Maldonado *et al.* (2015) para el crecimiento de tomate en invernadero.

Las alturas de plantas presentan curvas crecientes en el tiempo, con una estabilización en el tercer momento de medición, coincidente con el fin de la primera ola de maduración, son similares en todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción, pero solamente resultaron significativos los coeficientes de la combinación Granate-abierto. Las máximas alturas de planta se alcanzan, en todas las combinaciones, hacia fines del mes de julio, coincidiendo con la primera ola de cosecha y a partir de ese momento comienza a disminuir. Las combinaciones del sistema seto presentan las mayores alturas de planta a partir del segundo momento de medición, que coincide con el comienzo del desarrollo de los frutos e inicio de la primera ola de maduración.

El área foliar, para todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción, presenta curvas crecientes en el tiempo con un importante aumento en el segundo momento de medición, curvas que son similares a las encontradas por Mendoza Pérez *et al.* (2017), aunque las curvas continúan la pendiente ascendente hasta el final del período de mediciones que se encuentra dentro del segundo período de cosecha, lo que no coincide

con lo reportado por estos autores, quienes encontraron el máximo de área foliar en el momento de la floración.

Las tasas de crecimiento absoluto y relativo fueron estudiadas para cada combinación híbrido-sistema, en todas ellas el crecimiento relativo presenta un comportamiento lineal, con una pequeña pendiente descendente en el tiempo, y el absoluto describe una curva que desciende entre el primer y segundo momentos de medición y luego se vuelve creciente hasta el final del período. Este comportamiento difiere del reportado por Orantes Salguero (2017) para la tasa de crecimiento absoluto, con una fase de crecimiento lento hasta la primera bifurcación del tallo, luego los cultivares presentaron dinámicas de crecimiento diferentes por efecto de la presencia de los frutos en la planta, pero todas continúan ascendiendo hasta alcanzar un máximo y considera que entre más rápido se alcance ese máximo, se tendrá mayor eficiencia en el uso de agua, nutrimentos y capacidad de acumular foto asimilados para la producción de biomasa. En cambio, la tasa de crecimiento relativo tuvo un comportamiento similar al informado por este autor, con valores máximos al inicio del ciclo, lo que indica alta actividad fotosintética, meristemática y asimiladora para producir nueva biomasa, que conforme avanza el ciclo del cultivo tiende a disminuir.

La radiación interceptada presenta, tanto a nivel de canopia, como de horqueta y en la zona baja de las plantas, una evolución en el tiempo con una curva de forma cóncava, con un mínimo aproximadamente a mediados de mayo y luego un ascenso constante hasta el final del período. En todos los casos el modelo que mejor ajustó a los datos fue el polinomio de segundo grado, de la forma $y = \alpha x + \beta x^2 + \gamma$.

A nivel de la canopia las curvas son decrecientes, con un descenso brusco entre el primer y el tercer momento de medición y luego un ascenso similar hasta el final del período. Los estimadores para las combinaciones del sistema de conducción seto resultaron significativos, los del sistema abierto no. A nivel de la horqueta, las curvas presentan un brusco descenso entre los momentos uno y tres y luego un crecimiento similar hasta el final del período. Los estimadores para las combinaciones del sistema de

conducción seto resultaron significativos, los del sistema abierto no. En la zona baja de las plantas las curvas son crecientes en el tiempo, aunque con pendiente y curvaturas diferentes en el caso de la combinación Granate-abierto. Ninguno de los estimadores resultó estadísticamente significativo.

La evolución de la eficiencia en el uso de la radiación en el tiempo presenta curvas crecientes en el tiempo para todas las combinaciones. Las combinaciones de Granate muestran un descenso entre el primer y segundo momentos y luego un crecimiento sostenido hasta el final del período y las de Único un comportamiento general similar, pero con un brusco aumento en el segundo momento que hace que el ajuste sea diferente y con mayor error. Solamente resultaron estadísticamente significativos los estimadores para la combinación Granate-seto.

Al analizar las relaciones entre tratamientos y variables se ha podido separar las diferentes combinaciones híbrido-sistema de conducción. Las combinaciones de sistema abierto se ubican en el sector superior, asociada a mayores valores de peso seco y fresco de tallo y raíz, peso fresco y seco de hojas, número de hojas, área foliar y peso fresco de frutos y radiación interceptada a la altura de la canopia. En el sector inferior se ubican las combinaciones del sistema seto, asociados a mayores valores de altura de planta, peso seco de los frutos, radiación interceptada abajo y en la horqueta.

