



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

#### MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

**Título:**

---

**USO DEL SILICIO EN LA REDUCCIÓN DE LA  
INCIDENCIA DEL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora  
infestans*) DE LA PAPA, EN LA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Sanidad  
Vegetal.

**Autora:**

Chango Infante Ximena Elizabeth

**Tutor:**

Guido Euclides Yauli Chicaiza MsC.

**LATACUNGA –ECUADOR**

**2021**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la Provincia de Chimborazo” presentado por Chango Infante Ximena Elizabeth, para optar por el título magíster en Sanidad Vegetal

### CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, abril, 09, 2021



Ing. MsC. Guido Euclides Yauli Chicaiza  
C.C. 050160440-9

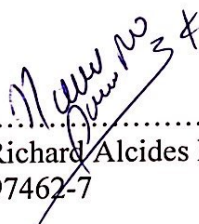
## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: (escribir el título del trabajo de titulación en tipo oración), ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Sanidad Vegetal; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, abril, 09, 2021



.....  
Ing. MsC Emerson Javier Jácome Mogro  
C.C. 050197470-3  
Presidente del tribunal



.....  
Ing. MsC Richard Alcides Molina Álvarez  
C.C. 120597462-7  
Lector 2



.....  
Ing. MsC Alexandra Isabel Tapia Borja  
C.C. 050266175-4  
Lector 3

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por permitir  
la realización de este trabajo y a mi familia por su apoyo  
y comprensión durante todo el proceso.

A mi familia en especial a mi madre y a mi padre  
por su amor y comprensión durante todo el proceso.

## DEDICATORIA

Agradezco a Dios por permitir la realización de este  
trabajo y a mi familia por su apoyo y comprensión  
durante todo el proceso.

A USTEDES, compañeros de vida  
a mis padres y hermanos.

*Ximena Elizabeth*

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi luz y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi familia y amigos (Mònica G, Anita H, Iván G) por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron

Agradezco a mi director de tesis MsC. Guido Yauli quien, con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. A la Mgs. Karina Marìn por su apoyo y guía.

Agradezco a los todos docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

*Ximena Elizabeth*

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, abril, 09, 2021



Ing. Ximena Elizabeth Chango Infante  
CC: 060380486-5

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, abril, 09, 2021

  
.....  
Ing. Ximena Elizabeth Chango Infante  
CC: 060380486-5

## AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: **Uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la Provincia de Chimborazo.** contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, abril,09, 2021



.....  
Ing. MsC. Emerson Javier Jácome Mogro  
050197470-3

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**Título:** Uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la Provincia de Chimborazo

**Autor:** Chango Infante Ximena Elizabeth

**Tutor:** MsC. Guido Euclides Yauli Chicaiza

**RESUMEN**

El tizón tardío es una de las enfermedades que afecta al cultivo de papa, causada por *Phytophthora infestans*, cuyo incremento de agresividad ha provocado una extensiva búsqueda de medidas de control. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar el uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío de la papa, aquí se manejó dos variedades de papa y dos fuentes de silicio en tres dosis, con un DBCA, para determinar la relación entre incidencia y severidad de la enfermedad frente a la producción de polifenoles totales en la planta, se empleó un análisis de regresión lineal. Como resultado, la aplicación de silicio en mezcla sólida con el fertilizante permite la reducción de la incidencia del tizón tardío; el TT Iniap-Gabriela mostró ser el más afectado, con una incidencia del 47,5%; mientras Iniap-Gabriela con una dosis alta de silicato de calcio que presentó incidencia del 30%. El TT Iniap-Fripapa presentó una incidencia del 23,75%; frente al tratamiento menos afectado Iniap-Fripapa con la aplicación de silicato de calcio en una dosis alta, con una severidad del 17,5%. El TT Iniap-Gabriela mostró una severidad del 55,00%; diferenciado del tratamiento Iniap-Gabriela con una dosis alta de silicato de calcio que presentó una severidad del 36,25%, mientras que la severidad en el TT Iniap-Fripapa fue 28,75%; frente al tratamiento menos afectado que resultó ser Iniap-Fripapa con aplicación de SiO<sub>2</sub> en dosis media, el cual mostró severidad del 18,75%, la incidencia y severidad están relacionadas con la producción de polifenoles totales.

**PALABRAS CLAVE:** Papa, *Phytophthora infestans*, Silicio, incidencia, severidad, polifenoles

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**Title:** "USE OF SILICON IN REDUCING THE INCIDENCE OF LATE BLIGHT (*Phytophthora infestans*) OF POTATOES IN CHIMBORAZO PROVINCE."

**Author:** Chango Infante Ximena Elizabeth  
**Tutor:** MsC. Guido Euclides Yauli Chicaiza

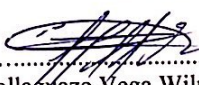
**ABSTRACT**

Late blight fungus is one of the diseases that affect potato crops, caused by *Phytophthora infestans*, whose aggressiveness increased has led to an extensive search for control measures. This research aimed to evaluate the use of silicon in reducing the incidence of late blight of potatoes; here, two varieties of potato and two sources of silicon were managed in three doses, with a DBCA to determine the relationship between incidence and severity of the disease compared to the production of total polyphenols in the plant, and a linear regression analysis was used. As a result, the application of silicon in a solid mixture with the fertilizer allows the reduction of the incidence of late blight; the TT Iniap-Gabriela proved to be the most affected, with an incidence of 47.5%; while Iniap-Gabriela with a high dose of calcium silicate presented an incidence of 30%. Iniap-Fripapa TT had an incidence of 23.75%, compared to the less affected Iniap-Fripapa treatment with the application of calcium silicate in a high dose, with a severity of 17.5%. The TT Iniap-Gabriela showed a severity of 55.00% differentiated from the Iniap-Gabriela treatment with a high dose of calcium silicate that presented a severity of 36.25%. In comparison, the severity in the Iniap-Fripapa TT was 28.75% compared to the less affected treatment, which turned out to be Iniap-Fripapa with the application of SiO<sub>2</sub> in medium dose, which showed a severity of 18.75%; so, the incidence and severity are related to the production of total polyphenols.

**KEYWORDS:** *Potato, Phytophthora infestans, Silicon, incidence, severity, polyphenols.*

Yo, Collaguazo Vega Wilmer Patricio con cédula de ciudadanía número: 1722417571 Licenciado en Ciencias de la Educación mención Inglés con número de registro de la SENESCYT: 1020-13-1198178; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: "Uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la provincia de Chimborazo" de Chango Infante Ximena Elizabeth aspirante a Magister en Sanidad Vegetal.

Latacunga, abril, 09, 2021

  
.....  
Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg. C.  
C.C. 1722417571

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Pertinencia académico-científica y social .....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.5 Objetivos de la Investigación .....	5
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Origen e importancia del cultivo de papa .....	6
2.2 Taxonomía.....	6
2.3 Órganos vegetativos .....	7
2.4 Fenología del cultivo.....	7
2.5 Preparación y requerimientos del suelo .....	8
2.6 Plantación.....	8
2.7 Silicio .....	9
2.8 Plagas y Enfermedades del cultivo de papa .....	11
2.9 Características de las variedades de papa.....	14
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
3.1 Material experimental .....	16
3.2 Especificaciones del campo experimental .....	16
3.3 Ubicación del ensayo .....	17
3.4 Características edáficas y climáticas de las localidades de evaluación.....	17
3.5 Factores en estudio.....	17
3.6 Tratamientos en estudio .....	18
3.7 Diseño experimental.....	18
3.8 Análisis estadístico.....	19
3.9 Métodos de evaluación y variables en estudio.....	20
3.10 Manejo del ensayo.....	23

<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
4.1 Días a la emergencia .....	26
4.2 Altura de planta .....	27
4.3 Días a la floración .....	31
4.4 Porcentaje de incidencia de lancha .....	32
4.5 Porcentaje de severidad de lancha.....	42
4.6 AUDPC y r AUDPC .....	54
4.7 Evaluación del contenido de polifenoles totales .....	59
4.8 Número de tubérculos por planta .....	64
4.9 Rendimiento por categorías.....	66
4.10 Rendimiento por planta .....	72
4.11 Rendimiento por hectárea .....	74
4.12 Análisis económico .....	76
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>82</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	82
5.2 RECOMENDACIONES .....	84
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS.....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones del campo experimental .....	16
Tabla 2. Ubicación geográfica del ensayo .....	17
Tabla 3. Características edáficas y climáticas de diferentes localidades. ....	17
Tabla 4. Tratamientos en estudio. ....	18
Tabla 5. Análisis de varianza .....	19
Tabla 6. Escala de severidad de tizón tardío de la papa.....	20
Tabla 7. Denominación a rendimientos .....	22
Tabla 8. Requerimiento nutricional del cultivo de papa. ....	24
Tabla 9. Análisis de varianza de la variable días a la emergencia .....	26
Tabla 10. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 30 días .....	27
Tabla 11. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 60 días .....	28
Tabla 12. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 90 días .....	29
Tabla 13. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 120 días .....	30
Tabla 14. Análisis de varianza de la variable días a la floración .....	31
Tabla 15. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 60 días .....	33
Tabla 16. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 75 días .....	34
Tabla 17. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 90 días .....	36
Tabla 18. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 105 días .....	37
Tabla 19. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 120 días .....	39
Tabla 20. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 135 días .....	41
Tabla 21. Análisis de varianza de la variable de severidad de lancha a los 60 días .....	43
Tabla 22. Análisis de varianza de la variable de severidad de lancha a los 75 días .....	44

Tabla 23. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 90 días .....	46
Tabla 24. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 105 días .....	47
Tabla 25. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 120 días .....	49
Tabla 26. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 135 días .....	51
Tabla 27. Análisis de varianza de la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) .....	54
Tabla 28. Análisis de varianza de la variable área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC) .....	57
Tabla 29. Análisis de varianza de la relación entre la incidencia de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra .....	59
Tabla 30. Análisis de varianza de la relación entre la incidencia de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 120 días después de la siembra .....	60
Tabla 31. Estadísticos de la regresión para la relación entre la incidencia de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90y 120 días después de la siembra .....	60
Tabla 32. Análisis de varianza de la relación entre la severidad de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra. ....	62
Tabla 33. Análisis de varianza de la relación entre la severidad de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 120 días después de la siembra. ....	62
Tabla 34. Estadísticos de la regresión para la relación entre la severidad de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90y 120 días después de la siembra .....	63
Tabla 35. Análisis de varianza de números de tubérculos por planta .....	64
Tabla 36. Análisis de varianza del rendimiento en kg/planta primera categoría ...	66

Tabla 37. Análisis de varianza del rendimiento en kg/planta segunda categoría...	68
Tabla 38. Análisis de varianza del rendimiento en kg/planta tercera categoría.....	70
Tabla 39. Análisis de varianza del rendimiento kilogramos por planta.....	72
Tabla 40. Análisis de varianza del rendimiento por hectárea .....	74
Tabla 41. Presupuesto parcial y beneficio neto en la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (Phytophthora infestans) de la papa, en la provincia de chimborazo...	77
Tabla 42. Análisis de dominancia para la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (Phytophthora infestans) de la papa, en la provincia de chimborazo .....	78
Tabla 43. Tratamientos no dominados en la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (Phytophthora infestans) de la papa, en la provincia de chimborazo .....	79
Tabla 44. Tasa de retorno marginal en la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (Phytophthora infestans) de la papa, en la provincia de chimborazo .....	80

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Esquema de distribución del ensayo en el campo .....	88
Anexo 2. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 30 días .....	89
Anexo 3. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 60 días .....	90
Anexo 4. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 90 días .....	91
Anexo 5. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 120 días .....	92
Anexo 6. Análisis de separación de medias de la variable días a la floración.....	93
Anexo 7. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 60 días.....	94
Anexo 8. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 75 días.....	95
Anexo 9. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 90 días.....	96
Anexo 10. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 105 días..	97
Anexo 11. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 120 días..	98
Anexo 12. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 135 días..	99
Anexo 13. Análisis de separación de medias de la variable severidad 60 días....	100
Anexo 14. Análisis de separación de medias de la variable severidad 75 días....	101
Anexo 15. Análisis de separación de medias de la variable severidad 90 días....	102
Anexo 16. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 105 días.	103
Anexo 17. Análisis de separación de medias de la variable severidad 120 días..	104
Anexo 18. Análisis de separación de medias de la variable severidad 135 días..	105
Anexo 19. Análisis de separación de medias de la variable AUDPC.....	106
Anexo 20. Análisis de separación de medias de la variable rAUDPC.....	108
Anexo 21. Relación entre el porcentaje de incidencia y el contenido de polifenoles totales.....	110
Anexo 22. Relación entre el porcentaje de severidad y el contenido de polifenoles totales.....	111
Anexo 23. Análisis de separación de medias de la variable número de tubérculos por planta .....	112

Anexo 24. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta primera categoría.....	114
Anexo 25. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta segunda categoría .....	116
Anexo 26. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta tercera categoría .....	118
Anexo 27. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta.....	120
Anexo 28. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/hectárea .....	122

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2017, en el país se tuvieron 23.504 hectáreas de cultivo de papa, de las cuales un 7,62% se perdió por causas imputadas a la acción de agentes bióticos y abióticos. De las 1791 hectáreas que se perdieron un 13,71% fueron provocadas por la acción de enfermedades y un 10,63% por insectos plaga. (Salazar *et al.* 2017)

Las condiciones modernas de producción han contribuido a que el cultivo enfrente muchos problemas que ponen en peligro el bienestar económico de los productores y la seguridad alimentaria del país. (Pumisacho y Sherwood 2002).

El tizón tardío del papa causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las enfermedades más devastadoras de la papa a nivel mundial. En 1845 causó en Irlanda la destrucción total de los campos de papa, que eran la principal fuente alimenticia de ese país, produciendo la muerte de miles de personas y la migración de muchos sobrevivientes a otros lugares de Europa y Norte América (Pérez *et al.* 2008)

En Ecuador las condiciones climáticas especialmente en la sierra favorecen el desarrollo de epidemias, en particular temperaturas moderadas entre 12 a 18°C, alta humedad imperante en la época de temporal, niebla y lluvias matinales y sol intenso por las tardes, así como la siembra escalonada de papa durante todo el año. La situación se agrava por el uso generalizado de variedades comerciales muy susceptibles al patógeno. (Pumisacho y Sherwood 2002)

### **1.1 Pertinencia académico-científica y social**

Según el artículo 21 del Reglamento de Trabajo de Titulación de Posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi, este proyecto corresponde a la línea de

investigación sobre el análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local enfocado en la sub línea manejo agroecológico de cultivos agrícolas

La pertinencia del presente estudio se sustenta en el análisis comparativo y estadístico de variables de crecimiento y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variables como incidencia, severidad y área bajo la curva de progreso de la enfermedad, fueron empleadas para evaluar el impacto de la enfermedad conocida como tizón tardío (*Phytophthora infestans*, agregándose además el análisis de variables de rendimiento.

La evaluación del conjunto de variables antes referidas determinó la influencia de la aplicación del silicio en diferentes fuentes y dosis con la finalidad de valorar la oportunidad de su incorporación dentro de las estrategias de manejo integrado plagas

Además, la presente investigación explora un nuevo campo de investigación que puede incorporarse dentro de los procesos de investigación en las áreas de la fitopatología y la horticultura.

## **1.2 Justificación**

La papa es uno de los cultivos de mayor importancia económica en la región interandina del Ecuador, mayormente en las provincias de Carchi, Chimborazo, Tungurahua, Pichincha, Cañar y Cotopaxi. (Acuña I, 2002)

En los últimos cinco años, se observa un incremento del consumo de papa procesada en comidas rápidas (chips, frita), siendo los procesadores los potenciales usuarios de las variedades de papa, el 5 % de la producción nacional se destina a cubrir esta demanda. De acuerdo, con reuniones con procesadores, se espera un incremento anual del 3 al 4 %, en la actualidad consumen 30 t/día de papa en forma de hojuelas y 8 t/día de papa frita tipo francesa por tres empresas procesadoras de Quito. INIAP-Fripapa 99, se espera que compita con la variedad Superchola y María, que actualmente utiliza los procesadores de papa en sus diferentes formas. La variedad INIAP-Fripapa 99 fue seleccionada en campo de agricultores y con la agroindustria

a través de la Metodología de Investigación Participativa en varias localidades de la Sierra, que se caracterizan por ser zonas paperas (Norte y Centro), durante tres años consecutivos y con diferentes estratos de evaluadores (productores, consumidores, comerciantes y procesadores), las excelentes características agronómicas y de calidad de esta nueva variedad permitieron su selección y adaptación a los diversos requerimientos de cada uno de los estratos evaluadores, logrando además una amplia aceptación en estas dos ecoregiones del Ecuador (Andrade *et al.* 1999)

Se destaca por ser uno de los tubérculos imprescindibles en la dieta de la población andina. Su base genética es tan grande, que se dispone de centenas de variedades y cultivares tanto nativos como mejorados. Por tal razón, se ha dedicado muchos trabajos de investigación respecto del tubérculo. (Salazar *et al.* 2017)

El cultivo vincula a 88.130 productores, según el III Censo Nacional Agropecuario (INEC 2002), además, al menos 250.000 personas están involucradas directa o indirectamente con el cultivo (Salazar *et al.* 2017)

El tizón tardío es una de las enfermedades que afecta al cultivo de la papa, es causada por el oomicete *Phytophthora infestans*, el cual posee una alta variabilidad genética y de virulencias. Además, el incremento de agresividad del patógeno ha provocado una extensiva búsqueda de medidas de control. (Acuña I, 2002)

El Silicio parece ser una de las estrategias de control que posiblemente sustituyan el uso de fungicidas muy peligrosos, ya que podría generar resistencia al ataque del patógeno o mitigar éste y otros problemas fitosanitarios.(Cabieses *et al.* 2006)

El presente trabajo, representa un medio de investigación de validez en la práctica agrícola, en la cual los resultados podrán ser replicados en el control de otras plagas que afectan al cultivo de papa

Se pretenden demostrar que la aplicación del Silicio genera mayor resistencia al Tizón tardío en el cultivo de papa, reduce el costo de producción y disminuye la probabilidad de que el patógeno genere resistencia a fungicidas. Actualmente no existen trabajos investigativos que proporcionen información sobre la utilización de Silicio en el cultivo de papa en el Ecuador, que favorezcan la reducción de la incidencia de *Phytophthora infestans*. (Cabieses *et al.* 2006)

El silicio promueve el fortalecimiento de la pared celular pecto-celulósica que permite limitar y confinar una infección. Este efecto mecánico puede ocurrir debido a un depósito de calosa y/o de compuestos fenólicos como lignina y suberina producidos por la ruta fenilpropanoide

### **1.3 Planteamiento del problema**

La mayoría de los productores de papa (87.1%) realizan las aplicaciones de fungicidas en base a recomendaciones de casas comerciales usando indiscriminadamente los productos disponibles en el mercado (Acuña I,2002)

El frecuente ataque del “tizón tardío” (*Phytophthora infestans*) en la papa de la sierra centro es severo, debido a las condiciones medioambientales que favorecen para que esta enfermedad se desarrolle, lo que produce en los cultivos síntomas muy severos como el ennegrecimiento de las hojas, manchas necróticas en los tallos y en algunos casos con la pérdida total del follaje y el resultado está relacionado con la mala calidad y baja productividad de los tubérculos por hectárea

Siendo que la principal medida de manejo del tizón tardío emplea un espectro limitado de materias activas, se vuelven evidentes problemáticas como la reducción del efecto de control, lo que pudiere estar ligado a la resistencia generada por el fitopatógeno; hecho que profundiza la preocupación del sector agroproductivo, pues deviene en prácticas antitécnicas como las sobre dosificación que sin resolver el control de la plaga, incrementa además los costos de producción, vulnerando social, ambiental y económicamente al sistema de producción de la Serranía.

## **1.4 Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** El uso del silicio en el manejo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), puede reducir la incidencia de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

**H<sub>1</sub>:** El uso del silicio en el manejo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), no puede reducir la incidencia de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo General**

Evaluar el uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la provincia de Chimborazo.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

Comparar dos fuentes sólidas de silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío de la papa sobre dos variedades, susceptible y moderadamente resistente en una localidad de la provincia de Chimborazo.

Valorar la aplicación de tres dosis de fuentes sólidas de silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío de la papa sobre dos variedades susceptible y moderadamente resistente en una localidad de la provincia de Chimborazo.

Comparar la incidencia y severidad del Tizón tardío con relación a la producción de polifenoles totales, activados por la aplicación de las fuentes de silicio para cada uno de los tratamientos.

Estimar el retorno económico de las inversiones en los tratamientos en estudio a partir de un análisis de dominancia.

## **CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 Origen e importancia del cultivo de papa**

Las primeras papas cultivadas fueron seleccionadas entre 6.000 y 10.000 años atrás en las montañas de los Andes, donde sucesivas generaciones de agricultores produjeron una gran cantidad de variantes cultivadas. (Rodríguez 2010)

De aproximadamente 2.000 especies conocidas dentro del género *Solanum*, entre 160 y 180 forman tubérculos; pero de éstos, sólo ocho son especies comestibles cultivadas. En el país comúnmente se siembran 30 cultivares, de los cuales las variedades INIAP Gabriela, Superchola, Fripapa representan más de la mitad del área sembrada. (Rodríguez 2010)

En América Latina, a pesar de ser su centro de origen, sólo se cultivan alrededor de 1.1 millones de hectáreas de papa cada año, de las cuales el Ecuador cultiva 66.000 ha con un rendimiento de 7 t/ha. (Pumisacho y Sherwood 2002)

### **2.2 Taxonomía**

La papa pertenece a las siguientes categorías taxonómicas:

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Subgénero: *Potatoe*

Sección: *Petota*

Serie: *Tuberosa* (Rodríguez 2009)

### 2.3 Órganos vegetativos

Es una planta herbácea, vivaz, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos.

- Raíces: son fibrosas, muy ramificadas, finas y largas.
- Tallos: son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguidos y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo. Los tallos se originan en la yerma del tubérculo, siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro.
- Rizomas: son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias. Los rizomas producen unos hinchamientos denominados tubérculos, siendo éstos ovales o redondeados.
- Tubérculos: son los órganos comestibles de la patata.
- Hojas: son compuestas, imparpinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares.
- Inflorescencias: son cimosas, están situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral. Las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, etc.
- Frutos: en forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm de diámetro, que se tornan amarillos al madurar. (Reategui *et al.* 2019)

### 2.4 Fenología del cultivo

El comienzo y fin de las fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas. Para el cultivo de *Solanum tuberosum* se han encontrado las siguientes etapas. (Martínez 2014.)

