



Respuesta del pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.) a la aplicación de dosis crecientes de cinetina en Huaura, Perú †

[Response of piquillo peppers (*Capsicum annuum* L.) to the application of increasing doses of kinetin in Huaura, Peru]

Dionisio Belisario Luis-Olivas ¹, Teresa Julca-Olivera ¹,
Eroncio Mendoza-Nieto ¹, Marco Tulio Sánchez-Calle ¹,
Bruno Fardim-Christo ² and Sergio Eduardo Contreras-Liza ^{1,*}.

¹ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho. Lima, Perú. Email: doluis@unifsc.edu.pe, julcatereza6@gmail.com, emendozan@unifsc.edu.pe, msanchezc@unifsc.edu.pe

² Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, CEP 88040-900l, Brasil. Email: bfardim@hotmail.com, scontreras@unifsc.edu.pe

*Corresponding author

SUMMARY

Background: The piquillo pepper (*Capsicum annuum* L.) is a vegetable with high economic and nutritional value whose productivity can be limited by soil and climate factors. Cytokinins have shown potential as growth regulators to optimize fruit yield and quality. **Objective:** To evaluate the effect of increasing doses of kinetin (0, 0.66, 0.88, 1.10 and 1.32 mg L⁻¹) on the yield and productive components of piquillo peppers under conditions in the Huaura Valley, Peru. **Methodology:** A completely randomized block design with four replicates was used. The variables evaluated were the number and weight of fruits per plant, average fruit weight, diameter, length, and total yield. **Results:** Doses of 1.10 and 1.32 mg L⁻¹ significantly increased ($p < 0.05$) the number of fruits, average weight, and yield, reaching up to 20.95 t ha⁻¹, exceeding the control by more than 42%. Kinetin also improved fruit diameter and length in the second harvest, demonstrating a positive overall effect on reproductive biomass and physical quality. **Implications:** These findings support the use of kinetin as a biotechnological strategy to optimize piquillo pepper production in coastal areas with limiting conditions. **Conclusions:** The application of kinetin at high doses (1.10 to 1.32 mg L⁻¹) is an effective strategy for increasing the productivity and quality of piquillo peppers, providing evidence for crop management in Huaura, Peru.

Keywords: *Capsicum annuum*; kinetin; cytokinins; yield; Peru.

RESUMEN

Antecedentes: El pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza de alto valor económico y nutricional cuya productividad puede ser limitada por factores edafoclimáticos. Las citoquininas han demostrado potencial como reguladores de crecimiento para optimizar el rendimiento y la calidad de los frutos. **Objetivo:** Evaluar el efecto de dosis crecientes de cinetina (0; 0.66; 0.88; 1.10 y 1.32 mg L⁻¹) en el rendimiento y componentes productivos del pimiento piquillo en condiciones del valle de Huaura, Perú. **Metodología:** Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron número y peso de frutos por planta, peso promedio de fruto, diámetro, longitud y rendimiento total. **Resultados:** Las dosis de 1.10 y 1.32 mg L⁻¹ incrementaron significativamente ($p < 0.05$) el número de frutos, peso promedio y rendimiento, alcanzando hasta 20.95 t ha⁻¹, superando al testigo en más de 42%. La cinetina también mejoró el diámetro y la longitud de los frutos en la segunda cosecha, evidenciando un efecto positivo integral en la biomasa reproductiva y la calidad física. **Implicaciones:** Estos hallazgos respaldan el uso de cinetina como estrategia biotecnológica para optimizar la producción de pimiento piquillo en zonas costeras con condiciones limitantes. **Conclusiones:** La aplicación de cinetina a dosis elevadas (1.10 a 1.32 mg L⁻¹) constituye una estrategia eficaz para incrementar la productividad y calidad del pimiento piquillo, aportando evidencia para el manejo del cultivo en Huaura, Perú.

Palabras clave: *Capsicum annuum*; cinetina; citoquininas; rendimiento; Perú.

† Submitted September 18, 2025 – Accepted July 15, 2026. <https://doi.org/10.56369/tsaes.6614>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = D.B. Luis-Olivas: <https://orcid.org/0000-0002-5367-5285>; T. Julca-Olivera: <https://orcid.org/0009-0003-5410-3638>; E. Mendoza-Nieto: <https://orcid.org/0000-0002-4850-2777>; M.T. Sánchez-Calle: <https://orcid.org/0000-0001-9687-2476>; B. Fardim-Christo: <https://orcid.org/0000-0003-3595-4691>; S.E. Contreras-Liza: <https://orcid.org/0000-0002-6895-4332>

INTRODUCCIÓN

El pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.), originario de América, es cultivado ampliamente en zonas templadas y subtropicales; y ha adquirido importancia económica, alimentaria e industrial debido a sus atributos sensoriales, nutricionales y funcionales. Esta hortaliza se caracteriza por su riqueza en vitaminas A, C y E, así como en menores proporciones de vitaminas B6, B3, B2 y B1 (Olatunji y Afolayan, 2018; Hernández-Pérez *et al.*, 2020). Además, es fuente de compuestos bioactivos como carotenoides, polifenoles y capsaicinoides, que le confieren propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y potenciales efectos beneficiosos para la salud humana (Moreno-Ramírez *et al.* 2019; Treto-Alemán *et al.*, 2021).

En este sentido, el pimiento piquillo no solo representa un producto agrícola de valor comercial, sino también un alimento funcional cuyo consumo creciente responde a las tendencias globales hacia dietas más saludables. La integración de su producción en sistemas agrícolas tecnificados puede aportar beneficios tanto a nivel de salud pública como de desarrollo económico en regiones productoras (Hernández-Pérez *et al.* 2020).