7. CONCLUSIONES

7.1. Variables de crecimiento

Las curvas de las variables de crecimiento en el tiempo, en todos los casos ajustaron a polinomios de segundo grado, de la forma $y = \alpha x + \beta x^2 + \gamma$. En la mayoría de los casos las curvas son crecientes y en algunos casos se observa al final del período de medición una estabilización del crecimiento, incluso con leves decrecimientos.

Los pesos seco total, de tallo-raíz y hojas presentan curvas con pendiente ascendente hasta el final de las mediciones. Los pesos secos de frutos exhiben máximos entre los meses de julio y agosto, coincidiendo con la primera ola de maduración y de cosecha, lo que indica que los frutos de la primera ola serían más grandes que los de la segunda. Los pesos fresco y seco de raíz y tallo presentan un crecimiento final más abrupto, donde se diferencian las combinaciones del sistema abierto de las de seto. Los pesos de hoja (fresco y seco) presentan un aumento más importante a partir del cuarto momento en las combinaciones de sistema abierto. Los pesos de frutos (fresco y seco) presentan un aumento brusco en el segundo momento de medición (coincidiendo con el período de desarrollo de los frutos), luego se produce un descenso paulatino hasta el final del período. Los pesos totales (fresco y seco) muestran un incremento entre el primer y segundo momento de medición. Se detectan diferencias entre los sistemas de conducción en las curvas de pesos de tallo y raíz (fresco y seco), hoja (fresco y seco) y altura de plantas, y no para las otras variables de crecimiento estudiadas.

En todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción el área foliar presenta curvas crecientes en el tiempo, con un importante aumento en el segundo momento de medición, y continúan la pendiente ascendente hasta el final de las mediciones (segundo período de cosecha). El área foliar, para todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción, presenta curvas crecientes en el tiempo con un importante aumento en el segundo momento de medición y continúan la pendiente ascendente hasta el final del período de mediciones, dentro del segundo período de cosecha.

Las tasas de crecimiento relativo presentan un comportamiento lineal, con una pequeña pendiente descendente en el tiempo, y las del absoluto describen una curva que desciende entre el primer y segundo momentos de medición y luego se vuelve creciente hasta el final del período.

Las parcelas de sistema abierto se asocian a mayores valores de peso seco y fresco de tallo y raíz, peso fresco y seco de hojas, número de hojas, área foliar y peso fresco de frutos y las del sistema seto, con mayores valores de altura de planta y peso seco de los frutos.

7.2. Variables de rendimiento

El número de frutos por tratamiento, en todas las combinaciones híbrido-sistema de conducción osciló entre 617,71 y 741, 29, que implican entre 21 y 25 frutos por planta.

Predominan los frutos de las categorías extragrandes (245 a 257 frutos/tratamiento) y grandes (264 a 367 frutos/tratamiento), seguido de medianos (63 a 107 frutos/tratamiento) y chicos (30 a 52 frutos/tratamiento), con muy poca cantidad de descartes (3 a 7 frutos/tratamiento), lo que indica que la mayoría de los frutos se ubican entre los de mejor calidad.

Los números de frutos presentaron diferencias en variabilidad, con coeficientes de variación entre 12,41 y 73,12%, correspondiendo los menores valores a los frutos extragrandes, grandes y medianos y las mayores variabilidades en los frutos chicos y descartes. El número de frutos por parcela no presentó efecto significativo de sistema de conducción, para los frutos extragrandes, grandes y descartes. Se observaron diferencias en el número frutos medianos, chicos y total de frutos, con mayores cantidades de frutos en el sistema abierto.

Los mayores valores de pesos de frutos por parcela corresponden a las categorías extragrandes (62 374,86 a 68 030,57 g. tratamiento⁻¹) y grande (53 524,86 a 71 665,86 g. tratamiento⁻¹), seguido de mediano (8 111,14 a 13 980,29 g. tratamiento⁻¹) y chico (2

445,43 a 4 244,29 g. tratamiento ⁻¹), con muy poca cantidad de descartes (813,14 a 527,14 g. tratamiento ⁻¹). La variabilidad de esta variable se encuentra vinculada al tamaño de frutos no a los tratamientos estudiados. Las menores variabilidades se encuentran al analizar los pesos totales, que presentaron valores bajos de coeficientes de variación entre 9,07 y 19,79%, le siguen en orden de importancia, los frutos extragrandes entre 13,12 y 22,51%, los frutos grandes entre 16,38 y 31,85%, los frutos medianos entre 21,18 y 31,08%, los chicos entre 29,28 y 36,87% y los descarte entre 43,84 y 78,11%.

