



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"
Facultad de Agronomía
Dirección Unidad de Investigación
"Fundo Arrabales" Altura Km 299 Panam. Sur
Teléf.:056-257444 Anexo 25
Ica – Perú



CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2026

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

Efecto de aplicaciones foliares de Calcio y Silicio en la calidad poscosecha de la vid (*Vitis vinifera*) variedad "Red Globe" en la zona media del Valle de Ica.

Presentado por:

LAURA JAYO ROY EDUARDO

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 00% de similitud (Cero por ciento de similitud) por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Según Reglamento para la evaluación de la originalidad de los documentos de investigación, aprobado con Resolución Rectoral N° 1668-R-UNICA-2020 – (18.1 La Universidad considera como original al documento de investigación que presenta un porcentaje de similitud menor o igual al veinte por ciento (20%) con textos de otros autores, según el informe automatizado de originalidad del programa informático adoptado por la Universidad.)

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

- Se analizó la TESIS mediante el programa informático iThenticate.
- Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de **40 palabras**, se adjunta pantallazo de la exclusión.

(15.5 La exclusión de cadenas sintácticas cortas procede para evitar que, frases habituales o de conexión, sean reportadas como similitudes. La longitud de las cadenas excluidas no debe superar las cuarenta (40) palabras y debe adecuarse a las características de la disciplina a la que corresponde el documento evaluado, además debe constar en el informe los criterios de exclusión utilizados).

Ica, 09 de febrero del 2026.

.....
Dr. FELIX GUILLERMO FUENTES QUIJANDRIA
Director de la Unidad de Investigación
Facultad de Agronomía

.....
CARMINA PAOLA DONAYRE ESPINOZA
Operador del Programa Informático iThenticate

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Agronomía



Efecto de aplicaciones foliares de Calcio y Silicio en la calidad postcosecha de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la Zona media del Valle de Ica.

Línea de investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

ROY EDUARDO LAURA JAYO

Ica, Perú

2023

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico en primer lugar a mi madre por ser mi soporte y motivación para poder terminar mi carrera universitaria, dedicar también a cada uno de mis hermanos por brindarme todo su apoyo incondicional y poder cumplir mi meta.

Gracias a todos

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por alumbrar mi camino día a día, y derramar sus bendiciones en cada paso que doy. Su infinito amor ha permitido pertenecer a una familia excepcional, cuyo amor incondicional, sacrificio y ejemplo de humildad y superación han sido mis más grandes virtudes para salir adelante, Agradecido con todos ellos por ser parte de todo este proceso, proceso lleno de alegrías, tristezas y aventuras que llegan a su final con la meta cumplida.

Así mismo, agradecer a mis asesores, el Dr. Jaime Martín Garcilazo Cornejo y el Ing. Nikolae Euler Quispe Torres, por su constante apoyo durante todo este proceso. Agradecido por compartir su sabiduría, paciencia y dedicación que han sido fundamental para el desarrollo de esta investigación. Resaltar su predisposición a compartir sus más amplias experiencias y conocimientos para poder guiarme en todo momento. Agradecido por su infinita voluntad, compromiso y generosidad.

Finalmente agradecer a toda mi familia por su gran apoyo incondicional durante todo mi proceso universitario, agradecido por ser mi motor y motivo para poder avanzar en cada etapa. Ahora que culmina esta etapa universitaria solo tengo palabras de agradecimiento para cada persona que ha sido parte de todo este proceso, su aporte me ha sido muy útil y productivo para cumplir mi más anhelado sueño.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes de la investigación	2
1.1.1	Antecedentes Internacionales	2
1.1.2	Antecedentes nacionales	4
1.1.3	Antecedentes locales	5
1.2	Sobre el cultivo de la vid.....	5
1.2.1	Morfología de la vid.....	5
1.2.2	Descripción de la variedad Red Globe.....	7
1.2.3	Importancia del calcio en la fisiología de la vid.....	7
1.2.4	Importancia del silicio en la fisiología de la vid	8
1.3	Formulación del problema	9
1.3.1	Problema general.....	9
1.3.2	Problemas específicos	9
1.4	Importancia de la investigación.....	9
1.5	Justificación de la investigación.....	10
1.6	Objetivo de la investigación.....	11
1.7	Hipótesis de la investigación.....	11
	Hipótesis general.....	11
	Hipótesis específicas	11
1.8	Variables de la investigación.....	12
1.8.1	Variables independientes	12
1.8.2	Variables dependientes.....	12
II.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	14
2.1	Tipo, nivel y diseño de la investigación	14
2.1.1	Tipo de investigación	14
2.1.2	Nivel de la investigación.....	14
2.1.3	Diseño de la investigación	14
2.1.4	Características del campo experimental.....	14
2.1.5	Croquis experimental	15
2.2	Población y muestra	16
2.2.1	Población de estudio	16
2.2.2	Población de la muestra de estudio	16
2.3	Tratamientos.....	16
2.4	Aplicación de los tratamientos	17

2.5 Metodología de evaluación de variables	19
2.5.1 Etapa de precosecha	19
2.5.2 Etapa de cosecha	19
2.5.3 Etapa poscosecha	20
2.6 Técnicas de procesamiento.....	20
III. RESULTADOS	21
3.1 Evaluaciones precosecha.....	21
3.1.1 Porcentaje de incidencia de pudrición ácida en racimos	21
3.1.2 Porcentaje de incidencia de la fisiopatía Palo negro en racimos.....	25
3.2 Evaluaciones en Cosecha	30
3.2.1 Peso promedio de bayas	30
3.2.2 Calibre promedio de bayas.....	34
3.2.3 Firmeza de bayas.....	38
3.2.4 Sólidos solubles totales	42
3.3 Evaluaciones Poscosecha	46
3.3.1 Sólidos solubles totales	46
3.3.2 Firmeza promedio de bayas	49
3.3.3 Desgrane de racimos	53
3.3.4 Potencial de deshidratación de racimos	57
3.3.5 Análisis de laboratorio	64
IV. DISCUSIÓN	65
4.1 Evaluaciones precosecha.....	65
4.1.1 Porcentaje de incidencia de pudrición ácida en racimos	65
4.1.2 Porcentaje de incidencia de la fisiopatía Palo negro en racimos.....	65
4.2 Evaluaciones en cosecha	65
4.2.1 Peso promedio de bayas (g)	65
4.2.2 Calibre de bayas (mm)	66
4.2.3 Firmeza de bayas (g/f).....	66
4.2.4 Sólidos solubles totales (° Brix).....	67
4.3 Evaluaciones en poscosecha.....	68
4.3.1 Sólidos solubles totales	68
4.3.2 Firmeza promedio de bayas	68
4.3.3 Desgrane de racimos	69
4.3.4 Potencial de deshidratación de racimos	69
4.4 Análisis de laboratorio	70
4.4.1 Calcio Ligado	70

4.4.2	Calcio Total.....	70
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES	72
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
VIII.	ANEXOS.....	79
8.1	Manejo agronómico del cultivo.....	80
8.1.1	Riego.....	80
8.1.2	Fertilización	81
8.1.3	Aplicaciones foliares.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos en estudio	16
Tabla 2: Cronograma de actividades	18
Tabla 3: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del porcentaje de incidencia de la pudrición ácida en racimos antes y después de la transformación	21
Tabla 4: Prueba de igualdad de varianzas: porcentaje de incidencia de pudrición ácida	21
Tabla 5: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el porcentaje de incidencia de Pudrición Ácida	22
Tabla 6: Anva para porcentaje de incidencia de pudrición ácida (raíz $x+0.5$)	23
Tabla 7: Prueba múltiple de rangos de Duncan para el porcentaje de Pudrición ácida (Raíz $x+0.5$) por tratamiento	23
Tabla 8: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del porcentaje de incidencia de la fisiopatía Palo negro en racimos antes y después de la transformación	25
Tabla 9: Prueba de igualdad de varianzas: porcentaje de la fisiopatía Palo negro racimos	25
Tabla 10: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el porcentaje de la fisiopatía Palo Negro en racimos	26
Tabla 11: Prueba de Kruskal-Wallis para el porcentaje de la fisiopatía Palo Negro en racimos (datos transformados raíz de $x+0.5$).....	27
Tabla 12: Comparación post-hoc de Dunn para el porcentaje de fisiopatía Palo Negro (datos transformados raíz $x+0.5$)	27
Tabla 13: Incidencia de la fisiopatía Palo Negro por tratamiento y grupos homogéneos (Prueba de Dunn, datos transformados raíz de $x+0.5$).....	28
Tabla 14: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del peso promedio de bayas	30
Tabla 15: Prueba de igualdad de varianzas: Peso promedio de bayas	30
Tabla 16: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para el peso promedio de bayas	31
Tabla 17: Anva para el peso promedio de bayas.....	32
Tabla 18: Prueba múltiple de rangos de Duncan para el peso promedio de baya por tratamiento	32
Tabla 19: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del calibre promedio de bayas.....	34
Tabla 20: Prueba de igualdad de varianzas: Calibre promedio de bayas	34
Tabla 21: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para el calibre promedio de bayas..	35
Tabla 22: Anva para el calibre promedio de bayas	36
Tabla 23: Prueba múltiple de rangos de Duncan para el peso promedio de baya por tratamiento	36

Tabla 24: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” de la firmeza promedio de bayas.....	38
Tabla 25: Prueba de igualdad de varianzas: Firmeza promedio de baya	38
Tabla 26: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para la firmeza promedio de las bayas	39
Tabla 27: Anva para la firmeza promedio de bayas	40
Tabla 28: Prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza de baya por tratamiento	40
Tabla 29: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” de los sólidos solubles promedio de bayas.....	42
Tabla 30: Prueba de igualdad de varianzas: Sólidos solubles totales de las bayas	42
Tabla 31: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para los sólidos solubles promedio de bayas por tratamiento	43
Tabla 32: Anva para los sólidos solubles totales de las bayas	44
Tabla 33: Prueba múltiple de rangos de Duncan para los sólidos solubles totales de las bayas por tratamiento.....	44
Tabla 34: Comparación de los “coeficientes de variación” de los sólidos solubles promedio de las bayas durante la etapa de poscosecha en condiciones de packing	46
Tabla 35: Prueba de igualdad de varianzas: Sólidos solubles totales de las bayas durante la etapa de poscosecha en condiciones de packing.....	46
Tabla 36: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los sólidos solubles totales de las bayas durante la etapa de poscosecha en condiciones de packing	47
Tabla 37: Análisis de varianza de los sólidos solubles totales de las bayas durante la etapa de poscosecha.....	48
Tabla 38: Comparación de “coeficientes de variación” de la firmeza promedio de bayas antes del ingreso al packing y a la salida del packing	49
Tabla 39: Prueba de igualdad de varianzas: Firmeza promedio de bayas antes del ingreso al packing y a la salida del packing.....	49
Tabla 40: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para firmeza promedio de las bayas antes del ingreso al packing y a la salida del packing 50	50
Tabla 41: Análisis de varianza de la firmeza promedio de las bayas antes del ingreso al packing y a 56 días del ingreso del packing	50
Tabla 42: Prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de las bayas antes del ingreso al packing	51
Tabla 43: Prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de las bayas 56 días después del ingreso al packing.....	52
Tabla 44: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del desgrane promedio de los racimos, 56 días del ingreso al packing.....	53

Tabla 45: Prueba de Kruskal-Wallis para del desgrane promedio de los racimos, 56 días del ingreso al packing	54
Tabla 46: Comparación post-hoc de Dunn para el desgrane promedio de los racimos, 56 días del ingreso al packing	54
Tabla 47: Desgrane promedio de racimos por tratamiento y grupos homogéneos (Prueba de Dunn)	55
Tabla 48: Evaluación de deshidratación de racimos de vid variedad Red Globe.....	57
Tabla 49: Diferencia de peso entre evaluaciones de racimos de vid variedad Red Globe	58
Tabla 50: Comparación de los “coeficientes de variación” del potencial de deshidratación	59
Tabla 51: Comparación de los “coeficientes de variación” del potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x)	59
Tabla 52: Prueba de igualdad de varianzas: Potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x)	60
Tabla 53: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x)	60
Tabla 54: Análisis de varianza del potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x) durante las evaluaciones.....	61
Tabla 55: Prueba múltiple de rangos de Duncan para potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x) durante las evaluaciones	62
Tabla 56: Análisis en laboratorio de las bayas después de 56 días de packing.....	64
Tabla 49: Programa de riego	80
Tabla 50: programa de fertirriego semanal	81
Tabla 51: Programa de aplicaciones foliares.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis experimental.....	15
Figura 2. Prueba de igualdad de varianzas del porcentaje de racimos con Pudrición Ácida por tratamiento.....	22
Figura 3. Promedios de porcentaje de incidencia de “Pudrición ácida” en racimos por tratamiento.....	24
Figura 4. Prueba de igualdad de varianzas del porcentaje de racimos con la fisiopatía Palo Negro en racimos por tratamiento	26
Figura 5. Promedios de porcentaje de incidencia de la fisiopatía “Palo negro” en racimos por tratamientos	29
Figura 6. Prueba de igualdad de varianzas del peso promedio de bayas por tratamiento	31
Figura 7. Promedios del peso promedio de bayas por tratamiento	33
Figura 8. Prueba de igualdad de varianzas del calibre promedio de bayas por tratamiento...	35
Figura 9. Promedios del calibre promedio de bayas por tratamiento	37
Figura 10. Prueba de igualdad de varianzas de la firmeza promedio de bayas por tratamiento	39
Figura 11. Promedios de la firmeza promedio de bayas por tratamiento	41
Figura 12. Prueba de igualdad de varianzas de los sólidos solubles totales de bayas por tratamiento.....	43
Figura 13. Promedios del total de sólidos solubles totales de las bayas por tratamiento	45
Figura 14. Desgrane promedio por tratamientos	56
Figura 15. Porcentaje de materia seca de las bayas por tratamiento	63
Figura 14. Análisis de Calcio total, Calcio ligado y Porcentaje de materia seca	83
Figura 15. Muestras de bayas tomadas de cada unidad experimental.....	83
Figura 16. Evaluación de firmeza y desgrane de bayas.	83
Figura 17. Evaluación de sólidos solubles totales con el Refractómetro HANNA.....	83
Figura 19. Evaluación deshidratación de raquis	83
Figura 19. Cosecha de los tratamientos.....	83

Figura 20. Ingreso de la fruta a packing.....	83
Figura 21. Lote en estudio.....	83

RESUMEN

La creciente industria peruana de la uva de mesa, con Red Globe como variedad clave, se beneficia de prácticas que mejoran la calidad. El calcio y silicio son reconocidos por su impacto en la calidad del fruto y vida útil. Ante la limitada investigación local en el Valle de Ica, este estudio evaluó el efecto de distintas dosis foliares de Fortalis (calcio) y Organichem Silicio (silicio) en la calidad pre cosecha y poscosecha de la uva Red Globe.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales. Los resultados mostraron que las aplicaciones de calcio y silicio redujeron significativamente la incidencia de pudrición ácida y "Palo Negro". En cosecha, las dosis más altas de Organichem Silicio (7 L/ha) y Fortalis (9 L/ha) incrementaron el peso, calibre, firmeza y sólidos solubles totales de las bayas.

En poscosecha, los tratamientos con calcio y silicio mantuvieron una mayor firmeza, redujeron el desgrane y disminuyeron el potencial de deshidratación de los racimos, prolongando su vida útil. Análisis de laboratorio confirmaron mayores concentraciones de calcio ligado y total en las bayas tratadas. Aunque los SST no mostraron diferencias significativas en poscosecha, la investigación valida la hipótesis de que las aplicaciones de calcio y silicio mejoran integralmente la calidad de la uva Red Globe. Se recomienda replicar el estudio en otras condiciones y variedades.

Palabras clave: Uva de mesa, calcio, silicio, firmeza, potencial de deshidratación

ABSTRACT

The growing Peruvian table grape industry, with 'Red Globe' as a key variety, benefits from quality-enhancing practices. Calcium and silicon are recognized for their impact on fruit quality and shelf life. Given the limited local research in the Ica Valley, this study evaluated the effect of different foliar doses of Fortalis (calcium) and Organichem Silicio (silicon) on the pre-harvest and post-harvest quality of 'Red Globe' grapes.

A randomized complete block design was used with six treatments and four replicates, totaling 24 experimental units. Results showed that calcium and silicon applications significantly reduced the incidence of sour rot and "Palo Negro" physiological disorder. At harvest, the highest doses of Organichem Silicio (7 L/ha) and Fortalis (9 L/ha) increased berry weight, size, firmness, and total soluble solids.

Post-harvest, calcium and silicon treatments maintained higher firmness, reduced berry shattering, and decreased the dehydration potential of clusters, extending their shelf life. Laboratory analyses confirmed higher concentrations of bound and total calcium in treated berries. Although TSS did not show significant post-harvest differences, the research validates the hypothesis that calcium and silicon applications integrally improve 'Red Globe' grape quality. Replicating the study under other conditions and varieties is recommended.

Keywords: Table grape, calcium, silicon, firmness, dehydration potential

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la producción y las exportaciones de uva de mesa ha impactado directamente el desempeño económico del país, generando ingresos sustanciales y estimulando la actividad económica del Perú [1]. Este crecimiento está impulsado por varios factores como mejores prácticas agrícolas que mejoran la calidad y el rendimiento de los cultivos, las condiciones comerciales favorables y el apoyo institucional de MIDAGRI y PROMPERÚ [2]. Las principales regiones productoras de uva en el Perú son Ica (44 483 ha), Piura (30 155 ha) y Lambayeque (7 531 ha) [3]. Aunque el Perú produce casi 50 variedades de uva de mesa, la variedad Red Globe sigue teniendo una importante presencia en la producción nacional con un 16% en las temporadas 2023-2024 [4]. Las uvas Red Globe se caracterizan por sus racimos y bayas grandes, poseen semillas, tienen un sabor apetecible y dulce, la piel de las bayas son firmes con una textura consistente de la pulpa que la hace muy popular [5]. Estas características de calidad de la uva de mesa son apreciadas por el consumidor final, destacando la firmeza de las bayas, siendo una cualidad relacionada estrechamente con el elemento calcio, que es un componente de las paredes celulares [6]. Las aplicaciones foliares del calcio en la vid pueden reducir la incidencia de enfermedades como la *Botrytis cinerea* [7], disminuye el desgrane de las bayas al inhibir la producción de etileno mejorando el almacenamiento, transporte [8] y reduce la pérdida de peso durante la conservación en condiciones de frío [9]. Las aplicaciones del elemento silicio tienen resultados similares para extender la vida útil de las bayas [10]. A pesar de los beneficios mencionados de las aplicaciones foliares de calcio y silicio, se observa una limitada investigación local en el Valle de Ica. Específicamente, falta cuantificar el impacto de estas aplicaciones bajo las condiciones agroclimáticas de la zona media del Valle de Ica en los parámetros de calidad de los racimos, tanto en la cosecha como en la poscosecha. Para abordar esta falta de información local, el presente trabajo de investigación se realiza con el objetivo de evaluar el efecto de distintas dosis y/o momentos de aplicación foliar de calcio y silicio en la calidad poscosecha de la vid (*Vitis vinifera*) variedad 'Red Globe' en la zona de Villacuri, Ica.

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Antecedentes Internacionales

En Egipto se realizó una investigación durante 2 campañas (1997 y 1998) en el cultivo de vid, variedad Flame, en condiciones de suelo arenoso, en este estudio fue llevado a cabo por el investigador Kilani A. y su equipo, donde ellos realizaron pulverizaciones foliares de varios tratamientos de calcio y de magnesio; los resultados mostraron que la aplicación foliar de calcio, fue muy efectiva para incrementar el peso de las bayas, el calibre de la baya así como la firmeza, los sólidos solubles totales y el contenido de antocianinas en la piel de las bayas y en comparación con los tratamientos sin aplicación [11].

Una investigación realizada en Chile el 2009 por los investigadores Bonomelli y Ruiz, donde se buscaba mejorar la calidad del fruto del cultivo de uva de mesa Thompson Seedless, con las aplicaciones de calcio foliar, al suelo, foliar más suelo y sin fertilización de calcio, los resultados mostraron que los tratamientos no afectaron el contenido de calcio en el suelo, en las hojas, en los frutos, el contenido de sólidos solubles, la firmeza en las bayas, ni el rendimiento del cultivo, frente al tratamiento sin fertilización de calcio, concluyéndose que las aplicaciones de calcio no mejoran la calidad de los frutos ni su vida poscosecha [12].

En Macedonia, se realizó una investigación durante tres años consecutivos (2012-2014) en el cultivo de uva de mesa, variedad 'Cardinal'. Este estudio fue llevado a cabo por el investigador H. Poposka y su equipo, donde buscaban medir el efecto de las aplicaciones foliares de fertilizantes de Calcio (Ca) y Nitrógeno (N) en el rendimiento y la calidad de las uvas. Los resultados mostraron que la aplicación foliar de calcio y nitrógeno incrementó el rendimiento de las uvas, así como la masa del racimo y de las bayas, en comparación con el control. Adicionalmente, la aplicación foliar de calcio afectó significativamente las propiedades mecánicas de las bayas, logrando una mayor resistencia a la presión y a la rotura. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de azúcar ni en los ácidos totales en comparación con el tratamiento control [13].

Durante las temporadas 2015 y 2016 en Egipto, el investigador S. Farouk y su equipo realizó un estudio en el cultivo de uva Roumy Ahmar, en el cual se buscaba estudiar la influencia de aplicaciones foliares de silicio en la inducción de defensas contra enfermedades, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de las bayas. Los resultados mostraron que la aplicación foliar de silicio incrementó significativamente el rendimiento por vid, el peso del racimo y de 100 bayas, los sólidos solubles totales, las antocianinas y los fenoles totales, mientras reducía la acidez total en las bayas. También se observó un aumento en el área foliar, el porcentaje de potasio en las hojas y la actividad de las enzimas antioxidantes, así como una reducción en la severidad de la enfermedad del mildiú veloso,

en comparación con el control. Se concluyó que la aplicación de silicio controló el mildiú veloso y mejoró el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la vid [14].

Otra investigación llevada a cabo en Egipto durante las temporadas 2015 y 2016 por el mismo equipo (S. Farouk y su equipo), buscaba evaluar la capacidad del silicio para inducir defensa contra el mildiú veloso y mejorar el crecimiento, el rendimiento y la calidad de las bayas del cultivo de uva 'Roumy Ahmar'. Los resultados mostraron que la aplicación foliar de silicio incrementó significativamente el rendimiento por vid, el peso del racimo y el peso de 100 bayas, en comparación con el control. Además, aumentó los sólidos solubles totales, las antocianinas y los fenoles totales, mientras reducía la acidez total en las bayas. La aplicación de silicio también redujo notablemente la severidad de la enfermedad del mildiú veloso, en comparación con el control. Se concluyó que el silicio controló el mildiú veloso y mejoró el crecimiento, el rendimiento y la calidad de la vid [15].

Una investigación realizada en Egipto durante las temporadas 2016 y 2017 por el investigador Saber S. Bassiony, donde se buscaba evaluar la influencia de diferentes niveles de riego y de aplicaciones foliares (calcio, silicio y aminoácidos) en el rendimiento y la calidad del fruto del cultivo de uva Thompson Seedless. Los resultados revelaron que, si bien los niveles de riego también influyeron en los parámetros evaluados, las aplicaciones foliares de calcio y silicio fueron muy efectivas para reducir los porcentajes de pudrición, agrietamiento, arrugas y desprendimiento de bayas en todos los niveles de riego. Además, se observó que todas las aplicaciones foliares mejoraron la calidad general de los racimos y las bayas, en comparación con el control [16].

Durante las temporadas 2019 y 2020 en Irán, la investigadora Zahra Sadat Asgarian y su equipo realizó un estudio en el cultivo de uva 'Sahebi', en el cual se buscaba estudiar el efecto de aplicaciones foliares de calcio y zinc en la calidad poscosecha de las uvas durante el almacenamiento en frío. Los resultados mostraron que las aplicaciones foliares de calcio y zinc (especialmente en combinación) aumentaron los compuestos bioactivos en las bayas (como flavonoles y antocianinas), mejoraron la actividad de enzimas antioxidantes, redujeron la incidencia de *Botrytis cinerea* y fueron efectivas en preservar la calidad poscosecha de las uvas durante el almacenamiento en frío [17].

En India, se realizó una investigación durante los años 2020-2021 en el cultivo de uva 'Manjri Naveen'. Este estudio fue llevado a cabo por el investigador S. D. Ramteke y su equipo, donde se buscaba evaluar el efecto de diferentes formulaciones de Calcio para aumentar el rendimiento y la vida útil. En este estudio se realizaron aplicaciones foliares de calcio antes de la cosecha, en la etapa de envero. Los resultados mostraron que las aplicaciones de calcio redujeron la pérdida de peso de los racimos y el desgrane de las bayas,

en comparación con el tratamiento control. Además, el rendimiento del cultivo y calidad como el peso del racimo, el peso de la baya, los sólidos solubles totales (TSS) y la relación TSS/Acidez fueron significativamente influenciados por la aplicación foliar de calcio [18].

Durante dos temporadas consecutivas (2021 y 2022) en Egipto el investigador Shimaa M.M. El-Mogy y su equipo realizó un estudio en el cultivo de uva Crimson Seedless, en el cual se buscaba estudiar la influencia de aplicaciones foliares de calcio y un bioestimulante en el crecimiento, el rendimiento, la calidad del fruto y vida poscosecha. Los resultados mostraron que las aplicaciones foliares de calcio, tanto solas como en combinación con el bioestimulante, incrementaron el crecimiento vegetativo, el rendimiento y mejoraron los atributos de calidad del racimo, así como la capacidad de almacenamiento de la uva. Los beneficios incluyeron la reducción de la pérdida fisiológica de peso, la pudrición y el desgrane, el mantenimiento de la firmeza y el retraso de los cambios en los sólidos solubles totales, la acidez y la antocianina total, en comparación con el tratamiento control [19].

1.1.2 Antecedentes nacionales

Una tesis fue realizada en Olmos, Lambayeque, Perú, en el año 2023, por la tesista Olga Jaquelin Pinedo Gallardo, como parte de su tesis titulada "Efecto en el contenido de calcio en bayas de vid (*Vitis vinifera L.*) de la aplicación foliar de calcio en diferentes estados fenológicos en Olmos, Lambayeque". En este estudio se buscaba determinar el efecto de la aplicación foliar de calcio en diferentes estados fenológicos sobre el contenido de calcio en las bayas de vid. Los resultados indicaron que las aplicaciones foliares de calcio no produjeron diferencias estadísticamente significativas en la concentración de materia seca, calcio total y calcio ligado en las bayas de vid, tanto en la fase de envero como en la cosecha. Se concluyó que, aunque se observaron algunas diferencias numéricas entre los tratamientos, estas no alcanzaron la significancia estadística, atribuyéndose a las fluctuaciones naturales o aleatorias del cultivo más que a los efectos directos de los tratamientos aplicados [20].

Entre enero y julio del año 2021, se realizó una investigación en la región de Piura, Perú, por el tesista Jhader Anthony Alvarez Romero como parte de su tesis titulada "Alternativa de control de la oidiosis en arándano (*Vaccinium corymbosum*) orgánico en Piura". En este estudio se buscaba determinar la efectividad de tratamientos alternativos, incluyendo el silicio, para el control de la Oidiosis en el cultivo del arándano bajo condiciones de campo. Los resultados indicaron que, si bien el silicio en rotación con azufre contribuyó al control de la severidad de la enfermedad, las aplicaciones de silicio por sí solas no influyeron significativamente en los parámetros de cosecha como el calibre, los sólidos solubles (ambos con promedios similares al control T13 en la 4ta y 5ta cosecha) ni el rendimiento por planta, no mostrando diferencias significativas en comparación con el control. Se concluyó que el

silicio, junto con el bicarbonato de potasio y el azufre, constituye una alternativa para el manejo no convencional del *Oidium* sp. en el cultivo del arándano [21].