Desde la perspectiva agronómica, uno de los principales desafíos en el cultivo del pimiento piquillo es mejorar el rendimiento, especialmente en zonas con limitaciones edafoclimáticas como el valle de Huaura, en Perú. En este contexto, las citoquininas, especialmente la cinetina (Kn), han demostrado ser reguladoras de crecimiento vegetal prometedoras para optimizar el desarrollo vegetativo y la producción de frutos en diversas variedades de *Capsicum* (Werner y Schmölling, 2009), por lo que su evaluación bajo estas condiciones particulares resulta esencial para definir recomendaciones específicas de manejo que permitan superar dichas restricciones y aumentar la competitividad del productor.

Las citoquininas son fitohormonas implicadas en procesos clave como la división celular, retraso de la senescencia, desarrollo de yemas laterales y maduración de frutos (Al-Kazzaz, 2019; Sosnowski *et al.*, 2023). Asimismo, se ha reportado que la cinetina aumenta la concentración de pigmentos fotosintéticos y mejora la fuerza de los frutos, lo que contribuye a una mayor productividad en condiciones de secano en *C. frutescens* (Amaro *et al.* 2018). Del mismo modo, a nivel fisiológico, se ha observado que la cinetina estimula la producción de enzimas antioxidantes y pigmentos fotosintéticos, promoviendo un crecimiento más vigoroso y resistente al estrés ambiental (Amaro *et al.* 2018; Stoica *et al.* 2014). En estudios de cultivo *in vitro*, esta fitohormona ha potenciado la regeneración de brotes y la formación de callos en diferentes

variedades de *C. annuum*, confirmando su papel en procesos de organogénesis y propagación clonal (Swamy *et al.* 2014). Además, su aplicación en poscosecha ha demostrado reducir la tasa de senescencia y conservar la calidad de los frutos durante el almacenamiento (Cavusoglu *et al.* 2021).

Diversas investigaciones han evaluado su aplicación en *C. annuum*, mostrando resultados positivos tanto en variables vegetativas como reproductivas. Verdesoto (2016) observó que biorreguladores basados en cinetina mejoraron significativamente el rendimiento comercial del pimiento en condiciones tropicales, aumentando tanto el peso como la longitud y el número de frutos por planta. De igual forma, Lisa *et al.* (2020) reportaron que la aplicación foliar de cinetina en dosis entre 50–250 mg L⁻¹ incrementó significativamente el número de hojas, flores y frutos por planta, así como el peso de los frutos en condiciones de campo abierto.

Estos antecedentes destacan la importancia de trasladar el conocimiento obtenido en otras regiones y especies a estudios aplicados en el pimiento piquillo en el Perú. La adaptación local de la tecnología es fundamental, ya que factores como la salinidad, la textura del suelo y la disponibilidad hídrica pueden modificar la respuesta de las plantas a los reguladores de crecimiento (Abdel Latef *et al.* 2021).

A nivel de cadena agroindustrial, el potencial de la cinetina radica no solo en el incremento del rendimiento, sino también en la mejora de atributos de calidad que impactan en la vida útil y el valor comercial de los frutos. Esto implica que los beneficios de su aplicación podrían extenderse más allá del campo, repercutiendo en la eficiencia del procesamiento, conservación y exportación del producto (Rupapara *et al.* 2022).

Estos hallazgos respaldan el interés por investigar la respuesta del pimiento piquillo a la aplicación de cinetina en condiciones agro climáticas específicas, como las del valle de Huaura, Perú, para establecer protocolos eficientes que mejoren el rendimiento y la calidad de esta hortaliza de alto valor económico y nutricional.

En este contexto, el uso de reguladores del crecimiento como la cinetina, una citoquinina exógena, representa una alternativa biotecnológica prometedora para mejorar el rendimiento, por lo que la presente investigación tiene como objetivo evaluar la respuesta agronómica del pimiento piquillo a la aplicación de cinetina bajo las condiciones agroclimáticas del valle de Huaura, como una estrategia para optimizar el rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área experimental

La investigación se ejecutó en el anexo Guadalupe, propiedad de la empresa agroexportadora Virú S.A.® en la provincia de Huaura, región Lima, a una altitud de 67 msnm y con coordenadas geográficas 11°02'40.1" S y 77°36'11.3" W, durante los meses de diciembre de 2021 a mayo de 2022.

La temperatura del ambiente se manifestó con un incremento tanto en la temperatura máxima como en la mínima durante el período de la investigación. Así, en diciembre de 2021 la máxima fue de 25.10 °C y la mínima de 16.71 °C; en tanto que en marzo de 2022, la máxima fue de 28.64 °C y la mínima de 18.5 °C, respectivamente (Figura Suplementaria 1).

Con respecto a las características básicas del suelo, de acuerdo con los resultados del análisis de caracterización (Tabla 1), este correspondió a un suelo de textura franco-arcillosa, moderadamente alcalino, salino (C.E.), con un contenido bajo en materia orgánica (M.O.) y nitrógeno (N), medio en fósforo (P), alto en potasio (K) y normal para carbonatos (CaCO₃).

Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos, dispuestos en cuatro repeticiones. La unidad experimental tuvo una dimensión de 18.22 m² y la densidad de siembra empleada fue de 4.94 plantas por m². Los tratamientos estudiados fueron las siguientes concentraciones de cinetina: 0 (control), 0.66, 0.88, 1.10 y 1.32 mg L⁻¹. La fuente utilizada fue un producto comercial que contenía cinetina (X-Cyte®, 440 mg L⁻¹).

