

MODELAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA SINERGI A CALCIO (CA), BORO (B) Y ZINC (ZN) EN LA DETERMINACIÓN POSTCOSECHA DE LA BIOMETRÍA DE *ALLIUM FITTULOSM*

STATISTICAL MODELING OF CALCIUM (CA), BORON (B) AND ZINC (ZN) SYNERGY IN THE POST-HARVEST DETERMINATION OF *ALLIUM FITTULOSM* BIOMETRY

Marco Nestor Llangari Chucho¹, Hugo Oswaldo Moreno Aviles²

{marco.llangari@unach.edu.ec¹, h_moreno@epoch.edu.ec²}

Fecha de recepción: 22/11/2024 / Fecha de aceptación: 30/11/2024 / Fecha de publicación: 2/12/2024

RESUMEN: El presente estudio evaluó la influencia de la aplicación combinada de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en las características biométricas postcosecha de *Allium fistulosum*, L., enfocándose en variables clave como altura, diámetro del tallo y peso total. Estas variables son determinantes para la calidad del cultivo y su aceptación en el mercado. Utilizando herramientas de modelamiento estadístico, se identificaron las dosis óptimas de aplicación para maximizar el rendimiento y mejorar la calidad estructural de la planta. El calcio destacó por su papel en el fortalecimiento de las paredes celulares, aumentando la firmeza y resistencia del tejido vegetal. El boro facilitó el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas, procesos esenciales para la formación celular, mientras que el zinc contribuyó mediante la regulación de actividades enzimáticas y hormonales, promoviendo un crecimiento saludable y una mayor resistencia a enfermedades. Los resultados revelaron una interacción sinérgica entre estos micronutrientes, optimizando la formación de biomasa y mejorando la calidad estructural del cultivo. Estas mejoras permitieron obtener un producto más firme, de mayor volumen y durabilidad, factores esenciales para su comercialización. Además, el análisis estadístico validó la importancia de un enfoque nutricional balanceado, adaptado a las condiciones locales de Huambaló, caracterizadas por desafíos climáticos y geográficos. Este trabajo no solo beneficia a los agricultores al proporcionar recomendaciones precisas para la fertilización, sino que también representa un modelo replicable en otras regiones con características edafoclimáticas similares. Al promover prácticas agrícolas sostenibles, el estudio contribuye a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico local, demostrando cómo el uso de herramientas analíticas avanzadas en nutrición vegetal puede mejorar la calidad y productividad de los cultivos de manera sostenible y ambientalmente responsable.

¹Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba – Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-5363-325X>.

²Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Riobamba – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-3579-0546>.

Palabras clave: Modelamiento estadístico, micronutrientes (Ca, B, Zn), calidad postcosecha, *Allium fistulosum*, L., prácticas agrícolas sostenibles

ABSTRACT: The study assessed the influence of calcium (Ca), boron (B), and zinc (Zn) on the post-harvest biometry of *Allium fistulosum*, L, particularly focusing on plant height, stem diameter, and total weight. The application of these micronutrients demonstrated significant improvements in structural quality and overall plant growth. Calcium contributes to cellular wall strengthening, boron supports sugar transport and protein synthesis, while zinc is essential for enzymatic activity and growth regulation. Statistical modeling enabled the identification of optimal nutrient application doses, providing valuable insights for farmers in Huambaló facing challenging geographical and climatic conditions. Results highlighted a synergistic effect among these nutrients, leading to better biomass formation and enhanced post-harvest product quality. These findings underline the utility of precision agriculture techniques, allowing farmers to adopt sustainable practices tailored to local edaphoclimatic conditions. The implementation of targeted micronutrient dosages not only improved the post-harvest quality of *Allium fistulosum*, L. but also showed potential for replicability in similar agroecological settings. This research offers a sustainable solution to enhance productivity, reduce environmental impact, and promote regional agricultural development. By linking advanced statistical tools with nutrient management, the study contributes to sustainable farming practices and reinforces food security goals.

Keywords: Statistical modeling, Micronutrients (Ca, B, Zn), Post-harvest quality, Spring onion *Allium fistulosum*, L. Sustainable agricultural practices

INTRODUCCIÓN

La cebolla de rama (*Allium fistulosum*, L.) se destaca como un cultivo fundamental en la parroquia Huambaló, desempeñando un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía local. Para maximizar la productividad y calidad de este cultivo, es esencial comprender y optimizar la aplicación de nutrientes esenciales, como el calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn), los cuales desempeñan un papel crucial en el desarrollo vegetal y en la formación de los componentes nutricionales de la cebolla de rama (1).

El presente estudio realizó un análisis productivo detallado de la cebolla de rama, centrándose específicamente en la influencia de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la especie referida. Estos nutrientes, son conocidos por su impacto en diversos procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas, desde la división celular hasta la síntesis de compuestos fundamentales para el crecimiento y la calidad de los productos agrícolas (2).

La parroquia Huambaló, con su particular contexto geográfico y climático, presenta desafíos específicos para la producción de cebolla de rama, lo que subraya la importancia de adaptar las prácticas agrícolas a las condiciones locales. Este estudio proporciona información valiosa para

los investigadores y responsables de la toma de decisiones, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la producción agrícola en la región (3).

A través de la implementación de ensayos y análisis exhaustivos, identificó la dosis óptima de *calcio (Ca)*, *boro (B)* y *zinc (Zn)*, que maximizan la productividad y la calidad de la cebolla de rama en Huambaló. Además de identificar las dosis exactas de *calcio (Ca)*, *boro (B)* y *zinc (Zn)* se determinó la influencia de estos nutrientes, con el objetivo de llegar a obtener resultados muy favorables y exitosos en las variables dependientes estudiadas, entre ellas: la altura de la planta, diámetro de la base del tallo, longitud de las hojas, longitudseudotallo, peso total y volumen realizadas en este proyecto.

Los resultados de esta investigación benefician directamente a los agricultores locales, también contribuyen al conocimiento científico sobre la nutrición de este cultivo en este contexto geográficos (4).

Actualmente, en la parroquia citada, el cultivo de cebolla de rama se encuentra limitado por la incorrecta aplicación, tanto foliar, cuanto edáfica o por la ausencia de aplicaciones de nutrientes al cultivo, uno de los factores críticos que impactan la calidad postcosecha de la cebolla de rama es la gestión de nutrientes, especialmente calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn).

Estos elementos desempeñan un papel fundamental en diversos procesos fisiológicos de las plantas, como la formación celular, el desarrollo de tejidos y la resistencia a enfermedades. La deficiencia de estos nutrientes puede resultar en productos de menor calidad, con afectaciones en su tamaño, peso, textura, y deficiente desarrollo del sistema radicular (5).