Una tesis de pregrado fue ejecutada en una parcela de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi), perteneciente a la empresa Camposol S.A. en Virú, La Libertad, Perú, por los bachilleres Ritchie Junior Romero Clemente y Sonomi Estefany Castañeda Chuqui. El objetivo de este estudio fue determinar la efectividad de la aplicación de silicio en la firmeza del fruto en cosecha y su vida postcosecha. Los resultados indicaron que el análisis de laboratorio confirmó un aumento significativo del contenido de silicio en el fruto. Además, los tratamientos con silicio lograron mejorar estadísticamente la firmeza de los frutos en comparación con el testigo control, tanto en cosecha como en postcosecha, lo que demostró una mejora en este parámetro de calidad. [22].

1.1.3 Antecedentes locales

Una investigación realizada en Ica, Perú, durante el periodo de marzo a octubre del 2021 por el tesista Victor Hugo Huamani Sotil como parte de su tesis de pregrado, buscaba evaluar el efecto de la aplicación de tres fuentes naturales de calcio en el rendimiento y calidad en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), híbrido 'Ventura', en zona alta del valle de Ica. Los resultados mostraron que, si bien no se hallaron diferencias estadísticas para el peso fresco ni el peso seco de las bayas, los tratamientos a base de calcio de bajo costo sí afectaron significativamente dos variables importantes de calidad: el calibre de la fruta y los grados Brix. En comparación con el testigo absoluto, los tratamientos con calcio mostraron mejoras considerables en estas variables de calidad [23].

1.2 Sobre el cultivo de la vid

1.2.1 Morfología de la vid

a) Sistema radicular

El sistema radicular de la vid presenta una arquitectura compleja que evoluciona en varias etapas: desde la formación inicial, pasando por el desarrollo preliminar, cambios de uniformidad, formación del sistema radicular y finalmente la estabilización de la arquitectura. Durante el desarrollo, se observa un crecimiento de raíces laterales y pelos radicales, lo que contribuye a la adaptación y eficiencia en la absorción de agua y nutrientes [24]. Las raíces principales de la vid desarrollan raíces laterales de primer orden, que son numerosas, pero generalmente cortas y delgadas (más del 90% tienen menos de 5 cm de longitud y más del 50% menos de 0,05 cm de diámetro). La densidad lineal de raíces laterales puede alcanzar hasta 7 laterales por centímetro de raíz principal. La mayor parte de la superficie de la raíz principal está disponible para la absorción directa de agua, ya que solo alrededor del 1% está ocupada por raíces laterales [25].

La anatomía de las raíces varía según las condiciones ambientales y el manejo hídrico. En condiciones de riego por goteo y suelos profundos, las raíces presentan diámetros de vasos del xilema más grandes y menor número de vasos, además de una reducción en los tejidos protectores y de soporte. En contraste, las raíces en condiciones de estrés hídrico muestran mayor grosor de la peridermis y mayor número de vasos de menor diámetro, lo que sugiere adaptaciones a la sequía [26].

b) Tallo

El tallo de la vid por su naturaleza trepadora, desarrolla brotes extensos que requieren soportes externos para crecer, a diferencia de otras plantas leñosas que son autoportantes [27]. Anatómicamente, el tallo presenta un sistema vascular primario compuesto por haces vasculares. El xilema está formado por vasos anchos de tipo escalariforme, rodeados de parénquima con paredes engrosadas y fibras vivas septadas [28].

El tallo cumple funciones esenciales de soporte, permitiendo que la planta trepe y se expanda, lo que maximiza la exposición al sol y la eficiencia fotosintética [27], es fundamental en el transporte de agua y nutrientes, gracias a sus vasos anchos y alta conductividad hidráulica, lo que es crucial para el crecimiento vigoroso y la respuesta a la disponibilidad de agua [29]. Además, el tallo almacena reservas energéticas (almidón) y permite la formación de yemas compuestas, esenciales para la regeneración anual de brotes y la producción de frutos [28].

c) Hoja

Las hojas de la vid presentan una morfología variable, pero generalmente son láminas dorsiventrales, es decir, tienen una diferenciación clara entre la cara superior y la inferior [30]. La epidermis del haz suele tener células grandes, mientras que la epidermis del envés presenta tricomas y estomas, localizándose solo en la cara inferior [31]. La función principal de las hojas es la fotosíntesis, facilitada por la estructura del mesófilo y la presencia de estomas que regulan el intercambio gaseoso [32]. Las hojas también desempeñan un papel en la transpiración y en la protección contra patógenos, donde la densidad estomática y el grosor del parénquima esponjoso pueden influir en la susceptibilidad a enfermedades [30].

d) Flores

Las flores de *Vitis vinifera* presentan tres tipos principales según su función sexual: masculinas (estaminadas), femeninas (pistiladas) y hermafroditas. Las flores masculinas tienen estambres bien desarrollados con polen viable, pero pistilo rudimentario; las

femeninas poseen pistilo funcional y estambres reflejos con polen no funcional; las hermafroditas tienen ambos órganos funcionales y son autofértiles [33]. Morfológicamente, todas las flores tienen cinco sépalos, cinco pétalos fusionados formando una caliptra, cinco estambres y un pistilo central. Sin embargo, la funcionalidad de estos órganos varía según el tipo de flor. La función principal de las flores es la reproducción sexual. En vides silvestres las flores son dioica, con plantas masculinas y femeninas separadas, mientras que la vid cultivada (subsp. *vinifera*) es mayoritariamente hermafrodita y autofértil, facilitando la producción de frutos sin necesidad de polinización cruzada [34].

e) Fruto

La vid (*Vitis vinifera*) produce frutos en forma de racimos. Cada racimo está compuesto por numerosas bayas pequeñas, comúnmente conocidas como uvas, que pueden variar en tamaño, color, forma según la variedad [35]. La función principal del fruto es la reproducción y dispersión de la especie. Las uvas contienen semillas que, al ser consumidas y dispersadas por animales, facilitan la propagación de la vid en su entorno natural [36]. La epidermis, también llamada exocarpio o piel, es la capa más externa de la baya y está compuesta por células epidérmicas y subepidérmicas, además de una cutícula protectora. Esta capa es rica en compuestos fenólicos, como antocianinas y flavonoles, responsables del color y parte del aroma del fruto [37].

1.2.2 Descripción de la variedad Red Globe

Red Globe es una variedad de uva de mesa reconocida por el gran tamaño de sus bayas, que presentan una forma esférica o casi esférica y una pulpa firme [38]. La piel de la uva Red Globe es de color rojo, determinado principalmente por la acumulación de antocianinas y es altamente dependiente de la exposición a la luz, lo que convierte a Red Globe en una variedad típicamente foto-dependiente para la coloración de la piel [39]. Además, la variedad presenta un alto contenido de polifenoles, antocianinas y azúcares reductores, especialmente en las semillas, lo que le confiere importantes propiedades antioxidantes y potencial actividad anticancerígena [40]. Red Globe es apreciada por su sabor agradable y su textura firme. El contenido de sólidos solubles totales (SST) es un indicador clave de su calidad interna. Además, la variedad Red Globe muestra una buena capacidad de conservación postcosecha, especialmente cuando se aplican biopreservativos naturales, manteniendo su calidad sensorial y reduciendo la pérdida de peso y el deterioro [41].

1.2.3 Importancia del calcio en la fisiología de la vid

El calcio es un nutriente esencial en la vid, con roles regulatorios y estructurales fundamentales en el desarrollo y funcionamiento de la planta. La deficiencia de calcio en la vid provoca una reducción significativa en el crecimiento de brotes, peso fresco, área foliar y contenido de clorofila, además de alteraciones en la estructura de los cloroplastos y en la densidad y salud de las raíces, lo

que evidencia su importancia para el desarrollo óptimo y la homeostasis fisiológica de la planta [42]. Además, el calcio actúa como mensajero secundario en diversas rutas de señalización, regulando procesos metabólicos y enzimáticos clave para la calidad del fruto y la resistencia a estreses abióticos y bióticos [43].

El calcio desempeña un papel central en la organización y estabilidad de la pared celular, principalmente mediante la formación de enlaces cruzados entre moléculas de pectina, lo que contribuye a la firmeza y resistencia del fruto [44]. La aplicación de calcio modula la expresión y actividad de enzimas como pectinasas y poligalacturonasas, inhibiendo la degradación de pectinas y el ablandamiento de la pared celular, además de influir en la remodelación de la cutícula y la composición de la piel de la baya [45].

El calcio es clave para mantener la calidad poscosecha de la uva, ya que su aplicación pre o poscosecha incrementa la firmeza del fruto, reduce la incidencia de podredumbres y prolonga la vida útil durante el almacenamiento [46]. Las aplicaciones con calcio estimulan la actividad de enzimas antioxidantes y genes de defensa, disminuyen la pérdida de peso, la abscisión y el deterioro del fruto, y mejoran la resistencia frente a patógenos, aunque pueden reducir el contenido de fenoles y antocianinas [47]. La acumulación de calcio en la piel y pulpa es especialmente efectiva cuando se aplica antes del envero, contribuyendo a una mayor firmeza y menor susceptibilidad a daños y enfermedades durante la conservación [45].

1.2.4 Importancia del silicio en la fisiología de la vid

El silicio (Si) es considerado un elemento beneficioso para la vid, ya que incrementa la resistencia frente a diversos estreses abióticos y bióticos, como la salinidad, sequía y enfermedades. Su aplicación mejora parámetros fisiológicos clave, como la fotosíntesis, el crecimiento, la acumulación de biomasa y la actividad antioxidante, además de reducir el daño en membranas y regular el contenido de osmólitos. Estos efectos contribuyen a una mayor tolerancia al estrés y a un mejor desarrollo general de la planta, aunque la magnitud de los beneficios puede variar según el genotipo de la vid [48]. El silicio se deposita en la pared celular y entre las células, formando fitolitos que refuerzan la integridad estructural de los tejidos vegetales. Esta acumulación fortalece la pared celular, mejora la resistencia mecánica y reduce la permeabilidad de la membrana, lo que limita la entrada de iones tóxicos y disminuye el daño oxidativo bajo condiciones de estrés. Además, el silicio ayuda a mantener la homeostasis iónica y protege la maquinaria fotosintética, contribuyendo a la estabilidad y funcionalidad de las membranas celulares [49].

La aplicación de silicio en la vid se asocia con mejoras en la calidad poscosecha de las uvas, reflejadas en un aumento de compuestos fenólicos, antocianinas y sólidos solubles, así como una reducción de la acidez y del daño oxidativo en los frutos. Estos cambios contribuyen a una mayor resistencia a enfermedades, mejor conservación y atributos sensoriales superiores en las bayas.

Además, el silicio puede inducir respuestas específicas según el cultivar, modificando la composición química de las uvas y mejorando su valor comercial y nutricional tras la cosecha [50].

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

- ¿Cuál es el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en la calidad poscosecha de racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica?

1.3.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en las características de calidad de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” al momento de la cosecha (peso de baya, calibre, sólidos solubles totales y firmeza) en la zona de Villacuri, Ica?
- ¿Cuál es el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de la fisiopatía del Palo Negro y la pudrición ácida en los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica?
- ¿Cuál es el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en la vida útil y la preservación de la firmeza y calidad de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” durante el periodo poscosecha en la zona de Villacuri, Ica?

1.4 Importancia de la investigación

El Perú se ha consolidado como líder mundial en las exportaciones de uva de mesa desde 2023, superando a Chile. Esta posición se debe a una temporada de cultivo extendida y una mano de obra competitiva, lo que ha impulsado un crecimiento anual del 14.3% (66,000 toneladas) en sus exportaciones. Pese al estancamiento global por el cambio climático y tendencias de desglobalización, la uva peruana mantiene una alta competitividad, lo que fomenta la búsqueda de variedades más resistentes y de mejor calidad [51].

Dentro de este panorama nacional, la región de Ica desempeña un papel fundamental en la consolidación de Perú como líder exportador de uva de mesa por segundo año consecutivo, registrando 562,093 toneladas en la campaña 2024-2025 (MIDAGRI-SENASA). Ica concentra el 47% de las más de 22,000 hectáreas cultivadas certificadas a nivel nacional. Entre las numerosas variedades exportadas (más de 56), la 'Red Globe' se mantiene consistentemente entre las más demandadas, y avances como la certificación fitosanitaria en el puerto de Paracas refuerzan la relevancia estratégica de la región [52].

Sin embargo, a pesar de esta posición destacada y la importancia de la 'Red Globe', la calidad poscosecha de esta variedad enfrenta desafíos críticos. El raquis, principal índice de frescura, es altamente susceptible a la deshidratación y pardeamiento. Como producto vivo, la uva sufre un deterioro progresivo durante el almacenamiento, incluyendo pérdida de firmeza, aumento de

defectos y pudriciones. La extensa distancia a los mercados de exportación agrava considerablemente estas mermas. Adicionalmente, factores como el estrés climático precosecha y la fisiología varietal específica de la 'Red Globe' (ej., la ausencia de cambios en la producción de etileno durante la pinta) complejizan aún más su conservación, subrayando la urgencia de optimizar su manejo desde la precosecha para asegurar la calidad global [53].

Frente a estos desafíos de calidad poscosecha, el Calcio (Ca) y el Silicio (Si) emergen como elementos clave para mitigar el deterioro. El Calcio, esencial para la vida, fortalece la pared celular del fruto, mejorando su firmeza y resistencia al reducir la degradación de pectinas y la incidencia de podredumbres, lo que prolonga la vida útil y la resistencia a patógenos [44,46].

Por su parte, el Silicio, considerado un elemento beneficioso, refuerza la integridad estructural de los tejidos vegetales y potencia la tolerancia a estreses abióticos y bióticos, traducándose en una mejora de la calidad poscosecha, mayor resistencia a enfermedades y mejores atributos sensoriales en las uvas [49,50]. La investigación sobre la aplicación foliar de estos elementos es crucial para aprovechar sus beneficios específicos en la variedad 'Red Globe' y así optimizar su conservación y valor comercial.

1.5 Justificación de la investigación

Esta investigación ofrece una relevancia práctica directa y significativa para los productores de uva 'Red Globe' en la región de Ica. La aplicación foliar de Calcio y Silicio es fundamental, ya que estos elementos son esenciales para fortalecer la estructura celular del fruto, incrementar su firmeza y mejorar la resistencia ante el deterioro poscosecha [44,49].

Específicamente, el Calcio estabiliza la pared celular, reduciendo el ablandamiento y la incidencia de podredumbres, lo cual es vital para la preservación de la calidad [45,46]. Por su parte, el Silicio refuerza los tejidos y potencia la tolerancia a estreses abióticos y bióticos, mejorando el valor nutricional y la resistencia general de la uva [48,50].

En conjunto, estas mejoras permitirán una reducción sustancial de las pérdidas por deshidratación, pudriciones y otros daños, asegurando que la uva 'Red Globe' mantenga una calidad superior y prolongue significativamente su vida útil durante el almacenamiento y los largos trayectos de exportación a mercados internacionales.

Consecuentemente, los productores de Ica se beneficiarán directamente al optimizar la comercialización de su producto, reducir drásticamente las mermas y acceder a mayores ingresos mediante una oferta más competitiva y consistente. Esto también mitigará los riesgos económicos frente a condiciones climáticas adversas y las exigencias de calidad de los destinos, consolidando la rentabilidad de sus cultivos.

1.6 Objetivo de la investigación

Objetivo general:

- Evaluar el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en la calidad poscosecha de racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica.

Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en las características de calidad de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” al momento de la cosecha (peso de baya, calibre, sólidos solubles totales y firmeza) en la zona de Villacuri, Ica.
- Evaluar el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de la fisiopatía del Palo Negro y la pudrición ácida en los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica.
- Analizar el efecto de las aplicaciones foliares de calcio y silicio en la vida útil y la preservación de la firmeza y calidad de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” durante el periodo poscosecha en la zona de Villacuri, Ica.

1.7 Hipótesis de la investigación

Hipótesis general

- Hipótesis Nula (H_0): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio no tienen un efecto significativo en la calidad poscosecha de racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica.
- Hipótesis Alternativa (H_1): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio sí tienen un efecto significativo y positivo en la calidad poscosecha de racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica.

Hipótesis específicas

- Hipótesis específica 1
 - Hipótesis Nula (H_0): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio no influyen significativamente en las características de calidad (peso de baya, calibre, sólidos solubles totales y firmeza) de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” al momento de la cosecha en la zona de Villacuri, Ica.
 - Hipótesis Alternativa (H_1): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio influyen positivamente en las características de calidad (peso de baya, calibre, sólidos solubles totales y firmeza) de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” al momento de la cosecha en la zona de Villacuri, Ica.
- Hipótesis específica 2

- Hipótesis Nula (H_0): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio no reducen significativamente la incidencia de la fisiopatía del Palo Negro ni la pudrición ácida en los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica.
 - Hipótesis Alternativa (H_1): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio reducen significativamente la incidencia de la fisiopatía del Palo Negro y la pudrición ácida en los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona de Villacuri, Ica.
- Hipótesis específica 3
- Hipótesis Nula (H_0): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio no mejoran significativamente la vida útil ni la preservación de la firmeza y calidad de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” durante el periodo poscosecha en la zona de Villacuri, Ica.
 - Hipótesis Alternativa (H_1): Las aplicaciones foliares de calcio y silicio mejoran significativamente la vida útil y la preservación de la firmeza y calidad de los racimos de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” durante el periodo poscosecha en la zona de Villacuri, Ica.

1.8 Variables de la investigación

1.8.1 Variables independientes

- Tratamiento control:
 - Sin aplicaciones foliares de calcio ni silicio
- Producto con Silicio (Organichem Silicio)
 - Dosis 1: 3.5 L/ha
 - Dosis 2: 7 L/ha
 - Dosis 3: 9 L/ha
- Producto con Calcio (Fortalis)
 - Dosis 1: 6 L/ha
 - Dosis 2: 9 L/ha

1.8.2 Variables dependientes

- Evaluaciones en Precosecha
 - Porcentaje de incidencia de pudrición ácida en racimos
 - Porcentaje de incidencia de la fisiopatía Palo negro en racimos
- Evaluaciones en cosecha
 - Peso promedio de bayas
 - Calibre promedio de bayas

- Firmeza promedio de bayas
- Sólidos solubles totales (SST)
- Evaluaciones Poscosecha
 - Sólidos solubles totales (SST)
 - Firmeza promedio de bayas
 - Desgrane de racimos
 - Potencial de deshidratación de racimos
 - Análisis de laboratorio (calcio ligado y calcio total)

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 Tipo, nivel y diseño de la investigación

2.1.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación fue de tipo aplicada.

2.1.2 Nivel de la investigación

El trabajo de investigación fue de enfoque cuantitativo y de alcance explicativo, con un diseño experimental.

2.1.3 Diseño de la investigación

En este estudio se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Se evaluaron seis tratamientos distintos. Estos tratamientos consistieron en tres dosis del producto “Organichem Silicio” (3.5 L/ha, 7 L/ha, 9 L/ha), más con dos dosis del producto “Fortalis” (6 L/ha, 9 L/ha), además de un tratamiento testigo absoluto que no recibió ningún producto. La aleatorización de los tratamientos se realizó dentro de cada bloque, resultando en un total de 24 unidades experimentales para el análisis

El modelo aditivo lineal del diseño experimental utilizado es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es la respuesta observada con tratamiento i en el bloque j .

μ = Parámetro, efecto medio

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento i ; $i = 1, 2, \dots, \tau$

β_j = Parámetro, efecto del bloque j ; $j = 1, 2, \dots, r$

ε_{ij} = Valor aleatorio, error experimental asociado al tratamiento i en el bloque j .

2.1.4 Características del campo experimental

Ubicación de la investigación

El estudio se desarrolló en los campos del Fundo Luzmila, perteneciente a la empresa RVR, dedicada a la agroindustria de uva de mesa, arándanos y cítricos. Este fundo se localiza en la zona de Villacuri, distrito de Salas Guadalupe, provincia y departamento de Ica, en la región Ica, Perú, con coordenadas geográficas de 13°54'11.815" S y 75°52'32.250"W.

La investigación se llevó a cabo específicamente en el Lote 9, Sector R-43, en el cultivo de vid, variedad 'Red Globe', injertada sobre el patrón Salt Creek. Este lote abarca una superficie de 4.6 hectáreas y presenta un marco de plantación de 3 metros entre filas por 1.75 metros entre plantas, lo que resulta en una densidad de 1904 plantas por hectárea. El viñedo fue instalado en noviembre del 2013.

Dimensión del terreno

- Largo (en dirección al surco): 52.50 m
- Ancho (transversal al surco): 24.00 m
- Área total: 924.00 m²
- Área de calles: 336.00 m²
- Área neta: 1260.00 m²

Bloques:

- Largo del bloque (en dirección al surco): 52.50 m
- Ancho del bloque (transversal al surco): 6.00 m
- Área de un bloque: 315.00 m²
- Número de bloques: 4

Parcelas:

- Largo de parcela (en dirección al surco): 8.75 m
- Ancho de parcela (transversal al surco): 6.00 m
- Área de una parcela: 52.50 m²
- Número de parcelas: 24

2.1.5 Croquis experimental

Densidad de plantas: 1904

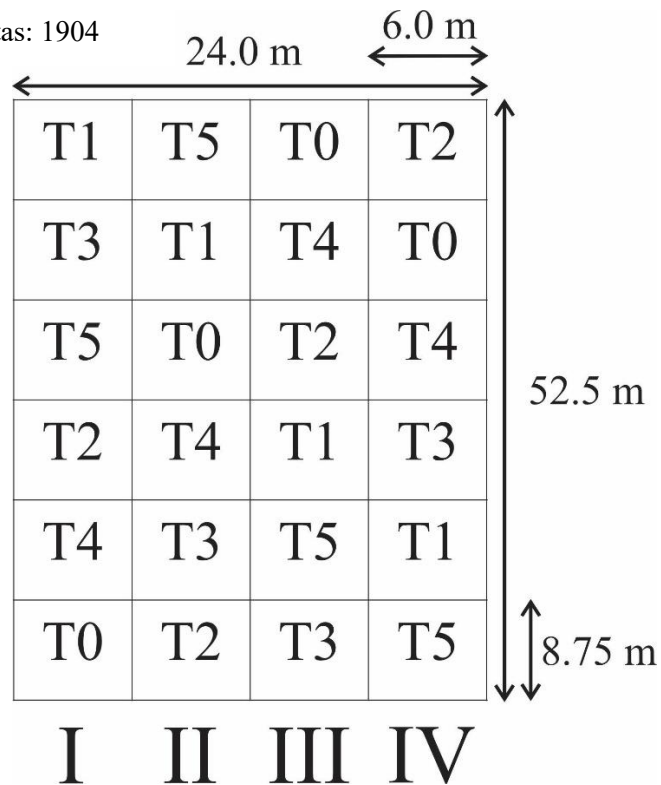


Figura 1. Croquis experimental

2.2 Población y muestra

2.2.1 Población de estudio

La población de estudio para esta investigación comprende todas las plantas de vid de la variedad 'Red Globe' que se cultivan bajo un sistema de manejo comercial en el Valle de Ica, Perú. Esta población representa el universo de interés al cual los hallazgos de este estudio, enfocados en la mejora de la calidad poscosecha mediante aplicaciones foliares, podrían ser potencialmente aplicados.

2.2.2 Población de la muestra de estudio

La muestra de estudio estuvo conformada por un total de 240 plantas de vid de la variedad 'Red Globe'. Estas plantas fueron seleccionadas y distribuidas en 24 unidades experimentales, correspondientes a un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

Cada unidad experimental estuvo compuesta por 10 plantas de vid. Las unidades experimentales se ubicaron específicamente en el Lote 9, Sector R-43 del Fundo Luzmila, en las Pampas de Villacuri (distrito de Salas Guadalupe, provincia y departamento de Ica). El área neta del ensayo abarcó 1260.00 m².

2.3 Tratamientos

Los tratamientos evaluados en este estudio fueron formulados mediante la combinación de un producto a base de silicio y uno de calcio, incluyendo un control sin aplicación. Específicamente, se emplearon tres dosis del producto “Organichem Silicio” (3.5 L/Ha, 7 L/Ha y 9 L/Ha) y dos dosis del producto “Fortalis” (6 L/Ha y 9 L/Ha), con un tratamiento testigo absoluto que no recibió ningún producto, así como se muestra a continuación:

Tabla 1: Tratamientos en estudio

Tratamiento	Descripción	Dosis Foliar (Ha)	Número de aplicaciones	Dosis fertirriego (ha)	Número de aplicaciones
T0	Testigo absoluto	-	-	-	-
T1	Organichem Silicio	3.5 L	3	1.0 L	2
T2	Organichem Silicio	7.0 L	3	2.0 L	2
T3	Organichem Silicio	9.0 L	3	2.0 L	2
T4	Fortalis	6.0 L	3	-	-
T5	Fortalis	9.0 L	3	-	-

2.4 Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos siguió la siguiente metodología.

a) Elección de mochila para las aplicaciones

Para las aplicaciones foliares, se empleó la mochila pulverizadora a motor Jacto PJM-25. Este equipo cuenta con un depósito de 25 litros y una presión de hasta 360 PSI, características esenciales para asegurar una cobertura uniforme y efectiva de los tratamientos sobre las plantas de vid.

b) Elección de la boquilla

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó una boquilla ATR 1.0 (color violeta). Esta boquilla fue seleccionada por su capacidad de generar un tamaño de gota muy fina, lo cual es crucial para maximizar la cobertura foliar y la absorción de los productos. Su caudal de descarga varía entre 0.32 y 0.70 litros por minuto, ajustándose automáticamente según la presión de trabajo utilizada durante la aplicación.

c) Aplicación foliar, cálculo el gasto de agua

Para asegurar la uniformidad en las aplicaciones foliares, se realizó un cálculo preciso del gasto de agua por tratamiento. Antes de cada aplicación de tratamiento, se llenaron 10 litros de agua limpia en la mochila pulverizadora a motor Jacto JP25. Esta cantidad de agua se aplicó a 6 plantas de vid con características representativas, ubicadas fuera del área experimental. Una vez vaciado el contenido, se midió el volumen de agua restante en la mochila para determinar el gasto exacto por planta. Finalmente, este gasto se escaló para cubrir las 40 plantas correspondientes a cada tratamiento (10 plantas por unidad experimental multiplicadas por las 4 repeticiones en los bloques). Para todas las soluciones de tratamiento, se añadió el coadyuvante Magic Water a una dosis de 60 cc por cada 200 litros de agua, con el fin de optimizar la adherencia y dispersión foliar.

d) Aplicaciones vía Drench

Para las aplicaciones de fertirriego, se utilizó el método drench. Este consistió en dividir la dosis de fertirriego por hectárea entre el número de plantas por hectárea, obteniendo así la cantidad precisa a aplicar por cada planta. Luego, la dosis correspondiente para 60 plantas fue preparada en un cilindro de 200 litros, asegurando una aplicación uniforme y dirigida al sistema radicular.

e) Preparación de los tratamientos

La preparación de las soluciones para cada tratamiento se realizó mediante el cálculo preciso de las dosis indicadas en la "Tabla 1". Para tal fin, se empleó la regla de tres simple, asegurando la correcta proporción de cada producto. Es importante destacar que, a diferencia de las aplicaciones foliares, no se utilizaron coadyuvantes en las soluciones preparadas para las aplicaciones vía drench.

f) Aplicación de tratamientos

Finalmente, con los cálculos de gasto de agua y las dosis específicas ya definidos para cada tratamiento, se procedió a la ejecución de las aplicaciones foliares y vía drench en las unidades experimentales.

Durante todo el proceso, desde la preparación de las soluciones hasta la aplicación en campo, se siguieron estrictamente las medidas de seguridad recomendadas. Esto incluyó el uso de equipo de protección personal como guantes, gafas de seguridad, mascarillas y trajes especializados para aplicaciones fitosanitarias, en conformidad con las buenas prácticas de manejo de productos agrícolas.