Conducción del experimento

Se utilizó la variedad de pimiento "piquillo" con fines de exportación; la semilla se obtuvo de un proveedor local de insumos agrícolas y se preparó un almácigo de plántulas en vivero. Para la preparación del suelo, se realizó previamente un riego pesado inicial y cuando el terreno ya estuvo a punto para el tractor, se realizó el pase del arado, gradeo y

posteriormente se trazaron los surcos cada 1.50 m. El trasplante a campo definitivo se efectuó el 22 de diciembre de 2021. Cada 0.27 m se colocó una plántula en ambos lados de la cinta de riego o surco, a una profundidad de 5 cm aproximadamente. Los plantines antes del trasplante fueron tratados con los productos Imidacloprid (0.20 mL L⁻¹) e Iprodione (2.50 g L⁻¹) y posteriormente, se realizó la aplicación vía foliar de Clorantniliprol (0.50 mL L⁻¹). Los riegos se efectuaron diariamente mediante el sistema de riego por goteo hasta la cosecha. La duración de cada riego dependió del clima reinante, oscilando entre 1 y 2 horas.

La aplicación del regulador del crecimiento agrícola cinetina (X-Cyte) se realizó a los 50 y 65 días después del trasplante y en las cantidades establecidas para cada tratamiento. El control de malezas se realizó de forma manual. Para la fertilización, se aplicó la fórmula de abonamiento de 250-150-250 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, utilizándose como fuentes: urea, nitrato de amonio, nitrato de potasio, sulfato de potasio y ácido fosfórico, los que fueron suplementados en forma soluble a través del riego por goteo en dos etapas: al transplante y luego al cambio de surco o aporque, aproximadamente con una diferencia de 30 días.

Evaluación de características

Las evaluaciones se realizaron en dos momentos: a los 90 días después del trasplante (primera cosecha) y quince días después (segunda cosecha). En cada cosecha por cada unidad experimental, se eligieron 10 plantas en forma aleatoria del surco central. En ellas, se evaluaron el número de frutos por planta, peso de frutos por planta (g), peso de fruto (g), diámetro (cm), longitud del fruto (cm) y rendimiento (t ha⁻¹).

Análisis estadístico

Los datos recopilados fueron sometidos al análisis de varianza ($p < 0.05$), previa realización de pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, y cuando fueron identificadas diferencias significativas, las medias de tratamiento fueron comparadas con la prueba estadística de Scott-Knott al 5% (Bhering *et al.* 2008). Los análisis se realizaron con la ayuda del software estadístico SISVAR versión 5.6. (Ferreira, 2011).

Tabla 1. Características del suelo utilizado en la investigación.

Textura	C.E. (mS/m)	pH	M.O. (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	CaCO ₃ (%)
Franco arcilloso	171.80	7.43	1.21	0.06	8.42	331.43	1.32

Fuente: Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (Huaral, Perú).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de rendimiento en la primera cosecha

En la primera cosecha, los resultados evidenciaron que la aplicación de cinetina tuvo un efecto significativo sobre todas las variables productivas evaluadas, con excepción del diámetro del fruto. El análisis de varianza (Tabla Suplementaria 1) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en número de frutos por planta (unidades y peso), peso del fruto, longitud del fruto y rendimiento por ha. En promedio, las plantas produjeron 5.85 frutos por planta con un peso promedio por fruto de 44.27 g, generando un rendimiento medio de 9.07 t ha⁻¹. La ausencia de diferencias significativas en el diámetro de fruto sugiere que el incremento en el rendimiento se debió principalmente al aumento en el número y peso de frutos, así como a una mayor longitud de los mismos, más que a cambios en su calibre. Estos resultados refuerzan el potencial de la cinetina como fitohormona en *C. annuum* bajo las condiciones agroclimáticas del valle de Huaura.

Un aspecto relevante es que, aunque no se observaron variaciones significativas en el diámetro de los frutos, el incremento en la biomasa total reflejó un uso más eficiente de los fotoasimilados. Esto puede estar asociado a un efecto de la cinetina sobre la partición de carbohidratos hacia los órganos reproductivos, lo que coincide con estudios en otras solanáceas, donde las citoquininas han mostrado favorecer el destino de asimilados hacia estructuras de interés económico (Roitsch y Ehneß, 2000). Esta capacidad de redirigir recursos energéticos, podría explicar el aumento sostenido del número de frutos sin comprometer el llenado adecuado de cada uno.

Los resultados de la prueba de comparación de medias (Tabla 2) mostraron que las dosis más altas de cinetina (1.32 y 1.10 mg L⁻¹) produjeron los mayores valores de frutos por planta (7.50 y 6.92 unidades), peso promedio de fruto (48.51 y 47.39 g) y rendimiento (10.91 y 10.01 t ha⁻¹), superando

significativamente a los demás tratamientos. Entre las dosis de 0, 0.66 y 0.88 mg L⁻¹ no se apreciaron diferencias significativas para el conjunto de variables evaluadas. Este patrón de respuesta concuerda con lo señalado por Lisa *et al.* (2020), quienes encontraron que la aplicación foliar de citoquininas en una dosis adecuada incrementa la biomasa reproductiva y el rendimiento en *C. annuum* al estimular la división celular y la expansión de tejidos en órganos reproductivos.

Asimismo, la mejora en el peso del fruto y el rendimiento total coincide con los hallazgos de Amaro *et al.* (2018), los que reportaron que la cinetina incrementa la eficiencia fotosintética y retrasa la senescencia foliar, prolongando el periodo productivo y permitiendo una acumulación sostenida de asimilados hacia los frutos. Cavusoglu *et al.* (2021) también señalaron que la aplicación pre-cosecha de citoquininas en pimiento mejora la firmeza y calidad de fruto, lo que indirectamente puede contribuir a mayores rendimientos.