El problema de investigación abordó la temática de que; en general, las raíces en las plantas no tienen únicamente la función de otorgar soporte y anclaje al suelo, sino también la absorción de agua y la captación de nutrientes. Un vigoroso sistema radicular da como buenos resultados al desarrollo, la cantidad, la calidad de las ramificaciones que se obtienen y observan en la postcosecha, por tal razón se realiza el experimento con la utilización de calcio boro, zinc para determinar y mejorar los parámetros antes mencionados, que estaban en problema y, así obtener resultados excelentes y de calidad, aplicando para la interpretación de resultados, el modelado desde el punto de vista estadístico aplicado a los valores luego de analizar su biometría (6).

Con estos antecedentes, los objetivos que orientan el presente experimento son: Determinar mediante modelamiento estadístico la influencia de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha, como objetivo general y, los específicos: Analizar los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama para evidenciar la respuesta en la calidad postcosecha.

Determinar cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos. Evaluar los índices de crecimiento fisiológico mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento (7)

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue Explicativa sobre el modelamiento estadístico de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en postcosecha; además, se enmarca dentro del paradigma explicativo al buscar comprender las relaciones causales entre estos nutrientes y las características biométricas de las plantas.

Al emplear técnicas de análisis de regresión múltiple, se identificó la influencia relativa de cada nutriente y su posible interacción sinérgica o antagonista, con el fin de ofrecer una comprensión más profunda de los mecanismos subyacentes que regulan el crecimiento y desarrollo de *Allium fistulosum* L. Esto no solo tuvo implicaciones prácticas en la gestión agrícola y la optimización de los rendimientos, sino también contribuyó al avance del conocimiento en el campo de la agricultura y la horticultura.

La investigación fue experimental debido a que implicó la manipulación controlada de las variables independientes, es decir, los niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn), con el fin de observar su efecto en la biometría de *Allium fistulosum* L. Esto permitió establecer relaciones de causa y efecto entre los nutrientes y las características de las plantas, así como determinar la presencia de interacciones sinérgicas o antagonistas entre ellos.

Además, se empleó un diseño experimental, se pudo controlar otros factores que influyeron en los resultados, garantizando la validez interna de la investigación y permitiendo la replicabilidad de los hallazgos.

Este estudio estuvo constituido por plantas de *Allium fistulosum* L. disponibles en el área de estudio o que cumplieron con los criterios de inclusión definidos para la investigación. Esto incluyó plantas cultivadas en campo abierto o en cualquier otro entorno relevante para el estudio de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría postcosecha de estas plantas.

Estuvo compuesta por un subconjunto probabilístico representativo de *Allium fistulosum* L. seleccionadas aleatoriamente de la población total. Este subconjunto fue elegido de manera que reflejó adecuadamente la variabilidad dentro de la población y permitió obtener conclusiones estadísticamente válidas sobre el efecto de los nutrientes en la biometría de las plantas. La muestra fue lo suficientemente grande como para proporcionar una cantidad significativa de la población, pero al mismo tiempo, manejable en términos de recursos y tiempo disponibles para la investigación.

La recopilación de datos se llevó a cabo mediante un diseño experimental que involucró la manipulación controlada de los niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en grupos de plantas de *Allium fistulosum* L. Se registraron características biométricas relevantes, como altura, número de hojas y diámetro del tallo, tanto antes como después de la aplicación de los nutrientes.

Se empleó un método de muestreo aleatorio para seleccionar plantas representativas de la población, asegurando así la validez estadística de los resultados. Además, se implementaron controles adicionales para garantizar la fiabilidad y validez interna de la investigación.

Se tomó la altura de las plantas en cm, después de la última aplicación de los tres tratamientos y repeticiones, se midió la altura desde la base del tallo, hasta el ápice de las hojas utilizando un flexómetro (8).

Luego, se calculó el valor diametral de la base del tallo en cm, utilizando un calibrador pie de rey, teniendo en consideración todas las plantas sujetas al análisis desarrollado a los días posteriores de la fertilización foliar (9).

Para esta variable, se tomó el valor longitudinal de las hojas en cm, con un flexómetro, midiendo desde la base de la hoja hasta su ápice, considerando todas las plantas sujetas a análisis (10).

El valor calculado del peso total de la planta se tomó en kg, utilizando una balanza, de todas las plantas sujetas al análisis (11).

Para esta variable, se aplicó el método de Arquímedes; es decir, sumergiendo las muestras en un volumen de agua conocido, para seguidamente, observar el desplazamiento de la columna de agua en ml, utilizando una probeta (12).

El análisis estadístico, se llevó a cabo, utilizando técnicas apropiadas para el diseño experimental empleado. Esto incluyó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias entre los grupos tratados con diferentes niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Seguido de pruebas de comparaciones múltiples para identificar las diferencias específicas entre los tratamientos.

Además, se emplearon análisis relacionados con la regresión, para explorar la relación entre los niveles de nutrientes y las características biométricas de las plantas. Se utilizaron pruebas estadísticas adecuadas para determinar la significancia de las diferencias observadas y, se realizaron análisis de *post hoc* para evaluar cualquier interacción entre los nutrientes. Los resultados se presentaron de manera clara y concisa, respaldados por medidas de precisión como intervalos de confianza y valores de p (13).

La evaluación de los modelos estadísticos se realizó utilizando métricas apropiadas según el tipo de modelo utilizado. Para modelos de regresión, se emplearon medidas como el coeficiente de determinación (R^2), y técnicas de validación cruzada. En modelos de análisis de varianza (ANOVA), se evaluó la significancia global y se realizó pruebas de bondad de ajuste. Además, se utilizaron criterios de información como AIC o BIC para seleccionar el mejor modelo. En resumen, se consideró la precisión, capacidad predictiva y validez de los supuestos al evaluar los modelos (14).

El análisis de regresión consistió en ajustar modelos lineales múltiples para cada variable dependiente, utilizando los niveles de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) como variables independientes. Se evaluó la significancia de los coeficientes, se calculó el coeficiente de determinación (R^2) para medir la bondad de ajuste y se realizó un diagnóstico de residuos para verificar la validez del modelo. Se exploraron transformaciones de variables y, cuando fue necesario se mejoró la linealidad o la normalidad de los residuos (15).

RESULTADOS

Las variables respuesta relacionadas con los objetivos, al respecto de aceptación o rechazo de sus hipótesis se presentan en la Tabla 1. Donde, como puede observarse, cada uno de sus valores, sugiere y demuestra la pertinencia de rechazar la hipótesis nula y, en consecuencia, aceptando las hipótesis alternativas que, demuestran la existencia de diferencias en por lo menos alguno de sus tratamientos.

Tabla 1. Resultado de las hipótesis por objetivos frente a la respuesta de las variables dependientes para para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de *A. fistulosm*, L.