Tabla 2: Cronograma de actividades

Evento	Momento de ejecución	Fecha
Marcado de campo	-	15/09/23
Aplicación drench: T1, T2 y T3	Inicio de floración	16/09/23
Aplicación drench: T1, T2 y T3	14 días del inicio de floración	30/09/23
Aplicación foliar T1, T2, T3, T4 y T5	7 días del cuajado de bayas	07/10/23
Aplicación foliar T1, T2, T3, T4 y T5	21 días del cuajado de bayas	21/10/23
Aplicación foliar T1, T2, T3, T4 y T5	35 días del cuajado de bayas	04/11/23
Evaluación de la fisiopatía “Palo negro”	3 semanas antes de la cosecha	13/01/24
Evaluación de Pudrición ácida	1 semanas antes de la cosecha	27/01/24
Evaluación de parámetros de calidad	Cosecha	03/02/24
Ingreso de fruta al packing y evaluación	-	03/02/24
Prueba del potencial de deshidratación	-	03/02/24
Evaluación del potencial de deshidratación	-	04/02/24
Evaluación del potencial de deshidratación	-	05/02/24
Evaluación del potencial de deshidratación	-	06/02/24
Evaluación del potencial de deshidratación	-	07/02/24
Evaluación en el packing	14 días del inicio de la cosecha	17/02/24
Evaluación en el packing	28 días del inicio de la cosecha	02/03/24
Evaluación en el packing	42 días del inicio de la cosecha	16/03/24
Evaluación en el packing	56 días del inicio de la cosecha	30/03/24
Envío de muestras al laboratorio	56 días del inicio de la cosecha	30/03/24

2.5 Metodología de evaluación de variables

2.5.1 Etapa de precosecha

- a) **Porcentaje de incidencia de la fisiopatía "Palo negro" en racimos:** Se evaluó la incidencia de la fisiopatía "Palo negro" mediante inspección visual directa en campo. Esta evaluación se llevó a cabo aproximadamente tres semanas antes de la cosecha (13 de enero de 2024). Se contabilizaron todos los racimos que presentaban síntomas de la fisiopatía en las diez (10) plantas seleccionadas por unidad experimental. El porcentaje de incidencia se calculó como el número de racimos afectados sobre el total de racimos evaluados por unidad experimental, expresado en porcentaje (%).
- b) **Porcentaje de incidencia de pudrición ácida en racimos:** La incidencia de pudrición ácida en racimos se determinó mediante observación visual en campo. La evaluación se realizó en todos los racimos de las diez (10) plantas por unidad experimental, una semana antes de la cosecha (27 de enero de 2024). El porcentaje de incidencia se calculó como el número de racimos que presentaban signos visibles de pudrición ácida respecto al total de racimos evaluados por unidad experimental, expresado en porcentaje (%).

2.5.2 Etapa de cosecha

- a) **Peso promedio de bayas (gramos):** Para determinar el peso promedio de las bayas, se recolectaron aleatoriamente 60 bayas por unidad experimental en el momento de la cosecha. Estas bayas fueron seleccionadas de la parte media de racimos representativos. Cada baya se pesó individualmente utilizando una balanza de precisión con una exactitud de 0.1 gramos.
- b) **Calibre promedio de bayas (milímetros):** El calibre de las bayas se determinó utilizando las mismas 60 bayas seleccionadas para la evaluación de peso. Se midió el diámetro ecuatorial de cada baya con un vernier digital con una precisión de 0.1 mm.
- c) **Firmeza promedio de las bayas (gramos/fuerza):** La firmeza de las bayas se evaluó en las mismas 60 bayas utilizadas para peso y calibre. Se empleó un penetrómetro de bayas manual (Wagner FT02).
- d) **Total de sólidos solubles (°Brix):** El contenido de sólidos solubles totales (SST) se determinó en el jugo de las mismas 60 bayas previamente utilizadas para peso, calibre y firmeza. Se obtuvo una muestra de jugo de cada baya mediante presión manual, y el valor se leyó directamente con un refractómetro digital Hanna HI96801 con compensación automática de temperatura.

2.5.3 Etapa poscosecha

a) Evaluaciones en cámara de frío

- **Sólidos Solubles Totales (°Brix):** Se evaluó el SST en bayas de racimos almacenados en cámara de frío, siguiendo el mismo procedimiento descrito en la etapa de cosecha.
- **Firmeza promedio de bayas (g/f):** La firmeza de las bayas se evaluó en los racimos almacenados en cámara de frío, utilizando el mismo método y equipo descrito en la etapa de cosecha.
- **Desgrane de racimos (unidades):** Para esta evaluación, se utilizaron 20 racimos por tratamiento (5 racimos por bloque). El procedimiento consistió en extraer cada racimo cuidadosamente de la bolsa individual en la que estaba almacenado, sujetándolo por el pedúnculo. Tras levantarlo suavemente, se procedió a contabilizar el número de bayas que había en el interior de la bolsa, para luego devolverlo cuidadosamente a su bolsa para continuar con el almacenamiento.

b) Evaluación de potencial de deshidratación

- **Potencial de Deshidratación de Racimos (%):** La deshidratación de racimos se evaluó como una medida del potencial de deshidratación y la integridad del raquis, siguiendo una metodología adaptada de Luchsinger [54]. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente cuatro (4) racimos por tratamiento en el momento de la cosecha. Cada racimo fue pesado individualmente para obtener su peso inicial y colocado en platos descartables. Estos se mantuvieron en un cuarto caluroso. La pérdida de peso se calculó como porcentaje respecto al peso inicial del racimo registrado al inicio.

c) Evaluaciones de laboratorio

- **Calcio Total de las bayas (mg/100 msf):** De los racimos mantenidos en cámara de frío, se recolectó una submuestra de bayas de cada uno, logrando un peso combinado total de aproximadamente 1 kilogramo por tratamiento. Estas muestras fueron inmediatamente colocadas en una caja térmica equipada con hielo en gel para asegurar su óptima conservación y minimizar la degradación durante el transporte al laboratorio.
- **Calcio ligado de las bayas (mg/100 msf):** El Calcio ligado de las bayas se determinará a partir de la misma muestra global de 1 kilogramo de bayas preparada para el análisis de Calcio total.

2.6 Técnicas de procesamiento

Todos los datos se registraron en formatos impresos y luego se pasaron programa Excel, luego para el análisis de datos se utilizaron los paquetes estadísticos Statgraphic 16.1 (para el análisis del ANVA y la prueba múltiple de rangos de Duncan”, SPSS 25.0 (para las pruebas de normalidad), el Minitab 21.4 (para la prueba de homogeneidad de varianzas) y el programa Jasp para las pruebas no paramétricas.

III. RESULTADOS

3.1 Evaluaciones precosecha

3.1.1 Porcentaje de incidencia de pudrición ácida en racimos

Tabla 3: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del porcentaje de incidencia de la pudrición ácida en racimos antes y después de la transformación

Tratamiento	% de Incidencia promedio original	Coficiente de variación original	% de Incidencia promedio transformado (raíz $x+0.5$)	Coficiente de variación transformado (raíz $x+0.5$)
T0 – Testigo absoluto	9.15 %	43.03%	3.05 %	21.48%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	8.77 %	26.78%	3.02 %	12.75%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	6.03 %	47.07%	2.50 %	21.79%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	4.55 %	38.58%	2.22 %	17.96%
T4 - Fortalis 6 L/ha	4.20 %	37.61%	2.14 %	16.89%
T5 - Fortalis 9 L/ha	3.88 %	33.07%	2.07 %	14.51%
Total	6.09 %	52.05%	2.50 %	23.68%

La Tabla 3 compara los promedios y coeficientes de variación “CV” del porcentaje de incidencia de la pudrición ácida en racimos, tanto en datos originales como tras aplicar una transformación de raíz cuadrada de $(x + 0.5)$. En los datos originales, se observa una alta variabilidad entre tratamientos, con CV que oscilan entre 26.78% (T1) y 47.07% (T2), y un CV general del 52.05%. Estos valores elevados sugieren una importante dispersión de los datos alrededor de sus medias, lo que podría dificultar la detección de diferencias significativas mediante pruebas paramétricas que asumen homogeneidad de varianzas. Después de la transformación, se aprecia una notable reducción en los CV para todos los tratamientos. Los valores transformados se sitúan ahora entre 12.75% (T1) y 21.79% (T2), con el CV general disminuyendo al 23.68%. Este valor, inferior al umbral del 30%, se considera indicativo de una variabilidad aceptable para el análisis paramétrico.

Tabla 4: Prueba de igualdad de varianzas: porcentaje de incidencia de pudrición ácida

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0.493
Levene	0.99	0.438

La Tabla 4 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas entre los tratamientos y el testigo. Se observa un p valor de 0.438, que es superior a 0.05, indica que no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas.

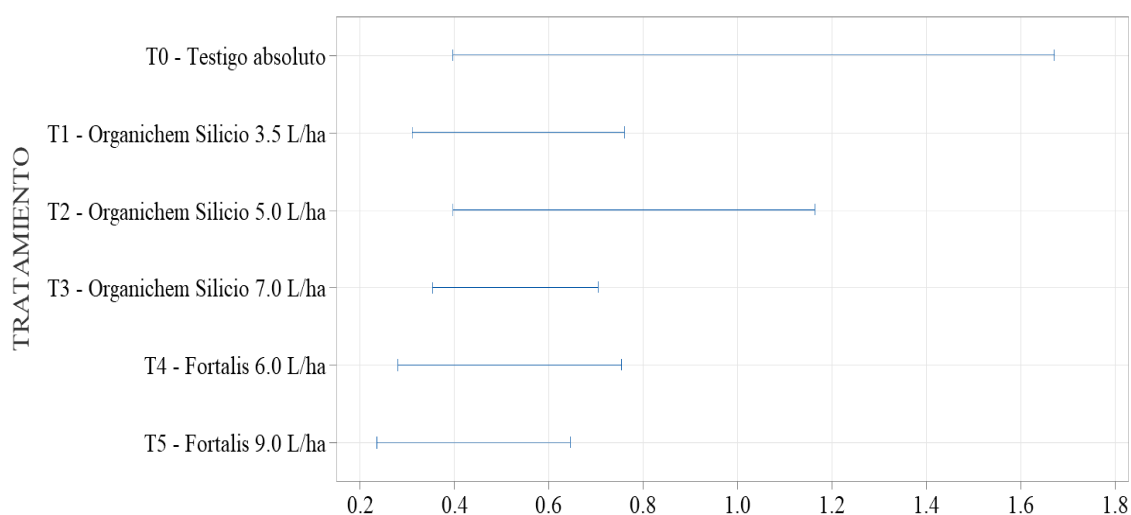


Figura 2. Prueba de igualdad de varianzas del porcentaje de racimos con Pudrición Ácida por tratamiento

En la Figura 2, se presenta un gráfico que muestra los intervalos de comparación para la desviación estándar del porcentaje de racimos con "Pudrición" para cada tratamiento. El propósito de este gráfico es visualizar la homogeneidad de las varianzas entre los grupos. Se puede observar que todos los intervalos se superponen considerablemente entre sí, indicando que no hay diferencias significativas en la variabilidad entre tratamientos.

Esta representación gráfica corrobora el resultado de la prueba de Levene, confirmando la homogeneidad de varianzas para la incidencia de "Pudrición ácida".

Tabla 5: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el porcentaje de incidencia de Pudrición Ácida

Tratamiento	Estadístico	GL	Valor p
T0 - Testigo absoluto	0.153	8	0.947
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	0.264	8	0.217
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	0.215	8	0.148
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	0.247	8	0.096
T4 - Fortalis 6 L/ha	0.175	8	0.580
T5 - Fortalis 9 L/ha	0.260	8	0.428

La Tabla 5 presenta la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad en seis tratamientos y el testigo absoluto. Los valores p obtenidos para cada grupo (T0=0.947, T1=0.217, T2=0.148, T3=0.096, T4=0.580, T5=0.428) son todos considerablemente mayores al nivel de significancia de 0.05.

Esto implica que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los datos de cada tratamiento siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución del porcentaje de pudrición ácida en cada grupo no se desvía significativamente de la normalidad, lo cual es un supuesto favorable para la aplicación de estadística paramétrica en el análisis posterior.

Dado que ambas pruebas de supuestos fundamentales para el análisis paramétrico (la prueba de Levene, con un p-valor de 0.438 que no rechaza la homogeneidad de varianzas, y la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que demostró que los datos de la firmeza promedio de bayas siguen una distribución normal) cumplen con los criterios estadísticos, se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas

Tabla 6: Anva para porcentaje de incidencia de pudrición ácida (raíz $x+0.5$)

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Significancia
Entre grupos	7.69	5	1.54	7.37	0	**
Intra grupos	8.77	42	0.21			
Total (Corr.)	16.47	47				

* Significancia ** Alta significancia NS No significante

La Tabla 6 exhibe el Análisis de Varianza (ANVA) que evalúa el efecto del factor Tratamiento en el porcentaje de incidencia de la pudrición ácida en racimos (datos transformados raíz $x+0.5$). El valor p asociado al factor Tratamiento es de 0.0, siendo inferior al umbral de significancia de 0.05. Esto indica la presencia de diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de pudrición ácida entre al menos uno de los tratamientos aplicados en comparación con los otros, incluyendo el testigo. Se concluye que el tipo de tratamiento influye significativamente en la incidencia de esta enfermedad en los racimos.

Tabla 7: Prueba múltiple de rangos de Duncan para el porcentaje de Pudrición ácida (Raíz $x+0.5$) por tratamiento

Tratamiento	Media Raíz $x+0.5$	Media original	Grupos Homogéneos	Orden de mérito
T5 – Fortalis 9 L/ha	2.07	3.88	a	1
T4 - Fortalis 6 L/ha	2.14	4.20	a	1
T3 – Organichem Silicio 7 L/ha	2.22	4.55	a	1
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	2.50	6.03	a	1
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	3.02	8.77	b	2
T0 – Testigo absoluto	3.05	9.15	b	2

La Tabla 7 presenta los grupos homogéneos resultantes de la prueba múltiple de rangos de Duncan para el porcentaje de Pudrición ácida en racimos, aplicado a los datos transformados ($\sqrt{x+0.5}$) por tratamiento. Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas. Los tratamientos que destacan en primer lugar con la letra “a” son el T5 (Fortalis 9 L/ha), T4 (Fortalis 6 L/ha), T3 (Organichem Silicio 7 L/ha) y T2 (Organichem Silicio 5 L/ha). Estos tratamientos mostraron los menores promedios del porcentaje de pudrición ácida.

En segundo lugar, se encuentran los tratamientos con la letra “b” son T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) y T0 (Testigo absoluto). Estos tratamientos presentaron promedios significativamente mayores de porcentaje de pudrición ácida en comparación con el primer grupo.

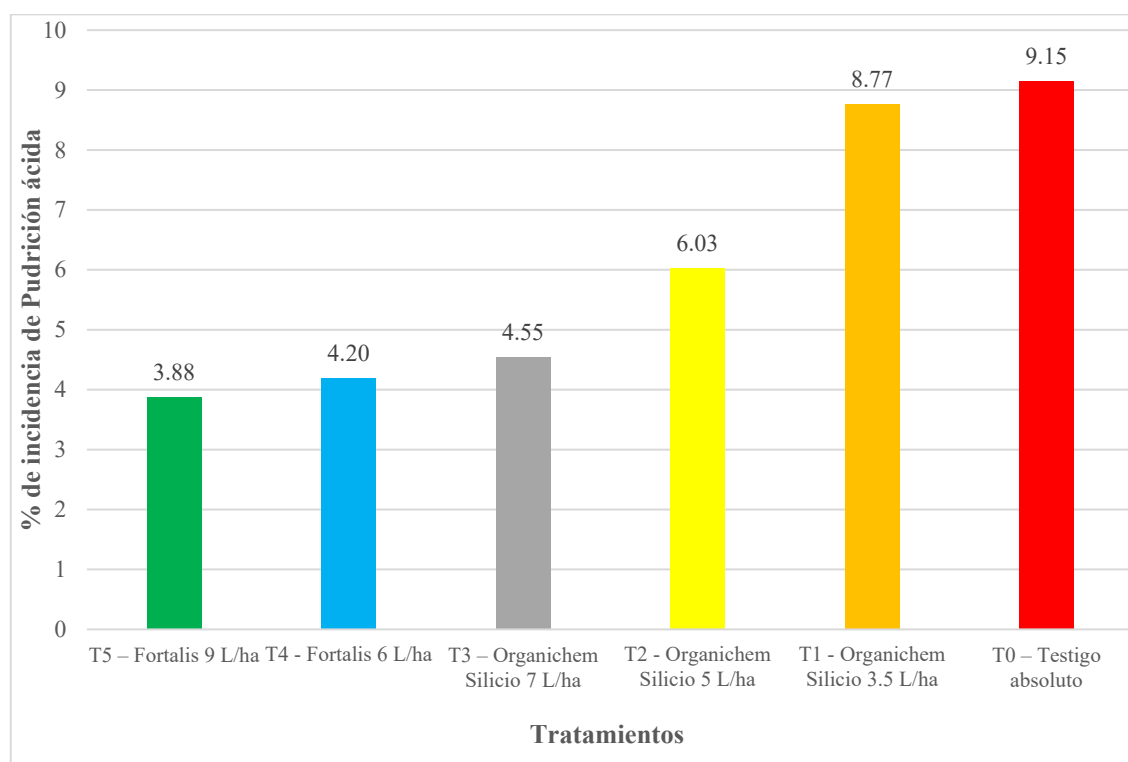


Figura 3. Promedios de porcentaje de incidencia de “Pudrición ácida” en racimos por tratamiento

En la Figura 2 se presentan los promedios del porcentaje de incidencia de “Pudrición ácida” en racimos por tratamiento. Se observa una clara influencia de los tratamientos aplicados frente al testigo absoluto. El T5 – Fortalis 9 L/ha destaca con el menor promedio de incidencia, un 3.88%. Le sigue el T4 – Fortalis 6 L/ha, mostrando un 4.20%, y el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha con un 4.55%, indicando que estas aplicaciones contribuyen a la resistencia fisiológica de la fruta. El T2 – Organichem Silicio 5 L/ha registra un 6.03%, y el T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha un 8.77%. Finalmente, el T0 – Testigo absoluto exhibe el mayor porcentaje de incidencia de pudrición ácida, alcanzando un 9.15%.

3.1.2 Porcentaje de incidencia de la fisiopatía Palo negro en racimos

Tabla 8: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del porcentaje de incidencia de la fisiopatía Palo negro en racimos antes y después de la transformación

Tratamiento	% de Incidencia promedio original	Coefficiente de variación original	% de Incidencia promedio transformado (raíz x+0.5)	Coefficiente de variación transformado (raíz x+0.5)
T0 – Testigo absoluto	6.78%	39.43%	2.65%	19.70%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	5.10%	44.11%	2.32%	20.15%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	6.08%	44.14%	2.52%	20.95%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	3.57%	57.01%	1.94%	30.37%
T4 - Fortalis 6 L/ha	4.02%	58.57%	2.04%	32.08%
T5 - Fortalis 9 L/ha	2.79%	72.42%	1.71%	38.56%
Total	4.72%	55.79%	2.20%	29.04%

La Tabla 8 compara los promedios y coeficientes de variación (CV) del porcentaje de incidencia de la fisiopatía “Palo negro” en racimos, tanto en datos originales como tras la transformación de raíz cuadrada de $(x + 0.5)$. En los datos originales, se observa un CV que oscilan entre el 39.43% (T0 - Testigo absoluto) y el 72.42% (T5 - Fortalis 9 L/ha), y un CV general del 55.79%. Estos valores elevados sugieren una dispersión importante que podría dificultar la detección de diferencias significativas mediante pruebas paramétricas que asumen homogeneidad de varianzas. Después de la transformación (raíz $x + 0.5$), se observa una notable reducción en los CV. Los valores transformados se sitúan entre el 19.70% (T0 - Testigo absoluto) y el 38.56% (T5 - Fortalis 9 L/ha), disminuyendo el CV general al 29.04%. Aunque algunos tratamientos (T3, T4, T5) aún presentan CV por encima del 30% en los datos transformados (30.37%, 32.08%, 38.56% respectivamente), la reducción general de la variabilidad relativa con respecto a los datos originales sugiere una mejora en la homogeneidad de las varianzas.

Tabla 9: Prueba de igualdad de varianzas: porcentaje de la fisiopatía Palo negro racimos

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0.971
Levene	0.06	0.998

La Tabla 9 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas entre los tratamientos y el testigo. Se observa un p valor de 0.998, que es superior a 0.05, indica que no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas.

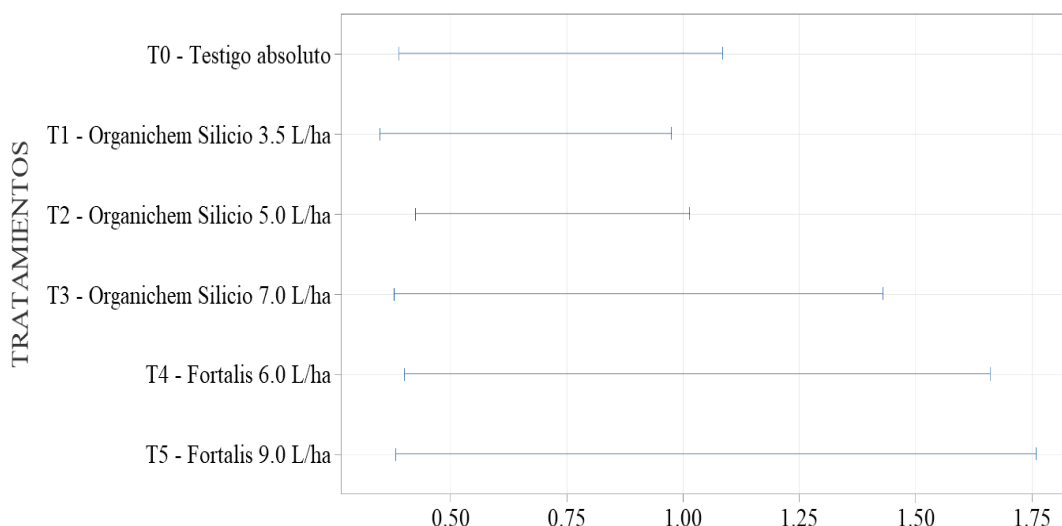


Figura 4. Prueba de igualdad de varianzas del porcentaje de racimos con la fisiopatía Palo Negro en racimos por tratamiento

La Figura 3 muestra intervalos de comparación de la desviación estándar del porcentaje de racimos con "Palo Negro". Se observa superposición entre todos los intervalos, demostrando la homogeneidad de varianzas, indicando que no hay diferencias significativas en la variabilidad entre tratamientos. Esta representación gráfica corrobora el resultado de la prueba de Levene en la Tabla 9, confirmando la homogeneidad de varianzas para la incidencia de "Palo negro".

Tabla 10: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el porcentaje de la fisiopatía Palo Negro en racimos

Tratamiento	Estadístico	GL	Valor p
T0 - Testigo absoluto	0.888	8	0.226
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	0.818	8	0.044
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	0.861	8	0.123
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	0.803	8	0.031
T4 - Fortalis 6 L/ha	0.820	8	0.047
T5 - Fortalis 9 L/ha	0.797	8	0.027

La Tabla 10 presenta la prueba de Shapiro-Wilk para normalidad. Se observa que los tratamientos T0 (0.226) y el T2 (0.123) muestran una distribución normal, los tratamientos T1 (0.044), T3 (0.031), T4 (0.047) y T5 (0.027) tienen un p-valor menor a 0.05. Esto indica que la mayoría de los tratamientos no se ajustan a una distribución normal.

Dado que el supuesto de homogeneidad de varianzas sí se cumple, pero la normalidad no, se debe aplicar estadísticas no paramétricas.

Tabla 11: Prueba de Kruskal-Wallis para el porcentaje de la fisiopatía Palo Negro en racimos
(datos transformados raíz de $x+0.5$)

Tratamiento	Tamaño de muestra	Rango promedio
T0 - Testigo absoluto	8.00	34.19
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	8.00	25.00
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	8.00	33.63
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	8.00	18.25
T4 - Fortalis 6 L/ha	8.00	21.00
T5 - Fortalis 9 L/ha	8.00	14.94
Valor p = 0.022		

La Tabla 11 nos muestra los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, que compara las medianas de los tratamientos, se observa un p-valor de 0.022, este valor es menor que 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que existe una diferencia estadística entre los tratamientos.

Tabla 12: Comparación post-hoc de Dunn para el porcentaje de fisiopatía Palo Negro (datos transformados raíz $x+0.5$)

Comparación	Rango promedio		p-valor
	Primer tratamiento	Segundo tratamiento	
T0 - Testigo absoluto - T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	34.19	25.00	0.189 NS
T0 - Testigo absoluto - T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha	34.19	33.63	0.936 NS
T0 - Testigo absoluto - T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	34.19	18.25	0.023 *
T0 - Testigo absoluto - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	34.19	21.00	0.059 NS
T0 - Testigo absoluto - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	34.19	14.94	0.006 *
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha	25.00	33.63	0.217 NS
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	25.00	18.25	0.334 NS
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	25.00	21.00	0.567 NS
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	25.00	14.94	0.15 NS
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha - T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	33.63	18.25	0.028 *
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	33.63	21.00	0.071 NS
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	33.63	14.94	0.008 *
T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	18.25	21.00	0.694 NS
T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	18.25	14.94	0.636 NS
T4 - Fortalis 6.0 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	21.00	14.94	0.386 NS

*: Significativo

NS: No significativo

La Tabla 12 detalla los resultados de la prueba de comparación múltiple de Dunn, diseñada para identificar qué pares específicos de tratamientos exhiben diferencias estadísticamente significativas en la incidencia de la fisiopatía “Palo negro” en racimos, tras la transformación de los datos. Al examinar la columna del p-valor se revelan varios contrastes importantes.

Específicamente, el tratamiento T5 (Fortalis 9.0 L/ha) demuestra ser significativamente diferente no solo del T0 (Testigo absoluto), sino también del T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) y del T2 (Organichem Silicio 5.0 L/ha), lo que sugiere un efecto superior de esta formulación en la reducción de la incidencia.

Además, se observa que el T3 (Organichem Silicio 7.0 L/ha) es significativamente distinto del T0 (Testigo absoluto), evidenciando también un impacto positivo. Estas comparaciones específicas permiten comprender dónde radican las diferencias globales detectadas por la prueba de Kruskal-Wallis, indicando qué tratamientos ofrecen beneficios estadísticamente diferenciados en el control de la fisiopatía.

Tabla 13: Incidencia de la fisiopatía Palo Negro por tratamiento y grupos homogéneos (Prueba de Dunn, datos transformados raíz de $x+0.5$)

Tratamiento	Rango promedio (Dunn)	Promedio original de incidencia (%)	Grupo homogéneo
T5 - Fortalis 9.0 L/ha	14.94	2.79	a
T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	18.25	3.57	ab
T4 - Fortalis 6.0 L/ha	21.00	4.02	bc
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	25.00	5.10	cd
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha	33.63	6.08	d
T0 - Testigo absoluto	34.19	6.78	d

La Tabla 13 muestra los grupos homogéneos resultantes de la prueba de Dunn, que clasifican los tratamientos según su incidencia en la fisiopatía "Palo negro". El grupo "a" incluye los tratamientos T5 (Fortalis 9.0 L/ha) con 2.79% y T3 (Organichem Silicio 7.0 L/ha) con 3.57%, representando las menores incidencias y sin diferencias significativas entre ellos. El T4 (Fortalis 6.0 L/ha), con 4.02%, se encuentra en un grupo intermedio ('bc'). Los tratamientos T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) con 5.10% y T2 (Organichem Silicio 5.0 L/ha) con 6.08%, junto al T0 (Testigo absoluto) con 6.78%, forman los grupos con mayores incidencias, destacando que T2 y T0 no difieren significativamente entre sí y son los menos efectivos.