Estos resultados sugieren que la respuesta fisiológica inducida por la cinetina no se limita a la estimulación inicial de la división celular, sino que se mantiene a lo largo del ciclo productivo, modulando procesos asociados a la senescencia y a la actividad fotosintética. De esta manera, la cinetina actúa como un regulador integral que extiende el potencial productivo de las plantas, lo cual es especialmente importante en ambientes costeros como Huaura, donde las fluctuaciones térmicas y la baja fertilidad del suelo pueden restringir la productividad (Mik *et al.* 2011; Amaro *et al.* 2018).

En contraste, la ausencia de diferencias significativas en el diámetro de fruto sugiere que la cinetina no alteró de manera sustancial el desarrollo radial del pericarpio, un resultado también observado por otros autores en cultivos de *Capsicum* tratados con reguladores de crecimiento (Villalón-Mendoza *et al.* 2022). Esto respalda la hipótesis de que el efecto principal de la cinetina se manifiesta en el número y peso de frutos, sin modificar significativamente sus dimensiones transversales.

Tabla 2. Prueba de Scott-Knott al 5% para número de frutos por planta (FPP), peso de frutos por planta (PFPP), peso de fruto (PF), diámetro de fruto (DF), longitud de fruto (LF) y rendimiento (RDTO) en la primera cosecha de pimiento piquillo, por la aplicación de cinetina en Huaura, Perú.

Cinetina (mg L ⁻¹)	FPP (unid)	PFPP (g)	PF (g)	DF (cm)	LF (cm)	RDTO (t ha ⁻¹)
1.32	7.50 a	363.67 a	48.51 a	4.73 a	8.65 a	10.91 a
1.10	6.92 a	328.00 a	47.39 a	4.64 a	8.92 a	10.01 a
0.88	4.92 b	206.09 b	41.94 b	4.37 b	8.12 b	8.13 b
0.66	5.25 b	229.58 b	43.27 b	4.49 b	8.51 a	8.50 b
0 (control)	4.67 b	178.67 b	40.23 b	4.32 b	8.09 b	7.79 b
EEM	0.31	18.66	1.42	0.09	0.18	0.29

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$), EEM error estándar de la media.

Características de rendimiento en segunda cosecha

En la segunda cosecha (tabla 4), los resultados del análisis de varianza muestran que la aplicación de cinetina generó efectos estadísticamente significativos en todas las variables evaluadas ($p < 0.01$), incluyendo frutos por planta, peso de frutos por planta, peso promedio de fruto, diámetro y longitud de fruto, así como rendimiento. Este comportamiento indica que, a diferencia de la primera cosecha donde el diámetro no se modificó significativamente, en esta etapa productiva la cinetina influyó de manera integral tanto en la cantidad como en la calidad física de los frutos.

Es importante destacar que la mejora simultánea en variables de cantidad y calidad en la segunda cosecha puede estar relacionada con un efecto acumulativo de las aplicaciones previas de cinetina. A medida que las plantas avanzan en su ciclo fenológico, la presencia de reguladores exógenos parece sostener la capacidad fotosintética y mejorar la retención de flores y frutos en desarrollo. Esto podría explicar por qué en la segunda cosecha se observaron beneficios más amplios que en la primera, lo cual evidencia un efecto residual positivo de la hormona sobre la fisiología del cultivo (Kopra *et al.*, 2016).

El número de frutos por planta presentó un promedio general de 5.36 unidades, mientras que el peso promedio de fruto alcanzó 41.33 g, lo que, junto al incremento en el diámetro (4.36 cm) y longitud (8.23 cm), se tradujo en un rendimiento medio de 8.43 t ha⁻¹. El coeficiente de variación (CV) relativamente bajo en la mayoría de las variables (6.96% en peso de fruto y 4.3% en diámetro) refleja una consistencia en la respuesta de las plantas tratadas con cinetina.

Estos resultados confirman que la aplicación de cinetina no solo incrementa la productividad puntual, sino que también otorga estabilidad al sistema productivo. La baja variabilidad observada en las variables medidas sugiere que la hormona reduce la heterogeneidad en el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que puede ser

determinante para la uniformidad comercial de la cosecha (Javid *et al.*, 2011; Urbutis *et al.*, 2024). Esta homogeneidad es un atributo valorado en cadenas de exportación y procesamiento industrial, donde la estandarización del tamaño y peso de frutos facilita la clasificación y aumenta el valor agregado del producto.

En la segunda cosecha (Tabla 3), la aplicación de cinetina mostró un efecto claramente diferenciador sobre los componentes de rendimiento del pimiento piquillo. Así, los mayores valores para número y peso de frutos por planta, peso y longitud de fruto se obtuvieron con las dosis de 1.32 y 1.10 mg L⁻¹, respectivamente. Para el caso del diámetro de fruto, los tratamientos que recibieron la cinetina presentaron mayores valores en comparación con los que no recibieron. Con respecto al rendimiento en segunda cosecha, el mayor valor se obtuvo con la dosis de 1.32 mg L⁻¹, superando de manera significativa a las dosis menores. Este patrón de respuesta indica que la cinetina, aplicada en concentraciones óptimas, favorece simultáneamente la producción de biomasa reproductiva y el tamaño de los frutos.

La mejora observada en el peso y dimensiones de los frutos coincide con lo reportado por Cavusoglu *et al.* (2021), quienes demostraron que la aplicación precosecha de citoquininas aumenta la firmeza, el diámetro y la longitud de frutos en *C. annuum*, mejorando su valor comercial. De manera similar, Amaro *et al.* (2018) señalaron que la cinetina incrementa la fotosíntesis y prolonga la actividad de las hojas, lo que facilita la acumulación de fotoasimilados en órganos reproductivos, favoreciendo el engrosamiento y la elongación de los frutos.