No se detectó efecto significativo de sistema de conducción en el peso de frutos por categorías, para frutos extragrandes, grandes, descartes y total de frutos. En frutos medianos y chicos se encontraron diferencias, con mayores pesos para el sistema abierto. Esto indica un efecto del sistema de conducción sobre el peso de frutos por parcela, tendiendo a producir una mayor cantidad de frutos en las combinaciones de ambos híbridos con el sistema abierto, si bien esto solamente resulta estadísticamente significativo en relación con los frutos medianos y chicos.

Los pesos promedio de frutos oscilaron entre 200,76 y 214,13 g, con variabilidades muy bajas, expresadas por los coeficientes de variación que oscilan entre 3,74 y 7,86%. No se detectó efecto significativo del sistema de conducción sobre el peso promedio de frutos.

Las parcelas conducidas en sistema abierto se asocian a mayores valores de número y peso de frutos chicos, medianos y totales. Las correspondientes al sistema seto, se asocian a mayores valores de peso medio de frutos y rendimiento por hectárea.

7.3. Genotipo e interacción

No se encontró efecto híbrido ni interacción híbrido-sistema de conducción, lo que indica que los híbridos estudiados se comportaron de la misma manera en ambos sistemas de conducción.

7.4. Captación de la luz

La radiación interceptada presenta, tanto a nivel de canopia, como de horqueta y en la zona baja de las plantas, una evolución en el tiempo con una curva de forma cóncava, con un mínimo aproximadamente a mediados de mayo y luego un ascenso constante hasta el final del período. En todos los casos el modelo que mejor ajustó a los datos fue el polinomio de segundo grado, de la forma $y = \alpha x + \beta x^2 + \gamma$.

A nivel de la canopia las curvas son decrecientes, con un descenso brusco entre el primer y el tercer momento de medición y luego un ascenso similar hasta el final del período. A nivel de la horqueta, las curvas presentan un brusco descenso entre los momentos uno y tres y luego un crecimiento similar hasta el final del período. En la zona baja de las plantas las curvas son crecientes en el tiempo, aunque con pendientes diferentes en el caso de la combinación Granate-abierto.

Los sistemas abiertos se asocian a mayores valores de radiación interceptada a la altura de la canopia, mientras que las del sistema seto se asocian a mayores valores de radiación interceptada abajo y en la horqueta.

8. CONFIRMACIÓN DE HIPÓTESIS

7.1. Hipótesis sustantiva

Los resultados que se mencionan a continuación permiten confirmar la hipótesis sustantiva:

Las diferencias encontradas entre los sistemas de conducción en las curvas de pesos de tallo y raíz (fresco y seco), pesos de hoja (fresco y seco) y altura de plantas, lo que indica alguna modificación del patrón de crecimiento del cultivo de pimiento.

La asociación de las parcelas conducidas en sistema abierto con mayores valores de número y peso de frutos chicos, medianos y totales y de las del sistema seto con mayores valores de peso medio de frutos y rendimiento por hectárea, indicaría que el sistema de

conducción modifica la distribución de tamaños y pesos de frutos, sin modificar, no obstante, las de frutos grandes y extragrandes que son los de mejor calidad.

No se encontró efecto híbrido ni interacción híbrido-sistema de conducción, lo que indica que los híbridos estudiados se comportaron de la misma manera en ambos sistemas de conducción.

8.2. Primera hipótesis de trabajo:

La primera hipótesis de trabajo ha podido ser confirmada parcialmente, dado que se observa la asociación de los tratamientos en sistema abierto con una mayor interceptación de radiación a nivel de la canopia, mayor peso de hojas y área foliar, peso fresco y seco de frutos, sin embargo, el sistema seto se encuentra asociado a mayores valores de radiación interceptada en la horqueta y en la zona baja.