Objetivos	Hipótesis	Respuestas ($\alpha = 0.05$)	
		Rechazar	Aceptar
General: Determinar mediante modelamiento estadístico la influencia de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha en la parroquia Huambaló.	Hipótesis Nula (H_0): Mediante la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) no se influirá en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): Mediante la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) se influirá en la biometría de cebolla de rama durante el periodo postcosecha.		✓
Específico 1: Analizar los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama para evidenciar la respuesta en la calidad postcosecha.	Hipótesis Nula (H_0): Los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama no se evidenciarán en la calidad del producto en etapa de postcosecha.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): Los efectos de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama se evidenciarán en la calidad del producto en etapa de postcosecha.		✓
Específico 2: Determinar cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos.	Hipótesis Nula (H_0): No se determinará cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): Se determinará cuál es la mejor dosis de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de la cebolla de rama en postcosecha mediante la comparación de la biomasa producida bajo el efecto de los minerales propuestos.		✓
Específico 3: Evaluar los índices de crecimiento fisiológico en época postcosecha de la cebolla de rama, mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento.	Hipótesis Nula (H_0): No se evaluarán los índices de crecimiento fisiológico en época postcosecha de la cebolla de rama, mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento.	✓	
	Hipótesis Alternativa (H_1): Se evaluarán los índices de crecimiento fisiológico en época postcosecha de la cebolla de rama, mediante el procesamiento de medidas derivadas del crecimiento.		✓

Estadísticos descriptivos

Mediante un análisis de estadísticos descriptivos, se sintetizaron y analizaron las características fundamentales de los datos recopilados. Indicadores como la media, mediana, moda, desviación estándar, coeficiente de variación (CV), mínimos, máximos y cuartiles permitieron comprender la distribución, tendencia central y dispersión de las variables estudiadas, facilitando así su interpretación. En particular, el coeficiente de variación (CV), presentado en la Tabla 2, muestra una dispersión relativa aceptable en la mayoría de las variables de respuesta. Este indicador, expresado en porcentaje, se calcula dividiendo la desviación estándar entre la media y multiplicando el resultado por 100. Los valores del CV reflejan una variabilidad razonable en los datos con respecto a la media.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría de *A. fistulosum*, L. en postcosecha.

Variables	N	Media	Error Estándar de la media	Desv. Est.	Coef Var	Mín.	Q1	Mediana	Q3	Máx.
Altura de planta	12	79.238	1.481	5.129	6.47	67.400	78.463	80.500	81.563	85,9
Área foliar (cm ²)	12	27.948	0.876	3.035	10.86	22.080	26.460	27.885	29.860	32.650
Diámetro base del tallo (cm)	12	3.274	0.088	0.305	9.32	2.650	3.150	3.265	3.450	3.710
Longitud de la hoja (cm)	12	41.533	0.835	2.893	6.97	34.500	39.425	42.35	43.275	44.600
Longitud radicular (cm)	12	37.476	0.025	0.088	0.24	37.354	37.409	37.447	37.537	37.634
Longitud del pseudotallo (cm)	12	37.700	1.660	5.210	15.21	24.100	36.040	37.450	42.910	45.100
Peso del pseudotallo (kg)	12	0.624	0.035	0.119	19.19	0.336	0.569	0.632	0.703	0.795
Peso total (kg)	12	1.308	0.047	0.165	12.58	0.940	1.198	1.330	1.455	1.490
Volumen (ml)	12	19.714	1.837	6.488	32.91	10.76	14.300	19.780	22.421	35.200

Esta Tabla 2 resume las medidas estadísticas centrales y de dispersión para las variables evaluadas (altura, diámetro, peso y volumen). Los resultados muestran una baja variabilidad en la mayoría de las mediciones, con coeficientes de variación aceptables, indicando consistencia en los datos recopilados.

Normalidad

Se empleó la prueba de normalidad de Anderson-Darling para evaluar la distribución de los datos en el modelamiento estadístico de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la biometría postcosecha de *Allium fistulosum* L. Según los resultados, presentados en la Tabla 3, se confirmó

que las variables analizadas siguen una distribución normal, ya que los valores de p obtenidos fueron superiores al nivel de significancia establecido de 0.05.

Tabla 3. Prueba de normalidad de Anderson Darling Test para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la determinación postcosecha de la biometría de *Allium fistulosm* L.

Variables	Media	Desv. Est.	N	AD	Valor p
Altura de planta (cm)	-3.553E-15	1.044	12	0.178	0.896
Área foliar (cm ²)	27.95	3.035	12	0.219	0.789
Diámetro base del tallo (cm)	-1.989E-15	1.044	12	0.567	0.112
Longitud de la hoja (cm)	41.53	2.893	12	0.687	0.054
Longitud radicular (cm)	37.48	0.088	12	0.445	0.234
Longitud del pseudotallo (cm)	37.70	5.734	12	0.456	0.218
Peso del pseudotallo (kg)	0.62	0.119	12	0.315	0.502
Peso total (kg)	1.31	0.165	12	0.377	0.350
Volumen (ml)	19.71	6.488	12	0.376	0.353

Esta Tabla 3 presenta los resultados del test de Anderson-Darling aplicado a las variables evaluadas en el modelamiento estadístico de la sinergia entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Los valores de p para todas las variables son mayores a 0.05, confirmando que los datos siguen una distribución normal, condición esencial para la validez de los análisis estadísticos posteriores.

Se realizó un análisis de los residuos de los datos transformados aplicados al modelo estadístico seleccionado para las variables altura de la planta y diámetro de la base del tallo (en el resto de las variables no fue necesario), dando como resultado que en la gráfica de probabilidad normal, los residuos estandarizados cumplen con normalidad al igual que el resto de variables, en vista de que el p-valor es >0.150 con una significancia del 5%, lo cual se corrobora mediante el histograma. En relación con la gráfica de residuos vs ajustes se tiene que los datos son homocedasticos; ya que, no tienen una forma establecida. Finalmente, en la gráfica de residuos vs orden, los datos están en forma aleatoria, demostrándose la existencia de independencia, que se puede observar en las Figuras 1 a 9.