El tratamiento control registró los valores más bajos en todas las variables, con apenas 4.08 frutos por planta, un peso promedio de fruto de 34.21 g y un rendimiento de 6.88 t ha⁻¹. Estos resultados son congruentes con los hallazgos de Lisa *et al.* (2020), quienes encontraron que la ausencia de citoquininas limita el potencial productivo del pimiento chile al reducir tanto la floración como el cuajado de frutos.

Tabla 3. Prueba de Scott-Knott al 5% para número de frutos por planta (FPP), peso de frutos por planta (PFPP), peso de fruto (PF), diámetro de fruto (DF), longitud de fruto (LF) y rendimiento (RDTO) en segunda cosecha de pimiento piquillo por la aplicación de cinetina en Huaura, Perú.

Cinetina (mg L ⁻¹)	FPP (unid)	FPP (g)	PF (g)	DF (cm)	LF (cm)	RDTO (t ha ⁻¹)
1.32	6.83 a	322.00 a	47.14 a	4.63 a	8.68 a	10.04 a
1.10	6.41 a	295.25 a	46.00 a	4.54 a	8.46 a	9.24 b
0.88	4.75 b	175.83 b	38.71 b	4.29 a	7.91 b	8.81 b
0.66	4.75 b	209.12 b	40.58 b	4.37 a	8.31 a	7.16 c
0 (testigo)	4.08 b	140.83 b	34.21 c	3.98 b	7.80 b	6.88 c
EEM	0.33	14.93	1.44	0.09	0.17	0.19

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Características productivas y cosecha total

En la cosecha total (Tabla Suplementaria 3), los resultados muestran que la aplicación de cinetina tuvo un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) en todas las variables: frutos por planta, peso total de frutos por planta, peso promedio de fruto y rendimiento. El número promedio de frutos por planta fue de 11.21 unidades, con un peso promedio de 42.8 g por fruto y un rendimiento medio de 17.49 t ha⁻¹.

El análisis de varianza indica que las diferencias se deben al efecto de los tratamientos, mientras que los bloques no presentaron diferencias significativas, lo que sugiere que la respuesta observada está directamente asociada a la dosis de cinetina aplicada.

La Tabla 4 muestra que la aplicación de cinetina influyó significativamente en el número de frutos por planta, el peso total de frutos, el peso promedio de fruto y el rendimiento total acumulado del pimiento piquillo bajo condiciones del valle de Huaura. Así, los mayores valores para número y peso de frutos por planta y peso de frutos se obtuvieron con las dosis de 1.32 y 1.10 mg L⁻¹. Con respecto al rendimiento, el mayor valor le correspondió a la dosis máxima aplicada (1.32 mg L⁻¹), siendo superior significativamente a las dosis menores. El tratamiento control mostró un comportamiento similar a la dosis de 0.66 mg L⁻¹ para el conjunto de variables evaluadas.

La tendencia observada indica que las dosis altas de cinetina favorecen simultáneamente el cuajado, el llenado y el tamaño de los frutos, lo que se traduce en mayores rendimientos. Esto es consistente con los hallazgos de Amaro *et al.* (2018), quienes reportaron incrementos significativos en el rendimiento de *C. frutescens* mediante la estimulación de la actividad fotosintética y la prolongación de la fase reproductiva.

Al considerar los resultados en su conjunto, se evidencia un patrón claro de respuesta dosis-dependiente, donde las concentraciones intermedias (0.66 y 0.88 mg L⁻¹) muestran mejoras moderadas,

pero insuficientes frente a las dosis de 1.10 y 1.32 mg L⁻¹. Esto indicaría que existe un umbral mínimo de eficacia en la acción de la cinetina, por debajo del cual los efectos fisiológicos no alcanzan a manifestarse plenamente. Desde una perspectiva práctica, esta información resulta crucial para el diseño de programas de manejo, pues permite evitar el uso de dosis ineficientes y concentrar los recursos en aplicaciones con verdadero impacto productivo (Papadopoulos *et al.* 2006; Amaro *et al.* 2018).

De igual forma, Cavusoglu *et al.* (2021) encontraron que la aplicación precosecha de citoquininas mejoró el tamaño, firmeza y calidad comercial de frutos de *C. annuum*, efecto atribuible a una mayor división y expansión celular. Este mecanismo también fue descrito por Taiz *et al.* (2017), quienes explican que las citoquininas estimulan la mitosis y retrasan la senescencia foliar, optimizando el flujo de nutrientes hacia órganos de almacenamiento y reproducción, información que también es corroborada por Houshmandfar y Asli (2011) y Sosnowski *et al.* (2023), quienes refieren que las citoquininas ejercen una gran influencia en las funciones vitales de la planta, al incrementar el efecto sumidero de los frutos. Por otra parte, Pantoja-Benavides *et al.* (2022) observaron que las aplicaciones de citoquininas pueden mitigar el estrés térmico, favoreciendo un mejor desempeño de las plantas en el ambiente en el que se desarrollan.

En otro estudio con pimiento "piquín", Villalón-Mendoza *et al.* (2022) hallaron que la aplicación de citoquininas mejoró tanto el número de frutos como los parámetros de calidad, incluso bajo condiciones de estrés hídrico o térmico. En el caso de pepinillo, Obregón y Luis (2022) evidenciaron que a dosis mayores de citoquininas, el rendimiento se incrementó, superando significativamente al tratamiento control. De igual manera, Dobránszki y Mendler-Drienyovszki (2014) confirman que el efecto positivo de la cinetina es dosis-dependiente, siendo las concentraciones moderadas-altas las más efectivas para maximizar rendimiento y uniformidad de frutos. El presente estudio respalda estos hallazgos, ya que las dosis de 1.10 y 1.32 mg L⁻¹ mostraron ventajas productivas sobre el resto de tratamientos.