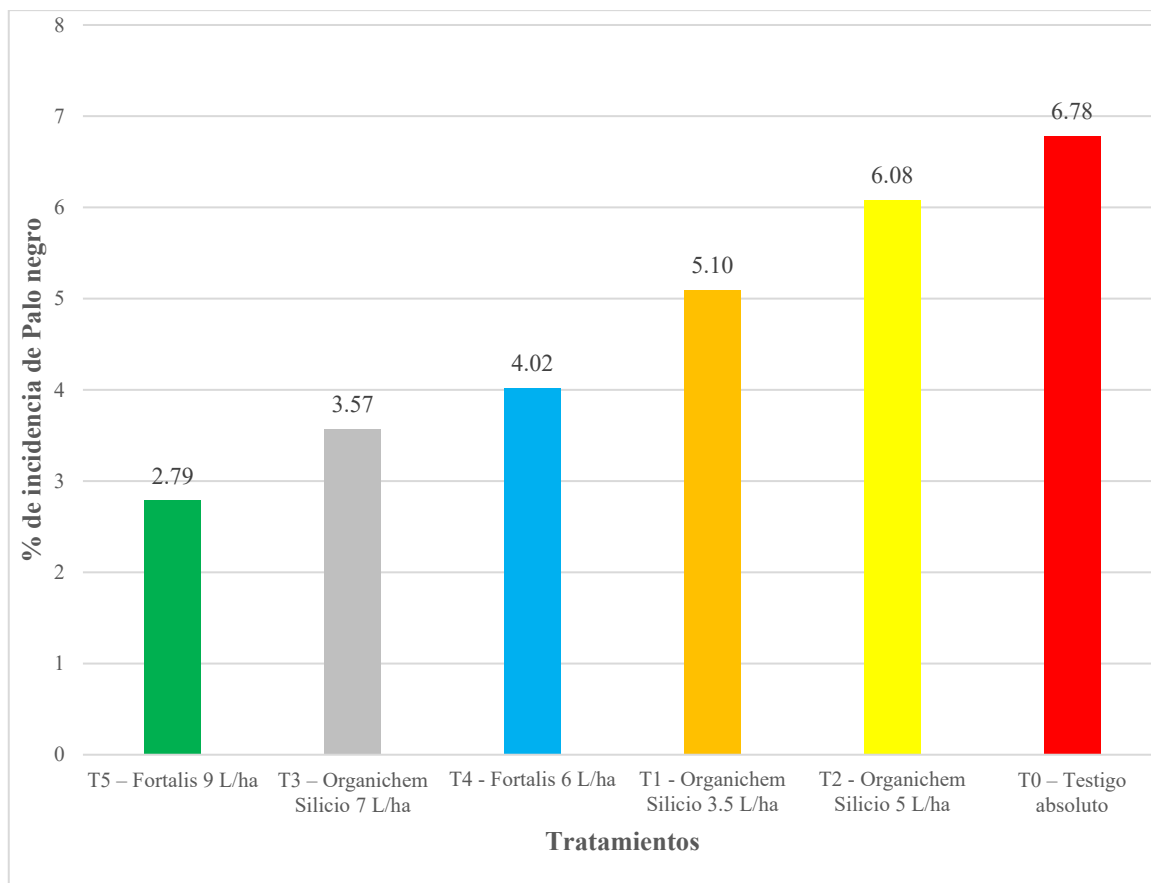


Figura 5. Promedios de porcentaje de incidencia de la fisiopatía “Palo negro” en racimos por tratamientos

En la Figura 3 se presentan los promedios del porcentaje de incidencia de la fisiopatía “Palo negro” en racimos por tratamiento. Se observa una clara influencia de los tratamientos aplicados en la mitigación de esta condición frente al testigo absoluto.

El T5 – Fortalis 9 L/ha destaca por exhibir la menor incidencia, con un 2.79%. Le sigue el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha con 3.57%, y luego el T4 – Fortalis 6 L/ha con 4.02%, mostrando que estas aplicaciones contribuyen a la resistencia fisiológica.

Los tratamientos T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha (5.10%) y T2 – Organichem Silicio 5.0 L/ha (6.08%) muestran incidencias mayores. Finalmente, el T0 – Testigo absoluto presenta la mayor incidencia con 6.78%.

3.2 Evaluaciones en Cosecha

3.2.1 Peso promedio de bayas

Tabla 14: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del peso promedio de bayas

Tratamiento	Peso promedio de bayas (g)	Coefficiente de variación
T0 – Testigo absoluto	13.80	13.80%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	14.04	17.11%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	14.21	13.30%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	14.85	15.35%
T4 - Fortalis 6 L/ha	14.11	14.10%
T5 - Fortalis 9 L/ha	14.77	17.25%
Total	14.29	15.46%

La Tabla 14 compara los promedios y coeficientes de variación “CV” del peso promedio de bayas por tratamiento. Se observa que el CV general es del 15.46%, lo cual se encuentra por debajo del umbral del 30%. Esto indica una baja variabilidad en los datos del peso de las bayas entre los tratamientos, lo que sugiere una homogeneidad de varianzas aceptable para un análisis paramétrico directo, sin necesidad de transformaciones.

En cuanto a los promedios, el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha presenta el mayor peso promedio con 14.85 g, seguido por el T5 – Fortalis 9 L/ha con 14.77 g. El T2 – Organichem Silicio 5 L/ha registra 14.21 g, T4 – Fortalis 6 L/ha 14.11 g, y T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha 14.04 g. Finalmente, el T0 – Testigo absoluto muestra el menor peso promedio con 13.80 g.

Tabla 15: Prueba de igualdad de varianzas: Peso promedio de bayas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0.047
Levene	1.99	0.077

La Tabla 15 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas entre los tratamientos y el testigo. Se observa un p valor de 0.077, que es superior a 0.05, indica que no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas.

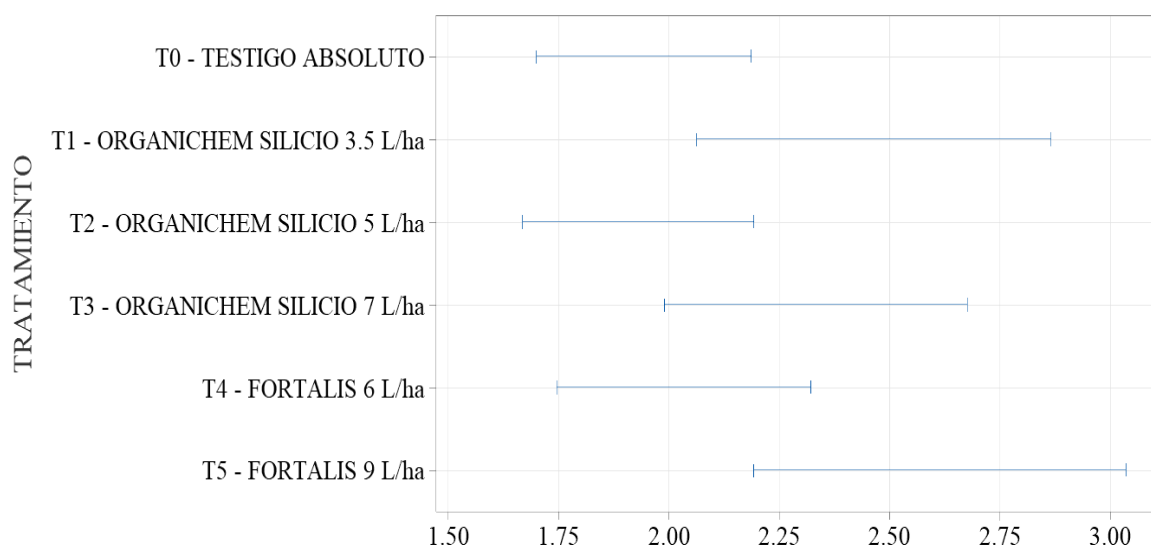


Figura 6. Prueba de igualdad de varianzas del peso promedio de bayas por tratamiento

En la Figura 6, se presenta un gráfico de intervalos para la desviación estándar del peso promedio de bayas por tratamiento, cuyo propósito es visualizar la homogeneidad de las varianzas. Aunque visualmente algunos intervalos puedan sugerir una “no superposición”, el análisis estadístico mediante la prueba de Levene revela un p-valor de 0.077. Dado que este valor es superior al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, no hay evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto confirma que, estadísticamente, la variabilidad del peso promedio de las bayas es similar entre todos los tratamientos, lo que permite el uso de pruebas paramétricas para el análisis de los promedios.

Tabla 16: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para el peso promedio de bayas

Tratamiento	Estadístico	GL	Valor p
T0 - Testigo absoluto	0.061	120	0.200
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	0.078	120	0.068
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	0.065	120	0.200
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	0.063	120	0.200
T4 - Fortalis 6 L/ha	0.053	120	0.200
T5 - Fortalis 9 L/ha	0.070	120	0.200

La Tabla 16 presenta la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la distribución de los datos de peso promedio de bayas en cada uno de los seis tratamientos. Los valores p obtenidos para cada grupo (T0=0.200, T1=0.068, T2=0.200, T3=0.200, T4=0.200, T5=0.200) son todos considerablemente mayores al nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$. Esto implica que, para cada tratamiento, no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la

hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución del peso promedio de bayas en cada grupo no se desvía significativamente de la normalidad.

Dado que ambas pruebas de supuestos fundamentales para el análisis paramétrico (la prueba de Levene, con un p-valor de 0.077 que no rechaza la homogeneidad de varianzas, y la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que demostró que los datos de la firmeza promedio de bayas siguen una distribución normal) cumplen con los criterios estadísticos, se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas.

Tabla 17: Anva para el peso promedio de bayas

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Significancia
A: Tratamiento	106.53	5	21.31	4.45	0.00	**
B: Bloque	1.31	3	0.44	0.09	0.97	NS
Residuos	3403.63	711	4.79			
Total (Corregido)	3511.47	719				

* Significancia ** Alta significancia NS No significante

La Tabla 17 exhibe el Análisis de Varianza (ANVA) que evalúa el efecto del factor Tratamiento sobre el peso promedio de las bayas. El valor p asociado al factor Tratamiento es de 0.00, siendo inferior al umbral de significancia establecido de $\alpha=0.05$. Esto indica diferencias estadísticamente significativas en el peso promedio de las bayas entre al menos uno de los tratamientos aplicados en comparación con los otros, incluyendo el testigo. Por otro lado, el factor Bloque presenta un valor p de 0.97, lo que indica que no hay un efecto significativo del bloque en la variabilidad del peso promedio de las bayas.

Tabla 18: Prueba múltiple de rangos de Duncan para el peso promedio de baya por tratamiento

Tratamiento	Media (gramos)	Grupos Homogéneos	Orden de mérito
T3 – Organichem Silicio 7 L/ha	14.85	a	1
T5 – Fortalis 9 L/ha	14.77	a	1
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	14.21	b	2
T4 - Fortalis 6 L/ha	14.11	b	2
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	14.04	b	2
T0 – Testigo absoluto	13.80	b	2

La Tabla 18 presenta los grupos homogéneos resultantes de la prueba múltiple de rangos de Duncan para el peso promedio de baya por tratamiento. Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas. El análisis agrupa los tratamientos en dos categorías principales. En el primer grupo, designado con la letra "a", se encuentran T3 (Organichem Silicio 7 L/ha) con 14.85 gramos y T5 (Fortalis 9 L/ha) con 14.77 gramos. Estos mostraron los mayores pesos promedio de baya, sin diferencias significativas entre ellos. El segundo grupo, con la letra "b", comprende T2 (Organichem Silicio 5 L/ha) con 14.21 gramos, T4 (Fortalis 6 L/ha) con 14.11 gramos, T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) con 14.04 gramos, y T0 (Testigo absoluto) con 13.80 gramos. Este grupo exhibió promedios significativamente menores de peso de baya que el primer grupo, aunque no difieren entre sí dentro de esta categoría.

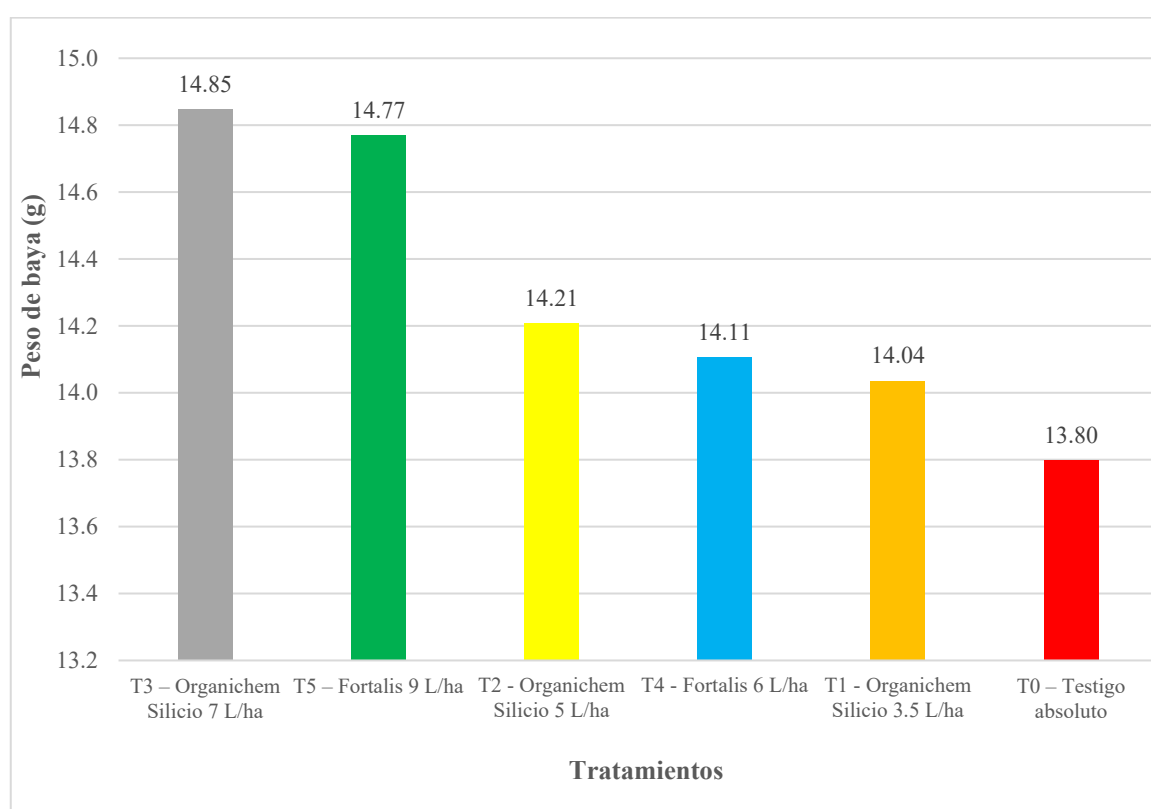


Figura 7. Promedios del peso promedio de bayas por tratamiento

En la Figura 7 se presentan los promedios del peso de baya en gramos por tratamiento. Se observa una clara influencia de los tratamientos aplicados frente al testigo absoluto. El T3 – Organichem Silicio 7 L/ha destaca con el mayor peso promedio, alcanzando los 14.85 gramos. Le sigue muy de cerca el T5 – Fortalis 9 L/ha, mostrando un peso promedio de 14.77 gramos, lo que indica la efectividad de estas aplicaciones en el tamaño de la fruta. A continuación, se encuentran los tratamientos T2 – Organichem Silicio 5 L/ha con 14.21 gramos, T4 – Fortalis 6 L/ha con 14.11 gramos, y T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha con 14.04 gramos. Finalmente, el T0 – Testigo absoluto exhibe el menor peso promedio de baya, registrando 13.80 gramos.

3.2.2 Calibre promedio de bayas

Tabla 19: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del calibre promedio de bayas

Tratamiento	Peso promedio de bayas (mm)	Coefficiente de variación
T0 – Testigo absoluto	26.02	6.31%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	26.08	5.98%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	26.23	6.54%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	26.51	5.25%
T4 - Fortalis 6 L/ha	26.49	5.44%
T5 - Fortalis 9 L/ha	26.49	5.94%
Total	26.30	5.95%

La Tabla 19 compara los promedios y coeficientes de variación (CV) del calibre promedio de bayas por tratamiento. Se observa que el CV general es del 5.95%, lo cual se encuentra por debajo del umbral del 30%. Esto indica una baja variabilidad en los datos del calibre de las bayas entre los tratamientos, sugiriendo una homogeneidad de varianzas aceptable para un análisis paramétrico directo, sin necesidad de transformaciones.

En cuanto a los promedios, el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha presenta el mayor calibre promedio con 26.51 mm, seguido por el T5 – Fortalis 9 L/ha con 26.49 mm y T4 – Fortalis 6 L/ha también con 26.49 mm. El T2 – Organichem Silicio 5 L/ha registra 26.23 mm, y T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha 26.08 mm. Finalmente, el T0 – Testigo absoluto muestra el menor calibre promedio con 26.02 mm.

Tabla 20: Prueba de igualdad de varianzas: Calibre promedio de bayas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0.089
Levene	1.81	0.110

La Tabla 20 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas entre los tratamientos y el testigo. Se observa un p valor de 0.110, que es superior a 0.05, indica que no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas.

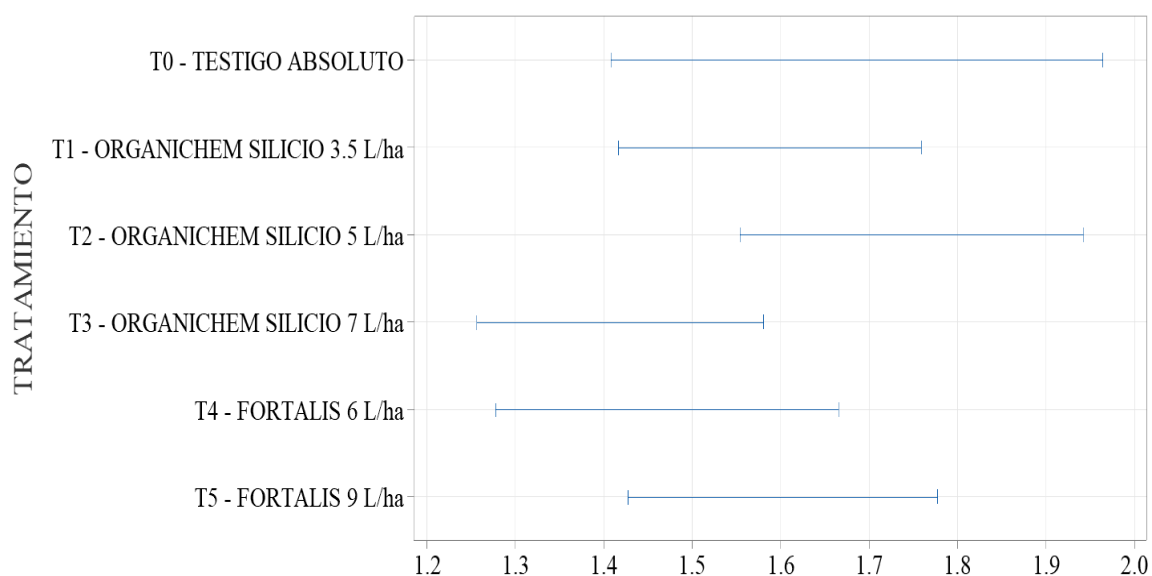


Figura 8. Prueba de igualdad de varianzas del calibre promedio de bayas por tratamiento

En la Figura 8, se presenta un gráfico de intervalos para la desviación estándar del calibre promedio de bayas por tratamiento. Su propósito es visualizar la homogeneidad de las varianzas entre los grupos. En el gráfico, se observa superposición de los intervalos, lo que sugiere visualmente una homogeneidad de varianzas. El análisis estadístico mediante la prueba de Levene para la firmeza promedio de bayas revela un p-valor de 0.110. Dado que este valor es superior al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, no se encuentra evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto confirma que, estadísticamente, la variabilidad del calibre promedio de las bayas es similar entre todos los tratamientos, lo que permite el uso de pruebas paramétricas para el análisis de los promedios.

Tabla 21: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para el calibre promedio de bayas

Tratamiento	Estadístico	GL	Valor p
T0 - Testigo absoluto	0.054	120	0.200
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	0.067	120	0.200
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	0.067	120	0.200
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	0.066	120	0.200
T4 - Fortalis 6 L/ha	0.069	120	0.200
T5 - Fortalis 9 L/ha	0.071	120	0.200

La Tabla 21 presenta la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la distribución de los datos del calibre promedio de bayas en cada uno de los seis tratamientos. Los valores p obtenidos para cada grupo (T0=0.200, T1=0.200, T2=0.200, T3=0.200, T4=0.200,

T5=0.200) son todos considerablemente mayores al nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$. Esto implica que, para cada tratamiento, no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución del calibre promedio de bayas en cada grupo no se desvía significativamente de la normalidad.

Dado que ambas pruebas de supuestos fundamentales para el análisis paramétrico (la prueba de igualdad de varianzas de Levene, con un p-valor de 0.110 que no rechaza la homogeneidad, y la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que no revela violaciones significativas en los datos del calibre promedio de bayas), se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas en el análisis posterior.

Tabla 22: Anva para el calibre promedio de bayas

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Significancia
A: Tratamiento	29.7134	5	5.94269	2.44	0.0331	*
B: Bloque	2.73856	3	0.912852	0.37	0.7711	NS
Residuos	1731.16	711	2.43482			
Total (Corregido)	1763.61	719				

* Significancia ** Alta significancia NS No significante

La Tabla 22 exhibe el Análisis de Varianza (ANVA) que evalúa el efecto del factor Tratamiento sobre el calibre promedio de las bayas. El valor p asociado al factor Tratamiento es de 0.0331, siendo inferior al umbral de significancia establecido de $\alpha=0.05$. Esto indica diferencias estadísticamente significativas en el calibre promedio de las bayas entre al menos uno de los tratamientos aplicados en comparación con los otros, incluyendo el testigo. Por otro lado, el factor Bloque presenta un valor p de 0.7711, lo que indica que no hay un efecto significativo del bloque en la variabilidad del calibre promedio de las bayas.

Tabla 23: Prueba múltiple de rangos de Duncan para el calibre promedio de baya por tratamiento

Tratamiento	Media (mm)	Grupos Homogéneos	Orden de mérito
T3 – Organicchem Silicio 7 L/ha	26.51	a	1
T5 – Fortalis 9 L/ha	26.49	a	1
T4 - Fortalis 6 L/ha	26.49	a	1
T2 - Organicchem Silicio 5 L/ha	26.23	ab	2
T1 - Organicchem Silicio 3.5 L/ha	26.08	ab	2
T0 – Testigo absoluto	26.02	b	2

La Tabla 23 presenta los resultados de la prueba múltiple de rangos de Duncan para el calibre promedio de baya por tratamiento, clasificando los tratamientos de mayor a menor calibre. En el primer orden de mérito, se encuentran T3 (Organichem Silicio 7 L/ha) con 26.51 mm, T5 (Fortalis 9 L/ha) con 26.49 mm y T4 (Fortalis 6 L/ha) también con 26.49 mm. Estos tratamientos mostraron los calibres promedio de baya más altos y no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí. En el segundo orden de mérito, se agrupan T2 (Organichem Silicio 5 L/ha) con 26.23 mm, T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) con 26.08 mm, y T0 (Testigo absoluto) con 26.02 mm. Estos tratamientos exhibieron calibres promedio significativamente menores, pero no difieren estadísticamente entre ellos.

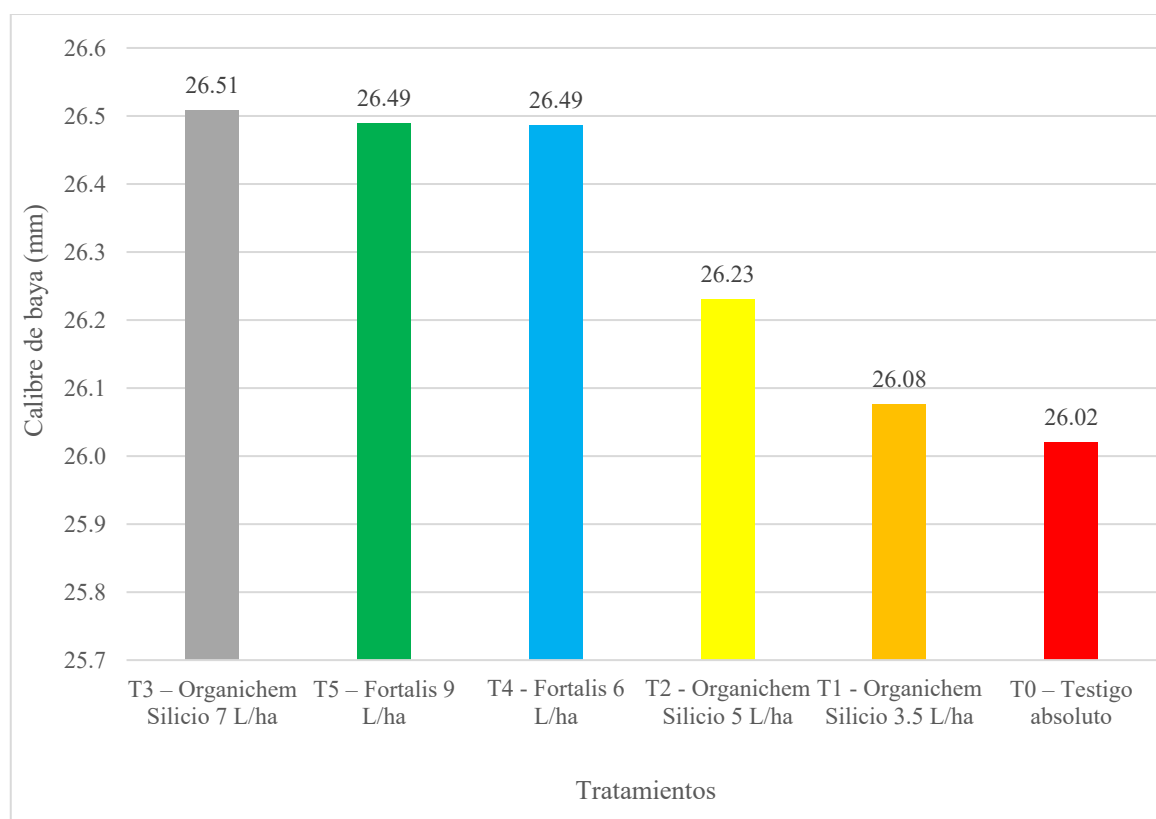


Figura 9. Promedios del calibre promedio de bayas por tratamiento

En la Figura 9 se presentan los promedios del calibre de baya en milímetros por tratamiento. Se observa una clara influencia de los tratamientos aplicados frente al testigo absoluto. El T3 – Organichem Silicio 7 L/ha destaca con el mayor calibre promedio, alcanzando los 26.51 mm. Le sigue muy de cerca el T5 – Fortalis 9 L/ha, mostrando un calibre promedio de 26.49 mm, y el T4 – Fortalis 6 L/ha también con 26.49 mm, lo que indica la efectividad de estas aplicaciones en el tamaño de la fruta. A continuación, se encuentran los tratamientos T2 – Organichem Silicio 5 L/ha con 26.23 mm, y T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha con 26.08 mm. Finalmente, el T0 – Testigo absoluto exhibe el menor calibre promedio de baya, registrando 26.02 mm.

3.2.3 Firmeza de bayas

Tabla 24: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” de la firmeza promedio de bayas

Tratamiento	Peso promedio de bayas (gf)	Coefficiente de variación
T0 – Testigo absoluto	221.67	16.97%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	227.93	19.90%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	238.25	16.38%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	247.17	16.18%
T4 - Fortalis 6 L/ha	238.15	20.06%
T5 - Fortalis 9 L/ha	250.50	17.56%
Total	237.28	18.32%

La Tabla 24 compara los promedios y coeficientes de variación (CV) de la firmeza promedio de bayas por tratamiento. Se observa que el CV general es del 18.32%, lo cual se encuentra por debajo del umbral del 30%. Esto indica una baja variabilidad en los datos de la firmeza de las bayas entre los tratamientos, sugiriendo una homogeneidad de varianzas aceptable para un análisis paramétrico directo, sin necesidad de transformaciones.