- Siembra (etapa I)
- Emergencia (etapa II)
- Desarrollo de tallos aéreos (etapa III)
- Formación de estolones (etapa IV)
- Inicio de floración (etapa V)
- Plena floración (etapa VI)

- Maduración (etapa VII) (Martínez 2014.)

## **2.5 Preparación y requerimientos del suelo**

Esta labor debe realizarse con tiempo para llegar al momento de la plantación con una buena cama para los tubérculos semilla.

Las técnicas utilizadas para lograr una buena preparación del suelo varían de acuerdo con las condiciones climáticas, el tipo de suelo y nivel tecnológico del productor. El momento más adecuado, la calidad y el costo de la preparación de suelo influyen en las diferentes operaciones, así como también en los rendimientos que se obtengan. (Martínez 2014.)

Un aspecto importante de considerar es que la preparación de suelo debe buscar la mayor eficiencia, es decir, en lo posible dejar una buena cama de semilla con el menor número de pasadas de implementos de preparación, lo cual implica menores niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de papa producida. (Sandaña 2015)

## **2.6 Plantación**

Época de plantación: Es recomendable que la plantación sea precoz en el cultivo de variedades tardías con el fin de asegurar una buena tuberización.

Profundidad de siembra: La profundidad de siembra debe estar en torno a los 7-8cm, en tanto que profundidades mayores retardan la emergencia y profundidades superficiales incrementan el riesgo de enverdecimiento. (Pumisacho y Sherwood 2002)

Densidad de plantación: Los tubérculos se colocan sobre los surcos a una distancia de 0.5-0.7 m, separándose los golpes entre 0.3-0.4 m, lo que supone una densidad de plantación de aproximadamente 35,000-66,000 tubérculos/ha. (Pumisacho y Sherwood 2002)

Material de siembra: La plantación se realiza mediante tubérculos enteros o partes de éstos. Lo ideal es plantar tubérculos enteros, de tamaño superior a los 30 gramos.

La cantidad de material vegetal empleada se encuentra entre 1,000 y 4,000 kg/ha, aunque es más común que varíe entre 1,000 y 2,500 kg/ha. Esta cifra depende de la densidad de plantación y del peso del tubérculo de siembra. (Pumisacho y Sherwood 2002)

## **2.7 Silicio**

Silicio (Si) es el segundo elemento mineral más abundante en la tierra y comprende aproximadamente 28% de la corteza terrestre. Dependiendo de la especie, la concentración de Si en la biomasa puede variar entre 1 a más de 10 dag/kg. (Castellanos González *et al.* 2015)

En lo relativo a las monocotiledóneas, dicotiledóneas como el tomate, pepino y la soya son malos acumuladores de Si con valores menores a 0.1 dag/kg de Si en su biomasa. Pastos de tierras secas tales como el trigo, la avena, el centeno, la cebada, el sorgo, el maíz y la caña de azúcar contienen aproximadamente 1 dag/kg de Si en su biomasa, mientras que los pastos acuáticos tienen un contenido de Si de hasta 5 dag/kg. (Castellanos González *et al.* 2015)

El Silicio es tomado a niveles iguales o mayores que los tomados de nutrientes esenciales tales como el nitrógeno y el potasio en especies de plantas perteneciendo a las familias Poaceae, Equisetaceae y Cyperaceae. (Rodríguez 2013.)

Sus efectos benéficos han sido reportados en varias situaciones, especialmente bajo condiciones de estrés biótico y abiótico. El efecto más significativo del Si en las plantas, además de mejorar su aptitud en la naturaleza e incrementar la productividad agrícola, es la restricción del parasitismo. (Rodríguez 2013.)

### **2.7.1 Absorción de silicio**

La absorción del Silicio por la planta es por medio de Acido Orto Silícico ( $H_4SiO_4$ ). Se ha propuesto que el Si tiene un papel activo en mejorar los mecanismos de defensa de plantas con una producción de compuestos fenólicos incrementada, los

niveles de algunas clases de fitoalexinas y también en la activación de algunos genes que tienen en su código proteínas PR (Pérez y Mancilla 2012)

El Si potencializa la capacidad de uso de recursos mediante mejoras de la arquitectura del dosel foliar, mejora de la eficiencia del uso del agua, mejora en la absorción de nutrientes y tolerancia a estrés hídrico. Adicionalmente, hay muestras claras de la mejora en la protección contra patógenos y resistencia al ataque de insectos plagas. (Pérez y Mancilla 2012)

### **2.7.2 Incremento de la disponibilidad de silicio**

El Si es encontrado en gran cantidad en los suelos y en las más diversas formas, desde la más cristalina como el cuarzo casi insoluble y hasta su forma más solubilizada del ácido mono silícico, que es la absorbida por las plantas. Así, la disponibilidad de Si para las plantas depende más de la forma en que se encuentra en el suelo de que de la cantidad, es decir, un suelo arenoso rico en cuarzo no significa un suelo con alta concentración en Si “disponible” para las plantas; la misma consideración también debe ser hecha para las fuentes. (Mamani López 2015)

Las características consideradas ideales para que una fuente de Si sea eficiente en el uso agrícola son: alto contenido de Si-soluble disponible para las plantas, buenas propiedades físicas, facilidad para la aplicación mecanizada, disponibilidad en el mercado, relaciones y cantidades adecuadas de calcio (Ca) y magnesio (Mg), ausencia de potencial de contaminación del suelo con metales pesados y bajo costo. (Pérez y Mancilla 2012)

Entre las fuentes de Si utilizadas, se menciona la wollastonita, escorias de siderurgia, silicato de calcio (subproducto de la producción del fósforo elemental), meta silicatos de calcio, meta silicatos de sodio, silicato de potasio, silicato de sodio, cemento, termo fosfato, silicato de calcio y magnesio, etc. (Castellanos González *et al.* 2015)

### **2.7.3 Uso de silicio en el control de plagas**

En las papas, la aplicación foliar de silicio redujo la severidad del tizón tardío hasta en un 35% y aumentó tanto el rendimiento como el contenido de materia seca del tubérculo. (Soratto *et al.*2012)

Las plantas de espárrago enmendadas con silicio disponible a través de las raíces aumentaron las concentraciones de silicio tanto en las raíces como en los brotes, lo que a su vez redujo la gravedad del tizón del tallo (*Phomopsis asparagi*) en cultivares susceptibles y parcialmente resistentes hasta en un 32%. (Soratto *et al.*2012)

Las aplicaciones foliares de silicio pueden seguir siendo una alternativa atractiva para controlar enfermedades de forma respetuosa con el medio ambiente para cultivos como el tomate y el café, que no acumulan activamente silicio en sus brotes. Para el tomate, el silicio aplicado foliarmente fue ineficaz para controlar el tizón tardío. (Duarte *et al.* 2009), pero fue muy eficaz en la reducción de la gravedad del mildiú polvoroso hasta en un 90% en condiciones de campo. (Yanar *et al.* 2011).

Para el café, el silicato de potasio aplicado foliarmente redujo la severidad de la roya y la gravedad de la mancha foliar por *Cercospora* hasta 30% tanto en campo como en invernadero. (Carré-Missio *et al.* 2009) observaron que las placas de silicato de potasio polimerizado en la superficie de las hojas de las plantas de café contribuyeron a la reducción de la colonización de hongos y número de uredias producidas por *Hemileia vastatrix*.

## **2.8 Plagas y Enfermedades del cultivo de papa**

- Escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*) es una plaga severa con fuerte resistencia a los insecticidas.
- Polilla de la papa, conocida comúnmente como *Phthorimaea operculella*, es la plaga más dañina de las papas sembradas y almacenadas en áreas cálidas y secas.
- Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) es oriunda de Sudamérica y común en áreas donde hay un uso intensivo de insecticidas.

- Nemátodo del quiste (*Globodera pallida* y *rostochiensis*) es una plaga severa del suelo en las regiones templadas, los Andes y otras áreas de altura.
- Los virus se diseminan en los tubérculos y pueden reducir los rendimientos hasta en 50 por ciento.
- Marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum*, es un patógeno bacteriano que acarrea pérdidas severas en regiones tropicales, subtropicales y templadas.
- Pierna negra de la papa, es una infección bacteriana causada por *Pectobacterium* que produce pudrición de los tubérculos en el suelo y en almacén.

### **2.8.1 Tizón tardío (Lancha).**

La “Lancha” causada por *Phytophthora infestans*, es la enfermedad más importante de la papa en el mundo. (Ochoa *et al.* 2000)

#### **2.8.1.1 Sintomatología**

Hojas. - Aparecen manchas de color marrón claro a oscuro, no limitadas por las nervaduras, de apariencia húmeda, de forma irregular, algunas veces rodeadas por un halo amarillento. Estos síntomas se presentan inicialmente en los bordes y puntas de las hojas. (Torres 2011)

Tallos y pecíolos. - Las lesiones son necróticas, alargadas de 5 a 10 cm de longitud, de color marrón a negro, generalmente ubicadas desde el tercio medio a la parte superior de la planta. Presentan consistencia vítrea. Cuando la enfermedad alcanza todo el diámetro del tallo éste se quiebra fácilmente. (Torres 2011)

Tubérculos: Los tubérculos afectados presentan áreas irregulares, ligeramente hundidas. La piel toma una coloración marrón rojiza. Al corte transversal se pueden observar unas prolongaciones delgadas que van desde la superficie externa hacia la médula a manera de clavijas. (Torres 2011)

### 2.8.1.2 Manejo

#### - Control Varietal

El uso de variedades resistentes representa una de las prácticas más efectivas en el manejo de la lancha requieren menor número de aspersiones de fungicidas. Esto reduce costos de producción, preserva la salud del agricultor y consumidores, y protege el medio ambiente. (Henfling 1987)

#### - Control Químico

Involucra la utilización de fungicidas, es decir, productos químicos capaces de prevenir la infección o realizar algún tipo de control posterior a la infección. Los ingredientes activos más usados para controlar la lancha son clasificados según su modo de acción como sistémicos, translaminares y de contacto (o protectantes). (Henfling 1987)

#### - Control Cultural

Los terrenos deben tener buen drenaje y adecuada ventilación para evitar acumulación de humedad en el follaje y suelo.

La severidad de la lancha depende mucho de una temperatura moderada. Por eso los campos ubicados en zonas altas con temperaturas promedios menores de 8° C (aquellos por encima de los 3400 m) tienen menos problemas con esta enfermedad. (Ochoa *et al.* 2000)

#### - Control Biológico

Es la reducción de la enfermedad por interacción de uno o más organismos vivos con el patógeno causante de la enfermedad. Existen numerosos trabajos han reportado el efecto antagonista de varios microorganismos contra *P. infestans*, entre los que se mencionan *Serratia spp.*, *Streptomyces spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Bacillus spp.*, *Trichoderma spp.*, *Fusarium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Myrothecium spp.*, entre otros. (Torres 2011)

El uso de control biológico no es común y los reportes de control exitoso son raros. El uso de extracto de infusiones o fermentos de algunos vegetales como: cebada, trigo, ajo y cebolla han dado resultados exitosos bajo condiciones de laboratorio e invernadero. (Torres 2011)

## **2.9 Características de las variedades de papa**

### **2.9.1 INIAP – FRIPAPA**

INIAP-Fripapa 99 es una variedad de papa, con aptitud para procesamiento en forma de "hojuelas" (chips) y papa frita tipo francesa. La forma del tubérculo es oblonga, color de piel rosada, con ojos superficiales bien distribuidos en el tubérculo, color de pulpa amarilla. (Andrade *et al.* 1999)

El contenido de materia seca 23.9 %, con gravedad específica 1.103 (requerida por la agroindustria), azúcares reductores 0.12 %. (Andrade *et al.* 1999)

Proviene del material generado por el Centro Internacional de la Papa (CIP), y seleccionado por el PNRT-Papa. INIAP-Fripapa 99 bajo buenas condiciones produce rendimientos promedios excelentes de hasta 53 t/ha (zona norte) y 41 t/ha (zona centro). (Andrade *et al.* 1999)

### **2.9.2 INIAP – GABRIELA**

INIAP-Gabriela proviene de cruzamientos realizados con las variedades Algodona x Chola. Liberada en 1982.

Son plantas semierectas tallos verdes, poco numerosos y bastante gruesos, follaje de desarrollo rápido que cubre bien el terreno, hojas de color verde oscuro, grandes

con ocho a nueve foliolos principales, flores abundantes de color violeta, producen muchos vayas, tubérculos con un período de reposo de 80 días. (Torres 2011)

Es susceptible a lancha (*Phytophthora infestans*), resistencia moderada a roya (*Puccinia pittieriana*), tolerante al nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*) y resistente a la roña (*Spongospora subterranea*). (Torres 2011)

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1 Material experimental

En la presente investigación se empleó semilla certificada de las variedades INIAP – Fripapa e INIAP - Gabriela.

### 3.2 Especificaciones del campo experimental

Las especificaciones del campo experimental en cada uno de los sitios pueden observarse en el siguiente cuadro:

*Tabla 1. Especificaciones del campo experimental*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Forma de la parcela	Rectangular
Área Total (m <sup>2</sup> )	646,25
Forma de plantación	En surcos
Distancia entre surcos (m)	1,1
Distancia entre plantas (m)	0,4
Número de tratamientos	14
Número de repeticiones	4
Total de plantas en el experimento	1008
Número de plantas / tratamiento	72
Número de plantas / unidad experimental	24

*Fuente: Chango, 2021*

La disposición de las unidades experimentales dentro del campo de ensayo puede observarse en el anexo 1.

### 3.3 Ubicación del ensayo

**Provincia:** Chimborazo

**Cantón:** Guano

**Localidad:** San Andrés

*Tabla 2. Ubicación geográfica del ensayo*

Parámetro	Valor
Latitud (S)	778954
Longitud (W)	9835421
Altura msnm	3216

*Fuente: Base de Datos Agrocalidad 2019.*

### 3.4 Características edáficas y climáticas de las localidades de evaluación

*Tabla 3. Características edáficas y climáticas de diferentes localidades.*

Parámetro	Valor
Temperatura promedio (°C)	14
Precipitación anual (mm)	325 mm
Textura	Arenosa
Topografía	Plana

*Fuente: Estación meteorológica ESPOCH 2019.*

### 3.5 Factores en estudio

#### 3.5.1 FACTOR A: Variedades de papa

A1: Var. Gabriela (susceptible al tizón tardío *Phytophthora infestans*)

A2: Var. Fripapa (parcialmente resiste al tizón tardío *Phytophthora infestans*)

### 3.5.2 FACTOR B: Fuentes de Silicio

B1: Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>)

B2: Silicato de calcio

### 3.5.3 FACTOR C: Dosis de aplicación del Silicio

Factor	Silicato de calcio	Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )
C1: Dosis media	0,2 Kg de producto/kg de fertilizante	3,5 g de producto/kg de fertilizante
C2: Dosis baja	0,15 Kg de producto/kg de fertilizante	2,63 g de producto/kg de fertilizante
C3. Dosis alta	0,25 Kg de producto/kg de fertilizante	4,37 g de producto/kg de fertilizante

### 3.6 Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio serán los siguientes:

*Tabla 4. Tratamientos en estudio.*

N <sup>o</sup>	Código	Descripción del tratamiento
T1	A1B1C1	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis media
T2	A1B1C2	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis baja
T3	A1B1C3	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis alta
T4	A1B2C1	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis media
T5	A1B2C2	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis baja
T6	A1B2C3	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis alta
T7	A2B1C1	Var. Friepapa Dióxido de silicio Dosis media
T8	A2B1C2	Var. Friepapa Dióxido de silicio Dosis baja
T9	A2B1C3	Var. Friepapa Dióxido de silicio Dosis alta
T10	A2B2C1	Var. Friepapa Silicato de calcio Dosis media
T11	A2B2C2	Var. Friepapa Silicato de calcio Dosis baja
T12	A2B2C3	Var. Friepapa Silicato de calcio Dosis alta
T13	TESTIGO 1	Var. Gabriela sin la aplicación de silicio
T14	TESTIGO 2	Var. Friepapa sin la aplicación de silicio

*Fuente: Chango, 2021*

### 3.7 Diseño experimental

En la presente investigación se empleará un diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA), en arreglo trifactorial 2x2x3+N con cuatro repeticiones.

A continuación, se presentan el esquema del análisis de varianza

**Tabla 5. Análisis de varianza**

Fuentes de variación	gl
Modelo	16
Bloques	3
Tratamientos	13
Variedad	1
Fuente de silicio	1
Dosis	2
Variedad*Fuente de silicio	1
Variedad*Dosis	2
Fuente de silicio * dosis	2
Variedad*Fuente de silicio* dosis	2
Testigo 1 y Testigo 2 Vs resto	1
Testigo 1 Vs Testigo 2	1
Error	39
Total	55

*Fuente: Chango, 2021*

Para el caso de las variables: contenido de polifenoles totales a los 90 y 120 días; se desarrolló un análisis de regresión lineal con la finalidad de definir la relación existente entre estas y las variables incidencia y severidad.

### **3.8 Análisis estadístico**

Se realizó el análisis de varianza y se determinó el coeficiente de variación. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tuckey al 5%.

Para determinar la relación existente entre la incidencia y la severidad de la enfermedad frente a la producción de polifenoles totales contenidos en el follaje y el sistema radicular de la planta, se empleó un análisis de regresión lineal; desarrollando un análisis de varianza, definiendo el coeficiente de determinación, así como la ecuación que define el modelo de relación entre cada variable.

Para el desarrollo de estas pruebas, se empleó el paquete estadístico Infostat.

### 3.9 Métodos de evaluación y variables en estudio

#### 3.9.1 Días a la emergencia

Se contabilizaron los días transcurridos desde el momento de la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela neta emerjan.

#### 3.9.2 Altura de planta

Se tomó la altura de 10 plantas escogidas al azar, dentro de la parcela neta, midiendo desde la base de la planta hasta la última hoja y se expresará en centímetros (cm). Las evaluaciones se realizarán a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra.

#### 3.9.3 Días a la floración

Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela neta presenten flores abiertas.

#### 3.9.4 Porcentaje de incidencia de lancha

Se realizaron las evaluaciones a partir de los 30 días después de la siembra, con una frecuencia quincenal hasta llegar a la cosecha. Este parámetro se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$I = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número de plantas sanas}} \times 100$$

#### 3.9.5 Porcentaje de severidad de lancha

Con la finalidad de facilitar la observación y determinación de la severidad se empleó la escala que se presenta en la tabla 7.

**Tabla 6. Escala de severidad de tizón tardío de la papa**

Grado	Porcentaje tejido afectado	Síntomas
1	0	No se observa tizón
2	0-5	Máximo 10 lesiones / planta.
3	5- 15	Plantas sanas, área foliar afectada (20 folíolos).
4	15-35	Mayoría plantas afectadas, 25% follaje destruido (fd).
5	45-65	Parcela se ve verde, hojas inferiores muertas, 50% fd.
6	65 - 85	Parcela se ve verde, con manchas pardas, 75% fd.
7	85-95	Solo hojas superiores están verdes, tallos con lesiones.
8	95 - 100	Parcela se ve parda, mayoría tallos afectados o muertos.
9	100	Tallos y hojas muertos.

*Fuente: Barquero M et al (2006)*

### **3.9.6 Determinación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad**

#### **3.9.6.1 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)**

Debido a que el tizón tardío es una enfermedad policíclica, el CIP recomienda el uso del AUDPC para sintetizar las lecturas de la enfermedad en una medida sinóptica (18). El AUDPC es calculado a partir de los porcentajes estimados del área foliar enferma registrados en diferentes momentos durante la epidemia. (Centro Internacional de la papa 2014)

El AUDPC es frecuentemente calculado usando la fórmula del punto medio

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Donde “t” es el tiempo de cada lectura, “y” el porcentaje de follaje afectado en cada lectura y “n” el número de lecturas. La variable “t” puede representar los días julianos, los días después de la siembra o los días después de la emergencia. (Centro Internacional de la papa 2014)

#### **3.9.6.2 Área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC)**

Con la finalidad de estandarizar el AUDPC, los investigadores usualmente usan el AUDPC relativo (rAUDPC). El rAUDPC se calcula dividiendo el AUDPC entre el máximo AUDPC potencial, que se entiende como el AUDPC que tendría una variedad o clon si tuviera 100% de infección en todas las lecturas. (Centro Internacional de la papa 2014)

### **3.9.7 Evaluación del contenido de polifenoles totales**

A los 90 y 120 días después de la siembra, se realizaron los muestreos para la determinación del contenido de polifenoles totales. Tejido vegetal foliar y radicular será colectado en fresco a partir de material foliar y radicular de plantas seleccionadas de cada uno de sus tratamientos y repeticiones, el material colectado

de cada repetición fue consolidado para conformar una muestra única por tratamiento, posterior a esto, el material vegetal se lavó con agua corriente para retirar residuos de suelo, luego se secaron en papel absorbente y empaclaron en bolsas con cierre para posteriormente enviar al laboratorio.

En el laboratorio el contenido de polifenoles totales se determinó por el método Folin Cicalteu.

Se efectuó un análisis de la relación entre la incidencia y la severidad a los 90 y 120 días, frente al contenido de polifenoles acumulados por el estrés causado por el ataque de *Phytophthora infestans*.

### **3.9.8 Número de tubérculos por planta**

Se cosecharon 10 plantas tomadas totalmente al azar, dentro de la parcela neta y se contabilizó la cantidad total de tubérculos por planta, obteniendo un promedio de las diez.

### **3.9.9 Rendimiento por categorías**

Se realizó una clasificación de los tubérculos en categorías según el peso en gramos de cada uno.

*Tabla 7. Denominación a rendimientos*

<b>Denominación</b>	<b>Peso (gramos)</b>
Comercial o de 1era. (gruesa y Grande)	De 81 – 120
Comercial o de 2da (mediana)	De 61 – 80
Desecho o de 3ra (pequeña)	De 30 – 60

*Fuente: Montesdeoca M, 2005.*

### **3.9.10 Rendimiento por planta**

Para evaluar esta variable se pesaron los tubérculos de 10 plantas de la parcela neta, tomadas al azar. El dato final se obtendrá del promedio de las lecturas.

### **3.9.11 Rendimiento por hectárea**

Se realizó la sumatoria de los pesos de los tubérculos comerciales de las plantas evaluadas obtenidas por parcela neta y se proyectará el rendimiento en kg/ha.

## **3.10 Manejo del ensayo**

### **3.10.1 Labores pre-culturales**

#### **3.10.1.1 Muestreo y análisis de suelo**

Se realizó el muestreo de suelo en la parcela, a través del método del zig-zag, extrayendo las sub-muestras a una profundidad de 30 cm con la ayuda de un barreno. De la muestra extraída se evaluarán los contenidos de macronutrientes y micro nutrientes; además, se determinarán parámetros como: pH, textura, materia orgánica, CIC, CE.