Tabla 4. Prueba de Scott-Knott al 5% para número de frutos por planta (FPP), peso de fruto por planta (PFPP), peso de fruto (PF) y rendimiento (RDTO) en la cosecha total de pimiento piquillo, por la aplicación de cinetina en el valle de Huaura.

Cinetina (mg L ⁻¹)	FPP (unid)	PFPP (g)	PF (g)	RDTO (t ha ⁻¹)
1.32	14.33 a	685.67 a	47.83 a	20.95 a
1.10	13.33 a	623.25 a	46.69 a	19.24 b
0.88	9.66 b	381.92 b	40.33 b	16.94 c
0.66	10.00 b	438.70 b	41.93 b	15.66 d
0 (testigo)	8.75 b	319.50 b	37.22 b	14.67 d
EEM	0.58	31.17	1.33	0.33

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En síntesis, estos resultados muestran que la aplicación de cinetina a dosis elevadas (1.10 a 1.32 mg L⁻¹) constituye una estrategia eficaz para incrementar la productividad y calidad del pimiento piquillo en el acumulado de cosechas, aportando evidencia científica específica para el manejo del cultivo en la costa central del Perú. Además, el hecho de que los incrementos superen el 40% respecto al control refuerza el potencial económico de la tecnología, ya que los beneficios en rendimiento pueden compensar con creces los costos asociados a la aplicación de cinetina. Este aspecto económico, sumado a la mejora en la calidad comercial de los frutos, sugiere que la práctica podría adoptarse en programas de producción orientados tanto al mercado interno como a la exportación, ampliando las oportunidades de competitividad del cultivo en regiones áridas y semiáridas del país (Hussain *et al.* 2025).

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de cinetina ejerció un efecto positivo y significativo sobre el rendimiento y los componentes productivos del pimiento piquillo cultivado en el valle de Huaura, evidenciando que este regulador de crecimiento puede ser una herramienta eficaz para optimizar la productividad en condiciones agroclimáticas costeras. Las dosis de 1.10 y 1.32 mg L⁻¹ destacaron por su capacidad para incrementar el número de frutos por planta, el peso promedio y el rendimiento total, superando en más del 40% al tratamiento control. Además, la cinetina mejoró las dimensiones del fruto, especialmente la longitud en la segunda cosecha, lo que refuerza su papel como bioestimulante integral que actúa tanto sobre la cantidad como sobre la calidad de la producción. Estos resultados confirman que el efecto de la cinetina es dosis-dependiente y que las concentraciones más altas permiten prolongar la actividad fotosintética, estimular la división celular y favorecer la acumulación de fotoasimilados en los órganos reproductivos, asegurando un aporte sostenido de biomasa hacia los frutos a lo largo del ciclo productivo. En consecuencia, la incorporación de cinetina en el manejo agronómico del pimiento piquillo representa una alternativa viable y de alto potencial para mejorar la competitividad y sostenibilidad de los sistemas hortícolas en regiones áridas y semiáridas de la costa peruana. Además, se recomienda que futuros trabajos de investigación profundicen en la interacción de la cinetina con otros factores de manejo, como la nutrición mineral, el estrés hídrico y las condiciones de almacenamiento, con el fin de establecer protocolos más integrales y adaptados a la realidad productiva de una región determinada.

Acknowledgements

The authors would like to thank the National University José Faustino Sanchez Carrion (Huacho,

Peru) for facilitating this research project. We would also like to thank the agro-industrial company Viru S.A.® at its Huaura headquarters (Lima) for allowing us to conduct our research on its experimental farm.

Funding. The research had no external funding sources.

Conflicts of interest. The authors declare there are no conflicts of interest in this study.

Compliance with ethical standards. Does not apply.

Data availability. Data available from the authors upon reasonable request to scontreras@unjfsc.edu.pe

Author contribution statement (CRediT). **D.B. Luis-Olivas** – Conceptualization, formal analysis, writing – original draft. **T.E. Julca-Olivera** – Formal analysis, visualization, writing – review and editing. **E. Mendoza-Nieto** – Writing – review and editing. **M.T. Sánchez-Calle** – Conceptualization, writing - review and editing. **B. Fardim-Christo** – Writing – review and editing. **S.E. Contreras-Liza** – Writing - review and editing.