8.3. Segunda hipótesis de trabajo

Esta hipótesis ha sido confirmada parcialmente al haberse detectado mayor peso de frutos por tratamiento en algunas combinaciones del sistema abierto, no obstante, esos valores se generan, principalmente en mayor número de frutos medianos y en algunos casos chicos, y no influye en los frutos grandes y extragrandes, de mejor calidad. También en el hecho de que las parcelas conducidas en sistema abierto se asocian a mayores valores de número y peso de frutos chicos, medianos y totales y las del sistema seto, con mayores valores de peso medio de frutos y rendimiento por hectárea.

Las curvas de evolución de los pesos fresco y seco de raíz y tallo presentan un crecimiento constante en el tiempo y al final un crecimiento más abrupto, donde se diferencian las combinaciones del sistema abierto de las de seto. Los pesos de hoja (fresco y seco) se incrementan en el tiempo, con un aumento más importante a partir del cuarto momento de medición (coincidiendo con la primera ola de maduración) en las combinaciones de sistema abierto.

También por el hecho de que se observa su asociación con una mayor intercepción de radiación a nivel de la canopia, mayor peso de hojas y área foliar, peso fresco y seco de frutos, sin embargo, el sistema seto se encuentra asociado a mayores valores de radiación interceptada en la horqueta y en la zona baja.

8.4. Tercera hipótesis de trabajo

Esta hipótesis se ha podido confirmar al no encontrarse efecto híbrido ni interacción híbrido-sistema de conducción, lo que indica que los híbridos estudiados se comportaron de la misma manera en ambos sistemas de conducción.

9. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Meléndez, A.; Vásquez-Dávila, M.A.; Manzanero-Medina, G.I.; Katz, E. 2021. Chile (*Capsicum spp.*) as Food-Medicine Continuum in Multiethnic Mexico. Foods. 10: 2502. <https://doi.org/10.3390/foods10102502> .

Benencia, R.; Cattaneo, C.A.; Fernández, R. 1994. Cultivos hortícolas bajo invernáculo en el cinturón verde de Buenos Aires. Difusión, consecuencias y perspectivas. Acta Hort. (357): 210-235.

Bosland, P.W.; Votava, E.J. 2000. Peppers: vegetable and spice Capsicum. CABI Publishing, Oxon. 204 p.

Casierra-Posada, F.; Cardozo, M.C.; Cárdenas-Hernández, J.F. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. Agronomía Colombiana. 25(2): 299-305.

Castañón Nájera, G.; Latournerie Moreno, L; Ruiz Zalazar, R; Mayek Pérez, M. 2011. Aplicación de marcadores AFLP para explorar heterosis en *Capsicum spp.* Φhyton. International Journal of Experimental Botany. (80): 53-58.

Castilla, N. 1996. Influencia de la radiación solar en invernadero sobre la calidad de la producción hortícola. *In*: Productividad y calidad del pimiento tipo lamuyo c.v. Kalifa.

Chiou, K.L.; Hastorf, C.A. 2014. Un enfoque sistemático para la identificación a nivel de especie de semillas de chile (*Capsicum* spp.): Establecimiento de las bases para el seguimiento de la domesticación y el movimiento de los chiles a través de América y más allá. *Economía Bot.* (68): 316–336. <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9279-2>

Cruz Huerta, N.; Sánchez del Castillo, F.; Ortiz Cereceres, J.; Mendoza Castillo, M.C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. *Agricultura Técnica en México.* 35(1): 73-80.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat versión 2022. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Erazo, E.; Gabriel, J. 2018. Evaluación y selección de cultivares híbridos de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo invernadero en la zona de Puerto la Boca Manabí. Tesis, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. <http://repositorio.unesum.edu.ec/>

FAO. 2002. Dirección de Producción y Protección Vegetal El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas, Dirección de Producción y Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.

Fari, M. 1986. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol. 2: Crops I. Chapter 4. Pepper (*Capsicum annum*, L.) (ed. by Bajaj, YPS). © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Gabriel Ortega, J.; Erazo Cajape, E.; Vera Velázquez, R.; Narváez Campana, W.; Castro Piguave, C. 2022. Selección de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annum* L.) para Puerto la Boca, Ecuador. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria.* 6 (2): 63-72. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.628>

Gamayo Díaz, J.D. 2011. El cultivo protegido de pimiento. Documentos poscosecha [https://www.issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/el cultivo protegido de pimientos](https://www.issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/el_cultivo_protegido_de_pimientos) .

Hunt, R. 2003. Growth analysis, individual plants. http://people.exeter.ac.uk/rh203/EAPS_article.pdf.