#### **3.10.1.2 Preparación del suelo**

Se realizó la preparación del suelo empelando un tractor. Iniciando con una labor de arado, una segunda labor con rotavator y finalmente una +ultima labor de surcado.

#### **3.10.1.3 Trazado de la parcela**

Se lo realizó con la ayuda de estacas y piolas, siguiendo las especificaciones del campo experimental (ver Anexo 1).

### **3.10.2 Labores culturales**

#### **3.10.2.1 Siembra**

La siembra se realizó empelando herramienta manual y respetando el marco de plantación previamente definido.

### 3.10.2.2 Fertilización del ensayo

La fertilización del cultivo de papa, se desarrolló en función de la extracción media de nutrientes para un rendimiento de 30 t/ha. En el cuadro que se presenta a continuación se puede revisar el requerimiento de macronutrientes que será suplido con la adición de fertilización química.

Extracción total de nutrientes por el cultivo de papa en el Ecuador para diferentes niveles de producción.

*Tabla 8. Requerimiento nutricional del cultivo de papa.*

<b>Rendimiento t/ha</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
17	70	15	140	25	10
50	220	50	350	95	35
** 30	170	60	270	120	75

*\*\* Extracción total de nutrientes de la variedad INIAP-Fripapa (Torres, 2010).*

*Fuente: Oyarzún et al. (2002).*

Las fuentes químicas que fueron empleadas son las siguientes: nitrato de calcio, nitrato de amonio, fosfato monopotásico, sulfato de potasio y sulfato de magnesio.

La aplicación de fertilizantes fue fraccionada, la primera en la semana 4 coincidiendo con la labor de deshierba; la segunda en la semana 9, coincidiendo con la labor de medio aporque y la tercera en la semana 12, coincidiendo con la labor de aporque.

### 3.10.2.3 Control fitosanitario

Para control de gusano blanco se aplicó Tiametoxan + Lamdacihalotrina (Engeo 1.25 cc/l de H<sub>2</sub>O), mientras que para las plagas de follaje se utilizará Profenofos (Curacron).

Durante el manejo del ensayo, no se efectuaron controles sanitarios para la lancha; esto con la finalidad de determinar la respuesta de activación de los mecanismos de defensa activados por la aplicación de silicio.

#### **3.10.2.4 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual por cada parcela neta, pesando la totalidad de los tubérculos y clasificando de acuerdo a las categorías antes descritas.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Días a la emergencia

En el análisis de varianza para la variable días a la emergencia (Tabla 9) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4.04%

**Tabla 9. Análisis de varianza de la variable días a la emergencia**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	16,21	16	1,01	1,57	0,1239	NS
Bloques	6,36	3	2,12	3,29	0,0306	*
Tratamientos	9,86	13	0,76	1,18	0,3318	NS
Variedad	2,52	1	2,52	3,94	0,0737	NS
Fuente de silicio	1,02	1	1,02	1,59	0,2489	NS
Dosis	0,88	2	0,44	0,69	0,5603	NS
Var*F de Si	0,02	1	0,02	0,03	0,868	NS
Var*dosis	0,54	2	0,27	0,42	0,6971	NS
F de Si*dosis	3,04	2	1,52	2,38	0,1439	NS
Var* F de Si*dosis	0,04	2	0,02	0,03	0,9724	NS
T1 y T2 Vs R	0,67	1	0,67	1,04	0,3144	NS
T1 1 Vs T2	1,13	1	1,13	1,75	0,1942	NS
Error	25,14	39	0,64			
Total	41,36	55				
C.V.	4,04					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

Con relación al análisis de varianza de la variable días a la emergencia, no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos y sus interacciones puesto que la emergencia está relacionada con la variedad de papa sembrada.

## 4.2 Altura de planta

Se desarrollaron evaluaciones de la variable altura de planta los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra. Los resultados de los análisis de varianza y las pruebas Tuckey aplicadas pueden revisarse a continuación.

### 4.2.1 Altura de planta 30 días

En el análisis de varianza para la variable altura de planta a los 30 días después de la siembra (Tabla 10) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.52%

**Tabla 10. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 30 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	21,43	16	1,34	2,54	0,0089	**
Bloques	1,2	3	0,4	0,76	0,5252	NS
Tratamientos	20,23	13	1,56	2,95	0,0044	**
Variedad	10,08	1	10,08	19,02	<0,0001	**
Fuente de silicio	0,08	1	0,08	0,15	0,6769	NS
Dosis	0,38	2	0,19	0,36	0,6752	NS
Var*F de Si	0,08	1	0,08	0,15	0,6769	NS
Var*dosis	1,54	2	0,77	1,45	0,2096	NS
F de Si*dosis	2,04	2	1,02	1,92	0,1298	NS
Var* F de Si*dosis	2,04	2	1,02	1,92	0,1298	NS
T1 y T2 Vs R	3,86	1	3,86	7,32	0,0101	*
T1 1 Vs T2	0,13	1	0,13	0,24	0,629	NS
Error	20,55	39	0,53			
Total	41,98	55				
C.V.	8,52					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

De acuerdo con el análisis de varianza de la variable altura de planta 30 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

En el estudio destaca que existe una diferencia entre la media de altura de planta a los 30 días, pues la variedad Gabriela alcanzó los 9,08 cm; mientras que la variedad Fripana mostró una altura media de 8,17cm. (Ver anexo 2)

Investigaciones relacionadas muestran que para el caso de la variedad Iniap-Fripapa, ésta alcanza una altura de planta a los 30 días fue 8,28 cm. (Delgado, 2012)

Además, se evidenció una diferencia notable entre el tratamiento Variedad Gabriela, con la aplicación de silicato de calcio en una dosis baja, el cual alcanzó una altura media de 9,75 cm; esto frente al testigo de la misma variedad que llegó a una altura de planta de 7,75 cm. (Ver anexo 2)

#### 4.2.2 Altura de planta 60 días

En el análisis de varianza para la variable altura de planta a los 60 días después de la siembra (Tabla 11) no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.42%

**Tabla 11. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 60 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	330,21	16	20,64	1,69	0,0903	NS
Bloques	74,48	3	24,83	2,04	0,1248	NS
Tratamientos	255,73	13	19,67	1,61	0,1234	NS
Variedad	56,33	1	56,33	4,62	0,0479	*
Fuente de silicio	3	1	3	0,25	0,6393	NS
Dosis	18,29	2	9,15	0,75	0,5125	NS
Var*F de Si	18,75	1	18,75	1,54	0,2451	NS
Var*dosis	33,04	2	16,52	1,35	0,3043	NS
F de Si*dosis	50,38	2	25,19	2,06	0,168	NS
Var* F de Si*dosis	58,63	2	29,31	2,40	0,1275	NS
T1 y T2 Vs R	17,19	1	17,19	1,41	0,2424	NS
T1 1 Vs T2	0,13	1	0,13	0,01	0,9199	NS
Error	475,77	39	12,2			
Total	805,98	55				
C.V.	8,42					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

De acuerdo al análisis de varianza de la variable altura de planta 60 días, se observaron diferencias significativas únicamente para el caso del factor variedad; esto mientras que los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con relación al gráfico 3, se puede destacar que existe una diferencia entre la media de altura de planta a los 60 días, pues la variedad Gabriela alcanzó los 42,79 cm; mientras que la variedad Frippapa mostró una altura media de 40,63 cm.

Investigaciones relacionadas muestran que para el caso de la variedad Iniap-Frippapa, ésta alcanza una altura de planta a los 60 días fue 39.92 cm. (Delgado, 2012)

#### 4.2.3 Altura de planta 90 días

En el análisis de varianza para la variable altura de planta a los 90 días después de la siembra (Tabla 12) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.35%

**Tabla 12. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 90 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	1233,93	16	77,12	3,38	0,001	**
Bloques	29,2	3	9,73	0,43	0,7355	NS
Tratamientos	1204,73	13	92,67	4,06	0,0003	**
Variedad	981,02	1	981,02	42,93	<0,0001	**
Fuente de silicio	0,19	1	0,19	0,01	0,9294	NS
Dosis	14	2	7	0,31	0,7449	NS
Var*F de Si	1,69	1	1,69	0,07	0,7906	NS
Var*dosis	0,67	2	0,33	0,01	0,986	NS
F de Si*dosis	78,5	2	39,25	1,72	0,2035	NS
Var* F de Si*dosis	24,5	2	12,25	0,54	0,5992	NS
T1 y T2 Vs R	99,67	1	99,67	4,36	0,0433	*
T1 1 Vs T2	4,5	1	4,5	0,2	0,6596	NS
Error	891,05	39	22,85			
Total	2124,98	55				
C.V.	8,35					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

De acuerdo al análisis de varianza de la variable altura de planta 90 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad y la comparación entre los testigos 1 y 2 y el resto de los tratamientos. Los demás factores e interacciones no mostraron diferencias significativas.

En la presente investigación destaca que existe una diferencia entre la media de altura de planta a los 90 días, pues la variedad Gabriela alcanzó los 62,33 cm; mientras que la variedad Fri papa mostró una altura media de 53,29cm. (Ver anexo 4)

Investigaciones relacionadas muestran que para el caso de la variedad Iniap-Fri papa, ésta alcanza una altura de planta a los 90 días fue 54.30 cm. (Delgado, 2012). Concluyendo que el presente estudio guarda concordancia con ensayos anteriores.

Se puede también referir que el tratamiento que involucró a la variedad Gabriela sobre la que se aplicó dióxido de silicio en una dosis media alcanzó una altura de planta a los 90 días de 65,75 cm; esto frente al tratamiento con la variedad Fri papa en la que se empleó dióxido de silicio en una dosis alta, que siendo la que presentó la media más baja comparada llegó a mostrar unos 51,5cm. (ver anexo 4)

#### 4.2.4 Altura de planta 120 días

En el análisis de varianza para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra (Tabla 13) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 7.88%.

**Tabla 13. Análisis de varianza de la variable altura de planta a los 120 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	859,14	16	53,7	2,45	0,0114	*
Bloques	90,43	3	30,14	1,38	0,2645	NS
Tratamientos	768,71	13	59,13	2,7	0,0083	**
Variedad	374,08	1	374,08	17,07	0,0003	**
Fuente de silicio	96,33	1	96,33	4,40	0,0519	NS
Dosis	55,29	2	27,65	1,26	0,3247	NS
Var*F de Si	30,08	1	30,08	1,37	0,2685	NS
Var*dosis	76,04	2	38,02	1,74	0,2167	NS
F de Si*dosis	96,54	2	48,27	2,20	0,1466	NS
Var* F de Si*dosis	31,79	2	15,9	0,73	0,5193	NS
T1 y T2 Vs R	8,05	1	8,05	0,37	0,548	NS
T1 1 Vs T2	0,5	1	0,5	0,02	0,8807	NS
Error	854,57	39	21,91			
Total	1713,71	55				
C.V.	7,88					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

De acuerdo al análisis de varianza de la variable altura de planta 120 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos y el factor variedad. Los demás factores e interacciones no mostraron diferencias significativas.

Como resultado destaca que existe una diferencia entre la media de altura de planta a los 120 días, pues la variedad Gabriela alcanzó los 62,38 cm; mientras que la variedad Frippa mostró una altura media de 56,79 cm. (ver anexo 5)

Investigaciones relacionadas muestran que para el caso de la variedad Iniap-Frippa, ésta alcanza una altura de planta a los 120 días fue 57,76 cm. (Delgado, 2012)

Adicionalmente se evidencia que el tratamiento que involucró a la variedad Gabriela sobre la que se aplicó silicato de calcio en una dosis baja alcanzó una altura de planta a los 120 días de 66 cm; esto frente al tratamiento con la variedad Frippa en la que se empleó dióxido de silicio en una dosis media, que siendo la que presentó la media más baja comparada llegó a mostrar unos 53,25 cm. (ver anexo 5)

### 4.3 Días a la floración

En el análisis de varianza para la variable días a la floración (Tabla 14) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 1.67%.

**Tabla 14. Análisis de varianza de la variable días a la floración**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	758,71	16	47,42	16,93	<0,0001	**
Bloques	1,48	3	0,49	0,18	0,9118	NS
Tratamientos	757,23	13	58,25	20,79	<0,0001	**
Variedad	574,08	1	574,08	205,03	<0,0001	**
Fuente de silicio	2,08	1	2,08	0,74	0,3899	NS
Dosis	4,17	2	2,08	0,74	0,4761	NS
Var*F de Si	0,08	1	0,08	0,03	0,8628	NS
Var*dosis	8,17	2	4,08	1,46	0,2401	NS
F de Si*dosis	7,17	2	3,58	1,28	0,2842	NS

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Var* F de Si*dosis	1,17	2	0,58	0,21	0,8099	NS
T1 y T2 Vs R	160,19	1	160,19	57,18	<0,0001	**
T1 Vs T2	0,13	1	0,13	0,04	0,8338	NS
Error	109,27	39	2,8			
Total	867,98	55				
C.V.	1,67					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

De acuerdo con el análisis de varianza de la variable días a la floración, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad y la comparación entre los testigos 1 y 2 frente al resto de los tratamientos. Los demás factores e interacciones no mostraron diferencias significativas.

De la investigación, se puede destacar que existe una diferencia entre la media de los días a la floración, pues la variedad Frippa alcanzó los 103 días; mientras que la variedad Gabriela mostró una media de 96,08 días.

Estudios relacionados en los que se observaron esta variable refieren que en promedio de los días a la floración para el caso de la variedad Iniap-Frippa fueron 103,04 (Delgado, 2012); esto mientras que con relación a la variedad Iniap-Gabriela la floración se alcanzó a los 125 días después de la siembra.(Rubio 2015)

En adición se pudo observar que, el tratamiento testigo de la variedad Frippa alcanzó una altura de planta a los 104,5 días esto frente al tratamiento con la variedad Gabriela en la que se empleó dióxido de silicio en una dosis media, que siendo la que presentó la media más baja comparada llegó a mostrar unos 95,25 días.

#### **4.4 Porcentaje de incidencia de lanchar**

Las evaluaciones de la variable incidencia de lanchar, se ejecutaron a los 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días después de la siembra. Los resultados de los análisis de varianza y las pruebas Tuckey aplicadas pueden revisarse a continuación.

#### 4.4.1 Incidencia a los 60 días

En el análisis de varianza para la variable incidencia de lancha a los 60 días (Tabla 15) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 44,02%

**Tabla 15. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 60 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	169,64	16	10,6	2,64	0,0068	**
Bloques	12,05	3	4,02	1	0,4031	NS
Tratamientos	157,59	13	12,12	3,02	0,0038	**
Variedad	25,52	1	25,52	6,39	0,016	*
Fuente de silicio	2,08	1	2,08	0,52	0,4748	NS
Dosis	1,82	2	0,91	0,23	0,7971	NS
Var*F de Si	18,75	1	18,75	4,7	0,0369	*
Var*dosis	36,2	2	18,1	4,53	0,0176	*
F de Si*dosis	6,51	2	3,26	0,82	0,4505	NS
Var* F de Si*dosis	14,84	2	7,42	1,86	0,1705	NS
T1 y T2 Vs R	39,36	1	39,36	9,8	0,0033	**
T1 Vs T2	12,5	1	12,5	3,11	0,0856	NS
Error	156,7	39	4,02			
Total	326,34	55				
C.V.	44,02					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

En función del análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 60 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad, la interacción variedad x fuente de silicio, la interacción variedad x dosis y la comparación entre los testigos 1 y 2 frente al resto de los tratamientos. Los demás factores e interacciones no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia a los 60 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 5,63%; mientras que la variedad Frippa mostró una incidencia del 4,17%. (ver anexo 7)

Con relación a la variable incidencia 60 días y la interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / Dióxido de silicio, con una incidencia del 6,04%; de su lado la incidencia

más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripana / Dióxido de silicio, con un 3,33%. (ver anexo 7)

En atención a la variable incidencia 60 días y la interacción variedad x dosis, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / dosis baja, con una incidencia del 6,25%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripana / dosis baja, con un 3,13%. (ver anexo 7)

Con relación al gráfico 13, en donde se presentan los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento variedad Iniap-Fripana/ silicato de potasio/ dosis alta mostró ser el más afectado, con una incidencia a los 60 días del 7,5%; claramente diferenciado del tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripana que presentó una incidencia del 1,25%. (ver anexo 7)

Finalmente, al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripana, presentaron una menor incidencia a los 60 días (2,5%) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuya severidad se ubicó en 4,9%. (ver anexo 7)

#### 4.4.4 Incidencia a los 75 días

En el análisis de varianza para la variable incidencia de lancha a los 75 días (Tabla 16) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 36,16%.

**Tabla 16. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 75 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	366,07	16	22,88	3,23	0,0014	**
Bloques	46,76	3	15,59	2,2	0,1038	NS
Tratamientos	319,31	13	24,56	3,46	0,0013	**
Variedad	52,08	1	52,08	7,32	0,0104	*
Fuente de silicio	2,08	1	2,08	0,29	0,5918	NS
Dosis	0,26	2	0,13	0,02	0,9819	NS
Var*F de Si	42,19	1	42,19	5,93	0,02	*
Var*dosis	33,07	2	16,54	2,32	0,1125	NS
F de Si*dosis	8,07	2	4,04	0,57	0,5722	NS
Var* F de Si*dosis	5,47	2	2,73	0,38	0,6838	NS
T1 y T2 Vs R	0,3	1	0,3	0,04	0,8388	NS

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
T1 Vs T2	175,78	1	175,78	24,78	<0,0001	**
Error	276,67	39	7,09			
Total	642,75	55				
C.V.	36,16					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01) Fuente: Chango, 2021*

En función del análisis de varianza de la variable incidencia de lanchar a los 75 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad, la interacción variedad x fuente de silicio y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia a los 75 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 8,44%; mientras que la variedad Fripana mostró una incidencia del 6,35%. (Ver anexo 8)

Con relación a la variable incidencia 75 días y la interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / Dióxido de silicio, con una incidencia del 9,58%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripana / Dióxido de silicio, con un 5,63%. (Ver anexo 8)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela evidenció ser el más afectado, con una incidencia a los 75 días del 11,88%; claramente diferenciado del tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripana que presentó una incidencia del 2,5%. (Ver anexo 8)

De su lado, el tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor incidencia a los 75 días (11,88%) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripana cuya incidencia, se ubicó en 2,5%. (ver anexo 8)

#### 4.4.5 Incidencia a los 90 días

En el análisis de varianza para la variable incidencia de lancha a los 90 días (Tabla 17) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 36.43%

**Tabla 17. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 90 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	716,07	16	44,75	3,43	0,0008	**
Bloques	47,77	3	15,92	1,22	0,3149	NS
Tratamientos	668,3	13	51,41	3,94	0,0004	**
Variedad	133,33	1	133,33	10,22	0,0034	**
Fuente de silicio	18,75	1	18,75	1,44	0,247	NS
Dosis	38,54	2	19,27	1,48	0,2542	NS
Var*F de Si	75	1	75	5,75	0,0242	*
Var*dosis	219,79	2	109,9	8,43	0,0012	**
F de Si*dosis	3,12	2	1,56	0,12	0,8914	NS
Var* F de Si*dosis	21,87	2	10,94	0,84	0,4538	NS
Tgo1 y Tgo 2 Vs R	4,76	1	4,76	0,37	0,5491	NS
Tgo1 1 Vs Tgo 2	153,13	1	153,13	11,74	0,0015	**
Error	508,48	39	13,04			
Total	1224,55	55				
C.V.	36,43					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

En función del análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 90 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad, la interacción variedad x fuente de silicio y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia a los 90 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 11,46%; mientras que la variedad Frippa mostró una incidencia del 8,13%. (ver anexo 9)

Un estudio relacionado evaluó la incidencia del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la incidencia de

*Phytophthora infestans*, a los 88 días después de la siembra fue en promedio de 11.25 % (Abdo 2013)

En el presente estudio se evidenció una interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / Dióxido de silicio, con una incidencia del 13,33 %; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fri papa / Dióxido de silicio, con un 7,5%. (ver anexo 9)

Con relación a la variable incidencia 90 días y la interacción variedad x dosis, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / dosis baja, con una incidencia del 15,63%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fri papa / dosis baja, con un 6,25%. (ver anexo 9)

Con respecto a los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento Iniap-Gabriela, con el uso del dióxido de silicio en una dosis baja evidenció ser el más afectado, con una incidencia a los 90 días del 17,5%; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Fri papa/ dióxido de silicio/ dosis baja que presentó una incidencia del 6,25%. (ver anexo 9)

#### 4.4.6 Incidencia a los 105 días

En el análisis de varianza para la variable incidencia de lancha a los 105 días (Tabla 18) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 25.86%

**Tabla 18. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 105 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	1344,64	16	84,04	5,65	<0,0001	**
Bloques	126,34	3	42,11	2,83	0,0507	NS
Tratamientos	1218,3	13	93,72	6,3	<0,0001	**
Variedad	500,52	1	500,52	33,66	<0,0001	**
Fuente de silicio	42,19	1	42,19	2,84	0,111	NS
Dosis	13,54	2	6,77	0,46	0,6547	NS
Var*F de Si	88,02	1	88,02	5,92	0,0238	*
Var*dosis	94,79	2	47,4	3,19	0,0624	NS
F de Si*dosis	84,37	2	42,19	2,84	0,0829	NS

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Var* F de Si*dosis	19,79	2	9,9	0,67	0,5403	NS
T1 y T2 Vs R	62,57	1	62,57	4,21	0,047	*
T1 Vs T2	312,5	1	312,5	21,02	<0,0001	**
Error	579,91	39	14,87			
Total	1924,55	55				
C.V.	25,86					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

En función del análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 105 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad, la interacción variedad x fuente de silicio y la comparación entre los testigos 1 y 2 y el resto de los tratamientos y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia a los 105 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 11,46%; mientras que la variedad Frippapa mostró una incidencia del 11,25%. (Ver anexo 10)

Un estudio relacionado evaluó la incidencia del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la incidencia de *Phytophthora infestans* a los 103 días después de la siembra fue en promedio de 23.50 % (Abdo, 2013)

Con relación a la variable incidencia 105 días y la interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / Dióxido de silicio, con una incidencia del 20 %; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Frippapa / Dióxido de silicio, con un 10,83 %. (Ver anexo 10)

Con respecto a los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela, evidenció ser el más afectado, con una incidencia a los 105 días del 23,75%; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Frippapa/ dióxido de silicio/ dosis baja que presentó una incidencia del 8,75%. (Ver anexo 10)

#### 4.4.7 Incidencia a los 120 días

En el análisis de varianza para la variable incidencia de lancha a los 120 días (Tabla 19) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 19,83%