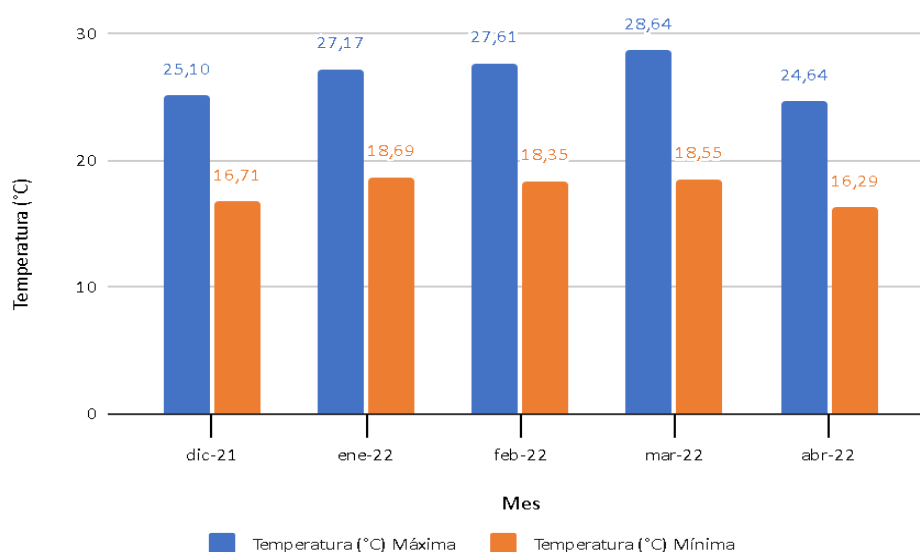
REFERENCES

- Abdel Latef, A.A.H., Akter, A. and Tahjib-Ul-Arif, M., 2021. Foliar Application of Auxin or Cytokinin Can Confer Salinity Stress Tolerance in *Vicia faba* L. *Agronomy*, 11 (4), pp. 790. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040790>
- Al-Kazzaz, A.G.M., 2019. Effect of both Kinetin and NPKZn Fertilizer on Mitigating The Adverse effect of Sodium Chloride on sweet pepper plant *Capsicum annum* L. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 12(3), pp. 1259-1264. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2019.00210.5>
- Amaro, C., Oliveira, C., Silveira, P., Costa, F., Silva, F., Monteiro, C., Silva, S., Custódio, J.P. and Matos, F., 2018. Growth and yield of dry cultivated *Capsicum frutescens* plants under different doses of kinetin. *Australian Journal Crop Science*, 12(2), pp. 260-264. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.02.pne746>
- Bhering, L.L., Cruz, C.D., de Vasconcelos, E.S., Ferreira, A. and de Resende Jr. M.F.R., 2008. Alternative methodology for Scott-Knott test. *Crop Breeding and Applied*

- Biotechnology*, 8(1). pp. 9-16.
- Cavusoglu, S., Sensoy, S., Karatas, A., Tekin, O., Islek, F., Yilmaz, N., Kipcak, S., Ercisli, S., Skrovankova, S., Adamkova, A. and Mlcek, J., 2021. Effect of Pre-Harvest Organic Cytokinin Application on the Post-Harvest Physiology of Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Sustainability*, 13(15), pp. 8258. <https://doi.org/10.3390/su13158258>
- Dobránszki, J., and Mender-Drienyovszki, N., 2014. Cytokinin-induced changes in the chlorophyll content and fluorescence of in vitro apple leaves. *Journal of Plant Physiology*, 171(16), pp. 1472-1478. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.06.015>
- Ferreira, D.F., 2011. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, pp. 1039-1042. <http://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- Hernández-Pérez, T., Gómez-García, M., Valverde, M. E. and Paredes-López, O., 2020. *Capsicum annuum* (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), pp. 2972-2993. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12634>
- Houshmandfar, A. and Asli, D.E., 2011. Effect of exogenous application of cytokinin on yielding ability of developing grains at different locations within the same spike or spikelet in wheat. *Advances in Environmental Biology*, 5(5), pp. 903-907. https://www.aensiweb.com/old/aeb/2011/9_03-907.pdf
- Hussain, S., Chang, J., Li, J., Chen, L., Ahmad, S., Song, Z., Zhang, B. and Chen, X., 2025. Multifunctional Role of Cytokinin in Horticultural Crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(3), pp. 1037. <https://doi.org/10.3390/ijms26031037>
- Javid, M.G., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarres Sanavy, S.A.M. and Allahdadi, I., 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), pp. 726-734. https://www.cropl.com/javid_5_6_2011_726_734.pdf
- Koprna, R., De Diego, N., Dundálková, L. and Spíchal, L., 2016. Use of cytokinins as agrochemicals. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 24(3), pp. 484-492. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2015.12.022>
- Lisa, A., Hossen, H., Rafiquil, A.T.M. and Das, S.K., 2020. Effect of plant growth regulators on growth and yield of chili (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Phytology*, 12, pp. 117-120. <https://doi.org/10.25081/jp.2020.v12.6466>
- Mik, V., Szűcsová, L., Šmehilová, M., Zatloukal, M., Doležal, K., Nisler, J., Grúz, J., Galuszka, P., Strnad, M. and Spíchal, L., 2011. N9-substituted derivatives of kinetin: effective anti-senescence agents. *Phytochemistry*, 72(8), pp. 821-831. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.02.002>
- Moreno-Ramírez, Y.R., Hernández-Bautista, A., López, P.A., Vanoye-Eligio, V., Torres-Rodríguez, M.L. and Torres-Castillo, J. A., 2019. Variability in the Phytochemical Contents and Free Radical-Scavenging Capacity. *Chemistry & Biodiversity* 10, pp. e1900381. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900381>
- Obregón, L.R. and Luis, D.B., 2022. Citoquininas en el rendimiento y contenido de macronutrientes en el cultivo de pepinillo. *Peruvian Agricultural Research*, 4(1), pp. 47-51. <https://revistas.unifsc.edu.pe/index.php/PeruvianAgriculturalResearch/article/view/761>
- Olatunji, T.L. and Afolayan, A.J., 2018. The suitability of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. *Food Science & Nutrition*, 6, pp. 2239-2251. <https://doi.org/10.1002/fsn3.790>
- Pantoja-Benavides, A.D., Garcés-Varon, G. and Restrepo-Díaz, H., 2022. Foliar cytokinins or brassinosteroids applications influence the rice plant acclimatization to combined heat stress. *Frontiers in Plant Science*, 13, pp. 1-20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.983276>
- Papadopoulos, A.P., Saha, U., Hao, X. and Khosla, S., 2006. Response of Rockwool-grown Greenhouse Cucumber, Tomato, and Pepper to Kinetin Foliar Sprays. *HortTechnology*, 16(3), pp. 493-501. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.16.3.0493>