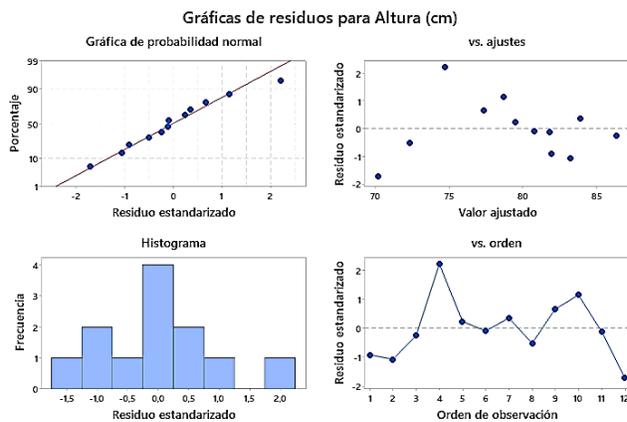


Figura 1. Gráficas de los residuos para Altura (cm), en la tabla se muestra:

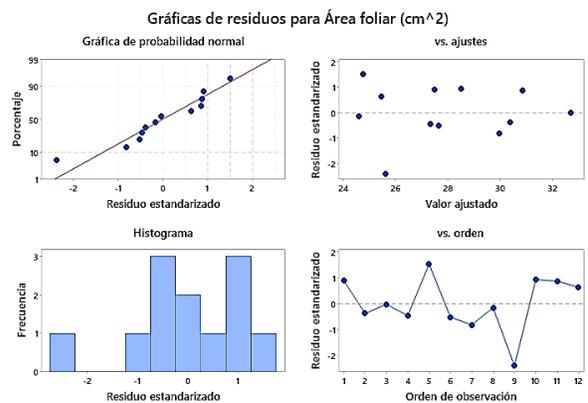


Figura 2. Gráficas de los residuos para Área foliar (cm²), en la tabla se muestra:

gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

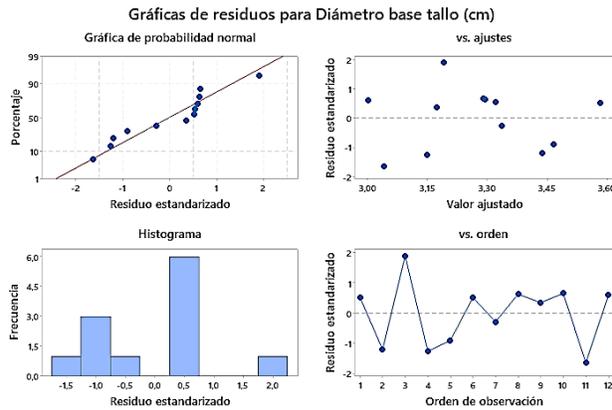


Figura 3. Gráficas de los residuos para Diámetro base del tallo (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

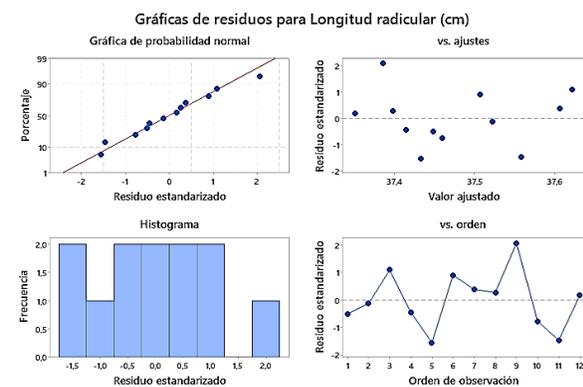


Figura 5. Gráficas de los residuos para Longitud radicular (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes

gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

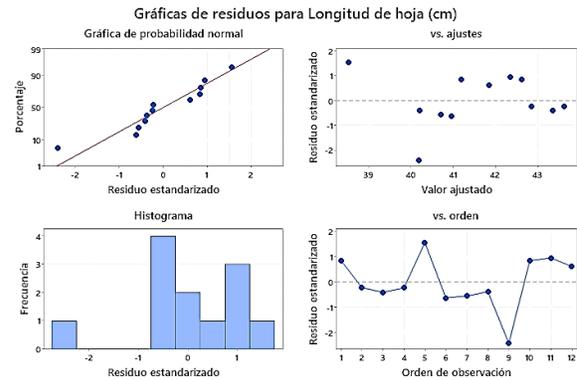


Figura 4. Gráficas de los residuos para longitud hoja (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

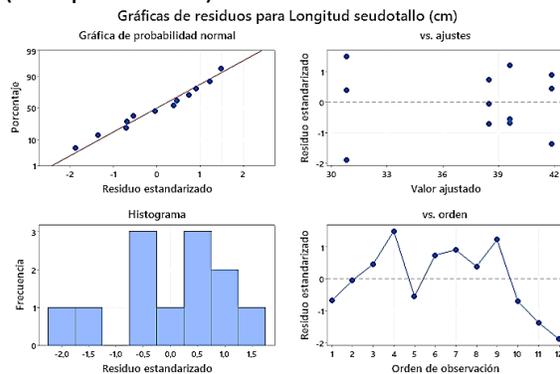


Figura 6. Gráficas de los residuos para Longitud pseudotallo (cm), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma

(Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación

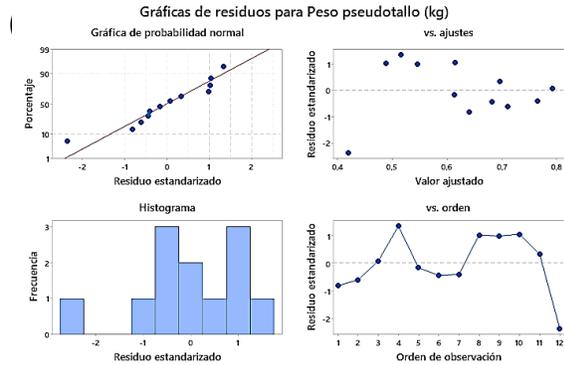


Figura 7. Gráficas de los residuos para Peso pseudotallo (kg), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación

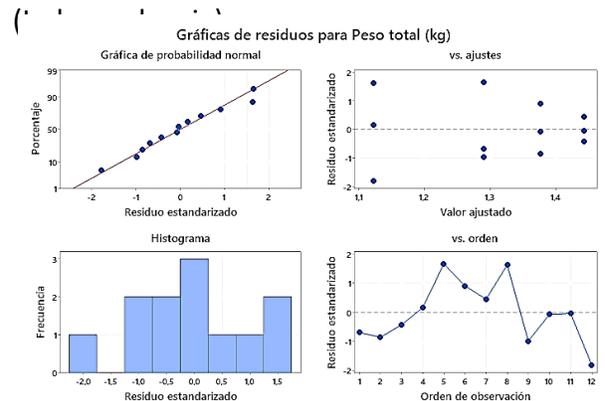


Figura 8. Gráficas de los residuos para Peso total (kg), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos estandarizados vs orden de observación (Independencia).

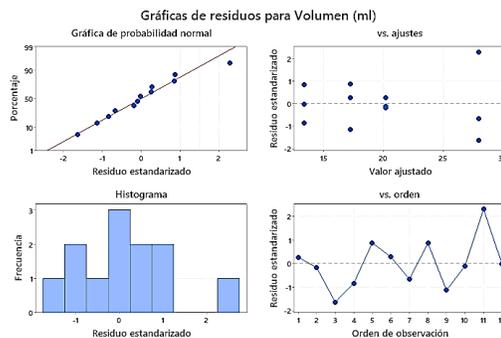


Figura 9. Gráficas de los residuos para Volumen (ml), en la tabla se muestra: gráfica de probabilidad normal (Q-Q plot); grafica de residuos estandarizados vs. ajustes (Homocedasticidad); Histograma de los residuos y; gráfica de los residuos

estandarizados vs orden de observación (Independencia).