**Tabla 19. Análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 120 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	2337,5	16	146,09	8,81	<0,0001	**
Bloques	16,07	3	5,36	0,32	0,8085	NS
Tratamientos	2321,43	13	178,57	10,77	<0,0001	**
Variedad	875,52	1	875,52	52,81	<0,0001	**
Fuente de silicio	117,19	1	117,19	7,07	0,006	**
Dosis	16,67	2	8,33	0,50	0,5501	NS
Var*F de Si	63,02	1	63,02	3,80	0,0389	*
Var*dosis	66,67	2	33,33	2,01	0,1023	NS
F de Si*dosis	200	2	100	6,03	0,0022	**
Var* F de Si*dosis	66,67	2	33,33	2,01	0,1023	NS
T1 y T2 Vs R	537,57	1	537,57	32,43	<0,0001	**
T1 Vs T2	378,13	1	378,13	22,81	<0,0001	**
Error	646,43	39	16,58			
Total	2983,93	55				
C.V.	19,83					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

En función del análisis de varianza de la variable incidencia de lancha a los 120 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad y fuente de silicio, la interacción variedad x fuente de silicio y la interacción Fuente de silicio x dosis, la comparación entre los testigos 1 y 2 y el resto de los tratamientos y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia a los 120 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 23,54%; mientras que la variedad Friepapa mostró una incidencia del 15%. (Ver anexo 11)

Un estudio relacionado evaluó la incidencia del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la incidencia de *Phytophthora infestans* a los 118 días después de la siembra fue en promedio de 23.50 % (Abdo, 2013)

De su lado con atención al factor fuente de silicio, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia 120 días después de la siembra, pues mientras el dióxido de silicio alcanzó los 20,83%; mientras que con el silicato de calcio se llegó a una incidencia del 17,71%. (Ver anexo 11)

Con relación a la variable incidencia 120 días y la interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / Dióxido de silicio, con una incidencia del 26,25%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripapa / Silicato de calcio, con un 14,58%. (Ver anexo 11)

De su lado, en la interacción fuente de silicio x dosis, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones Dióxido de silicio / dosis alta, con una incidencia del 22,5%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre Silicato de calcio / dosis alta, con un 14,38%. (Ver anexo 11)

Finalmente, los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela, evidenció ser el más afectado, con una incidencia a los 120 días del 35%; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Fripapa/ silicato de calcio/ dosis alta que presentó una incidencia del 11,25%. (Ver anexo 11)

#### **4.4.8 Incidencia a los 135 días**

En el análisis de varianza para la variable incidencia de lancha a los 135 días (Tabla 20) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 19,36%

**Tabla 20. Análisis de varianza de la variable incidencia de lanchar a los 135 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	4078,5	16	254,91	7,64	<0,0001	**
Bloques	117,2	3	39,07	1,17	0,3331	NS
Tratamientos	3961,3	13	304,72	9,13	<0,0001	**
Variedad	1925,33	1	1925,33	57,71	<0,0001	**
Fuente de silicio	65,33	1	65,33	1,96	0,08	NS
Dosis	254	2	127	3,81	0,0045	**
Var*F de Si	24,08	1	24,08	0,72	0,2813	NS
Var*dosis	140,67	2	70,33	2,11	0,041	*
F de Si*dosis	18,17	2	9,08	0,27	0,6403	NS
Var* F de Si*dosis	93,17	2	46,58	1,40	0,1133	NS
T1 y T2 Vs R	312,43	1	312,43	9,37	0,004	**
T1 Vs T2	1128,13	1	1128,13	33,82	<0,0001	**
Error	1301,05	39	33,36			
Total	5379,55	55				
C.V.	19,36					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

En función del análisis de varianza de la variable incidencia de lanchar a los 135 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad y dosis, la interacción variedad x dosis, la comparación entre los testigos 1 y 2 y el resto de los tratamientos y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia a los 135 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 35,21%; mientras que la variedad Frippapa mostró una incidencia del 22,54%. (Ver anexo 12)

Un estudio relacionado evaluó la incidencia del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la incidencia de *Phytophthora infestans* a los 133 días después de la siembra fue en promedio de 23.50 % (Abdo, 2013)

Con atención al factor dosis, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable incidencia a los 135 días después de la siembra, pues la

Dosis media alcanzó los 30,63%; mientras que la dosis alta mostró una incidencia del 25,63%. (Ver anexo 12)

De acuerdo con el gráfico 33, con relación a la variable incidencia 135 días y la interacción variedad x dosis, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / dosis media, con una incidencia del 39,38%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripapa / dosis alta, con un 20,63%. (Ver anexo 12)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron una mayor incidencia a los 135 días (35,63%) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuya severidad se ubicó en 28,88%. (Ver anexo 12)

De su lado, el tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor incidencia a los 135 días (47,50%) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripapa cuya incidencia, se ubicó en 23,75%. (Ver anexo 12)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela mostró ser el más afectado, con una incidencia acumulada a los 135 días del 47,5%; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Gabriela con una dosis alta de silicato de calcio que presentó una incidencia del 30%, lo que representó una diferencia del 58,33%. Esto mientras que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripapa evidenció una incidencia del 23,75%; esto frente al tratamiento menos afectado en el ensayo que resultó ser el uso de la variedad Iniap-Fripapa con la aplicación de silicato de calcio en una dosis alta, el cual mostró una severidad del 17,5%; evidenciándose una diferencia del 35,71% con respecto al testigo de la misma variedad y un 171,43% con relación al testigo de la variedad Iniap-Gabriela. (Ver anexo 12)

#### **4.5 Porcentaje de severidad de lancha**

Las evaluaciones de la variable severidad de lancha, se ejecutaron a los 60, 75, 90, 105, 120 y 135 días después de la siembra. Los resultados de los análisis de varianza y las pruebas Tuckey aplicadas pueden revisarse a continuación.

#### 4.5.1 Severidad a los 60 días

En el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 60 días (Tabla 21) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 38,70%

**Tabla 21. Análisis de varianza de la variable de severidad de lancha a los 60 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	142,86	16	8,93	4,24	0,0001	**
Bloques	61,61	3	20,54	9,75	0,0001	**
Tratamientos	81,25	13	6,25	2,97	0,0043	**
Variedad	47,01	1	47,01	13,37	0,0008	**
Fuente de silicio	0,13	1	0,13	0,04	0,8485	NS
Dosis	0,26	2	0,13	0,04	0,9637	NS
Var*F de Si	3,26	1	3,26	0,93	0,3423	NS
Var*dosis	3,39	2	1,69	0,48	0,6218	NS
F de Si*dosis	1,82	2	0,91	0,26	0,7731	NS
Var* F de Si*dosis	4,95	2	2,47	0,7	0,5014	NS
T1 y T2 Vs R	0,91	1	0,91	0,43	0,5145	NS
T1 Vs T2	19,53	1	19,53	9,27	0,0042	**
Error	82,14	39	2,11			
Total	225	55				
C.V.	38,7					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 60 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 60 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 4,79%; mientras que la variedad Fripapa mostró una incidencia del 2,81%. (Ver anexo 13)

En un estudio relacionado en el que se evaluaron y seleccionaron plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), obtenidas mediante radiaciones ionizantes gamma, en condiciones de campo, en el que se observó esta variable, refiere que en promedio la severidad a los 60 días para el caso de la

variedad Iniap-Fripapa fue del 0,4%; esto mientras que con relación a la variedad Iniap-Gabriela la severidad se alcanzó el 3,7%. (López R. , 2011)

Con relación a los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento variedad Iniap-Gabriela, con la aplicación de silicato de calcio en una dosis baja, evidenció ser el más afectado, con una severidad a los 60 días del 5%; claramente diferenciado del tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripapa/ que presentó una severidad del 1,88%. (Ver anexo 13)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor seriedad a los 60 días (5%) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripapa cuya severidad, se ubicó en 1,88%. (Ver anexo 13)

#### 4.5.4 Severidad a los 75 días

En el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 90 días (Tabla 22) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 31,38%.

**Tabla 22. Análisis de varianza de la variable de severidad de lancha a los 75 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	89,29	16	5,58	2,39	0,0133	*
Bloques	1,23	3	0,41	0,18	0,9124	NS
Tratamientos	88,06	13	6,77	2,9	0,005	**
Variedad	52,08	1	52,08	7,32	0,0104	*
Fuente de silicio	2,08	1	2,08	0,29	0,5918	NS
Dosis	0,26	2	0,13	0,02	0,9819	NS
Var*F de Si	42,19	1	42,19	5,93	0,02	*
Var*dosis	33,07	2	16,54	2,32	0,1125	NS
F de Si*dosis	8,07	2	4,04	0,57	0,5722	NS
Var* F de Si*dosis	5,47	2	2,73	0,38	0,6838	NS
T1 y T2 Vs R	0,17	1	0,17	0,07	0,7902	NS
T1 Vs T2	12,5	1	12,5	5,36	0,026	*
Error	90,96	39	2,33			
Total	180,25	55				
C.V.	31,38					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 75 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad, la interacción Variedad x Fuente de silicio y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 75 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 8,44%; mientras que la variedad Fripapa mostró una incidencia del 6,35%. (Ver anexo 14)

En un estudio relacionado en el que se evaluaron y seleccionaron plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), obtenidas mediante radiaciones ionizantes gamma, en condiciones de campo, en el que se observó esta variable, refiere que en promedio la severidad a los 75 días para el caso de la variedad Iniap-Fripapa fue del 1%; esto mientras que con relación a la variedad Iniap-Gabriela la severidad se alcanzó el 5%. (López R. , 2011)

Con relación a la interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / Dióxido de silicio, con una incidencia del 9,58%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripapa / Dióxido de silicio, con un 5,63%. (Ver anexo 14)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento variedad Iniap-Gabriela, con la aplicación de silicato de calcio en una dosis baja, evidenció ser el más afectado, con una severidad a los 75 días del 6,25%; claramente diferenciado del tratamiento variedad Iniap-Fripapa/ dióxido de silicio/ dosis baja/ que presentó una severidad del 3,13%. (Ver anexo 14)

En función del gráfico 43, el tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor seriedad a los 75 días (6,25%) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripapa cuya severidad, se ubicó en 3,75%. (Ver anexo 14)

#### 4.5.5 Severidad a los 90 días

En el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 90 días (Tabla 23) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 24.99%

**Tabla 23. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 90 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	157,14	16	9,82	4,14	0,0001	**
Bloques	76,34	3	25,45	10,74	<0,0001	**
Tratamientos	80,8	13	6,22	2,62	0,01	*
Variedad	63,02	1	63,02	26,59	0,0003	**
Fuente de silicio	0,52	1	0,52	0,22	0,7201	NS
Dosis	1,04	2	0,52	0,22	0,8781	NS
Var*F de Si	0,52	1	0,52	0,22	0,7201	NS
Var*dosis	1,04	2	0,52	0,22	0,8781	NS
F de Si*dosis	1,04	2	0,52	0,22	0,8781	NS
Var* F de Si*dosis	1,04	2	0,52	0,22	0,8781	NS
T1 y T2 Vs R	0,07	1	0,07	0,03	0,8603	NS
T1 Vs T2	12,5	1	12,5	5,28	0,0271	*
Error	92,41	39	2,37			
Total	249,55	55				
C.V.	24,99					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 90 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, el factor variedad, la interacción Variedad x Fuente de silicio y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 90 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 7,29%; mientras que la variedad Fripapa mostró una incidencia del 5%. (Ver anexo 15)

Un estudio relacionado evaluó la severidad del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la severidad de

*Phytophthora infestans* a los 88 días después de la siembra fue en promedio de 2,60 % (Abdo, 2013)

En un estudio relacionado en el que se evaluaron y seleccionaron plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), obtenidas mediante radiaciones ionizantes gamma, en condiciones de campo, en el que se observó esta variable, refiere que en promedio la severidad a los 90 días para el caso de la variedad Iniap-Fripapa fue del 10%; esto mientras que con relación a la variedad Iniap-Gabriela la severidad se alcanzó el 1%. (López R. , 2011)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento variedad Iniap-Gabriela, con la aplicación de silicato de calcio en una dosis baja, evidenció ser el más afectado, con una severidad a los 90 días del 7,5%; claramente diferenciado del tratamiento variedad Iniap-Fripapa/ silicato de calcio/ dosis media que presentó una severidad del 5%. (Ver anexo 15)

#### 4.5.6 Severidad a los 105 días

En el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 105 días (Tabla 24) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 18.95%

**Tabla 24. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 105 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	735,71	16	45,98	19,41	<0,0001	**
Bloques	76,34	3	25,45	10,74	<0,0001	**
Tratamientos	659,38	13	50,72	21,41	<0,0001	**
Variedad	438,02	1	438,02	184,82	<0,0001	**
Fuente de silicio	25,52	1	25,52	10,77	0,016	*
Dosis	13,54	2	6,77	2,86	0,1978	NS
Var*F de Si	25,52	1	25,52	10,77	0,016	*
Var*dosis	13,54	2	6,77	2,86	0,1978	NS
F de Si*dosis	13,54	2	6,77	2,86	0,1978	NS
Var* F de Si*dosis	13,54	2	6,77	2,86	0,1978	NS
T1 y T2 Vs R	3,65	1	3,65	1,54	0,2222	NS
T1 Vs T2	112,5	1	112,5	47,48	<0,0001	**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Error	92,41	39	2,37			
Total	828,13	55				
C.V.	18,95					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01) Fuente: Chango, 2021*

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 105 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad y fuente de silicio, la interacción Variedad x Fuente de silicio y la comparación entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 105 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 11,04%; mientras que la variedad Frippapa mostró una incidencia del 5%. (Ver anexo 16)

Un estudio relacionado evaluó la severidad del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la severidad de *Phytophthora infestans* a los 102 días después de la siembra fue en promedio de 8,15 % (Abdo, 2013)

En un estudio relacionado en el que se evaluaron y seleccionaron plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), obtenidas mediante radiaciones ionizantes gamma, en condiciones de campo, en el que se observó esta variable, refiere que en promedio la severidad a los 105 días para el caso de la variedad Iniap-Frippapa fue del 15%; esto mientras que con relación a la variedad Iniap-Gabriela la severidad se alcanzó el 5%. (López R. , 2011)

Con respecto al factor fuente de silicio, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 105 días después de la siembra, pues mientras el dióxido de silicio alcanzó los 8,75%; mientras que con el silicato de calcio se llegó a una incidencia del 7,29%. (Ver anexo 16)

La interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / Dióxido de silicio, con una incidencia del 12,5%; de su lado la incidencia más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripapa / silicato de calcio, con un 5%. (Ver anexo 16)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela, evidenció ser el más afectado, con una severidad a los 105 días del 12,5%; claramente diferenciado del tratamiento variedad Iniap-Fripapa/ dióxido de silicio/ dosis media que presentó una severidad del 5%. (Ver anexo 16)

#### 4.5.7 Severidad a los 120 días

En el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 120 días (Tabla 25) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 17.70%

**Tabla 25. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 120 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Signific.
Modelo	1910,71	16	119,42	20,7	<0,0001	**
Bloques	0	3	0	0	>0,9999	NS
Tratamientos	1910,71	13	146,98	25,48	<0,0001	**
Variedad	1302,08	1	1302,08	225,66	<0,0001	**
Fuente de silicio	8,33	1	8,33	1,44	0,214	NS
Dosis	16,67	2	8,33	1,44	0,2159	NS
Var*F de Si	2,08	1	2,08	0,36	0,5311	NS
Var*dosis	29,17	2	14,58	2,53	0,0741	NS
F de Si*dosis	16,67	2	8,33	1,44	0,2159	NS
Var* F de Si*dosis	79,17	2	39,58	6,86	0,0018	**
T1 y T2 Vs R	144,05	1	144,05	24,97	<0,0001	**
T1 Vs T2	312,5	1	312,5	54,17	<0,0001	**
Error	225	39	5,77			
Total	2135,71	55				
C.V.	17,7					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 120 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos,

el factor variedad, la interacción Variedad x Fuente de silicio x dosis y las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 120 días después de la siembra, pues la variedad Gabriela alcanzó los 18,13%; mientras que la variedad Fripapa mostró una incidencia del 7,71%. (ver anexo 17)

Un estudio relacionado evaluó la severidad del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la severidad de *Phytophthora infestans* a los 123 días después de la siembra fue en promedio de 17,35 % (Abdo, 2013)

En un estudio relacionado en el que se evaluaron y seleccionaron plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), obtenidas mediante radiaciones ionizantes gamma, en condiciones de campo, en el que se observó esta variable, refiere que en promedio la severidad a los 120 días para el caso de la variedad Iniap-Fripapa fue del 25%; esto mientras que con relación a la variedad Iniap-Gabriela la severidad se alcanzó el 10%. (López R. , 2011)

los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela, evidenció ser el más afectado, con una severidad a los 120 días del 23,75%; claramente diferenciado del tratamiento variedad Iniap-Fripapa/ dióxido de silicio/ dosis media que presentó una severidad del 6,25%. (ver anexo 17)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela, evidenció ser el más afectado, con una severidad a los 120 días del 23,75%; claramente diferenciado del tratamiento variedad Iniap-Fripapa/ dióxido de silicio/ dosis media que presentó una severidad del 6,25%. (ver anexo 17)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron una mayor severidad a los 120 días (17,50%) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuya severidad se ubicó en 12,92%. (ver anexo 17)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor seriedad a los 120 días (23,75%) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripapa cuya severidad, se ubicó en 11,25%. (ver anexo 17)

#### 4.5.8 Severidad a los 135 días

En el análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 135 días (Tabla 26) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 4.71%

**Tabla 26. Análisis de varianza de la variable severidad de lancha a los 135 días**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	8076,79	16	504,8	226,15	<0,0001	**
Bloques	269,2	3	89,73	40,2	<0,0001	**
Tratamientos	7807,59	13	600,58	269,06	<0,0001	**
Variedad	5208,33	1	5208,33	2335,57	<0,0001	**
Fuente de silicio	75	1	75	33,63	0,0041	**
Dosis	121,88	2	60,94	27,33	0,0017	**
Var*F de Si	8,33	1	8,33	3,74	0,3138	NS
Var*dosis	13,54	2	6,77	3,04	0,4367	NS
F de Si*dosis	21,87	2	10,94	4,91	0,2671	NS
Var* F de Si*dosis	13,54	2	6,77	3,04	0,4367	NS
T1 y T2 Vs R	966,96	1	966,96	433,2	<0,0001	**
T1 Vs T2	1378,13	1	1378,13	617,4	<0,0001	**
Error	87,05	39	2,23			
Total	8163,84	55				
C.V.	4,71					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

Con relación análisis de varianza para la variable severidad de lancha a los 135 días, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis y las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 135 días después de la siembra, pues la

variedad Gabriela alcanzó los 40,42%; mientras que la variedad Fripapa mostró una incidencia del 19,58%. (ver anexo 18)

Un estudio relacionado evaluó la severidad del tizón tardío empleando como método de control el uso de productos de línea ecológica (Fosficarben, Citrubact y Bioplus) en 3 dosis (alta, media y baja), observándose que la severidad de *Phytophthora infestans* a los 137 días después de la siembra fue en promedio de 23,65 % (Abdo, 2013)

En un estudio relacionado en el que se evaluaron y seleccionaron plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), obtenidas mediante radiaciones ionizantes gamma, en condiciones de campo, en el que se observó esta variable, refiere que en promedio la severidad a los 135 días para el caso de la variedad Iniap-Fripapa fue del 40%; esto mientras que con relación a la variedad Iniap-Gabriela la severidad se alcanzó el 30%. (López R. , 2011)

Con respecto al factor fuente de silicio, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 135 días después de la siembra, pues mientras el dióxido de silicio alcanzó los 31,25%; mientras que con el silicato de calcio se llegó a una incidencia del 28,75%. (ver anexo 18)

Un estudio relacionado, cuyo objetivo fue el evaluar la inducción de tolerancia en tomate bajo estrés por *Fusarium sp.* y *Phytophthora infestans* mediante la aplicación de silicio, pudo llegar a concluir que, se observaron reducciones en las áreas de lesión causado por *Phytophthora cinnamomi* en aguacate al aplicar silicato de potasio y *Phytophthora capsici* (reducción del 35%) en pimiento. (López M. , 2018)

Otros estudios relacionados refieren que el uso del silicio contribuye a la reducción de varias patologías; informándose de una reducción en la gravedad de la mancha manchada (*Bipolaris sorokiniana*) de hasta un 28% para las plantas de trigo cultivadas en dos Latosoles deficientes en silicio (Latosol amarillo y Latosol rojo) enmendados con silicato de calcio (Zanão Júnior et al. 2010). De manera similar, un suelo enmendado con silicato de calcio aumentó la concentración foliar de silicio y redujo la gravedad de la antracnosis (*Colletotrichum sublineolum*) en un cultivar susceptible de sorgo.(Resende et al. 2007)

Empleándose como fuente al dióxido de silicio se ha reportado que su uso ha logrado un aumento menor pero significativo en la resistencia de seis cultivares de uva al mildiú polvoroso cuando las plantas se cultivaron en una solución nutritiva que contenía 10 y 112 ppm de dióxido de silicio; concluyendo que el silicio era necesario para aumentar la resistencia de la uva a la infección por *U. necator*; sin embargo, la susceptibilidad del tejido al patógeno no puede eliminarse únicamente mediante la aplicación exógena de silicio (Blaich, 1998)

Con respecto al factor dosis, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable severidad 135 días después de la siembra, pues una dosis baja alcanzó el 32,19%; mientras que las dosis media y alta se ubican en el mismo rango mostrando una severidad del 29,38% y 28,44% respectivamente. (ver anexo 18)

Con relación a los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela mostró ser el más afectado, con una severidad acumulada a los 135 días del 55,00%; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Gabriela con una dosis alta de silicato de calcio que presentó una severidad del 36,25%, lo que representó una diferencia del 51,72%. Esto mientras que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripapa evidenció una severidad del 28,75%; esto frente al tratamiento menos afectado en el ensayo que resultó ser el uso de la variedad Iniap-Fripapa con la aplicación de dióxido de silicio en una dosis media, el cual mostró una severidad del 18,75%; evidenciándose una diferencia del 53,33% con respecto al testigo de la misma variedad y un 193,33% con relación al testigo de la variedad Iniap-Gabriela.

Un estudio desarrollado en el cultivo de papa, que involucró la aplicación foliar de silicio redujo la severidad del tizón tardío hasta en un 35% y aumentó tanto el rendimiento como el contenido de materia seca del tubérculo (Soratto *et al.* 2012)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron una mayor severidad a los 135 días (55%) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuya severidad se ubicó en 28,75%.