Idigoras, G. 2014. Producción y procesamiento de productos frutihortícolas. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Secretaría de Planeamiento y Políticas de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva.

Ishikawa, A. 2003. El cultivo de pimiento en invernadero plástico en Corrientes. IDIA XXI. N°4. Pág. 112 – 113. Disponible en: www.inta.gov.ar/ediciones/idia/horticola/pimiento02.pdf.

Jovicich, E.; Cantliffe, D. J.; Stoffella, P. J.; 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container, and trellis system. HortTechnology (14): 507-513.

Juárez-Maldonado, A.; de Alba Romenus, K.; Zermeño González, A.; Ramírez, H.; Benavides Mendoza, A. 2015. Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 6 (5): 943-954.

Jurado Ruíz, A.; Nieto Quesada, M.N. 2003. El cultivo de pimiento bajo invernadero. In: Técnicas de producción en cultivos protegidos. Tomo 2. Francisco Camacho Ferre. 541-568.

Korkutata, N.F.; Kavaz, A. 2015. A comparative study of ascorbic acid and capsaicinoid contents in red hot peppers (*Capsicum annum* L.) grown in southeastern Anatolia region. International journal of food properties. 18 (4): 725-734.

Liu, S; Li, W; Wu,Y; Chen, C; Lei, J. 2013. De novo transcriptome assembly in chilli pepper (*Capsicum frutescens*) to identify genes involved in the biosynthesis of capsaicinoids. PLOS One. 8 (1-e48156): 1-8.

Ludvik, B.; Giardina, E.; Di Benedetto, A. 2017. Requerimientos fisiológicos y limitantes tecnológicas en el cultivo de pimiento dulce. *Horticultura Argentina* 36 (91): 122-152

Macua, J.I.; Lahoz, I.; Calvillo, S.; Orcaray, L. 2010. Pimientos California y Lamuyo; variedades y colores campaña 2009. *Navarra Agraria*. pp. 32-36.

Marcelis, L.F.M.; Heuvelink, E.; Baan Hofman-Eijer, L.R.; Den Bakker J.; Xue, L.B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany*. 55 (406): 2261-2268.

Maroto Borrego, J.V. 1983. *Horticultura herbácea especial*

Martínez-Gutiérrez, G.A.; Langlé-Argüello, L.A.; Urrestarazu, M.; Escamirosa-Tinoco, C.; Hernández-Tolentino, M.; Morales, I. 2021. Efecto de la densidad de plantación y la poda en el Chile huacle en invernadero. *IDESIA (Chile)*. 39 (3): 69-74.

Mendoza-Pérez, C.; Ramírez-Ayala, C.; Ojeda-Bustamante, W.; Flores-Magdaleno, H. 2017. Estimation of leaf area index and yield of greenhouse-grown poblano pepper. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. 9 (1): 37-50. doi: <http://dx.doi.org/10.5154/r.inagbi.2017.04.009>

Ministerio de Agroindustria. Secretaría de Agregado de Valor. Subsecretaría de Alimentos y Bebidas. 2013. Protocolo de calidad para pimiento en fresco. Código: SAA040, Versión 03. Fecha: 7.03.2013.

Monge Pérez, J. 2016. Efecto de la poda y la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del pimiento cuadrado (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 29 (2): 125-136.

Monge Pérez, J.E.; Loría Coto, M. 2018. Producción de chile dulce (*Capsicum annuum*) en invernadero: efecto de densidad de siembra y poda. *Posgrado y Sociedad Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*. 16 (2): 19–38. <https://doi.org/10.22458/rpys.v16i2.2269>

Montaño Mata, N.J.; Belisario Ramos, H.C. 2012. Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). Revista Científica UDO Agrícola. 12 (1): 32-44.

Nuez, V.F.; Gil, O.R.; Costa, G.J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi-Prensa. Madrid. España. 607 p.

Obregón, V.G. 2015. Guía para la Identificación de las Enfermedades del Pimiento en Invernadero. Ediciones INTA.

Onis, A.; López Camelo, A.; Gómez, P. 2001. Efecto de la poda a dos y cuatro ramas sobre la producción de pimiento en invernáculo no calefaccionado. Rev. de la Fac. de Agronomía. 21 (1): 5-11.