Análisis de varianza

Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se identificaron diferencias estadísticas significativas entre los grupos estudiados, como se detalla en la Tabla 4. Este análisis comparó las medias de los tratamientos considerando la variabilidad entre los grupos frente a la variabilidad dentro de ellos, minimizando el riesgo de error tipo I. Los resultados evidenciaron que al menos una de las medias difería significativamente, lo que llevó a confirmar la Hipótesis Alternativa (H1) y rechazar la Hipótesis Nula (H0). La aplicación del estadístico F permitió cuantificar la relación entre la varianza explicada por los tratamientos y la varianza atribuida al error aleatorio. Los valores de p obtenidos fueron menores al nivel de significancia predefinido, lo que valida la existencia de diferencias significativas. Este hallazgo subraya la efectividad del diseño experimental y la influencia de los tratamientos evaluados en las variables de respuesta, aportando evidencia estadística sólida para sustentar las conclusiones del estudio.

Tabla 4. Análisis de varianza para el modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la determinación postcosecha de la biometría de *Allium fistulosum* L.

Variables	Fuente										
	SC Ajust.				MC Ajust.			F		P	
	Bloq.	Trat.	Err.	Tot.	Bloq.	Trat.	Err.	Bloq.	Trat.	Bloq.	Trat.
Altura de planta (cm)	41.010	214.940	33.410	289.360	20.506	71.647	5.568	3.68	12.87	0.090	0.005
Área foliar (cm ²)	15.500	59.160	26.670	101.330	7.749	19.720	4.445	1.74	4.44	0.253	0.057
Diámetro base del tallo (cm)	0.170	0.153	0.701	1.025	0.086	0.051	0.117	0.73	0.44	0.519	0.735
Longitud de la hoja (cm)	14.330	10.730	67.030	92.090	7.163	3.576	11.172	0.64	0.32	0.559	0.811
Longitud radicular (cm)	0.008	0.075	0.001	0.085	0.004	0.025	0.000	16.34	96.15	0.004	0.000
Longitud pseudotallo (cm)	35.520	207.360	118.780	361.660	17.76	69.120	19.800	0.90	3.49	3.490	0.090
Peso pseudotallo (kg)	0.019	0.123	0.015	0.157	0.009	0.040	0.003	3.73	15.87	0.089	0.003
Peso total (kg)	0.087	0.172	0.039	0.298	0.043	0.057	0.007	6.66	8.82	0.030	0.013
Volumen (ml)	21.140	343.990	97.970	463.110	10.570	114.660	16.330	0.65	7.02	0.556	0.022

Nota: Los grados de libertad, en todos los casos son: Bloques 2, tratamientos 3, error 6 y total 11.

La Tabla 4 presenta los resultados del análisis de varianza para las variables evaluadas en el estudio postcosecha de *Allium fistulosum* L. Se analizaron fuentes de variación entre los bloques y tratamientos, destacándose los valores de F y p. Los valores de p inferiores a 0.05 indican

diferencias significativas en variables como altura de planta, peso total y volumen, lo que confirma que los tratamientos tienen un efecto notable en dichas características. Estos resultados validan la importancia de los micronutrientes evaluados en la biometría de la planta.

Prueba de tukey

Se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que se realizó una prueba de Tukey (Tukey's Honestly Significant Difference, HSD), un método post hoc aplicado inmediatamente después del análisis de varianza (ANOVA). Este procedimiento tuvo como objetivo identificar cuáles medias diferían significativamente entre sí, como se detalla en la Tabla 5. Para ello, se calculó la diferencia mínima significativa (HSD) considerando el tamaño de muestra, la variabilidad de los datos y el número de comparaciones realizadas. Cada comparación generó un valor de *p*, y cuando este valor fue menor al nivel de significancia establecido (0.05), se rechazó la hipótesis nula para ese par, indicando que las medias de esos grupos eran estadísticamente diferentes. La tabla de resultados presenta las posibles comparaciones entre pares de medias, junto con sus respectivos valores de *p* y las diferencias estadísticas observadas. Además, la prueba de Tukey incluyó intervalos de confianza que facilitaron la interpretación gráfica de las diferencias entre medias. Los grupos con valores de *p* menores a 0.05 se consideraron significativamente diferentes, mientras que aquellos con valores superiores no mostraron diferencias estadísticamente significativas. Este análisis permitió identificar con precisión los tratamientos que tuvieron efectos diferenciados, proporcionando una base sólida para interpretar los resultados y optimizar la aplicación de los nutrientes evaluados.

Tabla 5. Comparaciones por parejas de Tukey para los tratamientos del modelamiento estadístico de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en postcosecha de la biometría de *Allium fistulosm*. L.

Medias de las Variables	Tratamientos			
	t1: 2cc/L Ca, Bo, Zn	t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	t4: 3.5 cc/L Ca, Bo, Zn
Altura de planta (cm)	79.60 a	80.90 a	84.00 a	72.45 b
Área foliar (cm ²)	25.96 a	28.85 a	31.17 a	25.81 a
Diámetro base del tallo (cm)	3.32 a	3.44 a	3.19 a	3.15 a
Longitud de la hoja (cm)	39.967 a	42.400 a	42.133 a	41.633 a
Longitud radicular (cm)	37.422 c	37.496 b	37.596 a	37.388 a
Longitud pseudotallo (cm)	39.633 a	38.500 a	41.867 a	30.817 a
Peso pseudotallo (kg)	0.600 b c	0.669 a b	0.751 a	0.475 c
Peso total (kg)	1.290 a b	1.377 a	1.443 a	1.123 b
Volumen (ml)	17.267 a b	20.220 a b	27.983 a	13.387 b

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La Tabla 5 muestra los resultados de la prueba de Tukey aplicada tras el ANOVA para comparar las medias de las variables biométricas entre cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Las letras asociadas a cada valor indican diferencias significativas: medias que no comparten la misma letra son estadísticamente diferentes. Por ejemplo, en la altura de planta, el tratamiento t3 (3.0 cc/L) mostró una diferencia significativa frente a t4 (3.5 cc/L). Este análisis permite identificar con precisión qué tratamientos generan los

mayores efectos en las variables evaluadas, ofreciendo información clave para optimizar la aplicación de nutrientes.

Optimización de respuesta

Se realizó una prueba de optimización de respuesta para las variables estudiadas, priorizando alcanzar valores máximos mediante un enfoque basado en valores iniciales inferiores y un techo objetivo, como se detalla en la Tabla 6 y la Figura 2. Antes de aplicar la solución, se validó el modelo lineal general evaluando su ajuste, significancia estadística y coeficiente de determinación (R^2), confirmando una buena adecuación de los datos al modelo. Los resultados óptimos dependieron del rango de factores evaluados, y se comprobó que las condiciones propuestas se encontraban dentro del rango experimental. La optimización indicó que la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) por aspersión foliar generó respuestas óptimas en cada variable analizada. Los intervalos de confianza del 95% validaron que las respuestas estimadas están dentro de los límites definidos, y los gráficos evidenciaron una interacción positiva del fertilizante foliar, demostrando su impacto favorable en las variables respuesta.