En cuanto a los promedios, el T5 – Fortalis 9 L/ha presenta la mayor firmeza promedio con 250.50 gf, seguido por el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha con 247.17 gf. El T2 – Organichem Silicio 5 L/ha registra 238.25 gf, T4 – Fortalis 6 L/ha 238.15 gf, y T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha 227.93 gf. Finalmente, el T0 – Testigo absoluto muestra la menor firmeza promedio con 221.67 gf.

Tabla 25: Prueba de igualdad de varianzas: Firmeza promedio de baya

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0.061
Levene	1.98	0.080

La Tabla 20 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas entre los tratamientos y el testigo. Se observa un p valor de 0.080, que es superior a 0.05, indica que no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas.

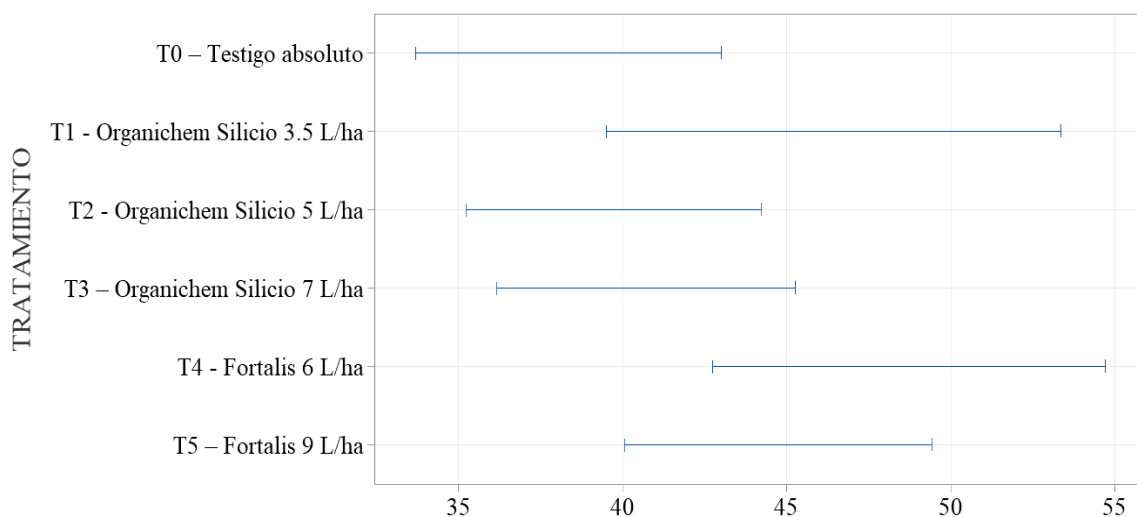


Figura 10. Prueba de igualdad de varianzas de la firmeza promedio de bayas por tratamiento

En la Figura 10, se presenta un gráfico de intervalos para la desviación estándar de la firmeza promedio de bayas por tratamiento. Aunque en el gráfico se observa la no superposición de intervalos, la prueba de Levene para la firmeza promedio de bayas revela un p-valor de 0.080. Dado que este valor es superior al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, no se encuentra evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto confirma que, estadísticamente, la variabilidad de la firmeza promedio de las bayas es similar entre todos los tratamientos, lo que permite el uso de pruebas paramétricas.

Tabla 26: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para la firmeza promedio de las bayas

Tratamiento	Estadístico	GL	Valor p
T0 - Testigo absoluto	0.080	120	0.056
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	0.073	120	0.173
T2 - Organichem silicio 5.0 L/ha	0.068	120	0.200
T3 - Organichem silicio 7.0 L/ha	0.053	120	0.200
T4 - Fortalis 6 L/ha	0.068	120	0.200
T5 - Fortalis 9 L/ha	0.073	120	0.181

La Tabla 26 presenta la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la distribución de los datos de la firmeza promedio de bayas en cada uno de los tratamientos. Los valores p obtenidos para cada grupo (T0=0.056, T1=0.173, T2=0.200, T3=0.200, T4=0.200, T5=0.181) son todos considerablemente mayores al nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$. Esto implica que, para cada tratamiento, no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución de la firmeza promedio de bayas en cada grupo es normal.

Dado que ambas pruebas de supuestos fundamentales para el análisis paramétrico (la prueba de Levene, con un p-valor de 0.080 que no rechaza la homogeneidad de varianzas, y la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que demostró que los datos de la firmeza promedio de bayas siguen una distribución normal) cumplen con los criterios estadísticos, se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas.

Tabla 27: Anva para la firmeza promedio de bayas

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Significancia
A: Tratamiento	72660.5	5	14532.1	8.05	0	**
B: Bloque	3509.3	3	1169.8	0.65	0.58	NS
Residuos	1283130.0	711	1804.7			
Total (Corregido)	1359300.0	719				

* Significancia ** Alta significancia NS No significante

La Tabla 27 exhibe el Análisis de Varianza (ANVA) que evalúa el efecto del factor Tratamiento sobre la firmeza promedio de las bayas. El valor p asociado al factor Tratamiento es de 0.0, siendo menor a 0.05, indicando diferencias estadísticamente significativas entre al menos uno de los tratamientos aplicados en comparación con los otros, incluyendo el testigo. Por otro lado, el factor Bloque presenta un valor p de 0.58, lo que indica que no hay un efecto significativo entre bloques.

Tabla 28: Prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de baya por tratamiento

Tratamiento	Media (gf)	Grupos Homogéneos	Orden de mérito
T5 – Fortalis 9 L/ha	250.50	a	1
T3 – Organichem Silicio 7 L/ha	247.17	ab	1
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	238.25	bc	2
T4 - Fortalis 6 L/ha	238.15	bc	2
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	227.93	cd	3
T0 – Testigo absoluto	221.67	d	4

La Tabla 28 presenta los resultados de la prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de baya por tratamiento, clasificando los tratamientos de mayor a menor firmeza. Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas. En el primer orden de mérito (1), se encuentran T5 (Fortalis 9 L/ha) con 250.50 gf, y T3 (Organichem Silicio 7 L/ha) con 247.17 gf. Estos tratamientos, agrupados con las letras "a" y "ab" respectivamente, mostraron las mayores firmezas promedio de baya y no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí.

En el segundo orden de mérito (2), se agrupan T2 (Organichem Silicio 5 L/ha) con 238.25 gf y T4 (Fortalis 6 L/ha) con 238.15 gf. Estos tratamientos, ambos en el grupo "bc", exhibieron firmezas promedio significativamente menores que los del primer orden de mérito, pero no difieren estadísticamente entre ellos. En el tercer orden de mérito (3), se ubica T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) con 227.93 gf. Este tratamiento, que pertenece al grupo "cd", muestra una firmeza significativamente menor que los tratamientos de los órdenes de mérito anteriores.

Finalmente, en el cuarto orden de mérito (4), se encuentra T0 (Testigo absoluto) con 221.67 gf. Este tratamiento, clasificado en el grupo "d", exhibió la menor firmeza promedio de baya y es significativamente diferente de los tratamientos de los órdenes de mérito superiores.

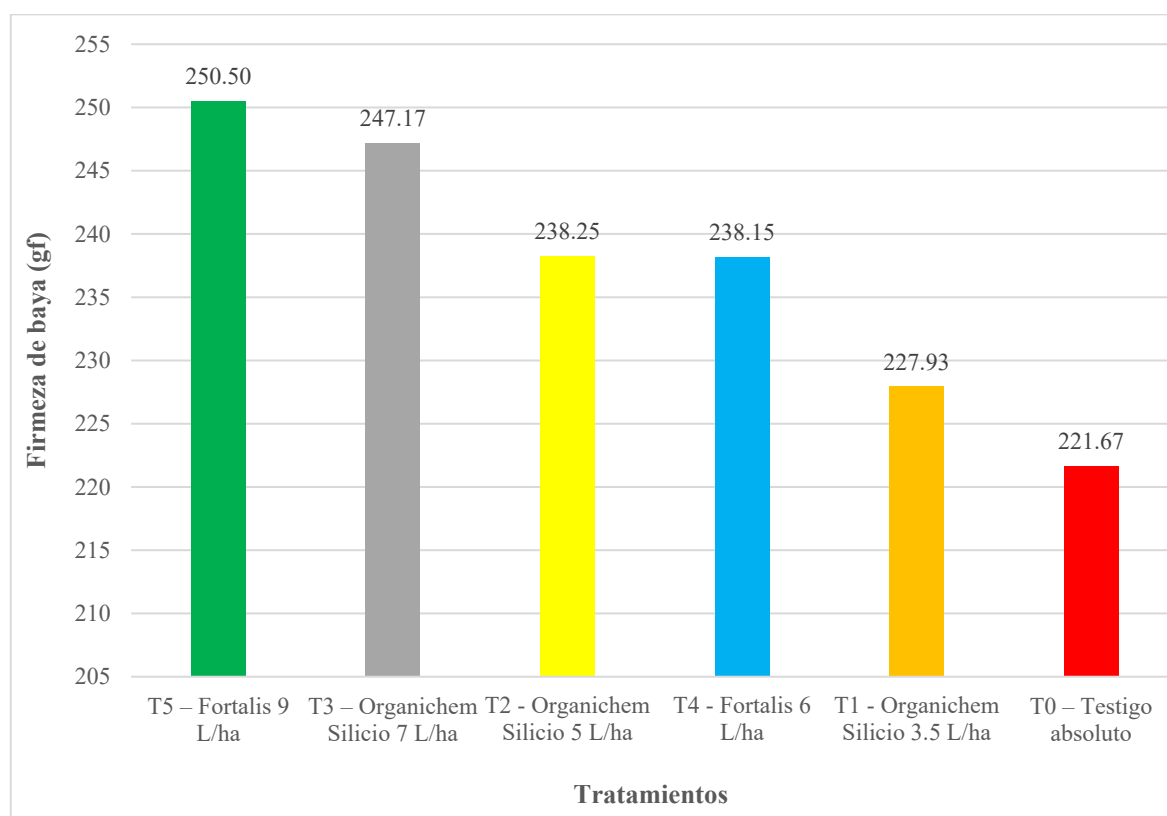


Figura 11. Promedios de la firmeza promedio de bayas por tratamiento

En la Figura 11 se presentan los promedios de la firmeza de baya en gramos fuerza (gf) por tratamiento. Se observa una clara influencia de los tratamientos aplicados frente al testigo absoluto. El T5 – Fortalis 9 L/ha destaca con la mayor firmeza promedio, alcanzando los 250.50 gf. Le sigue el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha, mostrando una firmeza promedio de 247.17 gf, lo que sugiere que estas aplicaciones contribuyen a una mayor firmeza de la fruta. A continuación, se encuentran los tratamientos T2 – Organichem Silicio 5 L/ha con 238.25 gf, y T4 – Fortalis 6 L/ha con 238.15 gf. Finalmente, los tratamientos con menor firmeza promedio son T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha con 227.93 gf y el T0 – Testigo absoluto, que exhibe la menor firmeza con 221.67 gf.

3.2.4 Sólidos solubles totales

Tabla 29: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” de los sólidos solubles promedio de bayas

Tratamiento	Peso promedio de bayas (°Brix)	Coefficiente de variación
T0 – Testigo absoluto	13.47	10.93%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	13.85	11.20%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	13.80	10.97%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	13.99	11.07%
T4 - Fortalis 6 L/ha	13.31	11.00%
T5 - Fortalis 9 L/ha	14.21	11.71%
Total	13.77	11.34%

La Tabla 29 compara los promedios y coeficientes de variación (CV) de los sólidos solubles promedio de bayas por tratamiento. Se observa que el CV general es del 11.34%, lo cual se encuentra por debajo del umbral del 30%.

Esto indica una baja variabilidad en los datos de los sólidos solubles de las bayas entre los tratamientos, sugiriendo una homogeneidad de varianzas aceptable para un análisis paramétrico directo, sin necesidad de transformaciones.

En cuanto a los promedios, el T5 – Fortalis 9 L/ha presenta el mayor valor de sólidos solubles promedio con 14.21 °Brix, seguido por el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha con 13.99 °Brix. El T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha registra 13.85 °Brix, T2 – Organichem Silicio 5 L/ha 13.80 °Brix, y T0 – Testigo absoluto 13.47 °Brix. Finalmente, el T4 – Fortalis 6 L/ha muestra el menor promedio de sólidos solubles con 13.31 °Brix.

Tabla 30: Prueba de igualdad de varianzas: Sólidos solubles totales de las bayas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	-	0.664
Levene	0.56	0.729

La Tabla 30 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas entre los tratamientos y el testigo. Se observa un p valor de 0.729, que es superior a 0.05, indica que no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas.

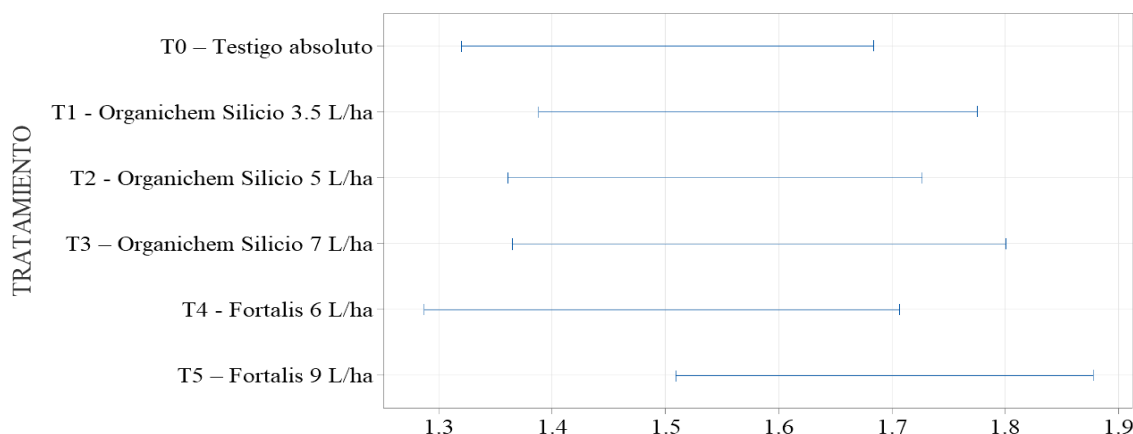


Figura 12. Prueba de igualdad de varianzas de los sólidos solubles totales de bayas por tratamiento

En la Figura 12, se presenta un gráfico de intervalos para la desviación estándar de los sólidos solubles totales de bayas por tratamiento. En este gráfico, se observa una superposición de la mayoría de los intervalos, lo que sugiere visualmente una homogeneidad de varianzas. El análisis estadístico mediante la prueba de Levene para los sólidos solubles totales de bayas revela un p-valor de 0.729. Dado que este valor es superior al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, no se encuentra evidencia estadística significativa para rechazar la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas. Esto confirma que, estadísticamente, la variabilidad de los sólidos solubles totales de las bayas es similar entre todos los tratamientos, lo que permite el uso de pruebas paramétricas.

Tabla 31: Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para los sólidos solubles promedio de bayas por tratamiento

Tratamiento	Estadístico	GL	Valor p
T0 - Testigo absoluto	0.046	120	0.200
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	0.040	120	0.200
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	0.053	120	0.200
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	0.047	120	0.200
T4 - Fortalis 6 L/ha	0.075	120	0.098
T5 - Fortalis 9 L/ha	0.047	120	0.200

La Tabla 31 presenta la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la distribución de los datos de los sólidos solubles promedio de bayas en cada uno de los tratamientos. Los valores p obtenidos para cada grupo (T0=0.200, T1=0.200, T2=0.200, T3=0.200, T4=0.098, T5=0.200) son todos considerablemente mayores al nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$. Esto implica que, para cada tratamiento, no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución de los sólidos solubles promedio de bayas en cada grupo es normal.

Dado que ambas pruebas de supuestos fundamentales para el análisis paramétrico (la prueba de Levene, con un p-valor de 0.729 que no rechaza la homogeneidad de varianzas, y la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, que demostró que los datos de los sólidos solubles promedio de bayas siguen una distribución normal) cumplen con los criterios estadísticos, se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas

Tabla 32: Anva para los sólidos solubles totales de las bayas

Efectos Principales	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	Significancia
A: Tratamiento	65.67	5	13.13	5.63	0.000	**
B: Bloque	27.56	3	9.19	3.94	0.008	**
Residuos	1659.63	711	2.33			
Total (Corregido)	1752.85	719				

* Significancia ** Alta significancia NS No significante

La Tabla 32 exhibe el Análisis de Varianza (ANVA) que evalúa el efecto del factor Tratamiento sobre los sólidos solubles totales de las bayas. El valor p asociado al factor Tratamiento es de 0.000, siendo inferior al umbral de significancia establecido de $\alpha=0.05$, indicando diferencias estadísticamente significativas entre al menos uno de los tratamientos aplicados en comparación con los otros, incluyendo el testigo. Por otro lado, el factor Bloque presenta un valor p de 0.008, lo que indica que sí hay un efecto significativo del bloque en la variabilidad de los sólidos solubles totales de las bayas, mostrando una alta significancia.

Tabla 33: Prueba múltiple de rangos de Duncan para los sólidos solubles totales de las bayas por tratamiento

Tratamiento	Media (°Brix)	Grupos Homogéneos	Orden de mérito
T5 – Fortalis 9 L/ha	14.21	a	1
T3 – Organicem Silicio 7 L/ha	13.99	a	1
T1 - Organicem Silicio 3.5 L/ha	13.85	ab	1
T2 - Organicem Silicio 5 L/ha	13.80	ab	1
T0 – Testigo absoluto	13.47	bc	2
T4 - Fortalis 6 L/ha	13.31	c	3

La Tabla 33 presenta los resultados de la prueba múltiple de rangos de Duncan para los sólidos solubles totales de las bayas por tratamiento, clasificando los tratamientos de mayor a menor valor. Los tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticamente significativas.

En el primer orden de mérito (1), se encuentran T5 (Fortalis 9 L/ha) con 14.21 °Brix, T3 (Organichem Silicio 7 L/ha) con 13.99 °Brix, T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) con 13.85 °Brix, y T2 (Organichem Silicio 5 L/ha) con 13.80 °Brix. Estos tratamientos, agrupados con las letras "a" y "ab", mostraron los mayores valores de sólidos solubles y no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí. En el segundo orden de mérito (2), se ubica T0 (Testigo absoluto) con 13.47 °Brix, y pertenece al grupo "bc". Finalmente, en el tercer orden de mérito (3), se encuentra T4 (Fortalis 6 L/ha) con 13.31 °Brix. Este tratamiento, clasificado en el grupo "c", exhibió el menor valor de sólidos solubles totales y es significativamente diferente de los tratamientos de los órdenes de mérito superiores.

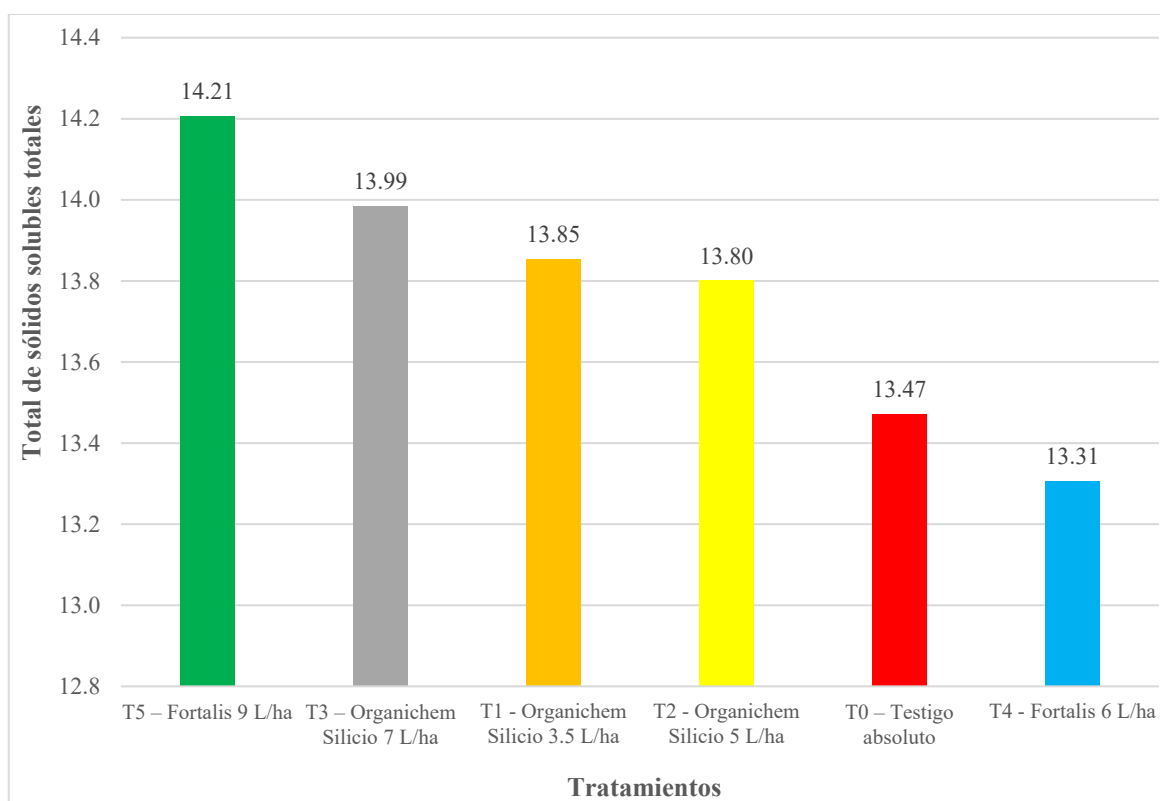


Figura 13. Promedios del total de sólidos solubles totales de las bayas por tratamiento

En la Figura 13 se presentan los promedios de los sólidos solubles totales de las bayas por tratamiento. Se observa una clara influencia de los tratamientos aplicados frente al testigo absoluto. El T5 – Fortalis 9 L/ha destaca con el mayor promedio de sólidos solubles, alcanzando los 14.21 °Brix. Le sigue el T3 – Organichem Silicio 7 L/ha, mostrando un promedio de sólidos solubles de 13.99 °Brix, lo que sugiere la efectividad de estas aplicaciones en la acumulación de azúcares en la fruta. A continuación, se encuentran los tratamientos T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha con 13.85 °Brix, y T2 – Organichem Silicio 5 L/ha con 13.80 °Brix. Finalmente, los tratamientos con menor promedio de sólidos solubles son T0 – Testigo absoluto con 13.47 °Brix y T4 – Fortalis 6 L/ha, que exhibe el menor promedio con 13.31 °Brix.

3.3 Evaluaciones Poscosecha

3.3.1 Sólidos solubles totales

Tabla 34: Comparación de los “coeficientes de variación” de los sólidos solubles promedio de las bayas durante la etapa de poscosecha en condiciones de packing

Tratamiento	Coeficiente de variación				
	0 días	14 días	28 días	42 días	56 días
T0 – Testigo absoluto	5.84%	5.81%	5.86%	5.89%	5.85%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	9.12%	9.06%	9.16%	9.11%	9.12%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	5.36%	5.44%	5.42%	5.36%	5.32%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	6.47%	6.47%	6.45%	6.43%	6.40%
T4 - Fortalis 6 L/ha	6.91%	7.00%	7.04%	7.06%	7.01%
T5 - Fortalis 9 L/ha	9.02%	9.05%	8.96%	9.00%	9.03%
Total	7.17%	7.19%	7.20%	7.19%	7.17%

La Tabla 34 presenta los coeficientes de variación (CV) de los sólidos solubles promedio de bayas durante la poscosecha en condiciones de packing, evaluados a los 0, 14, 28, 42 y 56 días de la cosecha. Se observa que los CV generales en cada punto de evaluación se mantienen consistentemente bajos: 7.17% a los 0 días, 7.19% a los 14 días, 7.20% a los 28 días, 7.19% a los 42 días y 7.17% a los 56 días. Estos porcentajes, todos significativamente inferiores al umbral del 30%, indican una baja variabilidad y alta precisión en los datos de sólidos solubles.

Esta reducida dispersión sugiere una clara homogeneidad de varianzas, un requisito fundamental para las pruebas estadísticas paramétricas. La consistencia en estos valores a lo largo de toda la etapa de poscosecha valida que las condiciones de los tratamientos fueron uniformes para esta variable. Consecuentemente, los datos de sólidos solubles pueden ser analizados directamente mediante pruebas paramétricas sin necesidad de transformaciones.

Tabla 35: Prueba de igualdad de varianzas: Sólidos solubles totales de las bayas durante la etapa de poscosecha en condiciones de packing

Prueba	Valor p				
	0 días	14 días	28 días	42 días	56 días
Levene	0.058	0.065	0.068	0.062	0.054

La Tabla 35 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas de los sólidos solubles totales de las bayas entre los tratamientos en las distintas etapas de poscosecha. Se observa que los valores p obtenidos para cada período (0 días: 0.058; 14 días: 0.065; 28 días: 0.068; 42 días: 0.062; 56 días: 0.054) son todos superiores a 0.05. Esto indica consistentemente que, en cada punto de evaluación durante la poscosecha, no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas.

Tabla 36: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los sólidos solubles totales de las bayas durante la etapa de poscosecha en condiciones de packing

Tratamiento	GL	Valor p				
		0 días	14 días	28 días	42 días	56 días
T0 - Testigo absoluto	24	0.827	0.827	0.780	0.851	0.721
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	24	0.925	0.925	0.913	0.935	0.893
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	24	0.158	0.158	0.106	0.221	0.199
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	24	0.564	0.564	0.725	0.568	0.688
T4 - Fortalis 6 L/ha	24	0.850	0.850	0.910	0.877	0.886
T5 - Fortalis 9 L/ha	24	0.309	0.309	0.312	0.287	0.374

La Tabla 36 presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de los datos de los sólidos solubles promedio de bayas en cada uno de los tratamientos a lo largo de la etapa de poscosecha. Se observa que, durante todas las evaluaciones (0, 14, 28, 42 y 56 días) y para cada tratamiento, los valores p obtenidos son superiores al nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$.

Esto implica que, para cada tratamiento y en cada momento de evaluación, no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución de los sólidos solubles promedio de bayas en cada grupo y a lo largo de la poscosecha es normal.

Dado que ambas pruebas de supuestos fundamentales para el análisis paramétrico (la prueba de Levene, con todos los p-valores superiores a 0.05, como el de 0.058 a 0 días, que no rechaza la homogeneidad de varianzas, y la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, que demostró que los datos de los sólidos solubles promedio de bayas siguen una distribución normal) cumplen con los criterios estadísticos, se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas.

Tabla 37: Análisis de varianza de los sólidos solubles totales de las bayas durante la etapa de poscosecha

Efectos Principales	Valor-P				
	0 días	14 días	28 días	42 días	56 días
A: Tratamiento	0.916 NS	0.910 NS	0.923 NS	0.914 NS	0.927 NS
B: Bloque	0.145 NS	0.436 NS	0.742 NS	0.278 NS	0.094 NS

* Significancia ** Alta significancia NS No significante

La Tabla 37 presenta los resultados del Análisis de Varianza (ANVA) para los sólidos solubles totales de las bayas, evaluando el efecto de los factores Tratamiento y Bloque en diferentes momentos de la etapa de poscosecha (0, 14, 28, 42 y 56 días).

Respecto al factor Tratamiento (A), se observa que los p-valores para todas las evaluaciones (0 días: 0.916; 14 días: 0.910; 28 días: 0.923; 42 días: 0.914; 56 días: 0.927) son consistentemente superiores al nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Esto indica que, en ninguna de las evaluaciones realizadas durante la poscosecha, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los sólidos solubles totales de las bayas entre los tratamientos aplicados. Es decir, los diferentes tratamientos no tuvieron un efecto significativo en la cantidad de sólidos solubles acumulados en la fruta.