Orantes Salguero, A.X. 2017. Análisis de crecimiento y extracción de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* var botánica Grossum). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Osuna Rodríguez, J.M.; Romero Higareda, C.; Pacheco Olvera, A.; Hernández Verdugo, S.; López Beltrán, M.; Valenzuela Romero, M.; Osuna Bustamante, G. 2022. Búsqueda de tolerancia a la salinidad en poblaciones de chile silvestre del noroeste de México. *In*: Ail Catzim, C.E; Montiel Batalla, B.M.; Galicia Juárez, M. Editores. Investigación en Ciencias Agrícolas. Desarrollo científico y tecnológico en la producción agrícola sustentable. Baja California, México.

Pacheco Olivera, A.; Hernández Verdugo, S.; Osuna Rodríguez, J.M.; Romero Higareda, C.E.; Valenzuela Romero, M.; Pacheco Quintero, A. 2022. Caracterización morfológica en chile (*Capsicum annuum*, L.) del noroeste de México. *In*: Ail Catzim, C.E.; Montiel Batalla, C.M.; Galicia Juárez, M. Editores. 2022. Investigación en Ciencias Agrícolas. Desarrollo científico tecnológico en la producción agrícola sustentable. Astra editorial. Sección 4 Horticultura. Págs. 349-355.

Papadopoulos, A.P.; Pararajasingham, S. 1997. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Scientia Horticulturae. (69): 1-29.

Patiño-Torres, A.J.; Jaimez Arellano, R.E. 2016. Relación fuente-fuerza de la demanda en el aborto de estructuras reproductivas, tasa fotosintética y rendimiento en *Capsicum annuum*. *Agrociencia*. 50 (5): 649-664.

Peil, R.M.; Galvez, J.L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *R. Bras. Agrociencia*. (11): 5-11.

Peralta Olachea, R.G.; Beltrán Morales, F.A.; Arce Amezquita, P.M.; Ruiz Espinoza, F.H.; Manríquez Rivera, G.A. 2022. Valor nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) obtenidos en centros comerciales de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México. *In: Ail Catzim, C.E.; Montiel Batalla, B.M.; Galicia Juárez, M. Editores. Investigación en Ciencias Agrícolas. Desarrollo científico y tecnológico en la producción agrícola sustentable. Baja California, México.*

Perelman, S.B.; Garibaldi, L.A.; Tognetti, P.M. 2019. Experimentación y Modelos Estadísticos. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 475 pp.

Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., ... & Van der Heijden, M. (2013). Nuevo manual para la medición estandarizada de caracteres funcionales de plantas. *Australian Journal of Botany*, 61, 167-234.
https://www.publish.csiro.au/bt/acc/BT12225/BT12225_ST.pdf

Portree, J. 1996. Greenhouse vegetable production guide for commercial growers. Province of British Columbia Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.

Reséndiz Melgar, R.C. 2010. Evaluación agronómica de variedades de chile morrón manejadas con diferentes tipos de poda y densidades de población. Tesis doctoral. 99 pp.

Rodríguez, Y.; Casanova, A.S.; Rodríguez, S.R.; Camejo, C.M.; Felipe, A.; Aulán, N. 2018. Nuevas combinaciones híbridas de pimiento para el sistema de cultivo protegido en Cuba. *Cultivos Tropicales*. 39 (1): 93-101.

Rodríguez, Y.; Depestre, T.; Gómez, O. 2008. Eficiencia de la selección en líneas de pimiento (*Capsicum annuum*), provenientes de cuatro sub-poblaciones, en caracteres de interés productivo. *Ciencia e Investigación Agraria*. 35 (1): 37-50.

Silva L.C.; Esberard de Macêdo Belterão, N.; Amorim Neto, M. da S. 2000. Análise do Crescimento de Comunidades Vegetais. <http://www.scribd.com/doc/18278713/Analise-do-Crescimento-de-Comunidades-Vegetais>.

Urrestarazu, M.; Castillo, J.E. y Salas, M. del C. 2002. Técnicas culturales y cultivo de pimiento. *Ediciones de Horticultura*. 159: 1-9.

Valle Mendoza, J.C. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Horticultura. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Valle Mendoza, J.C. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). Tesis de maestría. 106 p.

Valle, J.C. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) Tesis Maestría. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 106 p.

Walsh, B.M.; Hoot, S.B. 2001. Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae) using DNA sequences from two noncoding regions: the chloroplast atpB-rbcL spacer region and nuclear waxy introns. *International Journal of Plant Sciences*, 162(6), 1409-1418.