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor seriedad a los 135 días (55%) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripapa cuya severidad, se ubicó en 28,75%.

#### 4.6 AUDPC y r AUDPC

##### 4.6.1 Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)

En el análisis de varianza para la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (Tabla 27) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8,41%

*Tabla 27. Análisis de varianza de la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC)*

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Signific.
Modelo	4158080,36	16	259880,02	59,64	<0,0001	**
Bloques	5825,89	3	1941,96	0,45	0,7218	NS
Tratamientos	4152254,46	13	319404,19	73,29	<0,0001	**
Variedad	3037617,19	1	3037617,19	694,31	<0,0001	**
Fuente de silicio	37968,75	1	37968,75	8,68	0,0056	**
Dosis	40312,5	2	20156,25	4,61	0,0165	*
Var*F de Si	30000	1	30000	6,86	0,0128	*
Var*dosis	11484,38	2	5742,19	1,31	0,2817	NS
F de Si*dosis	703,13	2	351,56	0,08	0,923	NS
Var* F de Si*dosis	36796,88	2	18398,44	4,21	0,0228	*
T1 y T2 Vs R	191668,53	1	191668,53	43,98	<0,0001	**
T1 Vs T2	765703,13	1	765703,13	175,71	<0,0001	**
Error	169955,36	39	4357,83			
Total	4328035,71	55				
C.V.	8,41					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

En lo relativo al análisis de varianza para la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis, las interacciones Variedad x Fuente de silicio y Variedad x Fuente de silicio x dosis y las

comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto al factor variedad, se registró que, la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (1012,5) respecto de la Variedad Iniap Fripapa cuya AUDPC, se ubicó en 509,38, mostrando una diferencia del 98,77%. (Ver anexo 18)

En un estudio relacionado en el que se evaluaron y seleccionaron plantas mutantes con resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), obtenidas mediante radiaciones ionizantes gamma, en condiciones de campo, en el que se observó esta variable, refiere que en promedio la variedad Iniap-Fripapa mostró un AUDPC de 2304,69, comprobando los resultados de cultivos resistentes al tizón tardío (*Phytophthora infestans*); mientras que la variedad Iniap-Gabriela presentó un AUDPC de 3235,66, (López R. , 2011)

Con relación al gráfico 62, y con respecto al factor fuente de silicio, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable AUDPC; en donde el uso del dióxido de silicio alcanzo una media de 789,06; mientras que la aplicación del silicato de calcio mostró un AUDPC de 732,81.

Un estudio, cuyo objetivo fue evaluar el efecto del silicio (Si) y su interacción con fungicidas en el manejo de la antracnosis del sorgo informó sobre reducciones de hasta 42% en el área bajo la curva de progreso de la antracnosis para plantas de un cultivar susceptible cultivado en un suelo deficiente en silicio modificado con silicato de calcio. Además, el efecto residual del silicato de calcio en el suelo incrementó las concentraciones de silicio foliar y los rendimientos, así como redujo la intensidad de la antracnosis durante la siguiente temporada de crecimiento (Resende *et al.* 2007)

Con respecto al factor dosis, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable AUDPC; en donde el uso el uso de una dosis baja alcanzó una media de 801,56; mientras que la aplicación de una dosis media mostró un AUDPC de 735,94. (Ver anexo 18)

Con relación a la variable AUDPC y la interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela /

dióxido de silicio, con un AUDPC del 1065,63; de su lado el AUDPC más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripapa / silicato de calcio, con un 506,25. (Ver anexo 18)

Los resultados de la interacción de los factores variedad x fuente de silicio x dosis, el tratamiento Iniap-Gabriela con dióxido de silicio en una dosis baja mostro ser el más afectado, con un AUDPC de 1087,5; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Fripapa con el uso de dióxido de silicio en una dosis media, el cual mostró un AUDPC de 478,13; evidenciándose una diferencia del 127,45%. En el caso particular de la variedad Iniap-Gabriela el tratamiento que mostró la menor AUDPC fue el que incluía una dosis media de silicato de calcio con 909,38, lo que significaría una diferencia de 19,59% con respecto al tratamiento más afectado de la misma variedad. (Ver anexo 18)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela mostró ser el más afectado, con un AUDPC de 1237,5; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Gabriela con una dosis media de silicato de calcio que presentó un AUDPC de 909,38, representan una diferencia del 36,08%. Esto mientras que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripapa evidenció un AUDPC de 618,75; esto frente al tratamiento menos afectado en el ensayo que resultó ser el uso de la variedad Iniap-Fripapa con la aplicación de dióxido de silicio en una dosis media, el cual mostró un AUDPC de 478,13; evidenciándose una diferencia del 29,41% con respecto al testigo de la misma variedad y un 158,82% con relación al testigo de la variedad Iniap-Gabriela. (Ver anexo 18)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron una mayor AUDPC (928,13) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuyo AUDPC se ubicó en 760,94. (Ver anexo 18)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (1237,50) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripapa cuya AUDPC, se ubicó en 618,75. (Ver anexo 18)

#### 4.6.2 Área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC)

En el análisis de varianza para la variable área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (Tabla 28) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 8,16%

**Tabla 28. Análisis de varianza de la variable área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC)**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Signific.
Modelo	0,03	16	1,90E-03	68,04	<0,0001	**
Bloques	6,40E-05	3	2,10E-05	0,77	0,518	NS
Tratamientos	3,00E-02	13	2,30E-03	83,57	<0,0001	**
Variedad	2,00E-02	1	2,00E-02	811,2	<0,0001	**
Fuente de silicio	2,10E-04	1	2,10E-04	7,5	0,0095	**
Dosis	0,00024	2	0,00012	4,27	0,0216	*
Var*F de Si	0,00021	1	0,00021	7,5	0,0095	**
Var*dosis	7,90E-05	2	4,00E-05	1,42	0,2538	NS
F de Si*dosis	2,90E-05	2	1,50E-05	0,52	0,596	NS
Var* F de Si*dosis	4,00E-04	2	2,00E-04	7,27	0,0022	**
T1 y T2 Vs R	0,002	1	0,002	55,42	<0,0001	**
T1 Vs T2	0,010	1	0,01	179,61	<0,0001	**
Error	0,00110	39	0,00003			
Total	0,03000	55				
C.V.	8,16					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

En lo relativo al análisis de varianza para la variable área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (rAUDPC), se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis, las interacciones Variedad x Fuente de silicio y Variedad x Fuente de silicio x dosis y las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Al referir al factor variedad, la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor área relativa bajo la curva de progreso de la enfermedad (0,08) respecto de la Variedad Iniap Friapa cuya rAUDPC, se ubicó en 0,04. (Ver anexo 20)

Con respecto al factor fuente de silicio, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable rAUDPC; en donde el uso del dióxido de silicio

alcanzo una media de 0,064; mientras que la aplicación del silicato de calcio mostró un rAUDPC de 0,061. (Ver anexo 20)

Con respecto al factor dosis, se puede destacar que existe una diferencia entre las medias para la variable rAUDPC; en donde el uso de una dosis baja alcanzó una media de 0,07; mientras que la aplicación de una dosis media mostró un rAUDPC de 0,06. (Ver anexo 20)

Con relación con la variable rAUDPC y la interacción variedad x fuente de silicio, se denota una diferencia entre las medias de las interacciones INIAP - Gabriela / dióxido de silicio, con un rAUDPC del 0,09; de su lado el rAUDPC más baja se observó en la interacción entre INIAP - Fripana / silicato de calcio, con un 0,04. (Ver anexo 20)

Según el gráfico 73, en donde se presentan los resultados de la interacción de los factores variedad x fuente de silicio x dosis, el tratamiento Iniap-Gabriela con dióxido de silicio en una dosis baja mostro ser el más afectado, con un rAUDPC de 0,09; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Fripana con el uso de dióxido de silicio en una dosis media, el cual mostró un rAUDPC de 0,04; evidenciándose una diferencia del 125%. En el caso particular de la variedad Iniap-Gabriela el tratamiento que mostró la menor rAUDPC fue el que incluía una dosis alta de silicato de calcio con 0,08, lo que significaría una diferencia de 12,5% con respecto al tratamiento más afectado de la misma variedad. (Ver anexo 20)

Los resultados de las medias de los tratamientos, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela mostró ser el más afectado, con un rAUDPC de 0,1; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Gabriela con una dosis alta de silicato de calcio que presentó un rAUDPC de 0,08, representan una diferencia del 25%. Esto mientras que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripana evidenció un rAUDPC de 0,05; esto frente al tratamiento menos afectado en el ensayo que resultó ser el uso de la variedad Iniap-Fripana con la aplicación de dióxido de silicio en una dosis media, el cual mostró un rAUDPC de 0,04; evidenciándose una diferencia del 25% con respecto al testigo de la misma variedad y un 150% con relación al testigo de la variedad Iniap-Gabriela. (Ver anexo 20)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron una mayor rAUDPC (0,075) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuya rAUDPC se ubicó en 0,065. (Ver anexo 20)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Gabriela, mostró una mayor área bajo la curva de progreso de la enfermedad (0,10) respecto del testigo de la variedad Iniap Fripapa cuya AUDPC, se ubicó en 0,05. (Ver anexo 20)

#### 4.7 Evaluación del contenido de polifenoles totales

##### 4.7.1 Relación entre la incidencia de la lancha y el contenido de fenoles totales

Se desarrollaron 2 análisis con respecto al contenido de polifenoles totales a los 90 y 120 días relacionándolos con la incidencia de lancha en el cultivo de papa (tablas 29 y 30). Los análisis de varianza se presentan a continuación.

**Tabla 29. Análisis de varianza de la relación entre la incidencia de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra**

Fuentes de variación	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	p-valor	Significancia
R.L.	1	8,850	8,850	1233,937	0,000	**
Residuos	12	0,086	0,007			
Total	13	8,936				
R.C.	2	8,936	4,468	943900,429	0,000	**
Residuos	11	0,000	0,000			
Total	13	8,936				

*R.L: Regresión lineal/ R.C: Regresión cuadrática. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

En lo relativo al análisis de varianza para la relación entre incidencia y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra se evidencia que los modelos lineal y cuadrático resultan ser altamente significativos.

**Tabla 30. Análisis de varianza de la relación entre la incidencia de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 120 días después de la siembra**

Fuentes de variación	g.l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	p-valor	Signific.
R.L.	1	85,276	85,276	553,236	0,000	**
Residuos	12	1,850	0,154			
Total	13	87,125				
R.C.	2	87,125	43,563	5305805,113	0,000	**
Residuos	11	0,000	0,000			
Total	13	87,125				

*R.L: Regresión lineal/ R.C: Regresión cuadrática. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

En lo relativo al análisis de varianza para la relación entre incidencia y el contenido de polifenoles totales a los 120 días después de la siembra se evidencia que los modelos lineal y cuadrático resultan ser altamente significativos.

**Tabla 31. Estadísticos de la regresión para la relación entre la incidencia de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90y 120 días después de la siembra**

Relación	Modelo	Ecuación	Estadísticos de la regresión				
			Intercepto (b0)	Pendiente (b1)	(b2)	R2 (%)	Cuadrado medio de los residuos
I Vs Pt (90 días)	L	$Y = 13,691 + 0,230X$	13,691	0,230		0,990	0,007
	C	$Y = 14,501 + 0,069X + 0,007X^2$	14,501	0,069	0,007	1,000	0,000
I Vs Pt (120 días)	L	$Y = 11,360 + 0,383X$	11,360	0,383		0,979	0,154
	C	$Y = 14,505 + 0,068X + 0,007X^2$	14,505	0,068	0,007	1,000	0,000

*I Vs Pt.: Incidencia versus Polifenoles totales/ L: lineal / C: cuadrático/ NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

Con relación a la tabla 31 y anexo 21 al observar los estadísticos de la regresión, se demuestra que la relación entre la Incidencia y el contenido de polifenoles totales a los 90 y 120 días puede explicarse a través de un modelo cuadrático con un R<sup>2</sup> igual a 1.

Un estudio desarrollado con el objetivo de determinar los cambios en la concentración de compuestos fenólicos en frutos de plantas de chile de la variedad

Mirasol con sintomatología de *Candidatus Liberibacter* y *Begomovirus*, reportó que en general se puede observar que las plantas sanas presentaron niveles inferiores en el contenido de polifenoles en comparación con las plantas infectada, refiriendo casos, en los que los porcentajes de incremento superan el doble de lo obtenido en los chiles de las plantas sanas, para el caso de fenoles y antocianinas totales, se observó un incremento del 152% y 120%, respectivamente, mientras que para los taninos el incremento fue del 696% (Herrera, 2018)

En los últimos cinco años, se observa un incremento del consumo de papa procesada en comidas rápidas (chips, frita), siendo los procesadores los potenciales usuarios de las variedades de papa, el 5 % de la producción nacional se destina a cubrir esta demanda. De acuerdo, con reuniones con procesadores), se espera un incremento anual del 3 al 4 %, en la actualidad consumen 30 t/día de papa en forma de hojuelas y 8 t/día de papa frita tipo francesa por tres empresas procesadoras de Quito. INIAP-Fripapa 99, se espera que compita con la variedad Superchola y María, que actualmente utiliza los procesadores de papa en sus diferentes formas. La variedad INIAP-Fripapa 99 fue seleccionada en campo de agricultores y con la agroindustria a través de la Metodología de Investigación Participativa en varias localidades de la Sierra, que se caracterizan por ser zonas paperas (Norte y Centro), durante tres años consecutivos y con diferentes estratos de evaluadores (productores, consumidores, comerciantes y procesadores), las excelentes características agronómicas y de calidad de esta nueva variedad permitieron su selección y adaptación a los diversos requerimientos de cada uno de los estratos evaluadores, logrando además una amplia aceptación en estas dos ecoregiones del Ecuador. (Andrade *et al.* 1999)

Concomitantemente, otro estudio comprobó la hipótesis de que el estrés biótico induce la producción de altas concentraciones de semiquinona que resulta como un radical libre después de la oxidación de compuestos fenólicos como los taninos, sobre el agente causante del estrés, lo que pudiera estar relacionado con una reducción en la incidencia del patógeno (Barbehenn, 2009)

#### 4.7.2 Relación entre la severidad de la lancha y el contenido de fenoles totales

Se desarrollaron 2 análisis con respecto al contenido de polifenoles totales a los 90 y 120 días relacionándolos con la severidad de lancha en el cultivo de papa (tablas 32 y 33). Los análisis de varianza se presentan a continuación.

**Tabla 32. Análisis de varianza de la relación entre la severidad de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra**

	<b>g.l.</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
R.L.	1	3,890	3,890	9,250	0,010	*
Residuos	12	5,046	0,420			
Total	13	8,936				
R.C.	2	4,266	2,133	5,024	0,028	*
Residuos	11	4,670	0,425			
Total	13	8,936				

*R.L: Regresión lineal/ R.C: Regresión cuadrática. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

En lo relativo al análisis de varianza para la relación entre severidad y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra se evidencia que los modelos lineal y cuadrático resultan ser significativos.

**Tabla 33. Análisis de varianza de la relación entre la severidad de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 120 días después de la siembra.**

<b>Fuentes de variación</b>	<b>g.l.</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
R.L.	1	57,933	57,933	23,815	0,000	**
Residuos	12	29,192	2,433			
Total	13	87,125				
R.C.	2	73,839	36,919	30,565	0,000	**
Residuos	11	13,287	1,208			
Total	13	87,125				

*R.L: Regresión lineal/ R.C: Regresión cuadrática. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

En lo relativo al análisis de varianza para la relación entre severidad y el contenido de polifenoles totales a los 120 días después de la siembra se evidencia que los modelos lineal y cuadrático resultan ser altamente significativos.

**Tabla 34. Estadísticos de la regresión para la relación entre la severidad de la lancha y el contenido de polifenoles totales a los 90y 120 días después de la siembra**

Relación	Modelo	Ecuación	Estadísticos de la regresión				
			Intercepto (b0)	Pendiente (b1)	(b2)	R2 (%)	Cuadrado medio de los residuos
I Vs Pt (90 días)	L	$Y = 13,268 + 0,439X$	13,268	0,439		0,435	0,420
	C	$Y = 28,568 - 4,649X + 0,407X^2$	28,568	-4,649	0,407	0,477	0,425
I Vs Pt (120 días)	L	$Y = 14,505 + 0,348X$	14,505	0,348		0,665	2,433
	C	$Y = 20,702 - 0,759X + 0,040X^2$	20,702	-0,759	0,040	0,847	1,208

*I Vs Pt: Incidencia versus Polifenoles totales/ L: lineal / C: cuadrático/ NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
**Fuente: Chango, 2021**

Con relación a la tabla 34 y anexo 22 al observar los estadísticos de la regresión, se demuestra que la relación entre la severidad y el contenido de polifenoles totales a los 90 días puede explicarse a través de un modelo cuadrático con un  $R^2$  igual a 0,477. Esto mientras que para el caso de la relación entre la severidad y el contenido de polifenoles totales a los 120 días, el modelo cuadrático muestra un mejor ajuste, con un  $R^2$  igual a 0,847.

#### 4.8 Número de tubérculos por planta

En el análisis de varianza para el número de tubérculos por planta (Tabla 35) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3.84%

**Tabla 35. Análisis de varianza de números de tubérculos por planta**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	132,36	16	8,27	42,31	<0,0001	**
Bloques	8,63	3	2,88	14,7	<0,0001	NS
Tratamientos	123,73	13	9,52	48,68	<0,0001	**
Variedad	12	1	12	60,00	<0,0001	**
Fuente de silicio	3	1	3	15,00	0,0076	**
Dosis	8,38	2	4,19	20,95	0,0002	**
Var*F de Si	0	1	0	0,00	>0,9999	NS
Var*dosis	0,13	2	0,06	0,30	0,8471	NS
F de Si*dosis	0,88	2	0,44	2,20	0,3229	NS
Var* F de Si*dosis	0,13	2	0,06	0,30	0,8471	NS
T1 y T2 Vs R	78,11	1	78,11	399,5	<0,0001	**
T1 Vs T2	21,13	1	21,13	108,05	<0,0001	**
Error	7,62	39	0,2			
Total	139,98	55				
C.V.	3,84					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

En función del análisis de varianza para la variable número de tubérculos por planta, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis; además de las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto a la variable número de tubérculos por planta la variedad Iniap-Fripapa, mostró una mayor cantidad de tubérculos (12,5) respecto de la Variedad Iniap-Gabriela, que evidenció una media de tubérculos 11,5; denotando una diferencia del 8,7%. (ver anexo 23)

Con respecto a la variable número de tubérculos por planta la fuente silicato de calcio, mostró una mayor cantidad de tubérculos (12,25) respecto de la fuente de dióxido de silicio, que evidenció una media de tubérculos 11,75; denotando una diferencia del 4,26%. (ver anexo 23)

Con respecto al factor dosis y la variable número de tubérculos por planta la dosis media, mostró una mayor cantidad de tubérculos (12,44) respecto de la dosis baja, que evidenció una media de tubérculos 11,44; denotando una diferencia del 8,74%. (ver anexo 23)

Al analizar las medias de los tratamientos, se evidenció que el tratamiento variedad Iniap-Fripapa con el uso del dióxido de silicio en una dosis media mostró tener el mayor número de tubérculos por planta (13); claramente diferenciado del tratamiento testigo Iniap-Gabriela el que presentó una media de 7 tubérculos/planta, lo que representa una diferencia del 85,71%. De su lado el tratamiento aplicado a la variedad Fripapa que evidenció la mayor afectación correspondió al testigo con un promedio de 10,25 tubérculos por planta. En contraposición el tratamiento aplicado a la variedad Gabriela que mostró tener el mayor número de tubérculos por planta implicó la aplicación de silicato de calcio en una dosis media, en el cual se obtuvieron 12 tubérculos/planta. (ver anexo 23)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron el menor número de tubérculos por planta (8,63) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuyo número de tubérculos se ubicó en 12. (ver anexo 23)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Fripapa, mostró un mayor número de tubérculos por planta (10,25) respecto del testigo de la variedad Iniap Gabriela cuyo número de tubérculos, se ubicó en 7. (ver anexo 23)

## 4.9 Rendimiento por categorías

### 4.9.1 Rendimiento en kg/planta primera categoría

En el análisis de varianza para el rendimiento en kg/planta primera categoría (Tabla 36) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,13%

**Tabla 36. Análisis de varianza del rendimiento en kg/planta primera categoría**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	0,19	16	0,01	71,18	<0,0001	**
Bloques	0,02	3	0,01	34,33	<0,0001	**
Tratamientos	0,17	13	0,01	79,69	<0,0001	**
Variedad	0,01	1,00	0,01	62,50	<0,0001	**
Fuente de silicio	0,004	1,00	0,004	25,00	0,0059	**
Dosis	0,01	2,00	0,0041	25,63	0,0008	**
Var*F de Si	0,000024	1,00	0,000024	0,15	0,8215	NS
Var*dosis	0,00037	2,00	0,0002	1,13	0,6749	NS
F de Si*dosis	0,0014	2,00	0,0007	4,44	0,2291	NS
Var* F de Si*dosis	0,00011	2,00	0,0001	0,33	0,8919	NS
T1 y T2 Vs R	0,12	1	0,12	724,13	<0,0001	**
T1 Vs T2	0,02	1	0,02	147,77	<0,0001	**
Error	0,01	39	0,00016			
Total	0,19	55				
C.V.	3,13					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por planta de la primera categoría, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis; además de las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta de la primera categoría la variedad Iniap-Fripapa, mostró un mayor rendimiento (0,46 Kg/planta)

respecto de la Variedad Iniap-Gabriela, que evidenció una media de 0,43 Kg/planta; denotando una diferencia del 6,98%. (ver anexo 24)

De su lado el rendimiento experimental de la primera categoría para la variedad Iniap-Fripapa es de 0,736 kg/planta (Andrade et al. 1999), esto frente al rendimiento esperado para variedad Iniap-Gabriela, que alcanza los 0,525 kg/planta (Muñoz A. y Murillo O. 1982).