- Roitsch, T. and Ehneß, R., 2000. Regulation of source/sink relations by cytokinins. *Plant Growth Regulation* 32, pp. 359–367. <https://doi.org/10.1023/A:1010781500705>
- Rupapara, R., Patel, S., Vasani, M., Nathwani, S., Panigrahi, M. and Panigrahi, J., 2022. Composite effects of gibberellic acid and kinetin on the postharvest-life of *Solanum melongena* L. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 101(1), pp. 35-44. <https://doi.org/10.21608/ejar.2022.158969.1273>
- Sosnowski, J., Truba, M. and Vasileva, V., 2023. The Impact of Auxin and Cytokinin on the Growth and Development of Selected Crops. *Agriculture*, 13(3), pp. 724. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030724>
- Stoica, R., Danaila-Guidea, S.M., Iordanescu, I. and Babeanu, N., 2014. In vitro approaches on the development and proliferative growth of inducing callus from somatic explants of hot chili pepper (*C. annuum* L. cv. Pinteaa and the cv. De Cayenne). *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, 18, pp. 73-76. <https://biotechnologyjournal.usamv.ro/pdf/2014/Art12.pdf>
- Swamy, S., Krupakar, A., Surendra, D. and Koshy, E.P., 2014. Direct regeneration protocols of five *Capsicum annuum* L. varieties. *African Journal of Biotechnology*, 13(2), pp. 307-312. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12592>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M. and Murphy, A., 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre, Brasil: Artmed.
- Treto-Alemán, K., Torres-Castillo, J., Contreras-Toledo, A. and Moreno-Ramírez, Y., 2021. Enriquecimiento del aceite comestible por compuestos fenólicos y antioxidantes de chile piquín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*). *Ciencia UAT*, 15(2), pp. 156-168. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1459>
- Urbutis, M., Vaseva, I.I., Simova-Stoilova, L., Todorova, D., Pukalskas, A. and Samuolienė, G., 2024. Drought Protective Effects of Exogenous ABA and Kinetin on Lettuce: Sugar Content, Antioxidant Enzyme Activity, and Productivity. *Plants*, 13 (12), pp. 1641. <https://doi.org/10.3390/plants13121641>
- Verdesoto, C.A., 2016. Aplicación de Biorreguladores de Crecimiento para Mejorar el Rendimiento y Calidad del Cultivo de Pimiento (*Capsicum annuum* L.) en la Zona de Quevedo [Tesis de pregrado]. *Recuperado de:* <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/content/bitstreams/894610c8-1f52-45e9-89e1-69e8a6ba6dda/content>
- Villalón-Mendoza, H., Malacara-Ramírez, R.I., Garza-Ocañas, F., Garza-López, E., Olivo, A.M., Avalos, J.G.M. and Ramírez-Meráz, M., 2022. Testing Organic Fertilizers to Improve Seedlings Quality of Wild “Piquin” Chilli Pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) from Northeastern Mexico. *Open Access Library Journal*, 9, pp. 1-9. <https://doi.org/10.4236/oalib.1108565>
- Werner, T., and Schmülling, T., 2009. Cytokinin action in plant development. *Current Opinion in Plant Biology*, 12(5), pp. 527–538. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.07.002>

TABLAS Y FIGURAS SUPLEMENTARIAS

Figura Suplementaria 1. Temperatura ambiental, máxima y mínima. Estación Meteorológica del SENAMHI en Huaura, Perú.**Tabla Suplementaria 1. Cuadrados medios para número de frutos por planta (FPP), peso de frutos por planta (PFPP), peso de fruto (PF), diámetro de fruto (DF), longitud de fruto (LF) y rendimiento (RDTO) en la primera cosecha de pimiento piquillo por la aplicación de cinetina en Huaura, Perú**

FV	GL	Cuadrados medios					
		FPP (unid)	PFPP (g)	PF (g)	DF (cm)	LF (cm)	RDTO (t ha ⁻¹)
Bloques	3	0.33 ns	387.00 ns	16.72 ns	0.02 ns	0.19 ns	0.15 ns
Tratamientos	4	6.48 **	25811.26 **	50.44 **	0.12 *	0.50 *	7.09 **
Error	12	0.37	1392.84	8.01	0.03	0.13	0.34
Total	19						
CV (%)		10.45	14.29	6.39	3.94	4.24	6.42
Promedios		5.85	261.2	44.27	4.51	8.46	9.07

Tabla Suplementaria 2. Cuadrados medios para número de frutos por planta (FPP), peso de frutos por planta (PFPP), peso de fruto (PF), diámetro de fruto (DF), longitud de fruto (LF) y rendimiento (RDTO) en la segunda cosecha de pimiento piquillo por la aplicación de cinetina en Huaura, Perú

FV	GL	Cuadrados medios					
		FPP (unid)	PFPP (g)	PF (g)	DF (cm)	LF (cm)	RDTO (t ha ⁻¹)
Tratamientos	4	5.66 **	24032.46 **	113.73 **	0.26 **	0.55 *	7.38 **
Error	12	0,42	891.19	8.27	0.04	0.11	0.15
Total	19						
CV (%)		12.14	13.06	6.96	4.3	4.07	4.6
Promedio		5.36	228.61	41.33	4.36	8.23	8.43

ns: no significativo; **: significativo al 1% de probabilidad

Tabla Suplementaria 3. Cuadrados medios para número de frutos por planta (FPP), peso de frutos por planta (PFPP), peso de fruto (PF) y rendimiento (RDTO) en la cosecha total de pimiento piquillo, por aplicación de cinetina en el valle de Huaura

FV	GL	Cuadrados medios			
		FPP (unid)	PFPP (g)	PF (g)	RDTO (t ha ⁻¹)
Bloques	3	1.40 ns	1273.72 ns	18.65 ns	0.23 ns
Tratamientos	4	24.14 **	99424.91 **	78.45 **	26.59 **
Error	12	1.34	3886.48	7.12	0.44
Total	19				
CV		10.32	12.73	6.23	3.82
Promedio		11.21	489.81	42.8	17.49

ns: no significativo; **: significativo al 1% de probabilidad