En cuanto al factor Bloque (B), los p-valores obtenidos para todas las evaluaciones (0 días: 0.145; 14 días: 0.436; 28 días: 0.742; 42 días: 0.278; 56 días: 0.094) también son superiores a $\alpha=0.05$. Esto sugiere que no existe un efecto significativo de los bloques en la variabilidad de los sólidos solubles totales de las bayas a lo largo de la poscosecha, indicando que las condiciones entre los bloques experimentales fueron homogéneas para esta variable.

Dado que el Análisis de Varianza para el factor Tratamiento no reveló diferencias estadísticamente significativas en los sólidos solubles totales de las bayas en ninguna de las evaluaciones de poscosecha, no se considera necesario realizar ni presentar pruebas de comparación múltiple de medias (como la prueba de Duncan). La ausencia de significancia en el ANVA global ya establece que no hay diferencias destacables entre los promedios de los tratamientos para esta variable.

3.3.2 Firmeza promedio de bayas

Tabla 38: Comparación de “coeficientes de variación” de la firmeza promedio de bayas antes del ingreso al packing y a la salida del packing

Tratamiento	Coeficiente de variación	
	Día 0 (ingreso al packing)	Día 56 (salida el packing)
T0 – Testigo absoluto	9.06%	11.41%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	7.11%	10.04%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	11.32%	14.92%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	6.37%	9.72%
T4 - Fortalis 6 L/ha	9.54%	10.07%
T5 - Fortalis 9 L/ha	7.14%	6.27%
Total	9.38%	11.71%

La Tabla 38 presenta los coeficientes de variación (CV) de la firmeza promedio de bayas, comparando los valores al momento del ingreso al packing (Día 0) y a la salida del packing (Día 56). Se observa que todos los coeficientes de variación, tanto a los 0 días como a los 56 días, se encuentran por debajo del umbral del 30%. Específicamente, el CV general al ingreso al packing fue del 9.38%, y a la salida del packing, de 11.71%. Esto indica una baja variabilidad general en los datos de la firmeza de las bayas a lo largo de toda la etapa de poscosecha. La consistencia de los CV por debajo del 30% sugiere una homogeneidad de varianzas aceptable, lo que permite la aplicación de análisis estadísticos paramétricos sin necesidad de transformaciones

Tabla 39: Prueba de igualdad de varianzas: Firmeza promedio de bayas antes del ingreso al packing y a la salida del packing

Prueba	Valor p	
	0 días	56 días
Levene	0.398	0.114

La Tabla 39 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas de la firmeza promedio de bayas entre los tratamientos al momento del ingreso al packing (0 días) y a la salida del packing (56 días). Se observa que los p-valores para la evaluación al ingreso al packing (0.398) y a la salida del packing (0.114) son ambos superiores al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, lo que

indica homogeneidad de varianzas. Esto confirma que, en ambos puntos de evaluación durante la poscosecha, la variabilidad de la firmeza promedio de las bayas es similar entre los tratamientos.

Tabla 40: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para firmeza promedio de las bayas antes del ingreso al packing y a la salida del packing

Tratamiento	GL	Valor p	
		0 días	56 días
T0 - Testigo absoluto	24	0.692	0.078
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	24	0.944	0.985
T2 - Organichem silicio 5.0 L/ha	24	0.806	0.598
T3 - Organichem silicio 7.0 L/ha	24	0.145	0.485
T4 - Fortalis 6 L/ha	24	0.577	0.051
T5 - Fortalis 9 L/ha	24	0.396	0.255

La Tabla 40 presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de los datos de la firmeza promedio de bayas en cada uno de los tratamientos, al ingreso al packing (0 días) y a la salida del packing (56 días). Se observa que, tanto al ingreso al packing (0 días) como a la salida del packing (56 días), todos los valores p obtenidos para cada tratamiento son superiores al nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$. Esto implica que, para cada tratamiento y en cada momento de evaluación, no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución de la firmeza promedio de bayas en cada grupo y a lo largo de la poscosecha es normal.

Dado que la prueba de Levene para la firmeza promedio de bayas mostró que los p-valores para la evaluación al ingreso al packing (0.398) y a la salida del packing (0.114) son ambos superiores al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, las varianzas son homogéneas. Y, como la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk demostró que los datos de la firmeza promedio de bayas siguen una distribución normal en todos los tratamientos y evaluaciones, se cumplen los criterios estadísticos. Por lo tanto, se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas para esta variable.

Tabla 41: Análisis de varianza de la firmeza promedio de las bayas antes del ingreso al packing y a 56 días del ingreso del packing

Efectos Principales	Valor p	
	Día 0 (Ingreso al packing)	Día 56 (Salida del packing)
A: Tratamiento	0.000	0.000
B: Bloque	0.669	0.6495

* Significancia

** Alta significancia

NS No significante

La Tabla 41 presenta los resultados del Análisis de Varianza (ANVA) para la firmeza promedio de las bayas, evaluando el efecto de los factores Tratamiento y Bloque al momento del ingreso al packing (0 días) y luego de 56 días del ingreso al packing (56 días). Respecto al factor Tratamiento (A), se observa que los p-valores para ambas evaluaciones (0 días: 0.000; 56 días: 0.000) son inferiores al nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Esto indica que, tanto al ingreso como a la salida del packing, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre al menos uno de los tratamientos aplicados en comparación con los otros. Es decir, los tratamientos tuvieron un efecto significativo en la firmeza promedio de las bayas.

En cuanto al factor Bloque (B), los p-valores obtenidos para ambas evaluaciones (0 días: 0.669; 56 días: 0.6495) son superiores a $\alpha=0.05$. Esto sugiere que no existe un efecto significativo de los bloques en la variabilidad de la firmeza promedio de las bayas, indicando que las condiciones entre los bloques experimentales fueron homogéneas para esta variable.

Tabla 42: Prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de las bayas antes del ingreso al packing

Tratamiento	Media (gf)	Grupos Homogéneos	Orden de mérito
T3 – Organichem Silicio 7 L/ha	251.4	a	1
T5 – Fortalis 9 L/ha	246.6	ab	1
T4 - Fortalis 6 L/ha	241.6	ab	1
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	236.0	bc	2
T0 – Testigo absoluto	227.2	c	3
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	224.5	c	3

La Tabla 42 presenta los resultados de la prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de las bayas por tratamiento al ingreso al packing, clasificando los tratamientos de mayor a menor valor. Los tratamientos con la misma letra en "Grupos Homogéneos" no muestran diferencias estadísticamente significativas.

El primer orden de mérito (1) incluye T3 – Organichem Silicio 7 L/ha (251.4 gf), T5 – Fortalis 9 L/ha (246.6 gf) y T4 – Fortalis 6 L/ha (241.6 gf). Estos tratamientos, agrupados con "a" y "ab", exhibieron la mayor firmeza sin diferencias significativas entre sí. En el segundo orden de mérito (2) se ubica T2 – Organichem Silicio 5 L/ha (236.0 gf), en el grupo "bc". Finalmente, el tercer orden de mérito (3) agrupa a T0 – Testigo absoluto (227.2 gf) y T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha (224.5 gf). Estos tratamientos, clasificados en el grupo "c", mostraron la menor firmeza promedio y son significativamente diferentes de los órdenes superiores.

Tabla 43: Prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de las bayas 56 días después del ingreso al packing

Tratamiento	Media (gf)	Grupos Homogéneos	Orden de mérito
T3 – Organichem Silicio 7 L/ha	237.2	a	1
T5 – Fortalis 9 L/ha	234.9	ab	1
T4 - Fortalis 6 L/ha	230.2	ab	1
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	221.2	bc	2
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	209.7	cd	3
T0 – Testigo absoluto	206.6	d	4

La Tabla 43 presenta los resultados de la prueba múltiple de rangos de Duncan para la firmeza promedio de las bayas por tratamiento 56 días después del ingreso al packing, clasificando los tratamientos de mayor a menor valor. Los tratamientos con la misma letra en la columna "Grupos Homogéneos" no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí.

En el primer orden de mérito (1), se encuentran los tratamientos T3 – Organichem Silicio 7 L/ha con 237.2 gf, T5 – Fortalis 9 L/ha con 234.9 gf, y T4 – Fortalis 6 L/ha con 230.2 gf. Estos tratamientos, agrupados con las letras "a" y "ab", mostraron los mayores valores de firmeza promedio y no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí.

En el segundo orden de mérito (2), se ubica el tratamiento T2 – Organichem Silicio 5 L/ha con 221.2 gf, el cual pertenece al grupo "bc".

En el tercer orden de mérito (3), se encuentra el tratamiento T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha con 209.7 gf, perteneciente al grupo "cd".

Finalmente, en el cuarto orden de mérito (4), se ubica el tratamiento T0 – Testigo absoluto con 206.6 gf. Este tratamiento, clasificado en el grupo "d", exhibió el menor valor de firmeza promedio y es significativamente diferente de los tratamientos de los órdenes de mérito superiores.

3.3.3 Desgrane de racimos

Tabla 44: Comparación de “promedios” y “coeficientes de variación” del desgrane promedio de los racimos, 56 días del ingreso al packing

Tratamiento	Desgrane promedio	Coefficiente de variación
T0 – Testigo absoluto	2.05	71.61%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	1.50	73.35%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	0.55	138.03%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	0.45	152.52%
T4 - Fortalis 6 L/ha	0.80	125.66%
T5 - Fortalis 9 L/ha	0.30	190.41%
Total	0.94	121.82%

La Tabla 44 presenta los promedios y los coeficientes de variación (CV) del desgrane promedio de los racimos para cada tratamiento. Se observa una alta variabilidad general en los datos, evidenciada por un CV total del 121.82%, el cual es considerablemente superior al umbral comúnmente aceptado del 30%. Individualmente, los CV por tratamiento son también muy elevados, oscilando entre el 71.61% (T0 - Testigo absoluto) y el 190.41% (T5 - Fortalis 9 L/ha).

Esta marcada variabilidad, en gran medida, se atribuye a la presencia de numerosos valores de cero en los datos de desgrane para algunos tratamientos. Se intentaron diversas transformaciones (como raíz cuadrada, raíz de $x+0.5$, raíz de $x+1$, arcoseno y logaritmos) para reducir el coeficiente de variación; sin embargo, estas transformaciones presentaron una limitación crucial.

Se observó que, si bien las transformaciones reducían el CV, desfavorecían a tratamientos que originalmente mostraban un bajo desgrane (con múltiples ceros), haciendo que sus valores transformados se incrementaran y quedaran posicionados detrás de otros tratamientos con un mayor desgrane real, como fue el caso del tratamiento T5 – Fortalis 9 L/ha que, a pesar de su bajo promedio original (0.30), podría quedar detrás del testigo absoluto.

Ante este escenario de alta variabilidad inherente y el desafío de que las transformaciones pudieran alterar la verdadera clasificación de los tratamientos, se optó por trabajar con los datos originales y se recomienda el uso de estadística no paramétrica, como las pruebas de Kruskal-Wallis y las comparaciones post-hoc de Dunn, donde no es requisito que el coeficiente de variación sea menor al 30% ni que los datos cumplan con los supuestos de normalidad o homogeneidad de varianzas.

Tabla 45: Prueba de Kruskal-Wallis para del desgrane promedio de los racimos, 56 días del ingreso al packing

Tratamiento	Tamaño de muestra	Rango promedio
T0 - Testigo absoluto	20	86.975
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	20	79.825
T2 - Organichem silicio 5.0 L/ha	20	50.825
T3 - Organichem silicio L/ha	20	46.875
T4 - Fortalis 6 L/ha	20	57.4
T5 - Fortalis 9 L/ha	20	41.1
Valor p = 0.000		

La Tabla 45 nos muestra los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis. Se observa un p-valor de 0.000, este valor nos indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en cuanto al desgrane promedio. Esto significa que al menos uno de los tratamientos difiere de los demás en su efecto sobre el desgrane de los racimos.

Tabla 46: Comparación post-hoc de Dunn para el desgrane promedio de los racimos, 56 días del ingreso al packing

Comparación	Rango promedio		p-valor
	Primer tratamiento	Segundo tratamiento	
T0 - Testigo absoluto - T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	86.98	79.83	0.486 NS
T0 - Testigo absoluto - T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha	86.98	50.83	< 0.001 *
T0 - Testigo absoluto - T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	86.98	46.88	< 0.001 *
T0 - Testigo absoluto - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	86.98	57.40	0.004 *
T0 - Testigo absoluto - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	86.98	41.10	< 0.001 *
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha	79.83	50.83	0.005 *
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	79.83	46.88	0.001 *
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	79.83	57.40	0.029 *
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	79.83	41.10	< 0.001 *
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha - T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	50.83	46.88	0.7 NS
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	50.83	57.40	0.522 NS
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	50.83	41.10	0.344 NS
T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha - T4 - Fortalis 6.0 L/ha	46.88	57.40	0.305 NS
T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	46.88	41.10	0.574 NS
T4 - Fortalis 6.0 L/ha - T5 - Fortalis 9.0 L/ha	57.40	41.10	0.112 NS

*: Significativo

NS: No significativo

La Tabla 46 detalla los resultados de la prueba de comparación múltiple post-hoc de Dunn para el desgrane promedio de los racimos, 56 días después del ingreso al packing. Esta prueba se aplicó para identificar qué pares específicos de tratamientos exhiben diferencias estadísticamente significativas en el desgrane.

Se observa que el Testigo absoluto (T0) presenta diferencias significativas con los tratamientos T2 (Organichem Silicio 5.0 L/ha), T3 (Organichem Silicio 7.0 L/ha), T4 (Fortalis 6 L/ha) y T5 (Fortalis 9 L/ha). Sin embargo, T0 no presenta diferencias significativas con T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha). Por otro lado, el tratamiento T5 (Fortalis 9 L/ha) demuestra ser significativamente diferente del T0 (Testigo absoluto), del T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) y del T4 (Fortalis 6 L/ha). Finalmente, el tratamiento T3 (Organichem Silicio 7.0 L/ha) también es significativamente distinto del T0 (Testigo absoluto) y T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha).

Las comparaciones restantes entre los tratamientos T2, T3, T4 y T5 no muestran diferencias estadísticamente significativas entre sí. Estas comparaciones específicas permiten identificar los tratamientos que ofrecen beneficios estadísticamente diferenciados en el control del desgrane de los racimos.

Tabla 47: Desgrane promedio de racimos por tratamiento y grupos homogéneos (Prueba de Dunn)

Tratamiento	Rango promedio	Desgrane promedio	Grupo homogéneo
T5 - Fortalis 9.0 L/ha	41.1	0.30	a
T3 - Organichem Silicio 7.0 L/ha	46.88	0.45	ab
T2 - Organichem Silicio 5.0 L/ha	50.83	0.55	abc
T4 - Fortalis 6.0 L/ha	57.40	0.80	bc
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	79.82	1.50	cd
T0 - Testigo absoluto	86.98	2.05	d

La Tabla 47 muestra los grupos homogéneos resultantes de la prueba de Dunn, que clasifican los tratamientos según su impacto en el desgrane promedio de los racimos. Los tratamientos se ordenan de menor a mayor desgrane promedio, indicando un mejor rendimiento.

El grupo "a" incluye el tratamiento T5 (Fortalis 9.0 L/ha) con un desgrane promedio de 0.30 y un rango promedio de 41.1. Este tratamiento representa el menor desgrane y es estadísticamente diferente de los tratamientos T0, T1 y T4 (Tabla 46). El T3 (Organichem Silicio 7.0 L/ha), con 0.45 de desgrane promedio y 46.88 de rango, se encuentra en el grupo "ab", sin diferencias significativas con T5 y T2, pero sí con T0 y T1 (Tabla 46). El T2 (Organichem Silicio 5.0 L/ha), con 0.55 de desgrane y 50.83 de rango, forma parte del grupo "abc".

No difiere significativamente de T3, T4 o T5, pero sí de T0 y T1 (Tabla 46). El T4 (Fortalis 6.0 L/ha), con 0.80 de desgrane y 57.40 de rango, se ubica en el grupo "bc". No muestra diferencias significativas con T2 y T3, pero sí con T0 y T5 (Tabla 46).

Finalmente, los tratamientos con mayores promedios de desgrane son T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha), con 1.50 (rango 79.82) en el grupo "cd", y T0 (Testigo absoluto), con 2.05 (rango 86.98) en el grupo "d". Estos dos tratamientos son los que presentan los mayores niveles de desgrane. T0 y T1 no difieren significativamente entre sí, pero T0 es significativamente diferente de T2, T3, T4 y T5 (Tabla 46), y T1 es significativamente diferente de T2, T3, T4 y T5 (Tabla 46).

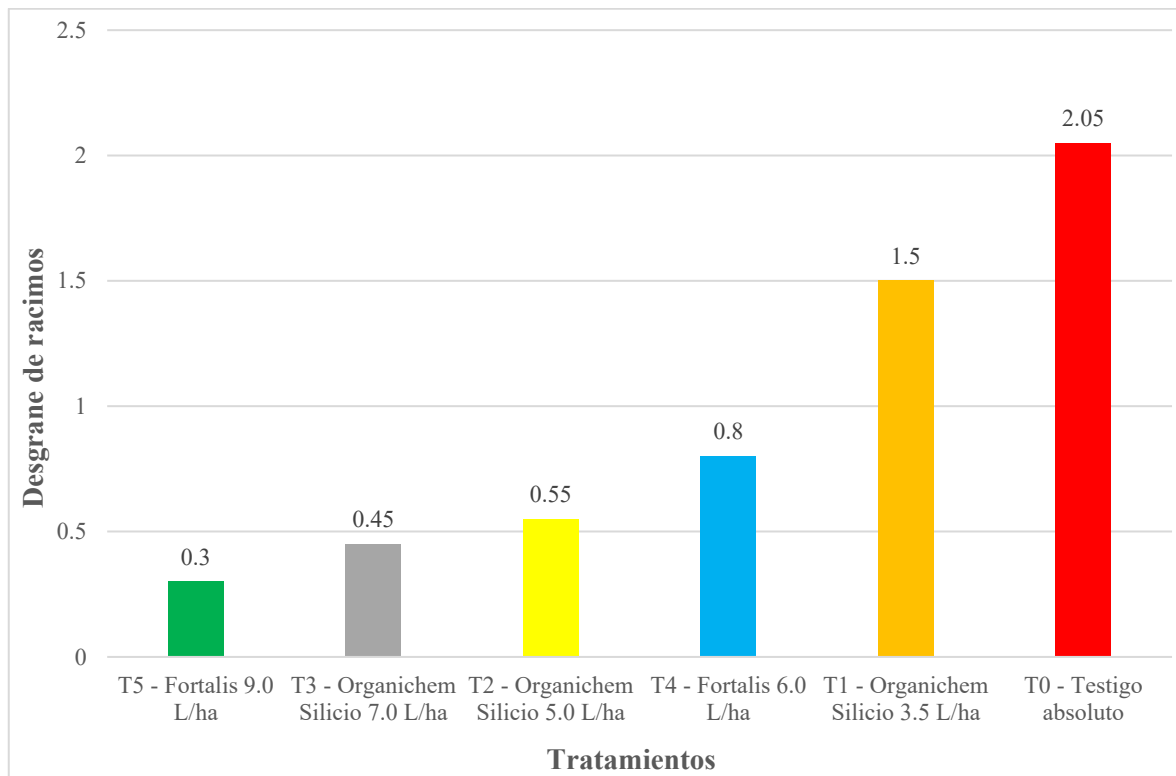


Figura 14. Desgrane promedio por tratamientos

La Figura 14 ilustra el desgrane promedio de los racimos para cada tratamiento, evidenciando visualmente la variabilidad ya señalada en la Tabla 44. El gráfico destaca que el tratamiento T5 – Fortalis 9 L/ha presenta el menor desgrane promedio, con un valor de 0.30. Le siguen de cerca T3 – Organichem Silicio 7 L/ha (0.45) y T2 – Organichem Silicio 5 L/ha (0.55), mostrando niveles de desgrane relativamente bajos. En un nivel intermedio se encuentra T4 – Fortalis 6 L/ha con un promedio de 0.80. Los tratamientos con los mayores valores de desgrane son T1 – Organichem Silicio 3.5 L/ha (1.50) y el T0 – Testigo absoluto (2.05). El Testigo absoluto, al no recibir tratamiento, muestra el nivel más alto de desgrane. La figura refuerza visualmente que los tratamientos T5, T3 y T2 se asocian con un menor desgrane, mientras que T0 y T1 muestran los mayores valores de desgrane.

3.3.4 Potencial de deshidratación de racimos

Tabla 48: Evaluación de deshidratación de racimos de vid variedad Red Globe

TRATAMIENTO	RACIMO	1era evaluación 03.02.23	2da evaluación 04.02.23	3era evaluación 05.02.23	4ta evaluación 06.02.23	5ta evaluación 07.02.23
T0 - Testigo absoluto	1	904.3 g	864.0 g	829.6 g	807.0 g	782.9 g
T0 - Testigo absoluto	2	556.0 g	539.0 g	519.0 g	507.0 g	492.0 g
T0 - Testigo absoluto	3	534.7 g	518.0 g	503.5 g	487.0 g	471.5 g
T0 - Testigo absoluto	4	706.8 g	680.0 g	660.4 g	634.0 g	611.5 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	1	614.9 g	585.0 g	559.7 g	541.0 g	525.0 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	2	633.4 g	617.0 g	592.4 g	575.0 g	557.6 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	3	814.8 g	784.0 g	754.6 g	729.4 g	706.3 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	4	940.1 g	893.2 g	843.6 g	815.0 g	792.3 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	1	724.2 g	692.0 g	664.5 g	648.0 g	632.3 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	2	482.7 g	456.3 g	434.5 g	421.0 g	408.6 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	3	903.8 g	866.0 g	830.5 g	808.0 g	784.8 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	4	745.0 g	705.0 g	672.7 g	658.2 g	644.6 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	1	891.0 g	866.0 g	830.5 g	810.0 g	791.7 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	2	742.0 g	715.6 g	693.5 g	679.6 g	664.4 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	3	473.7 g	460.0 g	449.5 g	438.0 g	427.4 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	4	574.1 g	544.0 g	521.6 g	508.0 g	495.1 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	1	742.9 g	721.5 g	705.3 g	692.5 g	681.5 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	2	576.5 g	559.0 g	547.2 g	538.0 g	529.2 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	3	906.6 g	889.2 g	867.0 g	853.8 g	843.4 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	4	709.5 g	695.0 g	682.2 g	671.2 g	661.5 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	1	726.3 g	715.1 g	702.0 g	694.0 g	686.6 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	2	800.9 g	788.0 g	771.3 g	764.5 g	754.2 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	3	778.3 g	763.4 g	754.0 g	743.0 g	736.4 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	4	878.9 g	866.0 g	849.1 g	840.2 g	831.4 g

En la Tabla 48 se muestra los resultados de las evaluaciones de deshidratación de racimos desde el día de la cosecha (03/02/23) en donde se pesaron los racimos hasta 4 días después de la guarda (07/02/23).

Tabla 49: Diferencia de peso entre evaluaciones de racimos de vid variedad Red Globe

TRATAMIENTO	RACIMO	1era – 2da evaluación	2da – 3era evaluación	3era – 4ta evaluación	4ta – 5ta evaluación
T0 - Testigo absoluto	1	40.3 g	34.4 g	22.6 g	24.1 g
T0 - Testigo absoluto	2	17.0 g	20.0 g	12.0 g	15.0 g
T0 - Testigo absoluto	3	16.7 g	14.5 g	16.5 g	15.5 g
T0 - Testigo absoluto	4	26.8 g	19.6 g	26.4 g	22.5 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	1	29.9 g	25.3 g	18.7 g	16.0 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	2	16.4 g	24.6 g	17.4 g	17.4 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	3	30.8 g	29.4 g	25.2 g	23.1 g
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	4	46.9 g	49.6 g	28.6 g	22.7 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	1	32.2 g	27.5 g	16.5 g	15.7 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	2	26.4 g	21.8 g	13.5 g	12.4 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	3	37.8 g	35.5 g	22.5 g	23.2 g
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	4	40.0 g	32.3 g	14.5 g	13.6 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	1	25.0 g	35.5 g	20.5 g	18.3 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	2	26.4 g	22.1 g	13.9 g	15.2 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	3	13.7 g	10.5 g	11.5 g	10.6 g
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	4	30.1 g	22.4 g	13.6 g	12.9 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	1	21.4 g	16.2 g	12.8 g	11.0 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	2	17.5 g	11.8 g	9.2 g	8.8 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	3	17.4 g	22.2 g	13.2 g	10.4 g
T4 - Mov calcio 6.0 L/ha	4	14.5 g	12.8 g	11.0 g	9.7 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	1	11.2 g	13.1 g	8.0 g	7.4 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	2	12.9 g	16.7 g	6.8 g	10.3 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	3	14.9 g	9.4 g	11.0 g	6.6 g
T5 - Mov calcio 9.0 L/ha	4	12.9 g	16.9 g	8.9 g	8.8 g

La Tabla 49 muestra los resultados de las diferencias de peso entre cada evaluación realizada.

Tabla 50: Comparación de los “coeficientes de variación” del potencial de deshidratación

Tratamiento	Coeficiente de variación			
	1era – 2da evaluación	2da – 3era evaluación	3era – 4ta evaluación	4ta – 5ta evaluación
T0 – Testigo absoluto	44.07%	38.68%	32.97%	24.37%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	40.26%	36.54%	23.68%	18.33%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	17.87%	20.39%	24.07%	29.87%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	29.70%	45.15%	26.21%	23.08%
T4 - Fortalis 6 L/ha	16.00%	29.81%	15.89%	9.49%
T5 - Fortalis 9 L/ha	11.66%	25.27%	20.43%	19.67%
Total	42.19%	43.05%	38.52%	36.92%

La Tabla 50 presenta los coeficientes de variación (CV) del potencial de deshidratación de los racimos. Se observa que los coeficientes de variación generales para el potencial de deshidratación superan consistentemente el 30% en todas las evaluaciones. Esta alta variabilidad total indica que los datos son dispersos y podrían no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas necesarios para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas. Se deben realizar transformaciones de datos a esta variable para ayudar a estabilizar la varianza y a acercar la distribución de los datos a la normalidad. En caso de que las transformaciones no logren cumplir los supuestos, se debería considerar el uso de estadística no paramétrica.

Tabla 51: Comparación de los “coeficientes de variación” del potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x)

Tratamiento	Coeficiente de variación			
	1era – 2da evaluación	2da – 3era evaluación	3era – 4ta evaluación	4ta – 5ta evaluación
T0 – Testigo absoluto	21.70%	18.75%	17.09%	12.29%
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	20.88%	17.34%	11.93%	9.26%
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	9.11%	10.44%	11.67%	14.45%
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	16.19%	23.89%	12.71%	11.59%
T4 - Fortalis 6 L/ha	8.00%	14.51%	8.14%	4.76%
T5 - Fortalis 9 L/ha	5.79%	13.17%	10.16%	9.82%
Total	21.16%	21.38%	19.26%	18.71%

La Tabla 51 presenta los coeficientes de variación (CV) del potencial de deshidratación de los racimos después de aplicar una transformación de datos a "raíz de x". A diferencia de la Tabla 50, donde los CV generales superaban el 30%, aquí se observa una reducción significativa y consistente de la variabilidad en todas las evaluaciones.

A nivel de tratamientos, todos los CV individuales también se encuentran por debajo del 30% en la mayoría de las evaluaciones, lo que confirma la homogeneidad lograda tras la transformación. Esta consistencia en los bajos coeficientes de variación, tanto a nivel general como por tratamiento, nos indica que los datos son confiables y presentan una variabilidad adecuada.

Tabla 52: Prueba de igualdad de varianzas: Potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x)

Prueba	Valor p			
	1era – 2da evaluación	2da – 3era evaluación	3era – 4ta evaluación	4ta – 5ta evaluación
Levene	0.332	0.966	0.299	0.227

La Tabla 52 presenta la prueba de Levene para evaluar la igualdad de varianzas del potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x). Se observa que los valores p para cada período (0.332, 0.966, 0.299, 0.227) son todos superiores a 0.05. Esto indica que, en cada evaluación, no se rechaza la hipótesis nula de varianzas homogéneas. Por lo tanto, se confirma que las varianzas son estadísticamente iguales entre los tratamientos para esta variable transformada.