Lo referido hace denotar que la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) afecta negativamente el rendimiento en un 22,09% para el caso de variedad Iniap-Gabriela y hasta en un 60% para la variedad Iniap-Fripapa.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta de la primera categoría la fuente silicato de calcio, mostró un mayor rendimiento (0,45 Kg/planta) respecto de la fuente dióxido de silicio, que evidenció una media de 0,44 Kg/planta; denotando una diferencia del 2,27%. (ver anexo 24)

Con relación al factor dosis y el rendimiento en kilogramos por planta de la primera categoría la dosis media, mostró un mayor rendimiento (0,46 Kg/planta) respecto de la dosis baja, que evidenció un rendimiento promedio de 0,43 Kg/planta; denotando una diferencia del 6,98%. (ver anexo 24)

Al analizar las medias de los tratamientos, se evidenció que el tratamiento variedad Iniap-Fripapa con el uso del dióxido de silicio en una dosis media mostró tener el mayor rendimiento por planta para la primera categoría (0,48 kg); claramente diferenciado del tratamiento testigo Iniap-Gabriela el que presentó una media de 0,26 kg/planta de la primera categoría, lo que representa una diferencia del 84,62%. De su lado el tratamiento aplicado a la variedad Fripapa que evidenció la mayor afectación correspondió al testigo con un promedio de 0,37 Kg/planta. En contraposición el tratamiento aplicado a la variedad Gabriela que mostró tener el mayor rendimiento en kg/planta de la primera categoría, implicó la aplicación de silicato de calcio en una dosis alta, en el cual se obtuvieron 0,45 kg. (ver anexo 24)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron el menor rendimiento en kilogramos por planta de la primera categoría (0,32) respecto

del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuyo rendimiento se ubicó en 0,45 kg/planta. . (ver anexo 24)

Según el gráfico 92, el tratamiento testigo de la variedad INIAP Fripapa, mostró un mayor rendimiento en kilogramos por planta de la primera categoría (0,37) respecto del testigo de la variedad Iniap Gabriela cuyo rendimiento, se ubicó en 0,26 kg/planta. . (ver anexo 24)

#### 4.9.2 Rendimiento en kg/planta segunda categoría

En el análisis de varianza para el rendimiento en kg/planta segunda categoría (Tabla 37) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,01%

**Tabla 37. Análisis de varianza del rendimiento en kg/planta segunda categoría**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	0,17	16	0,01	71,18	<0,0001	**
Bloques	0,02	3	0,01	34,33	<0,0001	**
Tratamientos	0,15	13	0,01	79,69	<0,0001	**
Variedad	0,01	1	0,01000	66,67	<0,0001	**
Fuente de silicio	0,0035	1	0,0035	23,33	0,0059	**
Dosis	0,01	2	0,0036	24,00	0,0008	**
Var*F de Si	0,00002	1	0,000021	0,14	0,8215	NS
Var*dosis	0,00033	2	0,0002	1,07	0,6749	NS
F de Si*dosis	0,00130	2,00	0,0006	4,20	0,2291	NS
Var* F de Si*dosis	0,00010	2	0,000047	0,31	0,8919	NS
T1 y T2 Vs R	0,11	1	0,11	724,13	<0,0001	**
T1 Vs T2	0,02	1	0,02	147,77	<0,0001	**
Error	0,01	39	0,00015			
Total	0,17	55				
C.V.	3,01					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

Con relación al análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por planta de la segunda categoría, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis; además de las

comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta de la segunda categoría la variedad Iniap-Fripapa, mostró un mayor rendimiento (0,44 Kg/planta) respecto de la Variedad Iniap-Gabriela, que evidenció una media de 0,41 Kg/planta; denotando una diferencia del 7,32%. (ver anexo a 25)

De su lado el rendimiento experimental de la primera categoría para la variedad Iniap-Fripapa es de 0,759 kg/planta (Andrade et al. 1999); esto frente al rendimiento esperado para variedad Iniap-Gabriela, que alcanza los 0,577 kg/planta.(Muñoz A. y Murillo O. 1982)

Lo referido hace denotar que la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) afecta negativamente el rendimiento en un 28,71% para el caso de variedad Iniap-Gabriela y hasta en un 72,50% para la variedad Iniap-Fripapa.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta de la segunda categoría la fuente silicato de calcio, mostró un mayor rendimiento (0,43 Kg/planta) respecto de la fuente dióxido de silicio, que evidenció una media de 0,41 Kg/planta; denotando una diferencia del 4,88%. (ver anexo a 25)

Con respecto al factor dosis y el rendimiento en kilogramos por planta de la segunda categoría la dosis media, mostró un mayor rendimiento (0,43 Kg/planta) respecto de la dosis baja, que evidenció un rendimiento promedio de 0,40 Kg/planta; denotando una diferencia del 7,5%. (ver anexo a 25)

Al analizar las medias de los tratamientos, se evidenció que el tratamiento variedad Iniap-Fripapa con el uso del dióxido de silicio en una dosis media mostró tener el mayor rendimiento por planta para la segunda categoría (0,45 kg); claramente diferenciado del tratamiento testigo Iniap-Gabriela el que presentó una media de 0,24 kg/planta de la segunda categoría, lo que representa una diferencia del 87,50%. De su lado el tratamiento aplicado a la variedad Fripapa que evidenció la mayor afectación correspondió al testigo con un promedio de 0,35 Kg/planta. En contraposición el tratamiento aplicado a la variedad Gabriela que mostró tener el mayor rendimiento en kg/planta de la segunda categoría, implicó la aplicación de

silicato de calcio en una dosis alta, en el cual se obtuvieron 0,42 kg. (ver anexo a 25)

En función del gráfico 97, al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron el menor rendimiento en kilogramos por planta de la segunda categoría (0,30) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuyo rendimiento se ubicó en 0,42 kg/planta. (ver anexo a 25)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Fripapa, mostró un mayor rendimiento en kilogramos por planta de la segunda categoría (0,35) respecto del testigo de la variedad Iniap Gabriela cuyo rendimiento, se ubicó en 0,24 kg/planta. (ver anexo a 25)

#### 4.9.3 Rendimiento en kg/planta tercera categoría

En el análisis de varianza para el rendimiento en kg/planta tercera categoría (Tabla 38) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,08%

**Tabla 38. Análisis de varianza del rendimiento en kg/planta tercera categoría**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	0,11	16	0,01	71,18	<0,0001	**
Bloques	0,01	3	3,20E-03	34,33	<0,0001	**
Tratamientos	0,1	13	0,01	79,69	<0,0001	**
Variedad	0,0100	1	0,010000	106,38	<0,0001	**
Fuente de silicio	0,00230	1	0,00230	24,47	0,0059	**
Dosis	0,00470	2	0,00230	24,47	0,0008	**
Var*F de Si	0,00001	1	0,00001	0,15	0,8215	NS
Var*dosis	0,00021	2	0,00011	1,17	0,6749	NS
F de Si*dosis	0,00081	2,00	0,00041	4,36	0,2291	NS
Var* F de Si*dosis	0,00006	2	0,00003	0,32	0,8919	NS
T1 y T2 Vs R	0,07	1	0,07	724,13	<0,0001	**
T1 Vs T2	0,01	1	0,01	147,77	<0,0001	**
Error	0,0037	39	0,000094			
Total	0,11	55				
C.V.	3,08					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

Con relación al análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por planta de la tercera categoría, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis; además de las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta de la tercera categoría la variedad Iniap-Fripapa, mostró un mayor rendimiento (0,35 Kg/planta) respecto de la Variedad Iniap-Gabriela, que evidenció una media de 0,32 Kg/planta; denotando una diferencia del 9,37%. (Ver anexo 26)

De su lado el rendimiento experimental de la primera categoría para la variedad Iniap-Fripapa es de 0,598 kg/planta (Andrade, 1999); esto frente al rendimiento esperado para variedad Iniap-Gabriela, que alcanza los 0,445 kg/planta. (Muñoz A. y Murillo O. 1982)

Lo referido hace denotar que la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) afecta negativamente el rendimiento en un 39,06% para el caso de variedad Iniap-Gabriela y hasta en un 70,86% para la variedad Iniap-Fripapa.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta de la tercera categoría la fuente silicato de calcio, mostró un mayor rendimiento (0,34 Kg/planta) respecto de la fuente dióxido de silicio, que evidenció una media de 0,33 Kg/planta; denotando una diferencia del 3,03%. (Ver anexo 26)

Con respecto al factor dosis y el rendimiento en kilogramos por planta de la tercera categoría la dosis media, mostró un mayor rendimiento (0,35 Kg/planta) respecto de la dosis baja, que evidenció un rendimiento 0,32 Kg/planta; denotando una diferencia del 9,37%. (Ver anexo 26)

Al analizar las medias de los tratamientos, se evidenció que el tratamiento variedad Iniap-Fripapa con el uso del dióxido de silicio en una dosis media mostró tener el mayor rendimiento por planta para la tercera categoría (0,36 kg); claramente diferenciado del tratamiento testigo Iniap-Gabriela el que presentó una media de 0,2 kg/planta de la tercera categoría, lo que representa una diferencia del 80%. De su lado el tratamiento aplicado a la variedad Fripapa que evidenció la mayor afectación correspondió al testigo con un promedio de 0,28 Kg/planta. En

contraposición el tratamiento aplicado a la variedad Gabriela que mostró tener el mayor rendimiento en kg/planta de la tercera categoría, implicó la aplicación de silicato de calcio en una dosis alta, en el cual se obtuvieron 0,34 kg. (Ver anexo 26)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron el menor rendimiento en kilogramos por planta de la tercera categoría (0,24) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuyo rendimiento se ubicó en 0,34 kg/planta. (Ver anexo 26)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Fripapa, mostró un mayor rendimiento en kilogramos por planta de la tercera categoría (0,28) respecto del testigo de la variedad Iniap Gabriela cuyo rendimiento, se ubicó en 0,2 kg/planta. (Ver anexo 26)

#### 4.10 Rendimiento por planta

En el análisis de varianza para el rendimiento por planta (Tabla 39) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,0%

**Tabla 39. Análisis de varianza del rendimiento kilogramos por planta**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	1,36	16	0,09	71,18	<0,0001	**
Bloques	0,12	3	0,04	34,33	<0,0001	**
Tratamientos	1,24	13	0,1	79,69	<0,0001	**
Variedad	0,09	1	0,0900	75,00	<0,0001	**
Fuente de silicio	0,03	1	0,03	25,00	0,0059	**
Dosis	0,06	2	0,03	25,00	0,0008	**
Var*F de Si	0,00017	1	0,0002	0,14	0,8215	NS
Var*dosis	0,00270	2	0,0013	1,08	0,6749	NS
F de Si*dosis	0,01000	2	0,0100	8,33	0,2291	NS
Var* F de Si*dosis	0,00077	2	0,0004	0,33	0,8919	NS
T1 y T2 Vs R	0,87	1	0,87	724,13	<0,0001	**
T1 Vs T2	0,18	1	0,18	147,77	<0,0001	**
Error	0,05	39	0,0012			
Total	1,41	55				
C.V.	3,0					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
Fuente: Chango, 2021

Con relación al análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por planta, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis; además de las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta la variedad Iniap-Fripapa, mostró un mayor rendimiento (1,25 Kg/planta) respecto de la Variedad Iniap-Gabriela, que evidenció una media de 1,16 Kg/planta; denotando una diferencia del 7,76%. (Ver anexo 27)

De acuerdo con las características agronómicas de la variedad Iniap-Fripapa, en condiciones de óptimo desarrollo y control de enfermedades se puede esperar un rendimiento promedio de 2,3 kg/planta (Andrade, 1999), esto frente a los 1,75 Kg/planta que se podrían obtener con el establecimiento de la variedad Iniap-Gabriela.(Muñoz A. y Murillo O. 1982)

Estudios relacionados con la determinación área bajo la curva de progreso de la enfermedad y su relacionamiento con el rendimiento han evidenciado una importante merma como consecuencia de la severidad del ataque de lancha, tal es así que la variedad Iniap-Fripapa, considerada resistente a *Phytophthora infestans* alcanzó un AUDPC de 2304,69, afectando su rendimiento y ubicándolo en los 0,7 kg/planta; esto mientras que la variedad Iniap-Gabriela, considerada susceptible mostro un AUDPC de 3235,66, con rendimiento de apenas 0.3 kg/planta. (López R. , 2011)

En el presente estudio, se evidenciaron mermas en el rendimiento del orden del 84 % para la variedad Iniap-Fripapa y del 50,86% para la variedad Iniap-Gabriela, esto respecto de sus respectivos rendimientos experimentales referidos por el Instituto Nacional de <investigaciones Agropecuarias.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por planta la fuente silicato de calcio, mostró un mayor rendimiento (1,23 Kg/planta) respecto de la fuente dióxido de silicio, que evidenció una media de 1,18 Kg/planta; denotando una diferencia del 4,24%. (Ver anexo 27)

Con relación al factor dosis y el rendimiento en kilogramos por planta, la dosis media, mostró un rendimiento (1,24 Kg/planta) respecto de la dosis baja, que evidenció un rendimiento promedio de 1,16 Kg/planta; denotando una diferencia del 9,37%. (Ver anexo 27)

Al analizar las medias de los tratamientos, se evidenció que el tratamiento variedad Iniap-Fripapa con el uso del dióxido de silicio en una dosis media mostró tener el mayor rendimiento (1,29 kg/planta); claramente diferenciado del tratamiento testigo Iniap-Gabriela el que presentó una media de 0,7 kg/planta, lo que representa una diferencia del 84,29%. De su lado el tratamiento aplicado a la variedad Fripapa que evidenció la mayor afectación correspondió al testigo con un promedio de 1 Kg/planta. En contraposición el tratamiento aplicado a la variedad Gabriela que mostró tener el mayor rendimiento en kg/planta, implicó la aplicación de silicato de calcio en una dosis alta, en el cual se obtuvieron 1,21 kg. (Ver anexo 27)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron el menor rendimiento en kilogramos por planta (0,85) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuyo rendimiento se ubicó en 1,20 kg/planta. (Ver anexo 27)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Fripapa, mostró un mayor rendimiento en kilogramos por planta (1) respecto del testigo de la variedad Iniap Gabriela cuyo rendimiento, se ubicó en 0,7 kg/planta.

#### 4.11 Rendimiento por hectárea

En el análisis de varianza para el rendimiento por hectárea (Tabla 40) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,0%

**Tabla 40. Análisis de varianza del rendimiento por hectárea**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Modelo	545934844	16	34120927,8	71,18	<0,0001	**
Bloques	49371973,8	3	16457324,6	34,33	<0,0001	**
Tratamientos	496562870	13	38197143,9	79,69	<0,0001	**

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Significancia
Variedad	37707775,4	1	37707775,4	78,66	<0,0001	**
Fuente de silicio	11567469,4	1	11567469,4	24,13	0,0059	**
Dosis	23748512,7	2	11874256,4	24,77	0,0008	**
Var*F de Si	69654,42	1	69654,42	0,15	0,8215	NS
Var*dosis	1072266,47	2	536133,23	1,12	0,6749	NS
F de Si*dosis	4142119,59	2	2071059,8	4,32	0,2291	NS
Var* F de Si*dosis	309514,59	2	154757,3	0,32	0,8919	NS
T1 y T2 Vs R	347110805	1	347110805	724,13	<0,0001	**
T1 Vs T2	70834753,1	1	70834753,1	147,77	<0,0001	**
Error	18694555,4	39	479347,57			
Total	564629400	55				
C.V.	3,0					

*Var: variedad/ F de Si: Fuente de silicio. / T1: Testigo 1 / T2: Testigo 2/ R: resto de los tratamientos. NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*  
*Fuente: Chango, 2021*

Con relación al análisis de varianza para la variable rendimiento en kilogramos por hectárea, se observaron diferencias significativas para el caso de los tratamientos, los factores variedad, fuente de silicio y dosis; además de las comparaciones entre los testigos 1 y 2 versus el resto y entre los testigos 1 y 2. Los demás factores e interacciones, no mostraron diferencias significativas.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por hectárea la variedad Iniap-Fripapa, mostró un mayor rendimiento (24949,92 Kg/ha) respecto de la Variedad Iniap-Gabriela, que evidenció una media de 23177,26 Kg/ha; denotando una diferencia del 7,65%. (ver anexo 28)

De su lado el rendimiento experimental de la primera categoría para la variedad Iniap-Fripapa es de 46.000 kg/ha (Andrade, 1999); esto frente al rendimiento esperado para variedad Iniap-Gabriela, que alcanza los 32.000 kg/ha.(Muñoz A. y Murillo O. 1982)

Lo referido hace denotar que la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) afecta negativamente el rendimiento en un 38,07% para el caso de variedad Iniap-Gabriela y hasta en un 84,37% para la variedad Iniap-Fripapa.

Con respecto a la variable rendimiento en kilogramos por hectárea la fuente silicato de calcio, mostró un mayor rendimiento (24554,5 Kg/ha) respecto de la fuente

dióxido de silicio, que evidenció una media de 23572,69 Kg/ha; denotando una diferencia del 4,17%. (ver anexo 28)

Con respecto al factor dosis y el rendimiento en kilogramos por planta, la dosis media, mostró un rendimiento (24778,03 Kg/ha) respecto de la dosis baja, que evidenció un rendimiento promedio de 23106,94 Kg/ha; denotando una diferencia del 7,23%. (ver anexo 28)

Al analizar las medias de los tratamientos, se evidenció que el tratamiento variedad Iniap-Fripapa con el uso del dióxido de silicio en una dosis media mostró tener el mayor rendimiento (25875,67 kg/ha); claramente diferenciado del tratamiento testigo Iniap-Gabriela el que presentó una media de 13973,17 kg/ha, lo que representa una diferencia del 85,18 %. De su lado el tratamiento aplicado a la variedad Fripapa que evidenció la mayor afectación correspondió al testigo con un promedio de 19924,42 Kg/ha. En contraposición el tratamiento aplicado a la variedad Gabriela que mostró tener el mayor rendimiento en kg/ha, implicó la aplicación de silicato de calcio en una dosis alta, en el cual se obtuvieron 24133,2 kg. (ver anexo 28)

Al comparar los tratamientos testigo frente al resto de los tratamientos, se evidenció que los testigos de las variedades Iniap-Gabriela e Iniap-Fripapa, presentaron el menor rendimiento en kilogramos por hectárea (16948,80) respecto del promedio del resto de tratamientos en estudio, cuyo rendimiento se ubicó en 24063,59 kg/ha. (ver anexo 28)

El tratamiento testigo de la variedad INIAP Fripapa, mostró un mayor rendimiento en kilogramos por hectárea (19924,42) respecto del testigo de la variedad Iniap Gabriela cuyo rendimiento, se ubicó en 13973,17 kg/ha. (ver anexo 28)

#### **4.12 Análisis económico**

A continuación, se puede revisar el presupuesto parcial, que refleja los costos y los beneficios netos de la aplicación de cada uno de los tratamientos (tabla 41)

**Tabla 41. Presupuesto parcial y beneficio neto en la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la provincia de Chimborazo**

Trat.	Descripción	Rendimiento (Tm/ha)	Ajuste al rendimiento (10%)	Total de costos variables	Ingresos totales (USD)	Ingresos netos (USD)
1	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis media	23,53	21,177	\$855,48	3375,01	\$2.519,52
2	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis baja	21,72	19,546	\$849,90	3115,20	\$2.265,31
3	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis alta	22,93	20,633	\$861,07	3288,41	\$2.427,34
4	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis media	23,83	21,448	\$879,96	3418,31	\$2.538,35
5	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis baja	22,93	20,633	\$868,25	3288,41	\$2.420,15
6	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis alta	24,13	21,720	\$891,66	3461,61	\$2.569,95
7	Var. Fri papa Dióxido de silicio Dosis media	25,88	23,288	\$998,05	6273,23	\$5.275,18
8	Var. Fri papa Dióxido de silicio Dosis baja	23,10	20,789	\$991,53	5599,92	\$4.608,39
9	Var. Fri papa Dióxido de silicio Dosis alta	24,29	21,860	\$1.004,57	5888,48	\$4.883,92
10	Var. Fri papa Silicato de calcio Dosis media	25,88	23,288	\$1.026,60	6273,23	\$5.246,63
11	Var. Fri papa Silicato de calcio Dosis baja	24,69	22,217	\$1.012,95	5984,67	\$4.971,72
12	Var. Fri papa Silicato de calcio Dosis alta	25,88	23,288	\$1.040,26	6273,23	\$5.232,97
13	Testigo Var. Gabriela	13,97	12,576	\$833,14	2004,28	\$1.171,14
14	Testigo Var. Fri papa	19,92	17,932	\$971,99	4830,43	\$3.858,44

Trat: número de tratamiento/ NS: no significativo/ \*: significativo ( $p<0,05$ )/ \*\* altamente significativo ( $p<0,01$ )

Fuente: Chango, 2021

De acuerdo con análisis del presupuesto parcial (Cuadro 41), el menor costo variable fue exhibido por el Testigo Var. Gabriela (T13) con un valor de 833,14 USD, y el costo variable más alto fue observado en la Var. Fripapa Silicato de calcio Dosis alta con un valor de \$1.040,26 USD.

Con relación a los beneficios, el tratamiento Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis media (T7), presenta mayor beneficio neto con un valor de \$5.275,18 USD; mientras que en contra posición el tratamiento Testigo Var. Gabriela (T13) presenta el menor beneficio neto con un valor de 1.171,14 USD.

**Tabla 42. Análisis de dominancia para la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la provincia de Chimborazo**

<b>Tr at.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total de costos variables (USD)</b>	<b>Beneficios netos (USD)</b>	<b>Análisis de dominancia</b>
13	Testigo Var. Gabriela	\$833,14	\$1.171,14	ND
2	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis baja	\$849,90	\$2.265,31	ND
1	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis media	\$855,48	\$2.519,52	ND
3	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis alta	\$861,07	\$2.427,34	D
5	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis baja	\$868,25	\$2.420,15	D
4	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis media	\$879,96	\$2.538,35	ND
6	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis alta	\$891,66	\$2.569,95	ND
14	Testigo Var. Fripapa	\$971,99	\$3.858,44	ND
8	Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis baja	\$991,53	\$4.608,39	ND
7	Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis media	\$998,05	\$5.275,18	ND
9	Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis alta	\$1.004,57	\$4.883,92	D
11	Var. Fripapa Silicato de calcio Dosis baja	\$1.012,95	\$4.971,72	D
10	Var. Fripapa Silicato de calcio Dosis media	\$1.026,60	\$5.246,63	D
12	Var. Fripapa Silicato de calcio Dosis alta	\$1.040,26	\$5.232,97	D

*Trat: número de tratamiento/ NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

**Tabla 43. Tratamientos no dominados en la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la provincia de Chimborazo**

<b>Trat.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total de costos variables (USD)</b>	<b>Beneficios netos (USD)</b>	<b>Análisis de dominancia</b>
13	Testigo Var. Gabriela	\$833,14	\$1.171,14	ND
2	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis baja	\$849,90	\$2.265,31	ND
1	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis media	\$855,48	\$2.519,52	ND
4	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis media	\$879,96	\$2.538,35	ND
6	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis alta	\$891,66	\$2.569,95	ND
14	Testigo Var. Fripapa	\$971,99	\$3.858,44	ND
8	Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis baja	\$991,53	\$4.608,39	ND
7	Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis media	\$998,05	\$5.275,18	ND

*Trat: número de tratamiento/ NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

En las tablas 42 y 43, se puede revisar el análisis de dominancia, a partir del cual se llegó a determinar que entre los tratamientos no dominados (ND) se tiene a los siguientes: Testigo Var. Gabriela (B39), Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis baja (B40), Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis media (B41), Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis media (B42), Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis alta (B43), Testigo Var. Fripapa (B44), Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis baja (B45), Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis media (B46). Mientras que los demás tratamientos fueron dominados (D).