Tabla 6. Optimización de respuestas para las variables estudiadas en función del efecto de la sinergia calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en postcosecha de *Allium fistulosm*. L.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Solución	Ajuste	EE del ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Altura de planta (cm)	Máximo	67,4	85,9	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	86.312	1,67	(82,23; 90,40)	(79,24; 93,38)
Área foliar (cm ²)	Máximo	22.08	32.65	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	32.700	1.49	(29.05; 36.35)	(26.38; 39.02)
Diámetro base del tallo (cm)	Máximo	2.65	3.71	t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn	3.583	0.242	(2.991; 4.174)	(2.558; 4.607)
Longitud de la hoja (cm)	Máximo	34.65	44.6	t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn	43.617	2.36	(37.83; 49.40)	(33.60; 53.63)
Longitud radicular (cm)	Máximo	37.353	37.634	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	37.621	0.001	(37.594; 37.649)	(37.573; 37,670)
Longitud pseudotallo (cm)	Máximo	24.100	45.100	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	43.200	3.150	(35.50; 50.90)	(29.87; 56.53)
Peso pseudotallo (kg)	Máximo	0.336	0.795	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	0.792	0.036	(0.705; 0.880)	(0.640; 0.094)
Peso total (kg)	Máximo	0.940	1.49	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	1.563	0.057	(1.4229; 1.7021)	(1.3206; 1.8044)
Volumen (ml)	Máximo	10.760	35.20	t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn	29.044	2.860	(22.05; 36.04)	(16.93; 41.15)

La Tabla 6 presenta los resultados de la optimización de respuestas de las variables biométricas estudiadas en función de la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn). Se definieron metas máximas para cada variable, y las soluciones óptimas se obtuvieron dentro del rango experimental. Por ejemplo, la altura de planta alcanzó un valor óptimo de 86.31 cm con el

tratamiento t3 (3.0 cc/L Ca, B, Zn). Los intervalos de confianza al 95% (IC e IP) indican la precisión del modelo y validan la consistencia de los resultados. En general, el modelo lineal ajustado demostró que el efecto combinado de los nutrientes mejoró significativamente las variables estudiadas, respaldando su aplicación como estrategia eficiente en el manejo postcosecha de *Allium fistulosum* L.

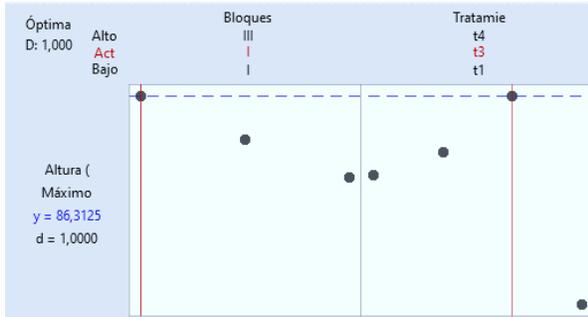


Figura 10. Gráfico de optimización de respuesta para la variable altura de planta en cm, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 86.31 cm.

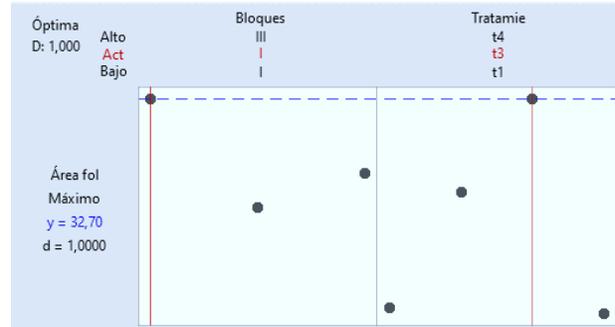


Figura 11. Gráfico de optimización de respuesta para la variable área foliar en cm^2 , mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 32.70 cm^2 .

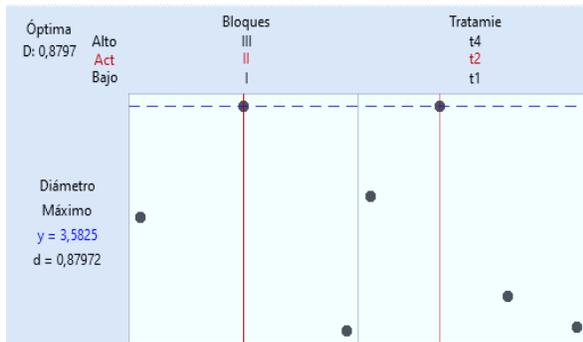


Figura 12. Gráfico de optimización de respuesta para la variable diámetro de la base del tallo en cm, mejor tratamiento t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn con 3.58 cm.

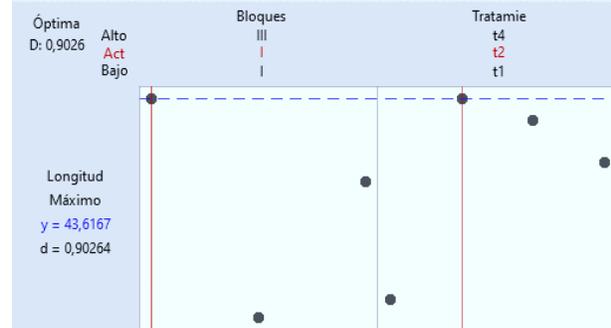


Figura 13. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud de hoja en cm, mejor tratamiento t2: 2.5 cc/L Ca, Bo, Zn con 43.62 cm.

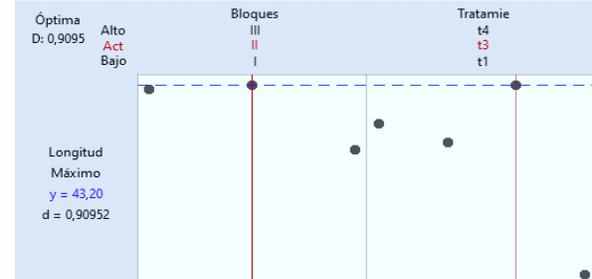
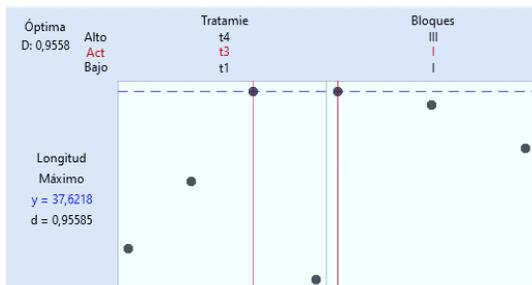


Figura 14. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud radicular en cm, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 37.62 cm.