Tabla 53: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x)

Tratamiento	GL	Valor p			
		1era – 2da evaluación	2da – 3era evaluación	3era – 4ta evaluación	4ta – 5ta evaluación
T0 - Testigo absoluto	4	0.295	0.381	0.845	0.175
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	4	0.754	0.080	0.462	0.219
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	4	0.657	0.840	0.393	0.339
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	4	0.243	0.693	0.320	0.984
T4 - Fortalis 6 L/ha	4	0.681	0.505	0.480	0.956
T5 - Fortalis 9 L/ha	4	0.673	0.303	0.934	0.863

La Tabla 53 presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar la distribución de los datos del potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x) en cada uno de los tratamientos a lo largo de la etapa de poscosecha. Se observa que, durante todas las evaluaciones (1era – 2da, 2da – 3era, 3era – 4ta y 4ta – 5ta) y para cada tratamiento, los valores p obtenidos son superiores al nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$.

Esto implica que, para cada tratamiento y en cada momento de evaluación, no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula de que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se asume que la distribución del potencial de deshidratación de los racimos en cada grupo y a lo largo de las evaluaciones es normal.

Dado que ambas pruebas de supuestos fundamentales para el análisis paramétrico —la prueba de Levene (Tabla 52), que confirmó la homogeneidad de varianzas, y la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Tabla 53), que demostró que los datos transformados siguen una distribución normal— cumplen con los criterios estadísticos, se puede proceder con la aplicación de estadísticas paramétricas para el potencial de deshidratación de los racimos.

Tabla 54: Análisis de varianza del potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x) durante las evaluaciones

Efectos Principales	Valor p			
	1era – 2da evaluación	2da – 3era evaluación	3era – 4ta evaluación	4ta – 5ta evaluación
Tratamiento	0.007 **	0.021 *	0.001 **	0.000 **

* Significancia ** Alta significancia NS No significante

La Tabla 54 presenta los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para el potencial de deshidratación de los racimos, utilizando datos transformados a raíz de x. El análisis revela que el efecto del Tratamiento es estadísticamente significativo en todas las evaluaciones. Los p-valores obtenidos son: 0.007 (alta significancia) para la 1era – 2da evaluación, 0.021 (significancia) para la 2da – 3era evaluación, 0.001 (alta significancia) para la 3era – 4ta evaluación, y 0.000 (alta significancia) para la 4ta – 5ta evaluación.

La consistencia de estos resultados, donde todos los p-valores son inferiores a $\alpha=0.05$, indica que existen diferencias significativas en el potencial de deshidratación entre los tratamientos a lo largo de todo el período de evaluación. Esto sugiere un efecto diferenciado de las aplicaciones sobre la variable estudiada.

Tabla 55: Prueba múltiple de rangos de Duncan para potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x) durante las evaluaciones

Tratamiento	Evaluaciones			
	1era – 2da evaluación	2da – 3era evaluación	3era – 4ta evaluación	4ta – 5ta evaluación
T0 – Testigo absoluto	4.9 bc (25.02 ^y)	4.6 ab (22.1)	4.4 cd (19.4)	4.4 c (19.3)
T1 - Organichem Silicio 3.5 L/ha	5.5 c (31.0)	5.6 b (32.2)	4.7 d (22.5)	4.4 c (19.8)
T2 - Organichem Silicio 5 L/ha	5.8 c (34.1)	5.4 b (29.3)	4.1 bcd (16.8)	4.0 c (16.2)
T3 - Organichem Silicio 7 L/ha	4.8 bc (23.8)	4.7 ab (22.6)	3.8 bc (14.9)	3.8 bc (14.3)
T4 - Fortalis 6 L/ha	4.2 ab (17.7)	3.9 a (15.8)	3.4 ab (11.6)	3.2 ab (10.0)
T5 - Fortalis 9 L/ha	3.6 a (13.0)	3.7 a (14.0)	2.9 a (8.7)	2.9 a (8.3)

Y datos de las medias originales sin transformaciones.

La Tabla 55 presenta los resultados de la prueba de Duncan para el potencial de deshidratación de los racimos (datos transformados raíz de x), identificando grupos homogéneos de tratamientos en cada evaluación. Se muestra la media transformada, su grupo asignado y la media original entre paréntesis.

Para la 1era – 2da Evaluación, T5 (Fortalis 9 L/ha) exhibe la menor media transformada (3.6) y, consecuentemente, el menor potencial de deshidratación original (13.0), agrupado en 'a'. Este difiere significativamente de T0 (Testigo absoluto, transformada 4.9; original 25.02) y T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha, transformada 5.5; original 31.0), los cuales muestran los mayores potenciales en los grupos 'bc' y 'c' respectivamente.

En la 2da – 3era Evaluación, T5 (Fortalis 9 L/ha, transformada 3.7; original 14.0) mantiene el menor potencial de deshidratación en el grupo 'a'. T0 (Testigo absoluto, transformada 4.6; original 22.1) y T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha, transformada 5.6; original 32.2) continúan con los mayores valores y se agrupan en 'b'.

Para la 3era – 4ta Evaluación, T5 (Fortalis 9 L/ha, transformada 2.9; original 8.7) sigue registrando el menor potencial en 'a'. T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha, transformada 4.7; original 22.5) presenta el valor más alto, agrupándose en 'd' con T0 (Testigo absoluto, transformada 4.4; original 19.4) y T2 (Organichem Silicio 5 L/ha, transformada 4.1; original 16.8).

Finalmente, en la 4ta – 5ta Evaluación, T5 (Fortalis 9 L/ha, transformada 2.9; original 8.3) y T4 (Fortalis 6 L/ha, transformada 3.2; original 10.0) comparten el menor potencial en el grupo 'a'. T0 (Testigo absoluto, transformada 4.4; original 19.3) y T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha, transformada 4.4; original 19.8) muestran los mayores potenciales, agrupados en 'c' y 'b'

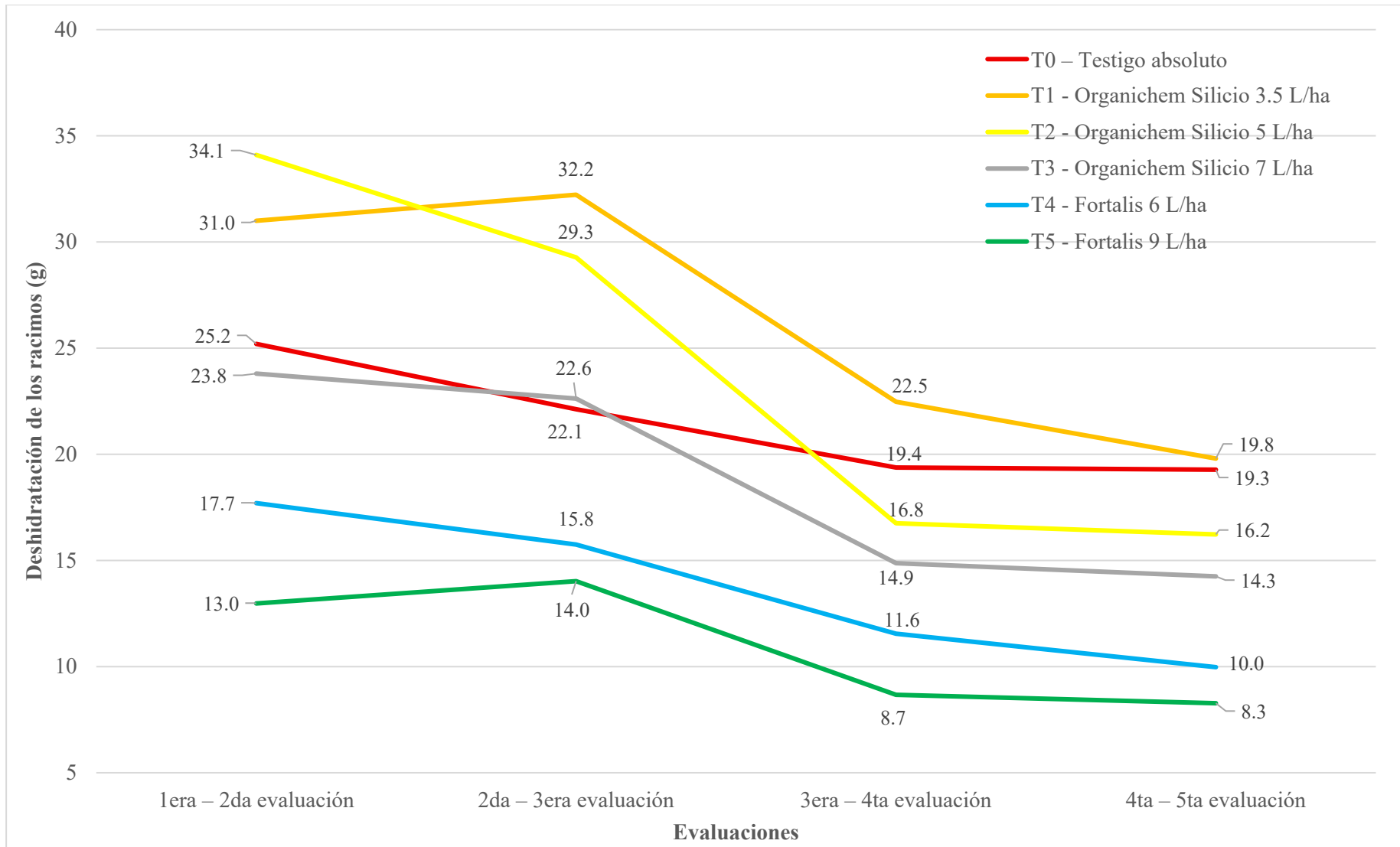


Figura 15. Porcentaje de materia seca de las bayas por tratamiento

3.3.5 Análisis de laboratorio

Tabla 56: Análisis en laboratorio de las bayas después de 56 días de packing

Tratamientos	Calcio Ligado mg/100msf	Calcio Total mg/100msf	Materia Seca %	Firmeza baya gf
T5 - Fortalis 9.0 L/ha	9.65	17.21	17.95	240
T3 - Organichem silicio 10 L/ha	9.52	17.72	18.15	250
T4 - Fortalis 6.0 L/ha	9.31	16.93	17.93	250
T2 - Organichem silicio 7.0 L/ha	8.98	16.27	17.60	220
T1 - Organichem silicio 3.5 L/ha	8.65	15.92	17.64	220
T0 - Testigo absoluto	8.58	16.14	17.25	200

La Tabla 56 presenta los resultados del análisis de laboratorio realizado en las bayas después de 56 días de almacenamiento en condiciones de packing. Se evaluaron cuatro parámetros clave de calidad: Calcio Ligado (mg/100msf), Calcio Total (mg/100msf), Materia Seca (%) y Firmeza de la baya (gf). Los datos se presentan para cada uno de los tratamientos y para el testigo.

En cuanto al Calcio Ligado, los tratamientos T5 (Fortalis 9.0 L/ha) y T3 (Organichem Silicio 10 L/ha) muestran los valores más altos, con 9.65 mg/100msf y 9.52 mg/100msf, respectivamente. El T0 (Testigo absoluto) presenta el valor más bajo, con 8.58 mg/100msf.

Para el Calcio Total, el T3 (Organichem Silicio 10 L/ha) y el T5 (Fortalis 9.0 L/ha) registran los valores más elevados, siendo 17.72 mg/100msf y 17.21 mg/100msf. El T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) exhibe el valor más bajo, con 15.92 mg/100msf.

Respecto al Porcentaje de Materia Seca, el T3 (Organichem Silicio 10 L/ha) y el T5 (Fortalis 9.0 L/ha) muestran los mayores porcentajes, con 18.15% y 17.95% respectivamente. El T0 (Testigo absoluto) presenta el menor porcentaje de materia seca, con 17.25%.

Finalmente, en cuanto a la Firmeza de la baya, los tratamientos T3 (Organichem Silicio 10 L/ha) y T4 (Fortalis 6.0 L/ha) registran la mayor firmeza, ambos con 250 gf. El T0 (Testigo absoluto) presenta el valor más bajo de firmeza, con 200 gf.

IV. DISCUSIÓN

4.1 Evaluaciones precosecha

4.1.1 Porcentaje de incidencia de pudrición ácida en racimos

Los resultados del presente estudio (Tabla 7) indican que las aplicaciones foliares de Fortalis (Calcio) y Organicem Silicio, especialmente en las dosis más altas (T5, T4, T3 y T2), redujeron significativamente la incidencia de pudrición ácida en los racimos de vid en comparación con la dosis más baja de silicio (T1) y el testigo absoluto (T0).

Estos hallazgos concuerdan con los reportes de [16] y [19], quienes también encontraron que las aplicaciones foliares de calcio y silicio son efectivas para reducir los porcentajes de pudrición en uva. Esta concordancia puede atribuirse al rol conocido del calcio en la integridad de la pared celular y del silicio en la inducción de defensas bioquímicas y el fortalecimiento estructural de los tejidos, lo que dificulta la penetración de patógenos y el desarrollo de la enfermedad.

4.1.2 Porcentaje de incidencia de la fisiopatía Palo negro en racimos

Los resultados del presente estudio (Tabla 13) indican que las aplicaciones foliares de Fortalis (Calcio) y Organicem Silicio influyeron en la incidencia de la fisiopatía "Palo negro" en los racimos de vid. Se observó que las dosis más altas de Fortalis (T5) y Organicem Silicio (T3) mostraron las menores incidencias, mientras que las dosis más bajas de silicio (T1, T2) y el testigo absoluto (T0) presentaron las mayores incidencias.

No se encontró literatura sobre la incidencia de la fisiopatía "Palo negro" en relación con aplicaciones de calcio o silicio en uva de mesa.

4.2 Evaluaciones en cosecha

4.2.1 Peso promedio de bayas (g)

Los resultados del presente estudio (Tabla 18) indican que las aplicaciones foliares de Organicem Silicio y Fortalis (Calcio) influyeron significativamente en el peso promedio de las bayas. Los tratamientos T3 (Organicem Silicio 7 L/ha) y T5 (Fortalis 9 L/ha) mostraron los mayores pesos promedio de baya, formando un grupo estadísticamente superior al resto de los tratamientos, los cuales, junto con el testigo absoluto (T0), exhibieron pesos significativamente menores.

Estos hallazgos concuerdan con reportes previos que indican un incremento en el peso de las bayas debido a la aplicación de calcio y silicio. La literatura citada en [11], [13], [14] y [15] también encontró que la aplicación foliar de calcio y silicio es efectiva para incrementar el peso de las bayas y de los racimos en uva. Este efecto puede atribuirse a la mejora en la turgencia celular, la división y elongación celular, y la acumulación de sólidos en la fruta, factores que son

favorecidos por la disponibilidad de calcio y la acción beneficiosa del silicio en la absorción de nutrientes y la mitigación del estrés.

Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [12] y [23], donde no se encontraron efectos significativos de las aplicaciones de calcio en el peso de la fruta. Estas divergencias podrían explicarse por diferencias en la variedad de vid o cultivo, el estado fenológico de aplicación, la formulación específica del producto, las condiciones ambientales y de suelo, o la dosis utilizada, factores que pueden influir en la absorción y translocación de los nutrientes.

4.2.2 Calibre de bayas (mm)

Los resultados del presente estudio (Tabla 23) indican que las aplicaciones foliares de Organichem Silicio y Fortalis (Calcio) influyeron significativamente en el calibre promedio de las bayas. Los tratamientos T3 (Organichem Silicio 7 L/ha), T5 (Fortalis 9 L/ha) y T4 (Fortalis 6 L/ha) mostraron los calibres promedio de baya más altos, siendo estadísticamente superiores al resto de los tratamientos, que incluyeron dosis menores de silicio (T2, T1) y el testigo absoluto (T0).

Estos hallazgos concuerdan con reportes previos que indican un incremento en el calibre de las bayas debido a la aplicación de calcio y silicio. La literatura citada en [11] también encontró que la aplicación foliar de calcio fue muy efectiva para incrementar el calibre de la baya en uva 'Flame'. Además, [23] reportó mejoras significativas en el calibre de la fruta de arándano con tratamientos a base de calcio. Este efecto puede atribuirse a la participación del calcio en la división y elongación celular, así como al rol del silicio en la mejora de la turgencia y el crecimiento de las células, lo que contribuye al aumento del tamaño final de la baya.

No se encontraron resultados que contradigan directamente estos hallazgos en la literatura proporcionada que evalúen el efecto del calcio o silicio en el calibre de las bayas de uva.

4.2.3 Firmeza de bayas (g/f)

Los resultados del presente estudio (Tabla 28) indican que las aplicaciones foliares de Fortalis (Calcio) y Organichem Silicio influyeron significativamente en la firmeza promedio de las bayas. Los tratamientos T5 (Fortalis 9 L/ha) y T3 (Organichem Silicio 7 L/ha) mostraron las mayores firmezas promedio, siendo estadísticamente superiores a las dosis más bajas y al testigo absoluto (T0), el cual exhibió la menor firmeza.

Estos hallazgos concuerdan con la literatura previa que reporta un incremento en la firmeza de las bayas debido a la aplicación de calcio y silicio. La literatura citada en [11], [13], [19] y [22] también encontró que la aplicación foliar de calcio y silicio es efectiva para mejorar la firmeza de las bayas en uva. En particular, [13] reportó que el calcio afectó significativamente las

propiedades mecánicas de las bayas, logrando una mayor resistencia a la presión y a la rotura. De igual manera, [22] confirmó que los tratamientos con silicio lograron mejorar estadísticamente la firmeza de los frutos. Esta concordancia se atribuye al rol del calcio en la formación y estabilidad de la pared celular (como pectato de calcio) y al efecto del silicio en el fortalecimiento de los tejidos, lo que confiere mayor rigidez y resistencia mecánica a la baya.

Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [12], donde no se encontraron efectos significativos de las aplicaciones de calcio en la firmeza de las bayas de uva Thompson Seedless. Esta divergencia podría explicarse por diferencias en la variedad, las condiciones de cultivo, la formulación del producto, el momento o la frecuencia de aplicación, así como por la interacción con otros factores ambientales.

4.2.4 Sólidos solubles totales (° Brix)

Los resultados del presente estudio (Tabla 33) indican que las aplicaciones foliares de Fortalis (Calcio) y Organichem Silicio influyeron significativamente en los sólidos solubles totales (SST) de las bayas. Los tratamientos T5 (Fortalis 9 L/ha), T3 (Organichem Silicio 7 L/ha), T1 (Organichem Silicio 3.5 L/ha) y T2 (Organichem Silicio 5 L/ha) mostraron los mayores valores de SST, siendo estadísticamente superiores al testigo absoluto (T0) y al tratamiento T4 (Fortalis 6 L/ha), el cual exhibió el menor valor de SST.

Estos hallazgos concuerdan con reportes previos que indican un incremento en los sólidos solubles totales de las bayas debido a la aplicación de calcio y silicio. La literatura citada en [11], [14], [15] y [18] también encontró que la aplicación foliar de calcio y silicio es efectiva para incrementar los SST en uva. En particular, [14] y [15] observaron que la aplicación foliar de silicio aumentó significativamente los SST en uva 'Roumy Ahmar'. Este efecto puede atribuirse a la participación del calcio y el silicio en procesos metabólicos que favorecen la acumulación de azúcares y otros compuestos solubles en la fruta.

Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [12], [13] y [21], donde no se encontraron efectos significativos de las aplicaciones de calcio o silicio en el contenido de sólidos solubles. Por ejemplo, [13] no reportó diferencias significativas en el contenido de azúcar con aplicaciones foliares de calcio y nitrógeno en uva 'Cardinal', y [21] indicó que el silicio no influyó significativamente en los sólidos solubles en arándano. Estas divergencias podrían explicarse por diferencias en la variedad de vid o cultivo, las condiciones ambientales, la formulación del producto, la dosis, o el momento de aplicación, que pueden afectar la asimilación y el impacto de los elementos en la maduración de la fruta.

4.3 Evaluaciones en poscosecha

4.3.1 Sólidos solubles totales

Los resultados del Análisis de Varianza (ANVA) del presente estudio (Tabla 37) indican que las aplicaciones foliares no generaron diferencias estadísticamente significativas en los sólidos solubles totales (SST) de las bayas durante la etapa de poscosecha (0, 14, 28, 42 y 56 días de almacenamiento). Esto sugiere que los tratamientos aplicados no tuvieron un efecto significativo en el mantenimiento o la variación de los SST a lo largo del periodo de conservación.

Estos hallazgos concuerdan con la literatura citada en [12], [13] y [21], donde tampoco se encontraron efectos significativos de las aplicaciones de calcio o silicio en el contenido de sólidos solubles en uva o arándano. Esta concordancia puede deberse a que, una vez que la fruta alcanza la madurez de cosecha, la capacidad de los tratamientos poscosecha para alterar sustancialmente la acumulación de azúcares es limitada, o que los factores varietales y genéticos tienen un peso predominante. Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [11], [14], [15], [18] y [19], donde sí se observaron incrementos significativos en los sólidos solubles totales con aplicaciones foliares de calcio o silicio, incluyendo el retraso de cambios en SST durante la poscosecha. Estas divergencias podrían explicarse por diferencias en la variedad de vid, el estado de madurez al momento de cosecha, la formulación y dosis de los productos, las condiciones de almacenamiento poscosecha, o la interacción con otros factores. Es posible que el efecto de estos tratamientos sobre los SST sea más pronunciado en precosecha y se disipe o sea menos detectable durante el almacenamiento prolongado.

4.3.2 Firmeza promedio de bayas

Los resultados del presente estudio (Tabla 42) indican que las aplicaciones foliares de Organichem Silicio y Fortalis (Calcio) influyeron significativamente en la firmeza promedio de las bayas al ingreso al packing. Los tratamientos T3 (Organichem Silicio 7 L/ha), T5 (Fortalis 9 L/ha) y T4 (Fortalis 6 L/ha) mostraron las mayores firmezas, siendo estadísticamente superiores a las dosis más bajas de silicio (T2, T1) y al testigo absoluto (T0), los cuales exhibieron las menores firmezas. Estos hallazgos concuerdan con la literatura previa que reporta un incremento en la firmeza de las bayas debido a la aplicación de calcio y silicio. La literatura citada en [11], [13], [19] y [22] también encontró que la aplicación foliar de calcio y silicio es efectiva para mejorar la firmeza de las bayas en uva. En particular, [13] reportó que el calcio afectó significativamente las propiedades mecánicas de las bayas, logrando una mayor resistencia a la presión y a la rotura. De igual manera, [22] confirmó que los tratamientos con silicio lograron mejorar estadísticamente la firmeza de los frutos en cosecha y poscosecha. Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [12], donde no se encontraron efectos significativos de las aplicaciones de calcio en la firmeza de las bayas de uvas.

4.3.3 Desgrane de racimos

Los resultados del presente estudio (Tabla 47) indican que las aplicaciones foliares de Fortalis (Calcio) y Organichem Silicio influyeron significativamente en la reducción del desgrane promedio de los racimos. El tratamiento T5 (Fortalis 9.0 L/ha) mostró el menor desgrane, siendo estadísticamente superior a los tratamientos con las dosis más bajas de silicio (T1), a la dosis intermedia de Fortalis (T4) y al testigo absoluto (T0). Los tratamientos con las dosis más altas de silicio (T3, T2) y Fortalis (T4) también exhibieron menores niveles de desgrane en comparación con el testigo y la dosis más baja de silicio (T1).

Estos hallazgos concuerdan con la literatura previa que reporta una reducción del desgrane en racimos de uva debido a la aplicación de calcio y silicio. La literatura citada en [18] encontró que las aplicaciones de calcio redujeron el desgrane de las bayas. De manera similar, [19] reportó una reducción del desgrane con aplicaciones foliares de calcio en uva 'Crimson Seedless', tanto solas como en combinación con un bioestimulante. Esta concordancia se atribuye al rol del calcio en el fortalecimiento de la estructura de las paredes celulares en la zona de abscisión del pedicelo y a la contribución del silicio a la integridad estructural de los tejidos, lo que mejora la adherencia de las bayas al raquis y reduce la pérdida poscosecha por desgrane.

4.3.4 Potencial de deshidratación de racimos

Los resultados del presente estudio (Tabla 55) indican que las aplicaciones foliares de Fortalis (Calcio) y Organichem Silicio influyeron significativamente en la reducción del potencial de deshidratación de los racimos a lo largo de la poscosecha. El tratamiento T5 (Fortalis 9 L/ha) y, en menor medida, T4 (Fortalis 6 L/ha) y T3 (Organichem Silicio 7 L/ha) exhibieron consistentemente los menores potenciales de deshidratación en todas las evaluaciones. En contraste, el testigo absoluto (T0) y la dosis más baja de silicio (T1, Organichem Silicio 3.5 L/ha) mostraron sistemáticamente los mayores potenciales de deshidratación, lo que sugiere una mayor pérdida de agua.

Estos hallazgos concuerdan con la literatura previa que reporta una mejora en la calidad poscosecha y una reducción de la pérdida de peso o deterioro por deshidratación debido a la aplicación de calcio y silicio. La literatura citada en [11], [13], [19] y [22] también encontró que la aplicación foliar de calcio y silicio es efectiva para mejorar parámetros de calidad como la firmeza y la integridad de las bayas, lo cual indirectamente reduce la susceptibilidad a la deshidratación. Específicamente, [19] reportó el mantenimiento de la firmeza durante la poscosecha con aplicaciones de calcio, lo que implica una menor pérdida de agua.

Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [23], donde no se hallaron diferencias estadísticas para el peso fresco o seco de bayas de arándano con tratamientos a base de calcio.

4.4 Análisis de laboratorio

4.4.1 Calcio Ligado

Los resultados del análisis de laboratorio (Tabla 56) indican que, después de 56 días de almacenamiento en packing, los tratamientos con las dosis más altas de Fortalis (T5) y Organichem Silicio (T3) mostraron los valores más elevados de calcio ligado en las bayas (9.65 mg/100msf y 9.52 mg/100msf, respectivamente).

Estos hallazgos concuerdan con la literatura previa que sugiere que las aplicaciones de calcio pueden aumentar su concentración en los tejidos de la fruta. La literatura citada en [3] y [8] reporta que las aplicaciones foliares de calcio pueden incrementar el contenido de calcio en el fruto.

Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [4], [12] y [16], quienes también encontraron que el calcio foliar no siempre aumenta el calcio total en el fruto, y esta discrepancia podría extenderse a la fracción de calcio ligado.

4.4.2 Calcio Total

Los resultados del análisis de laboratorio (Tabla 56) indican que, después de 56 días de almacenamiento en packing, los tratamientos T3 (Organichem Silicio 10 L/ha) y T5 (Fortalis 9.0 L/ha) registraron los valores más elevados de calcio total en las bayas (17.72 mg/100msf y 17.21 mg/100msf, respectivamente).

Estos hallazgos concuerdan con la literatura previa que reporta un aumento en la concentración de calcio total en los frutos debido a las aplicaciones foliares. La literatura citada en [3] y [8] también encontró que las aplicaciones de calcio foliar son efectivas para incrementar el contenido de calcio total en la fruta.

Sin embargo, los resultados no concuerdan con la literatura citada en [4], [12] y [16], quienes también encontraron que el calcio foliar no siempre aumenta el calcio total en el fruto.

V. CONCLUSIONES

Efecto de las aplicaciones de calcio y silicio en la calidad y sanidad del fruto:

Las aplicaciones foliares de Fortalis (calcio) y Organichem Silicio (silicio) mejoraron significativamente la calidad de los racimos de uva 'Red Globe' desde la precosecha hasta la poscosecha. Se observó una notable reducción en la incidencia de pudrición ácida y de la fisiopatía "Palo Negro", lo cual es crucial para la sanidad del cultivo. Además, estos tratamientos incrementaron consistentemente el peso, el calibre y la firmeza de las bayas. Estos resultados validan la hipótesis general de que la suplementación con calcio y silicio mejora integralmente la calidad de la uva.