**Tabla 44. Tasa de retorno marginal en la evaluación del uso del silicio en la reducción de la incidencia del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa, en la provincia de Chimborazo**

<b>Tr at.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total de costos variables (USD)</b>	<b>Costos variables marginales (USD)</b>	<b>Beneficios netos (USD)</b>	<b>Beneficios netos marginales (USD)</b>	<b>Tasa de retorno marginal (%)</b>
13	Testigo Var. Gabriela	\$833,14		\$1.171,14		
2	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis baja	\$849,90	\$16,76	\$2.265,31	\$1.094,17	6529,81
1	Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis media	\$855,48	\$5,59	\$2.519,52	\$254,22	4551,34
4	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis media	\$879,96	\$24,47	\$2.538,35	\$18,83	76,92
6	Var. Gabriela Silicato de calcio Dosis alta	\$891,66	\$11,70	\$2.569,95	\$31,60	269,95
14	Testigo Var. Fripapa	\$971,99	\$80,32	\$3.858,44	\$1.288,50	1604,12
8	Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis baja	\$991,53	\$19,55	\$4.608,39	\$749,95	3836,23
7	Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis media	\$998,05	\$6,52	\$5.275,18	\$666,79	10232,61

*Trat: número de tratamiento/ NS: no significativo/ \*: significativo (p<0,05)/ \*\* altamente significativo (p<0,01)*

*Fuente: Chango, 2021*

Al desarrollar el análisis de la tasa de retorno marginal, (tabla 44), se puede concluir que para el caso de los tratamientos en los que se empleó la variedad Gabriela, la mayor tasa de retorno marginal se obtuvo para el tratamiento Var. Gabriela Dióxido de silicio Dosis media (T1), con una TMAR de 4551,34%; denotándose que, con una inversión de 855,48 USD, se pueden obtener beneficios netos de 2.519,52 USD. Esto, mientras que para el caso en el que se empleó la variedad Fripapa, el tratamiento con la mejor tasa de retorno marginal fue para la Var. Fripapa Dióxido de silicio Dosis media (T7) con un 10232,61%; donde con una inversión de \$998,05, se obtuvieron beneficios de 5.275,18 USD.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

La aplicación de silicio en mezcla sólida con el fertilizante, permite la reducción de la incidencia del tizón tardío provocado por *Phytophthora infestans*; pues en términos de la reducción de la incidencia se tuvo que, el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela mostró ser el más afectado, con una incidencia acumulada a los 135 días del 47,5%; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Gabriela con una dosis alta de silicato de calcio que presentó una incidencia del 30%, lo que representó una diferencia del 58,33%. Esto mientras que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripapa evidenció una incidencia del 23,75%; esto frente al tratamiento menos afectado en el ensayo que resultó ser el uso de la variedad Iniap-Fripapa con la aplicación de silicato de calcio en una dosis alta, el cual mostró una severidad del 17,5%; evidenciándose una diferencia del 35,71% con respecto al testigo de la misma variedad y un 171,43% con relación al testigo de la variedad Iniap-Gabriela.

La aplicación de silicio en mezcla sólida con el fertilizante, permite la reducción de la severidad del tizón tardío provocado por *Phytophthora infestans*; pues en términos de la reducción de la severidad se observó que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela mostró ser el más afectado, con una severidad acumulada a los 135 días del 55,00%; claramente diferenciado del tratamiento Iniap-Gabriela con una dosis alta de silicato de calcio que presentó una severidad del 36,25%, lo que representó una diferencia del 51,72%. Esto mientras que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripapa evidenció una severidad del 28,75%; esto frente al tratamiento menos afectado en el ensayo que resultó ser el uso de la variedad Iniap-

Fripapa con la aplicación de dióxido de silicio en una dosis media, el cual mostró una severidad del 18,75%; evidenciándose una diferencia del 53,33% con respecto al testigo de la misma variedad y un 193,33% con relación al testigo de la variedad Iniap-Gabriela.

El uso del silicio muestra ser una estrategia viable de manejo que permite la reducción del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC), pues al comparar el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Gabriela, con un AUDPC de 1237,5, con el tratamiento que mostró la menor afectación para la misma variedad (Iniap-Gabriela/ silicato de calcio/ dosis media) que presentó un AUDPC de 909,38, se aprecia una diferencia del 36,08%; esto mientras que el tratamiento testigo de la variedad Iniap-Fripapa evidenció un AUDPC de 618,75; lo que comparativamente con tratamiento menos afectado en el ensayo que resultó ser el uso de la variedad Iniap-Fripapa con la aplicación de dióxido de silicio en una dosis media, el cual mostró un AUDPC de 478,13; presenta una diferencia del 29,41% con respecto del testigo de la misma variedad y un 158,82% con relación al testigo de la variedad Iniap-Gabriela.

La respuesta química de defensa de la planta se expresa con mayor claridad con tasas de incidencia superiores al 5 %, o con una severidad mayor al 6,25%, lo que para el caso de estudio ocurrió a los 120 días después de la siembra; de esta manera se determinó que la relación entre la incidencia de la enfermedad causada por del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y la respuesta de la planta expresada en un incremento en la producción de polifenoles totales, se puede explicar a través de un modelo cuadrático,  $y=0,0072x^2 + 0,0682x + 14,505$  ( $R^2=1$ ); concomitantemente con la relación entre la severidad de la enfermedad y un incremento en la producción de polifenoles, la cual también se describe a través de un modelo cuadrático,  $y = 0,0404x^2 - 0,759x + 20,702$  ( $R^2=0,8475$ ),

Desde el punto de vista económico y para el caso de la variedad Gabriela el tratamiento que evidenció el mayor beneficio neto correspondió al tratamiento: variedad Gabriela, con el uso de dióxido de silicio en dosis media (T1) con un valor de 2.519,52 USD; esto mientras que para el caso de la variedad Fripapa, los mejores resultados, se evidenciaron para el tratamiento: variedad fripapa, empleando dióxido de silicio en dosis media (T7), con un valor de 5.275,18 USD.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Considerando al uso de una variedad moderadamente resistente al tizón tardío, como la principal forma de reducirla incidencia y severidad de la enfermedad, se recomienda el uso de la variedad Iniap-Fripapa, sin que esto inhiba la aplicación de silicio como parte de las estrategias de manejo.

Se recomienda el desarrollo de nuevas investigaciones que involucren un más amplio grupo de variedades considerando criterios de susceptibilidad a la presencia del tizón tardío, con la finalidad de evidenciar el efecto del uso de material genético de resistencia variable dentro de los sistemas de producción

El uso de silicio se consideró como una medida que contribuye a la reducción de la severidad e incidencia del tizón tardío, por lo que se recomienda el uso del a dióxido de silicio en una dosis media (3,5 g de producto/kg de fertilizante), para el caso de la variedad Iniap-Fripapa; esto frente a la aplicación del silicato de calcio en una dosis media (0,2 Kg de producto/kg de fertilizante), si dentro del sistema de producción se ha incorporado la variedad Iniap-Gabriela.

Se considera pertinente el que futuras investigaciones incorporen el factor tipo de fuente de silicio incluyendo dicho elemento en forma sólida como líquida, evaluando adicionalmente su introducción dentro de las estrategias de manejo del tizón tardío a través de aplicaciones por vía foliar.

Evaluar el uso del silicio como estrategia de manejo del complejo de plagas que inciden dentro del sistema de producción de papa.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

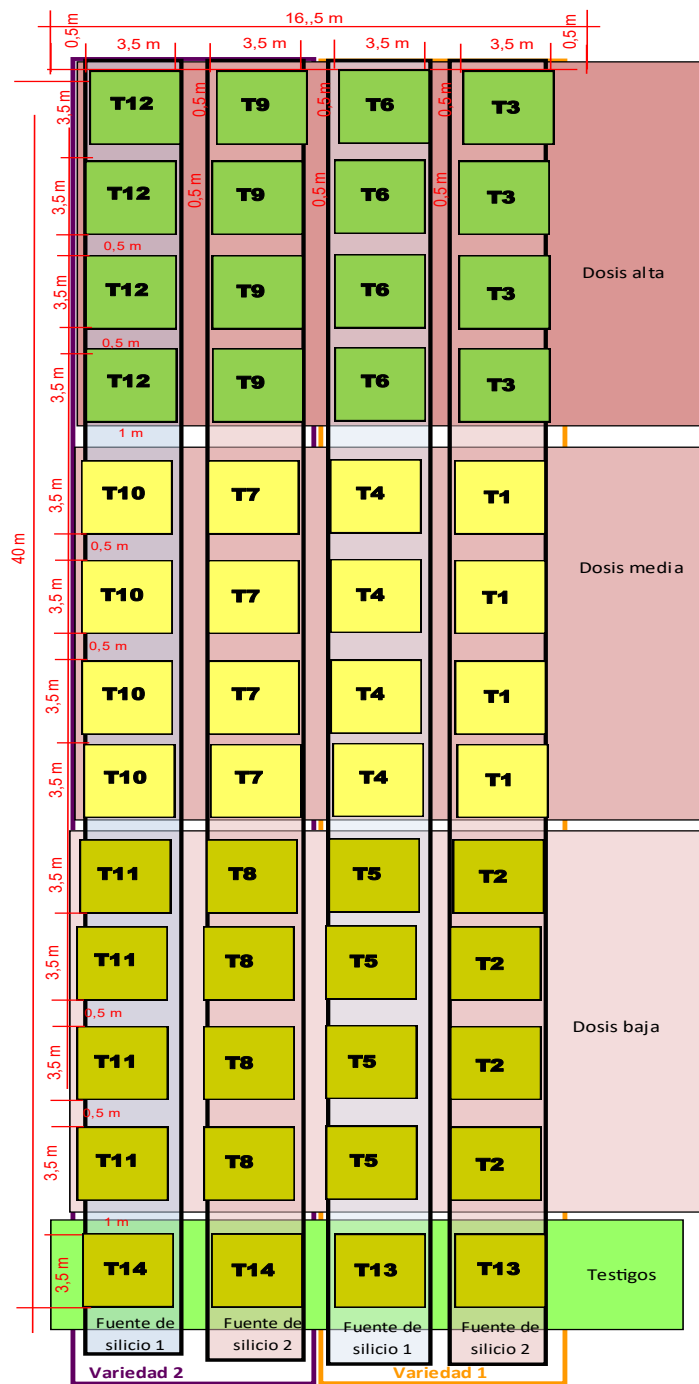
- Abdo Peralta, Paula. 2013. Evaluación de tres productos ecológicos con tres dosis para el control de lanchara (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* Cv. *Fripapa*) Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. :125.
- Acuña, I. 2002. 62-manejo integrado del tizon tardío y estrategias de control químico.pdf (en línea, sitio web). Consultado 28 mar. 2021. Disponible en <https://tizon.inia.cl/assets/boletines/62-manejo%20integrado%20del%20tizon%20tardio%20y%20estrategias%20de%20control%20quimico.pdf>.
- Andrade, H; Sola, M; Morales, R; Lara, N. 1999. Información técnica de la variedad de papa INIAP-Fripapa 99 (en línea) (En accepted: 2015-05-07t16:11:50z). . Consultado 14 mar. 2021. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/38>.
- Cabieses, F; Chauvin, L; Glave, LM. 2006. La papa tesoro de los Andes, de la agricultura a la cultura. CIP. 2:100.
- Carré-Missio, V; Rodrigues, FÁ; Schurt, DA; Pereira, SC; Oliveira, MGA; Zambolim, L. 2009. Ineficiência do silício no controle da ferrugem do cafeeiro em solução nutritiva. *Tropical Plant Pathology* 34(6):416-421. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762009000600009>.
- Castellanos González, L; de Mello Prado, R; Silva Campos, CN. 2015. El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales* 36:16-24.
- Centro Internacional de la papa. (2014). Metodologías de evaluación estándar y manejo de datos de clones avanzados de papa. Modulo 2: Evaluación del rendimiento de tubérculos sanos de clones avanzados de papa, guía para

- colaboradores internacionales (en línea). s.l., International Potato Center  
DOI: <https://doi.org/10.4160/9789290604501>.
- Duarte, H da SS; Zambolim, L; Rodrigues, F de Á; Rios, JA; Lopes, UP. 2009. Silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas no controle da ferrugem da soja. *Ciência Rural* 39(8):2271-2277. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000800001>.
- Henfling, JW. 1987. El Tizon Tardio de la Papa. s.l., International Potato Center. 28 p.
- Mamani Lopez, F. 2015. Efecto del silicio en la producción de semilla pre-basica de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. agata, bajo condiciones controladas, en Quillacollo - Cochabamba (en línea). Thesis. s.l., s.e. . Consultado 18 nov. 2019. Disponible en <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/7111>.
- Martinez, E. 2019. FENOLOGÍA DEL CULTIVO DE PAPA (en línea, sitio web). Consultado 16 nov. 2019. Disponible en <http://cinthya089411.blogspot.com/>.
- Muñoz A., F; Murillo O., V. 1982. «INIAP-Gabriela»: una variedad de papa de alto rendimiento (en línea) (En accepted: 2015-05-12t19:24:48z). . Consultado 14 mar. 2021. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/216>.
- Ochoa, J; Rivadeneira, J; Cuesta, X. 2000. ESTRATEGIAS MODERNAS DE MANEJO DE LANCHA EN PAPA EN LA PROVINCIA DEL CARCHI. :37.
- Pérez, JCR; Mancilla, CLA. 2012. El papel del silicio en los organismos y ecosistemas. *ConCiencia Tecnológica* (43):42-46.
- Pérez, W; Forbes, G. 2008. Manual técnico. El tizón tardío de la papa. s.l., International Potato Center. 41 p.
- Pumisacho, M; Sherwood, S. 2002. EL CULTIVO DE PAPA EN ECUADOR. 1 ed. Quito, Ecuador, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias,CIP. 229 p.

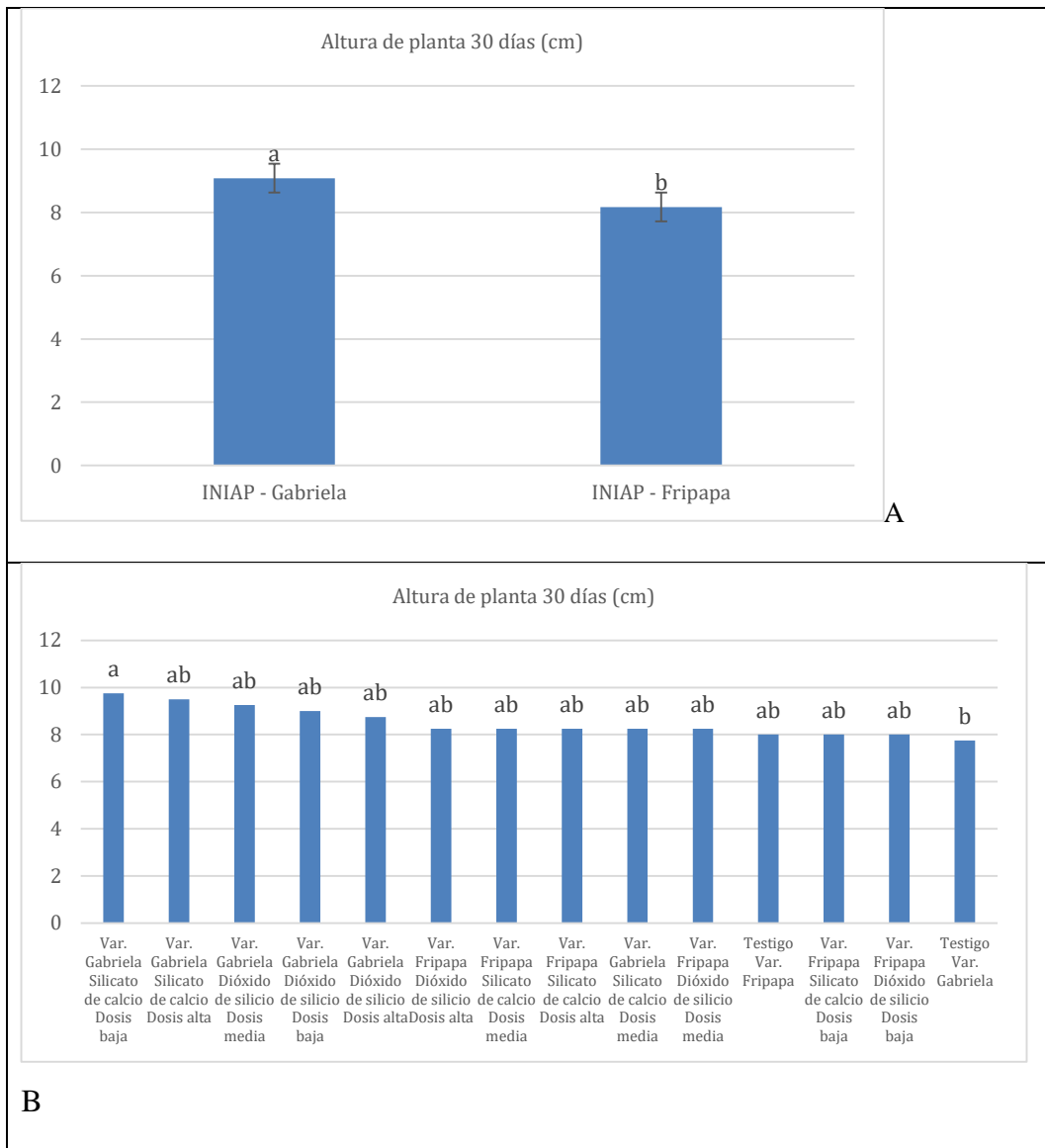
- Reategui, K; Aguirre, N; Oliva, R; Aguirre, E. 2019. Fenología y rendimiento de cuatro variedades de papa en el Altiplano peruano. *Scientia Agropecuaria* 10(2):265-274. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.12>.
- Resende, GM de; Yuri, JE; Souza, RJ de. 2007. Épocas de plantio e doses de silício no rendimento de alface tipo americana. *Horticultura Brasileira* 25(3):455-459. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000300026>.
- Rodríguez, LE. 2009. Teorías sobre la clasificación taxonómica de las papas cultivadas (*Solanum L. sect. Petota Dumort.*). Una revisión. :8.
- Rodríguez, N. 2019. 1er Simposio Internacional Beneficios del Silicio en la Agricultura (en línea, sitio web). Consultado 18 nov. 2019. Disponible en [https://issuu.com/agromil/docs/memorias\\_silicio](https://issuu.com/agromil/docs/memorias_silicio).
- Rubio, COR. 2015. Evaluación de la producción de tubérculo semilla en cuatro. :67.
- Salazar, D; Cuichán, M; Ballesteros, C; Márquez, J; Orbe, D. 2017. UNIDAD DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS - ESAG. :23.
- Sandaña, P. 2015. Manual Papa (en línea, sitio web). Consultado 18 nov. 2019. Disponible en <https://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&ctn=59>.
- Soratto, R; Crusciol, C; Castro, G; Costa, C; Ferrari Neto, J. 2012. Leaf application of silicic acid to white oat and wheat. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:1538-1544. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000500018>.
- Torres, L. 2011. Manejo de lancha (en línea, sitio web). Consultado 16 nov. 2019. Disponible en <https://cipotato.org/es/latinoamerica/informacion/inventario-de-tecnologias/manejo-de-lancha/>.
- Yanar, Y; Yanar, D; Gebologlu, N. 2011. Control of powdery mildew (*Leveillula taurica*) on tomato by foliar sprays of liquid potassium silicate ( $K_2SiO_3$ ). *African Journal of Biotechnology* 10(16):3121-3123. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB11.215>.
- Zanão Júnior, LA; Fontes, RLF; Neves, JCL; Korndörfer, GH; Ávila, VT de. 2010. Rice grown in nutrient solution with doses of manganese and silicon. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34(5):1629-1639. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500016>.