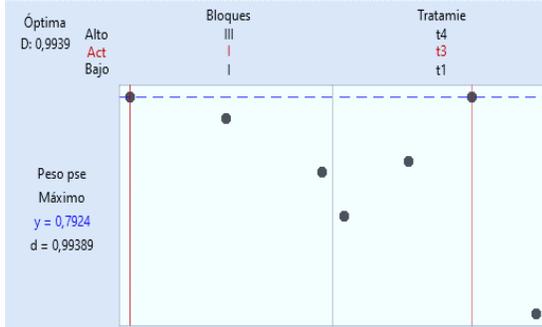


Figura 15. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud del pseudotallo en cm, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 42.20 cm.

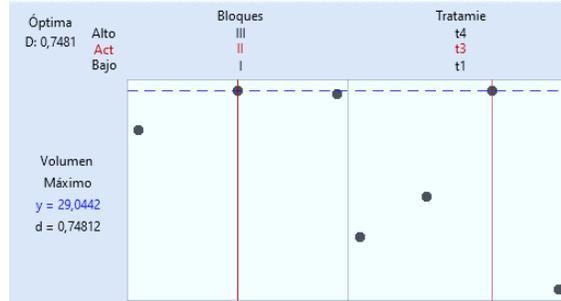


Figura 16. Gráfico de optimización de respuesta para la variable longitud del pseudo tallo en kg, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 1.56 kg.

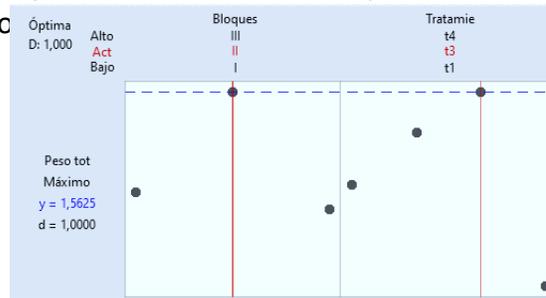


Figura 17. Gráfico de optimización de respuesta para la variable peso total del pseudotallo en kg, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 1.56 kg.

Figura 18. Gráfico de optimización de respuesta para la variable volumen en ml, mejor tratamiento t3: 3.0 cc/L Ca, Bo, Zn con 29.04 ml.

DISCUSIÓN

El estudio sobre el modelamiento estadístico en el cultivo de *Allium fistulosum* revela cómo la aplicación de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) impactó significativamente la biometría de la planta durante el periodo postcosecha, particularmente en variables como altura, diámetro del tallo, y peso total. Estos nutrientes influyen en múltiples procesos fisiológicos: el calcio fortalece las paredes celulares y optimiza la absorción de otros nutrientes, el boro facilita el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas, y el zinc participa en la actividad enzimática esencial para el crecimiento y la resistencia a enfermedades (16).

Los resultados sugieren que la interacción sinérgica entre estos micronutrientes mejora la calidad postcosecha de la cebolla de rama, optimizando la formación de biomasa y contribuyendo a la firmeza y volumen del producto, aspectos clave para su comercialización. En estudios previos, se ha demostrado que el adecuado balance de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) es crucial para la salud estructural y metabólica de la planta (17).

El análisis estadístico permitió identificar las dosis óptimas de aplicación, lo cual es de gran utilidad para los agricultores de Huambaló, quienes enfrentan desafíos geográficos y climáticos particulares. Este estudio también destaca cómo el modelamiento estadístico es una herramienta eficaz para prever las respuestas de las plantas a la fertilización específica y para adaptar prácticas agrícolas a condiciones locales, promoviendo así una producción agrícola más sostenible y rentable (18).

La implementación de este tipo de análisis y recomendaciones de dosificación de micronutrientes no solo incrementa la productividad y calidad de la cebolla de rama en Huambaló, sino que también representa una estrategia de nutrición vegetal replicable en otras regiones con condiciones similares, contribuyendo al desarrollo agrícola regional y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria (19)

La influencia de estos micronutrientes en la biometría de *Allium fistulosum* refleja cómo estos elementos participan en funciones fisiológicas esenciales para el desarrollo de las plantas. El calcio es fundamental en la estructura y función de las paredes celulares, donde contribuye a la estabilidad de la planta y a la resistencia al estrés mecánico y patógeno. Además, este elemento facilita la absorción de otros nutrientes al estabilizar las membranas celulares, lo que optimiza los procesos de absorción radicular (20).

Por su parte, el boro es esencial para el transporte de azúcares y la síntesis de proteínas, procesos críticos para la división y elongación celular, y es conocido por mejorar la formación de la pared celular. El zinc, otro micronutriente esencial, desempeña un papel en la síntesis de proteínas y en la actividad enzimática, apoyando la función de más de 300 enzimas que regulan el crecimiento, la resistencia a enfermedades y la síntesis de hormonas como el ácido indolacético, un importante regulador del crecimiento (21).

La interacción sinérgica entre calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) en la cebolla de rama influye directamente en la formación de biomasa y en la calidad estructural del producto, aspectos clave para la comercialización. Estudios han demostrado que la combinación de estos nutrientes puede mejorar la firmeza y el volumen de los productos agrícolas, lo cual es esencial para su manipulación y durabilidad en el mercado. La calidad postcosecha también se beneficia de la resistencia celular conferida por el calcio y de la capacidad del boro y zinc para facilitar la absorción de agua y nutrientes en la fase de crecimiento activo, lo que resulta en productos de mayor calidad, peso y volumen, adecuados para el mercado y con mejor aceptación comercial. (22).

El modelamiento estadístico aplicado en este estudio permitió identificar dosis óptimas de aplicación de estos nutrientes, lo que es particularmente útil en contextos con limitaciones

geográficas y climáticas, como en Huambaló. Este enfoque es fundamental para que los agricultores puedan adaptar la fertilización a sus condiciones locales, maximizando la eficiencia de los recursos y minimizando el impacto ambiental. Estudios en agricultura de precisión destacan la importancia de usar herramientas estadísticas para predecir la respuesta de las plantas a fertilizantes específicos, contribuyendo a prácticas agrícolas sostenibles y adaptadas a las particularidades edafoclimáticas. Además, el modelamiento estadístico permite prever respuestas en biometría y calidad, ajustando la aplicación de nutrientes para lograr resultados consistentes y favorables (23).

La implementación de dosis precisas de micronutrientes no solo optimiza la producción de *Allium fistulosum* en Huambaló, sino que también representa un modelo replicable para otras regiones con condiciones similares. Al incrementar la calidad y productividad del cultivo, estas prácticas contribuyen a la seguridad alimentaria y al desarrollo agrícola local. Los estudios han demostrado que la fertilización eficiente y adaptada a las necesidades de cada cultivo en su contexto geográfico es esencial para mejorar la producción alimentaria y reducir la dependencia de insumos externos, fomentando la autosuficiencia agrícola y la sostenibilidad (24).