Determinación de la dosis óptima y su impacto en atributos de calidad:

Se identificó que las dosis más altas de Fortalis (T5: 9 L/ha) y Organichem Silicio (T3: 7 L/ha) fueron las más efectivas, destacándose en múltiples parámetros de calidad. Estas dosis no solo mostraron las mayores firmezas promedio en cosecha y al ingreso al packing, sino que también contribuyeron a obtener los mayores pesos, calibres y sólidos solubles totales (SST) en cosecha. La eficacia de estas concentraciones subraya la importancia de una dosificación adecuada para maximizar los beneficios de estos nutrientes, validando la hipótesis específica de que existe una dosis óptima de calcio y silicio para la mejora de la calidad de las bayas.

Prolongación de la vida útil poscosecha y reducción del deterioro:

Las aplicaciones de calcio y silicio demostraron ser efectivas en prolongar la vida útil poscosecha de los racimos. Los tratamientos con las dosis más altas de ambos productos redujeron significativamente el desgrane promedio de las bayas y, de manera consistente, disminuyeron el potencial de deshidratación de los racimos a lo largo del almacenamiento. Estos efectos son cruciales para el mantenimiento de la calidad organoléptica y la minimización de pérdidas durante la comercialización. Aunque los SST no mostraron diferencias significativas en poscosecha, la mejora en firmeza y reducción de deshidratación respaldan que estos tratamientos contribuyen a una mayor longevidad de la fruta.

Impacto en la composición interna y consideraciones futuras:

Los análisis de laboratorio confirmaron que los tratamientos con Fortalis y Organichem Silicio, especialmente en sus dosis más altas, aumentaron el contenido de calcio ligado y calcio total en las bayas después de 56 días de almacenamiento. Este incremento en la acumulación de calcio en los tejidos es fundamental para fortalecer la estructura celular, lo que se correlaciona con la mayor firmeza y resistencia observadas.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo investigaciones adicionales para verificar y contrastar los resultados obtenidos en este estudio, especialmente replicando el experimento en diferentes temporadas y bajo distintas condiciones ambientales y de manejo. Esto permitirá confirmar la consistencia y reproducibilidad de los efectos observados de las aplicaciones de Fortalis (calcio) y Organichem Silicio (silicio) en la calidad precosecha y poscosecha de los racimos de uva 'Red Globe'. La validación en diversos contextos agrícolas proporcionará una base más sólida para la implementación de estas prácticas por parte de los productores, optimizando su aplicabilidad y beneficios económicos.
- Se recomienda extender las investigaciones sobre los productos "Fortalis" y "Organichem Silicio" a otras variedades de vid, así como a diferentes cultivos frutales y hortícolas de interés comercial. Esto permitirá evaluar la eficacia y los beneficios de estos productos en un espectro más amplio de plantas, identificando posibles variaciones en la respuesta de diferentes genotipos y especies. Además, se sugiere explorar nuevas combinaciones o secuencias de aplicación que puedan potenciar aún más sus efectos sobre la calidad del fruto y la vida útil poscosecha, optimizando las estrategias de manejo nutricional.
- Se deben realizar estudios adicionales para evaluar el impacto de las aplicaciones de "Fortalis" y "Organichem Silicio" en la mitigación de otras enfermedades, plagas y fisiopatías que afectan a los cultivos. Esto incluiría la investigación de su efectividad en la reducción de la incidencia y severidad de diversas patologías no cubiertas en este estudio, así como su potencial para mejorar la resistencia general de las plantas frente a diferentes tipos de estrés biótico y abiótico, como la sequía o las altas temperaturas, contribuyendo a la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas agrícolas.
- Según el estudio realizado y obteniendo los resultados de los diferentes tratamientos se recomienda al agricultor la aplicación del T5 (Fortalis a 9L/Ha) + T2 (Organichem Silicio a 7L/Ha) ya que con este tratamiento demostró ser el más efectivo en mejorar la calidad y conservación de la uva "Red Globe". Se sugiere incorporarlo al manejo nutricional del cultivo, ajustando la aplicación según la etapa fenológica y condiciones locales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Morris et al., Gaining momentum in Peruvian agriculture: opportunities to increase productivity and enhance competitiveness. World Bank, 2017. [Online]. Available: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/275111518463714554/pdf/123395-WP-P162084-GainingMomentuminPeruvianAgriculture-PUBLIC.pdf>
- [2] J. C. Montes Ninaquispe et al., “Peruvian Agro-Exports’ Competitiveness: An Assessment of the Export Development of Its Main Products,” *Econ. Develop. Digit. Econ. Era*, vol. 12, no. 6, p. 156, 2024. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2227-7099/12/6/156>
- [3] SENASA, “Ica, Piura y Lambayeque son las principales regiones productoras de uva,” *Gob.pe*, May 2024. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/962524-ica-piura-y-lambayeque-son-las-principales-regiones-productoras-de-uva>
- [4] BCTS Consulting, “Agtech: generando resiliencia para el agroexportador de uva,” *BCTSconsulting.com*, jun. 2024. [Online]. Available: <https://bctsconsulting.com/2024/06/08/agtech-generando-resiliencia-para-el-agroexportador-de-uva/>
- [5] Fresto Foods, “Uva Red Globe,” *Frestofoods.com*, May 2025. [Online]. Available: <https://frestofoods.com/product/uva-red-globe/>
- [6] Yara Perú, “Mejorar la resistencia y firmeza de la piel,” *Yara.com.pe*, Jun. 2018. [Online]. Available: www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/uva-de-mesa/mejorar-la-resistencia-y-firmeza-de-la-piel/
- [7] F. K. Sabir and A. Sabir, “Pre-harvest Micronized Calcium and Postharvest UV-C Treatments Extend the Quality of ‘Crimson Seedless’ (*Vitis vinifera L.*) Grapes,” *Erwerbs-Obstbau*, vol. 61, jul. 2019. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10341-019-00444-2#citeas>
- [8] M. Zhu et al., “Preharvest Nano-calcium Reduces the Table Grape Berry Abscission by Regulating Ethylene Production During Storage,” *Plant Growth Regul.*, vol. 43, 2024. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-023-11192-9>
- [9] S. D. Ramteke et al., “Effect of Calcium Formulations to Increase Yield and Shelf Life of Manjri Naveen Grapes,” *J. Exp. Agric. Int.*, vol. 46, 2024. [Online]. Available: <https://journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/3010>
- [10] M. Zhang, Y. Liang, and G. Chu, “Applying silicate fertilizer increases both yield and quality of table grape (*Vitis vinifera L.*) grown on calcareous grey desert soil,” *Scientia Hort.*, vol. 225, nov. 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817304971?via%3Dihub>

- [11] A. Kilany, F. El-Morsi, and A. Ahmed, "Effect of mineral or chelated calcium and magnesium on growth and fruiting of flame seedless orapevines in sandy soils by," *J. Agric. Sci.*, vol. 25, no. 11, 2000. [Online]. Available: https://journals.ekb.eg/article_260093_34bd09315b4a590e57326073d9cfa49b.pdf
- [12] C. Bonomelli and R. Ruiz, "Efectos de la aplicación foliar y al suelo de calcio en el rendimiento y la calidad de la uva de mesa cv. Thompson Seedless," *Plant Nutr.*, vol. 33, no. 3, 2008. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904160903470364>
- [13] H. Poposka, D. Mukaetov, D. Nedelkovski, and M. Gjorgjijevski, "Effect of foliar calcium and nitrogen treatments on yield and fruit quality of table grapes cv. Cardinal," *Agro-knowledge J.*, vol. 24, no. 3, 2020. [Online]. Available: <https://doisrpska.nub.rs/index.php/agroznanje/article/download/10182/9842>
- [14] S. Farouk, B. E. Belal, and H. H. EL-Sharkawy, "The role of some elicitors on the management of Roumy Ahmar grapevines downy mildew disease and it's related to inducing growth and yield characters," *Scientia Hort.*, vol. 225, no. 18, pp. 646–658, nov. 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817304727?via%3Dihub>
- [15] S. Farouk, B. E. Belal, and H. H. EL-Sharkawy, "The role of some elicitors on the management of Roumy Ahmar grapevines downy mildew disease and it's related to inducing growth and yield characters," *Scientia Hort.*, vol. 225, no. 18, pp. 646–658, 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423817304727?via%3Dihub>
- [16] S. Bassiony, A. Zaghlou, and M. Abd El-Aziz, "Efecto de los niveles de riego con aspersión foliar de silicio, calcio y aminoácidos en vides "Thompson Seedless". I. Rendimiento y calidad de la fruta," *J. Product. Develop.*, vol. 23, no. 3, pp. 429–452, Aug. 2018. [Online]. Available: https://jpd.journals.ekb.eg/article_42054.html
- [17] Z. S. Asgarian, R. Karimi, and L. Palou, "Pre-harvest foliar spraying of calcium and zinc preserves berries quality and mitigates chilling injury of grape during cold storage," *Scientia Hort.*, vol. 338, Dec. 2024. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423824007131?via%3Dihub>
- [18] S. D. Ramteke et al., "Effect of Calcium Formulations to Increase Yield and Shelf Life of Manjri Naveen Grapes," *J. Exp. Agric. Int.*, vol. 46, no. 10, 2024. [Online]. Available: <https://journaljeai.com/index.php/JEAI/article/view/3010/6318>
- [19] S. M. El-Mogy, M. M. Abd Elmaksoud, and O. M. Fekry, "Effect of Chitosan and Calcium Gluconate on Fruit Quality and Storability of Crimson Seedless Grape Cultivar," *Hortic. Res. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 166–186, jun. 2024. [Online]. Available: https://hrj.journals.ekb.eg/article_376039_7aeb55ce8635667cc60fdd1a07a9911a.pdf

- [20] O. J. Pinedo Gallardo, “Efecto en el contenido nutricional de bayas de vid (*Vitis vinifera L.*) de la aplicación foliar de calcio en diferentes estados fenológicos en Olmos – Lambayeque,” Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú, Undergraduate thesis, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7276>
- [21] J. A. Álvarez Romero, “Alternativa de control de la oidiosis en arándano (*Vaccinium corymbosum*) orgánico en Piura,” Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, Undergraduate thesis, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1b130944-aab6-44c9-b350-93f0033d99f9/content>
- [22] R. J. Romero Clemente and S. E. Castañeda Chuqui, “Efecto del silicio sobre la calidad del Arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) var. biloxi,” Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú, Undergraduate thesis, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3783/52310.pdf?sequence=1>
- [23] V. H. Huamani Sotil, “Efecto de la aplicación de tres fuentes naturales de calcio en el rendimiento y calidad en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*), híbrido venturo, en zona alta del valle de Ica,” Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica, Perú, Master’s thesis, 2022. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/362618541_TESIS_F_HUAMANI_SOTIL_-_2022_1
- [24] H. Li et al., “Grapevine ABA receptor VvPYL1 regulates root hair development in Transgenic Arabidopsis,” *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 149, pp. 190–200, 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942820300620?via%3Dihub>
- [25] E. Mapfumo, D. Aspinall, and T. W. Hancock, “Growth and development of roots of grapevine (*Vitis vinifera L.*) in relation to water uptake from soil,” *Ann. Bot.*, vol. 74, no. 1, pp. 75–85, 1994. [Online]. Available: <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/74/1/75/235819?redirectedFrom=fulltext>
- [26] H. Rajaei et al., “Comparison of root anatomy and xylem vessel structure in rain-fed and supplementary irrigated ‘Yaghooti-Syah Shiraz’ grapevine (*Vitis vinifera L.*),” *Hortic. Environ. Biotechnol.*, vol. 54, pp. 297–302, 2013. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13580-013-0079-x>
- [27] L. Torregrosa, A. Carbonneau, and J. Kelner, “The shoot system architecture of *Vitis vinifera* ssp. sativa,” *Scientia Hort.*, vol. 288, Oct. 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821005112?via%3Dihub>
- [28] C. Pratt, “Vegetative Anatomy of Cultivated Grapes -A Review,” *Amer. Soc. Enol. Vitic.*, vol. 25, pp. 131–150, 1974. [Online]. Available: <https://www.ajevonline.org/content/25/3/131>

- [29] S. Munitz, Y. Netzer, I. Shtein, and A. Schwartz, “Water availability dynamics have long-term effects on mature stem structure in *Vitis vinifera*,” Scimago J. Rank., Feb. 2018. [Online]. Available: <https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2018/02/13/265207.full.pdf>
- [30] R. Álvarez et al., “Leaf anatomy of varieties of *Vitis vinifera* from DO León (Spain) and its relationship to the susceptibility to *Plasmopara viticola*,” *Flora*, vol. 292, Jul. 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367253022000743?via%3Dihub>
- [31] B. Bondada, “Micromorpho-Anatomical Examination of 2,4-D Phytotoxicity in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Leaves,” *J. Plant Growth Regul.*, vol. 30, Dec. 2011. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-010-9183-7>
- [32] G. T. Rancourt et al., “Analyzing anatomy over three dimensions unpacks the differences in mesophyll diffusive area between sun and shade *Vitis vinifera* leaves,” *AoB Plants*, vol. 15, no. 2, Jan. 2023. [Online]. Available: <https://academic.oup.com/aobpla/article/15/2/plad001/7005251>
- [33] S. Negi and H. Olmo, “Studies on sex conversion in male *Vitis vinifera* L. (sylvestris),” *J. Grapevine Res.*, vol. 9, pp. 89–96, 1970. [Online]. Available: <https://ojs.openagrar.de/index.php/VITIS/article/view/7382>
- [34] J. Coito et al., “Vitis Flower Sex Specification Acts Downstream and Independently of the ABCDE Model Genes,” *Front. Plant Sci.*, vol. 9, 2018. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.01029/full>
- [35] M. Prathiksha and K. Hegde, “A Review on *Vitis vinifera* L.: The Grape,” *Int. J. Pharm. Sci.*, vol. 74, no. 1, May 2022. [Online]. Available: <https://globalresearchonline.net/ijpsrr/v74-1/23.pdf>
- [36] R. E. Guzmán Ardiles, C. Pegoraro, L. D. da Maia, and A. Costa de Oliveira, “Genetic changes in the genus *Vitis* and the domestication of vine,” *Front. Plant Sci.*, vol. 13, Feb. 2023. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2022.1019311/full>
- [37] G. Cramer et al., “Transcriptomic analysis of the late stages of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon) berry ripening reveals significant induction of ethylene signaling and flavor pathways in the skin,” *BMC Plant Biol.*, vol. 14, no. 370, 2014. [Online]. Available: <https://bmcpantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-014-0370-8>
- [38] M. Kupe et al., “Multivariate Analysis Approaches for Dimension and Shape Discrimination of *Vitis vinifera* Varieties,” *Plants*, vol. 10, no. 8, Jul. 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/8/1528>

- [39] L. Sun et al., “Transcriptome analysis reveal the putative genes involved in light-induced anthocyanin accumulation in grape 'Red Globe' (*V. vinifera* L.),” *Gene*, vol. 728, Feb. 2020. [Online]. Available: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378111919309436>
- [40] L. Darwiche, J. Mesmar, E. Baydoun, and W. El Kayal, “In Vitro Evaluation of Biological and Anticancer Activities Exhibited by Five Varieties of *Vitis vinifera* L.,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 27, no. 17, Aug. 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1422-0067/24/17/13440>
- [41] X. Fang et al., “Products of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* Strain F17 and *Leuconostoc lactis* Strain H52 Are Biopreservatives for Improving Postharvest Quality of ‘Red Globe’ Grapes,” *Microorganisms*, vol. 8, no. 5, Apr. 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/5/656>
- [42] S. Duan et al., “Understanding calcium functionality by examining growth characteristics and structural aspects in calcium-deficient grapevine,” *Nature*, vol. 12, Feb. 2022. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-06867-4>
- [43] S. Duan et al., “Differential regulation of enzyme activities and physio-anatomical aspects of calcium nutrition in grapevine,” *Scientia Hort.*, vol. 272, oct. 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030442382030251X?via%3Dihub>
- [44] V. Martins, A. García, C. Costa, M. Sottomayor, and H. Gerós, “Calcium- and hormone-driven regulation of secondary metabolism and cell wall enzymes in grape berry cells,” *J. Plant Physiol.*, vol. 231, pp. 57–67, Dec. 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0176161718305571?via%3Dihub>
- [45] V. Martins et al., “Las pulverizaciones de calcio en viñedos inducen cambios en la piel de la uva, la firmeza, la composición de la pared celular y la expresión de genes relacionados con la pared celular,” *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 150, pp. 49–55, 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942820300875>
- [46] Y. Wang, C. Zhan, H. Du, and W. Li, “Impact of Preharvest Foliar Application of Calcium Ascorbate on Quality, Health Promoting Phytochemicals and Postharvest Life of Thompson Seedless Table Grape,” *Plant Growth Regul.*, vol. 44, oct. 2024. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-024-11497-3>
- [47] A. Ciccarese, A. M. Stellacci, G. GentileSCO, and P. Rubino, “Effectiveness of pre- and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage,” *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 75, Jan. 2013. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521412001925?via%3Dihub>
- [48] S. Heidarpour, N. Abbaspour, N. Mohammadkhani, and F. Rahmani, “Understanding the Role of Silicon in Alleviating Salinity Stress in Grapevine: Insights into Physiological and Molecular Mechanisms,” *Plant Growth Regul.*, Dec. 2024. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-024-11601-7>

- [49] P. Schabl, C. Gabler, E. Kühner, and W. Wenzel, "Effects of silicon amendments on grapevine, soil and wine," *Plant Soil Environ.*, vol. 66, no. 8, pp. 403–414, 2020. [Online]. Available: https://pse.agriculturejournals.cz/artkey/pse-202008-0005_effects-of-silicon-amendments-on-grapevine-soil-and-wine.php
- [50] S. Sut, M. Malagoli, and S. Dall'Acqua, "Foliar Application of Silicon in *Vitis vinifera*: Targeted Metabolomics Analysis as a Tool to Investigate the Chemical Variations in Berries of Four Grapevine Cultivars," *Plants*, vol. 11, no. 21, nov. 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/21/2998>
- [51] F. Hokama, "Perú supera a Chile y lidera el comercio de uva de mesa: ¿cuál es la razón?," *RPP Noticias*, Sep. 2024. [Online]. Available: <https://rpp.pe/economia/economia/peru-supera-a-chile-y-lidera-el-comercio-de-uva-de-mesa-cual-es-la-razon-exportaciones-noticia-1582057>
- [52] MIDAGRI, "Perú se consolida como líder mundial en la exportación de uva de mesa," *Gob.pe*, Mar. 2025. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/1136875-peru-se-consolida-como-lider-mundial-en-la-exportacion-de-uva-de-mesa>
- [53] Equipo Redagícola, "Factores que afectan la calidad del raquis en uva de mesa," *Redagícola*, Jul. 2020. [Online]. Available: <https://redagricola.com/factores-que-afectan-la-calidad-del-raquis-en-uva-de-mesa/>
- [54] Equipo Redagícola, "Cómo evitar la deshidratación en poscosecha de uva de mesa," *Redagícola*, Mar. 2020. [Online]. Available: <https://redagricola.com/como-evitar-la-deshidratacion-en-poscosecha-de-uva-de-mesa/>

VIII. ANEXOS

ANEXO A - ACLARACION DEL TITULO DE TRABAJO

Se deja constancia de que el título de la tesis presenta una variación respecto al lugar de estudio.

El título que se visualiza en el presente trabajo es Efecto de aplicaciones foliares de Calcio y Silicio en la calidad pos cosecha de la vid (*Vitis vinifera*) variedad “Red Globe” en la zona media del Valle de Ica.

Siendo errónea la frase “Zona media del valle de Ica”

El desarrollo experimental, los resultados y las conclusiones del presente estudio corresponden íntegramente a la “Zona de villacuri”.

8.1 Manejo agronómico del cultivo

8.1.1 Riego

Tabla 57: Programa de riego

Semana	Evento/Fenología	Eto = mm/semanal	Kc del cultivo	Eficiencia del sistema (100%)	Fracción Lavado (10 - 20%)	Necesidad de Riego (mm/semanal)	Total, de riego semanal, m ³ /ha
27	Aplicación de cianamida	0	0	0	0	0	0
28		0	0	0	0	0	0
30	Yema hinchada	0	0	0	0	0	0
31		0	0	0	0	0	0
32	Punta verde	0	0	0	0	0	0
33		20.8	0.3	1	1	6.2	62.3
34		22.2	0.4	1	1	7.8	77.8
35	Brote de 5 – 60 cm	20.9	0.4	1	1	7.3	73.1
36		24.2	0.4	1	1	9.7	96.6
37		21.7	0.5	1	1	9.8	97.7
38		24.4	0.5	1	1	12.2	121.9
39	Brote de 60 cm a flor	23.2	0.6	1	1	13.9	139.4
40		22.4	0.7	1	1	14.6	145.7
41		25.3	0.7	1	1	17.7	176.8
42		26.8	0.8	1	1	20.1	201.2
43	Flor a baya de 10 mm	25.1	0.8	1	1	20.1	201.1
44		26.2	0.9	1	1	22.3	222.6
45		27.1	0.9	1	1	24.4	243.7
46		30.7	1	1	1	29.1	291.5
47	Baya de 10 cm a pinta	33.5	1	1	1	33.5	335
48		33.4	1.1	1	1	35.1	350.7
49		34	1.1	1	1	35.7	357
50		33.5	1.1	1	1	36.9	368.5
51		33.4	1	1	1	33.4	334
52	Pinta a cosecha	31.4	1	1	1	31.4	314
1		30	0.9	1	1	28.5	285
2		28.6	0.9	1	1	26.4	264
TOTAL							4 759.6 m³

8.1.2 Fertilización

Tabla 58: programa de fertirriego semanal

Semana	Evento/Fenología	Nitrato de potasio	Sulfato de potasio	Nitrato de calcio	Ferti calcio	Nitrato de magnesio	Sulfato de magnesio	Ácido fosfórico	Quelato de zinc	Quelato de hierro
26	Aplicación de cianamida	0	20	0	0	0	0	0	0	0
27		0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Yema hinchada	0	0	0	0	0	0	11.6	0	0
30		0	0	0	0	0	0	11.6	0	0
31	Punta verde	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32		20	0	0	0	0	0	7.7	0	0
33		0	18	19.2	0	46.7	0	5.8	0	5
34	Brote de 5 – 60 cm	0	18	19.2	0	40	0	7.7	0	0
35		0	18	19.2	0	46.7	0	5.8	0	0
36		0	40	26.9	0	0	43.8	7.7	0	0
37		0	40	0	17.5	0	37.5	9.6	4	0
38	Brote de 60 cm a flor	0	40	0	17.5	0	43.8	7.7	0	0
39		0	40	0	17.5	0	43.8	7.7	0	0
40		0	30	0	15	0	50	5.8	0	0
41		0	30	23.1	0	0	43.8	5.8	0	0
42	Flor a baya de 10 mm	0	30	23.1	0	0	50	3.9	2	0
43		0	30	23.1	0	0	43.8	3.9	0	0
44		0	32	0	0	0	31.3	3.9	0	0
45		0	32	0	0	0	31.3	3.9	0	0
46	Baya de 10 cm a pinta	0	34	0	0	0	31.3	3.9	0	0
47		0	34	0	0	0	31.3	3.9	0	0
48		0	34	0	0	0	18.8	0	0	0
49		0	34	0	0	0	18.8	0	0	0
50		0	34	0	0	0	12.5	0	0	0
51	Pinta a cosecha	0	34	0	0	0	12.5	0	0	0
52		0	34	0	0	0	10.5	0	0	0
1		0	34	0	0	0	10.5	0	0	0
TOTAL										
kilos de fertilizante		20	690	153.8	67.5	133.3	565.3	117.6	6	5

8.1.3 Aplicaciones foliares

Tabla 59: Programa de aplicaciones foliares

Estado Fenológico	Producto	Ingrediente Activo	Motivo	Dosis cc/cil	Dosis L/ha
Brotación 100-120cm	SUNSPRAY ULTRA-FINE	Aceite parafínico	<i>Oidium -Trips</i>	1.57	7.9
	DARESYS 205 EC	Abamectina + Spirodiclofen	Ácaro hialino	0.08	0.4
	LAMDEX	Lambdacyhalothrin	trips	0.20	1.0
Antes de floración	FERTIMAR	Algas Marinas	Bioestimulante	0.20	1.0
	NATURAMIN-ZN	Zn	Nutrición.foliar	0.20	1.0
	GREEN MAGNESIO	Mg	Nutrición.foliar	0.50	2.5
Aplicación en racimos y brotes	VIVANDO SC	Metrafenona	Oidium	0.06	0.3
	ABSOLUTE 60 SC	Spinetoram	Trips	0.06	0.3
	ENVIGO	Fempyroximate + Hexithiazox	Ácaro hialino	0.06	0.3
Floración	UREA	Nitrógeno	Raleo	1.20	6.0
De un 80%	SCALA 40 SC	Pyrimethanil	<i>Botrytis cinerea</i>	0.20	1.0
Cuajado 7 - 10mm	MICROFYT	Microelementos	Bioestimulante	0.67	2.0
Envero 16 - 18mm	MICROFYT	Microelementos	Bioestimulante	0.67	2.0
Maduración 22-24mm	MICROFYT	Microelementos	Bioestimulante	0.67	2.0
30 días antes de cosecha	AMIPRID	Acetamiprid	<i>Planococcus ficus</i>	0.10	0.6
Cosecha	BIOMASS	Nitrógeno, Potasio	Nutrición.foliar	0.30	1.5

INFORME DE ENSAYO N° 23-000048

Datos del Cliente :

Nombre del cliente : **CHEMIE AGROVETERINARIA S.A.C.**
 Dirección del cliente : Av. Tomas Ramsey 930 Int. Ref. Piso 9 Int. 905 Cruce Juan de Aliaga
 Solicitado por : Nikolae Quispe / Diego Villaverde
 Proyecto : Análisis Nutricional
 Orden de Trabajo : EVCAL-002
 Muestreo realizado por : El Cliente
 Procedencia de la muestra : Ica
 Cantidad de muestras : 6

Datos del Laboratorio:

Plan de muestreo : No Aplica
 Producto : Material Vegetal / Fruto
 Fecha de recepción de muestra(s) : 7/02/2023
 Fecha de inicio del análisis : 8/02/2023
 Fecha de emisión del Informe : 13/02/2023

I. RESULTADOS

Tipo de Producto	Material Vegetal / Fruto								
	NA								
Fecha de Muestreo									
Coordenadas UTM WGS 84	-								
Código de Laboratorio	AL-23/000001	AL-23/000002	AL-23/000003	AL-23/000004	AL-23/000005	AL-23/000006			
Código de Cliente	T0	T1	T2	T3	T4	T5			
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultados					
Calcio Total (**)	mg/100msf	0.60	2.00	15.60	15.20	16.20	16.30	16.80	16.50
Calcio Ligado (**)	mg/100msf	0.60	2.00	9.00	9.18	9.14	9.37	9.53	9.61
Materia Seca (**)	%	1.00	3.00	17.44	17.55	17.50	17.93	18.02	18.06
Firmeza (**)	grf/mm	3.00	10.00	260	258	285	301	306	296

Leyenda: L.C.M. = Limite de cuantificación del método.
 "<"= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.
 (a) : Resultado referencial por no cumplir con criterios de la metodología al analizar.

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

Figura 16. Análisis de Calcio total, Calcio ligado y Porcentaje de materia seca



Figura 17. Muestras de bayas tomadas de cada unidad experimental



Figura 18. Evaluación de firmeza y desgrane de bayas.



Figura 19. Evaluación de sólidos solubles totales con el Refractómetro HANNA



Figura 18. Evaluación de peso y calibre de bayas



Figura 20. Evaluación deshidratación de raquis



Figura 21. Cosecha de los tratamientos



Figura 22. Ingreso de la fruta a packing



Figura 23. Lote en estudio