CONCLUSIONES

La aplicación combinada de calcio (Ca), boro (B) y zinc (Zn) mejoró significativamente la biometría postcosecha de *Allium fistulosum*, optimizando variables como altura, peso total y volumen. La dosis óptima de 3.0 cc/L fue identificada mediante modelamiento estadístico, demostrando su efectividad en maximizar el rendimiento y la calidad estructural del cultivo.

Los resultados evidenciaron una interacción sinérgica entre los micronutrientes, que fortaleció la resistencia celular, incrementó la biomasa y mejoró la durabilidad del producto. Este enfoque asegura una mayor adaptación del cultivo a condiciones locales, como las de Huambaló, contribuyendo al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles.

Este estudio no solo valida la importancia de un manejo nutricional balanceado ajustado a las condiciones edafoclimáticas específicas, sino que también representa un modelo replicable en regiones similares, ofreciendo una herramienta práctica para aumentar la productividad agrícola, fortalecer la seguridad alimentaria y fomentar el desarrollo económico regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González, M., Ríos, D., Peña Rojas, K., García, E., Acevedo, M., Cartes, E., y Sánchez Olate, M. J. B. (2020). Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de *Alecton punctatum* producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento. *41*(2), 137-146. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000200137>
2. Horneck, D. J. I. a. (2004). Manejo de nutrientes en cebolla. <https://acortar.link/7u3Jju>

3. Pittaluga Rossi, A. M. (2018). Minerales en campo natural: variación estacional y por sitio geográfico del contenido de fósforo, cobre, manganeso, zinc, hierro y selenio. <https://acortar.link/fdWBCV>
4. Tonato Bombón, E. G. (2019). *Determinación de metales en cebolla de rama (Allium fistulosum L.), cultivada en suelos agrícolas cercanos al volcán Tungurahua* Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...]. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962020000200114&script=sci_arttext
5. Angosto Sánchez, I. (2018). Didáctica de la nutrición vegetal: análisis de los principales manuales de fisiología vegetal y de las concepciones de los estudiantes del Máster Universitario en Formación del Profesorado de ESO y Bachillerato de la UCM. <https://acortar.link/pF143I>
6. Castillo-González, J., Ojeda-Barrios, D., Hernández-Rodríguez, A., González-Franco, A. C., Robles-Hernández, L., y López-Ochoa, G. R. J. I. (2018). Zinc metaloenzymes in plants. *43*(4), 242-248. <https://www.redalyc.org/journal/339/33957240004/33957240004.pdf>
7. Lutenberg, O. J. I. A. h. w. a. g. p. m. s. p. F. d. C. (2019). La Salinidad y su Influencia en suelos y plantas. *9*, 32. <https://acortar.link/KwevMw>
8. Lora, A. M. (2023). *Efecto de las propiedades del suelo, la materia orgánica y la actividad microbiana sobre la biodisponibilidad de zinc y otros micronutrientes y su interacción con el fósforo* Universidad de Sevilla]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=314613>
9. Rodríguez-Robayo, K. J., Pulido-Blanco, V. C., Rojas Ramírez, D. A., y Martínez Camelo, F. E. J. A. J.-R. A. (2022). Buenas prácticas agrícolas y sostenibilidad del cultivo de cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) en la cuenca del lago de Tota (Boyacá, Colombia). *28*(54), 139-169. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.324652>
10. Dueñas, R. R. V. J. R. N. (2019). Importancia del empaque para la comercialización de la cebolla en rama (*allium fistulosum*) en Boyacá. *5*, 20-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/25004476.2750>
11. Pacheco Bejarano, I. (2013). Curva de absorción de nutrimentos en cebolla *Allium cepa* cv. Aquarius y ajo *Allium sativum* cv. Criollo. <https://acortar.link/cGjXzT>
12. Rivera, E., Sánchez, M., y Domínguez, H. J. R. d. i. c. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *4*, 101-105. <https://acortar.link/ywT6Yw>
13. Pérez, L. C. J. D. d. l. c. e. y. s. (2019). Concepciones sobre nutrición vegetal y relaciones tróficas en función del bagaje educativo: implicaciones para el futuro profesorado. (37), 89-106. <https://doi.org/DOI: 10.7203/DCES.37.13285>
14. Trujillo Melchor, J. (2022). Absorción de nutrientes en las plantas, y métodos de aplicación de fertilizantes comerciales; zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe). <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:67519/Description>
15. Vinocunga Chicaiza, M. F. (2023). *Evaluación del comportamiento de la cebolla de rama (allium fistulosum L.) en tres calibres y la desinfección con agua ozonificada con tres dosis en la poscosecha del campus Salache 2022-2023* Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f95fa6a4-9c29-41aa-9e4c-18b8b7c9021a/content>
16. Baran, E. J. J. A. N. d. C. E., Físicas y Naturales. Serie: Publicaciones científicas. (2021). Metaloenzimas de Plantas. (17). <https://ancefn.org.ar/user/FILES/Academia/Metaloenzimas%20de%20plantas.pdf>
17. Mora Cerezo, B. J. (2019). *El boro como elemento multifuncional en cultivos de ciclo corto* BABAHOYO; UTB, 2019]. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6686>
18. Barros, J. (2020). Fertilidade do solo e Nutrição das plantas. <https://acortar.link/IC1mMk>
19. Huertas Carranza, B., Martínez Lemus, E. P., Hío, J. C., Galindo Pacheco, J. R., Pérez Parra, M. A., Vargas Díaz, R. E., y Polo Murcia, S. M. (2020). Cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. In: Universidad Nacional de Colombia-UNAL. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36816>

20. Bautista Peña, J. R. (2020). La cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.) como alternativa de diversificación de cultivos en el corregimiento de La Granja, municipio de Sucre Santander. <https://acortar.link/SNAQWB>
21. Gutierrez Vilchez, P. P. (2018). Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante aplicación foliar y edáfica de Zinc y su interacción con Cadmio. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3769>
22. Briceño, J., Tonato, E., Silva, M., Paredes, M., y Armado, A. J. L. G. R. d. C. d. I. V. (2020). Evaluación del contenido de metales en suelos y tejidos comestibles de *Allium fistulosum* L. cultivado en zonas cercanas al volcán Tungurahua. 32(2), 114-126. <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.09>
23. Freire Freire, K. E. (2019). *Evaluación de un residuo líquido orgánico obtenido de un biodigestor en el rendimiento del cultivo de cebolla de rama (Allium fistulosum Linnaeus)* <https://acortar.link/VdTXG5>
24. González, M., Ríos, D., Peña Rojas, K., García, E., Acevedo, M., Cartes, E., y Sánchez Olate, M. J. B. (2020). Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de *Aextoxicon punctatum* producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento. 41(2), 137-146. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000200137>