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### Anexo 1. Esquema de distribución del ensayo en el campo



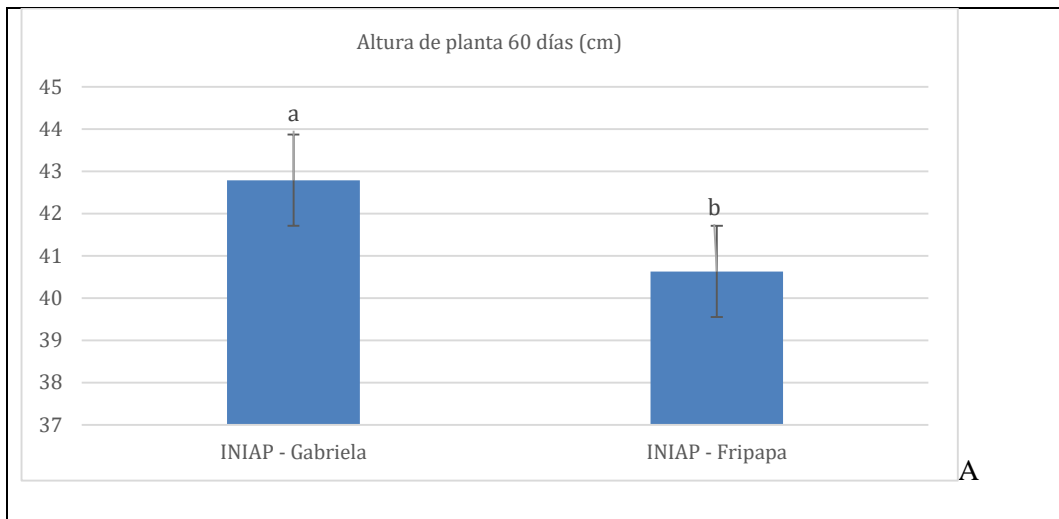
**Anexo 2. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 30 días**



A: Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 30 días para el factor variedad /

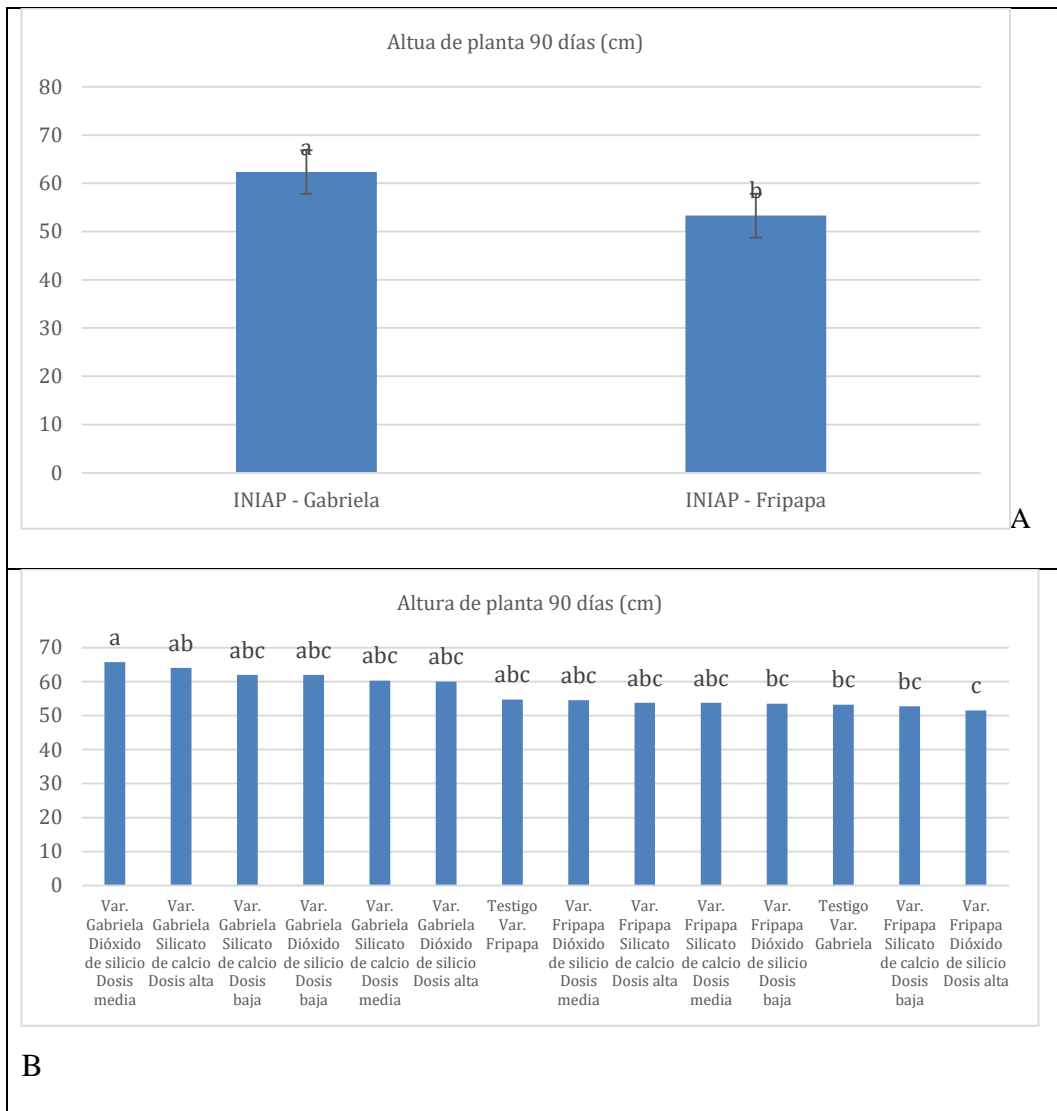
B: para los tratamientos

**Anexo 3. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 60 días**



A: Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 30 días para el factor variedad

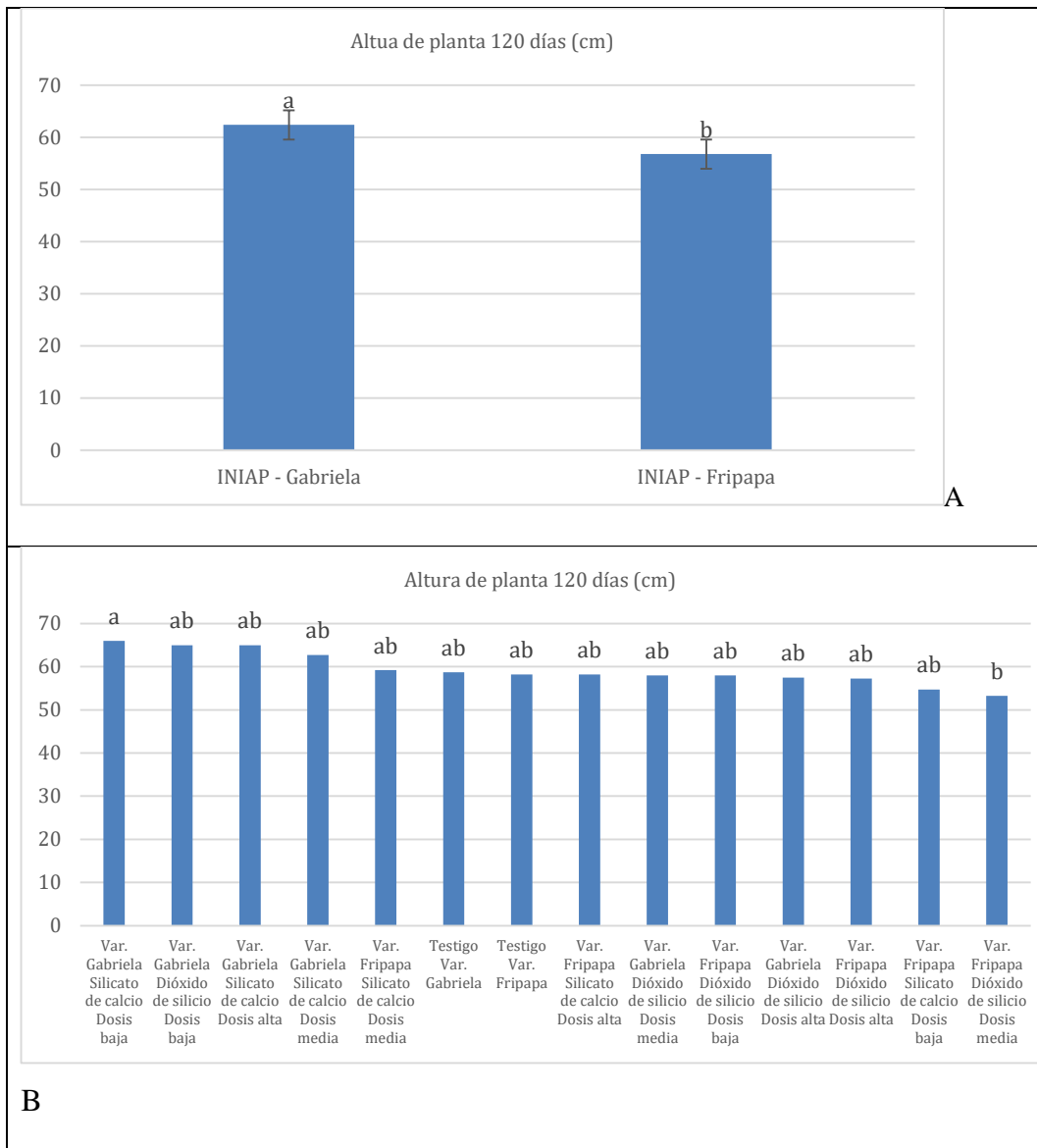
**Anexo 4. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 90 días**



A: Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 90 días para el factor variedad /

B: para los tratamientos

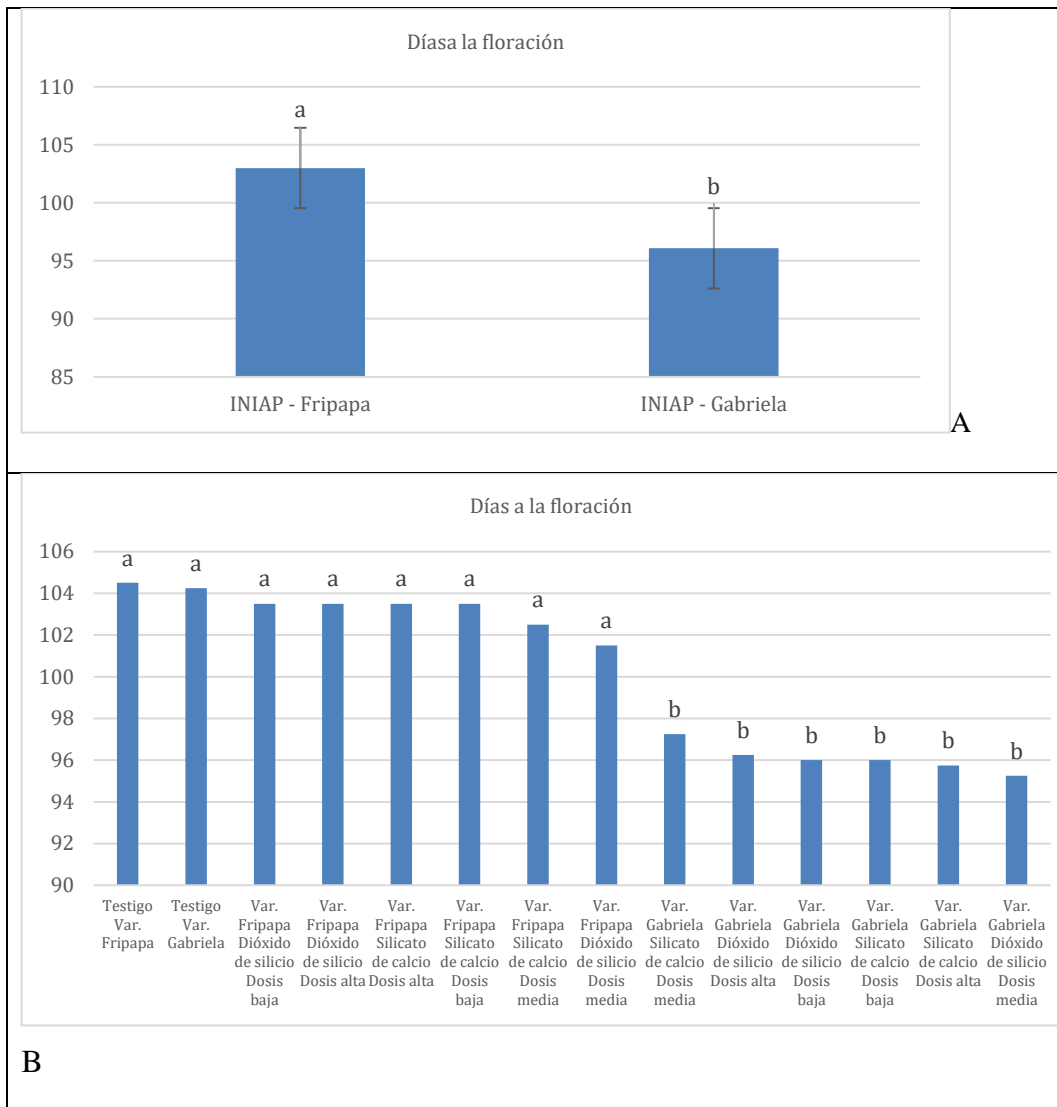
**Anexo 5. Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 120 días**



A: Análisis de separación de medias de la variable altura de planta 120 días para el factor variedad

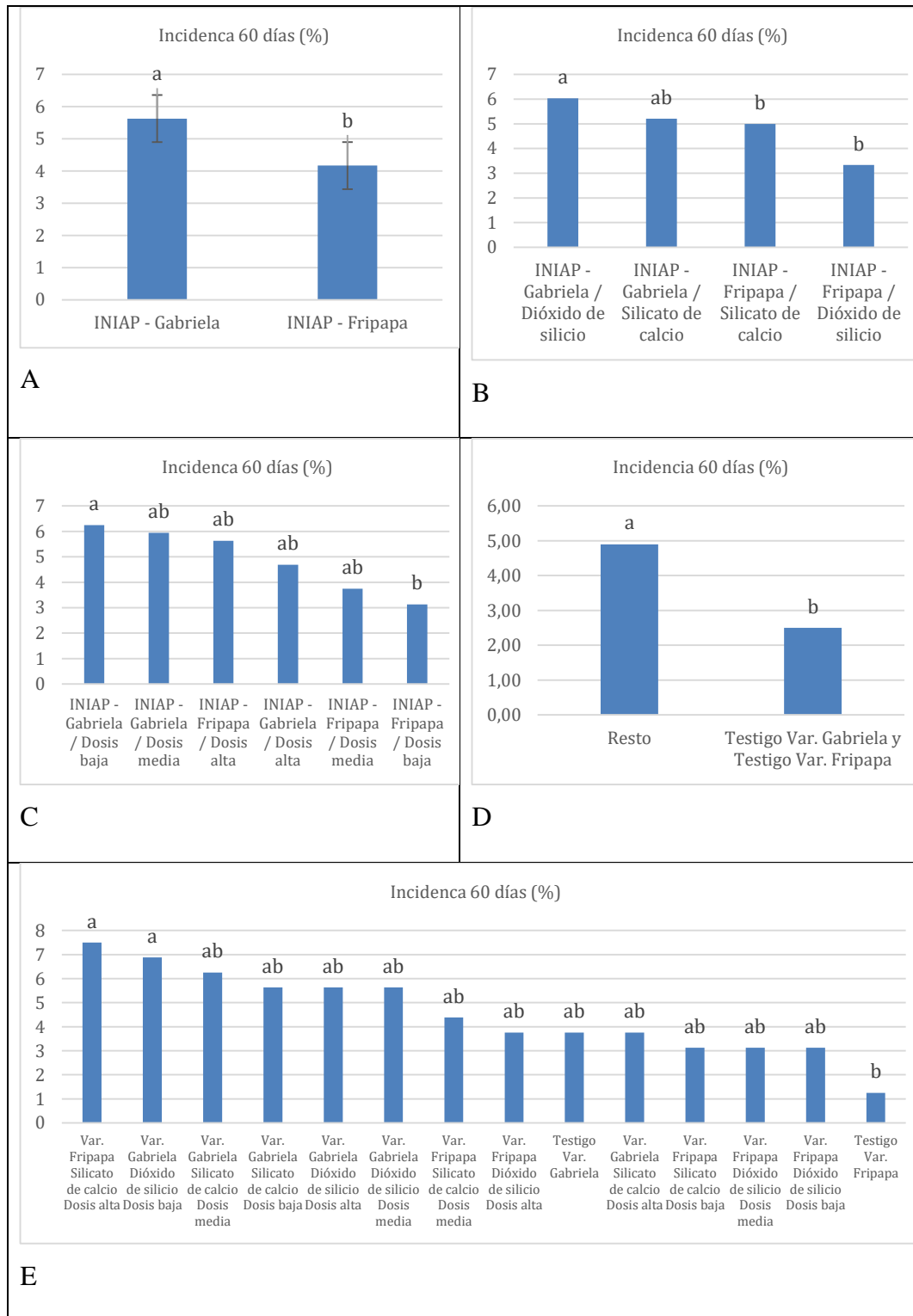
/ B: para los tratamientos

**Anexo 6. Análisis de separación de medias de la variable días a la floración**



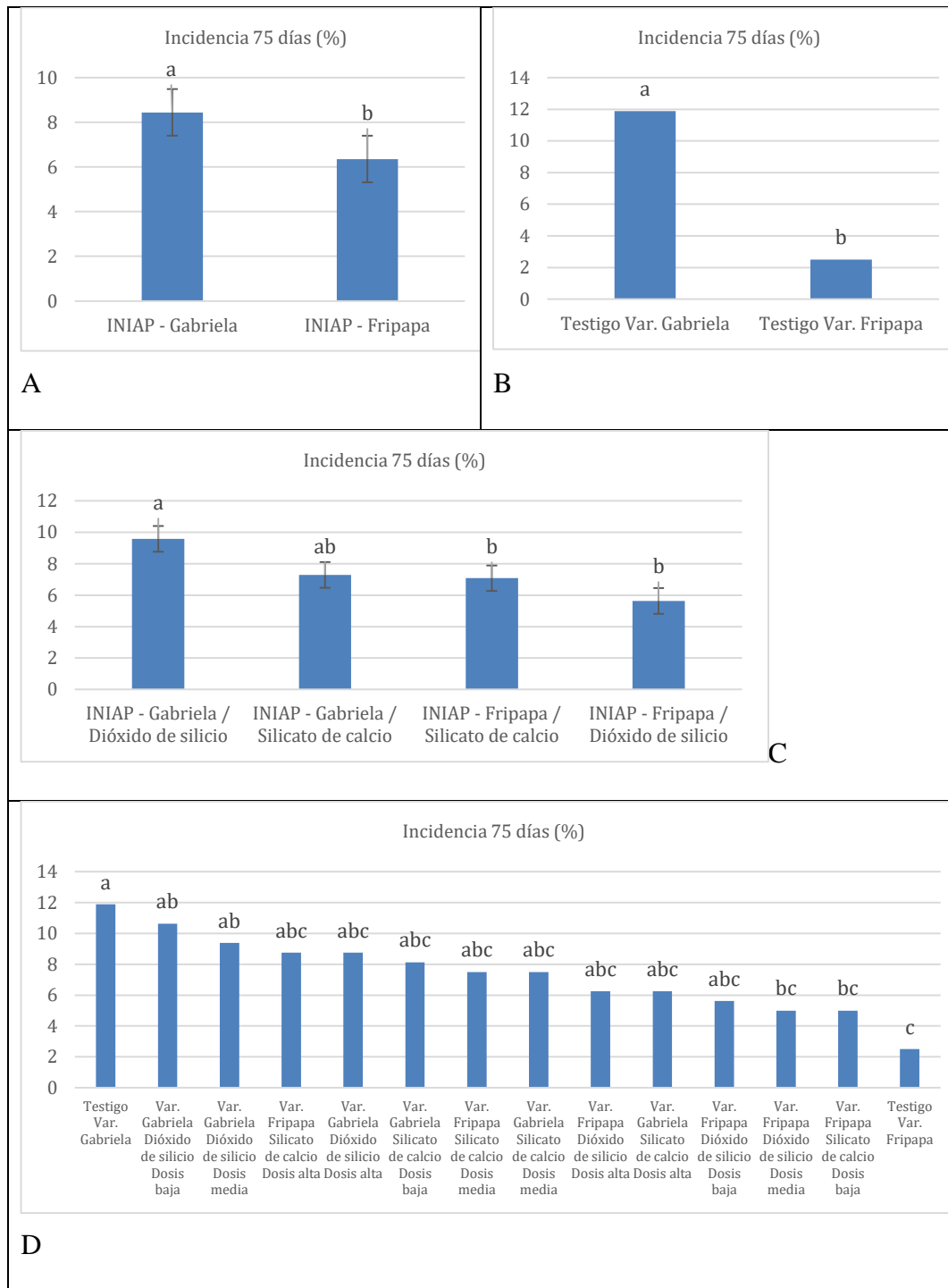
A: Análisis de separación de medias de la variable días a la floración para el factor variedad / B: para los tratamientos

**Anexo 7. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 60 días**



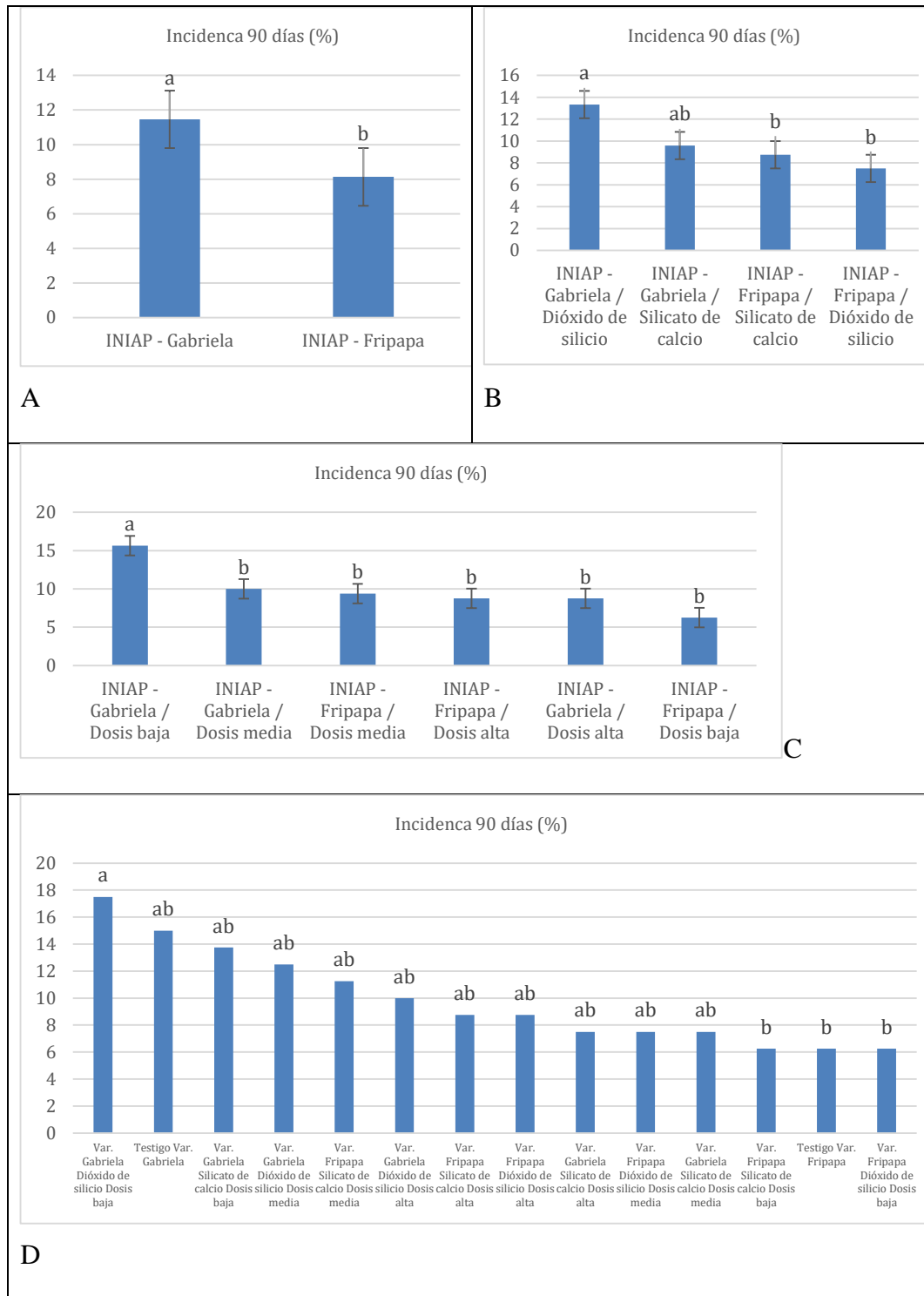
A: Análisis de separación de medias de la variable incidencia 60 días para el factor variedad/ B: Interacción variedad x fuente de silicio./ C: interacción variedad x dosis./ D: interacción testigo 1 y testigo 2 Vs. el resto./ E: los tratamientos

**Anexo 8. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 75 días**



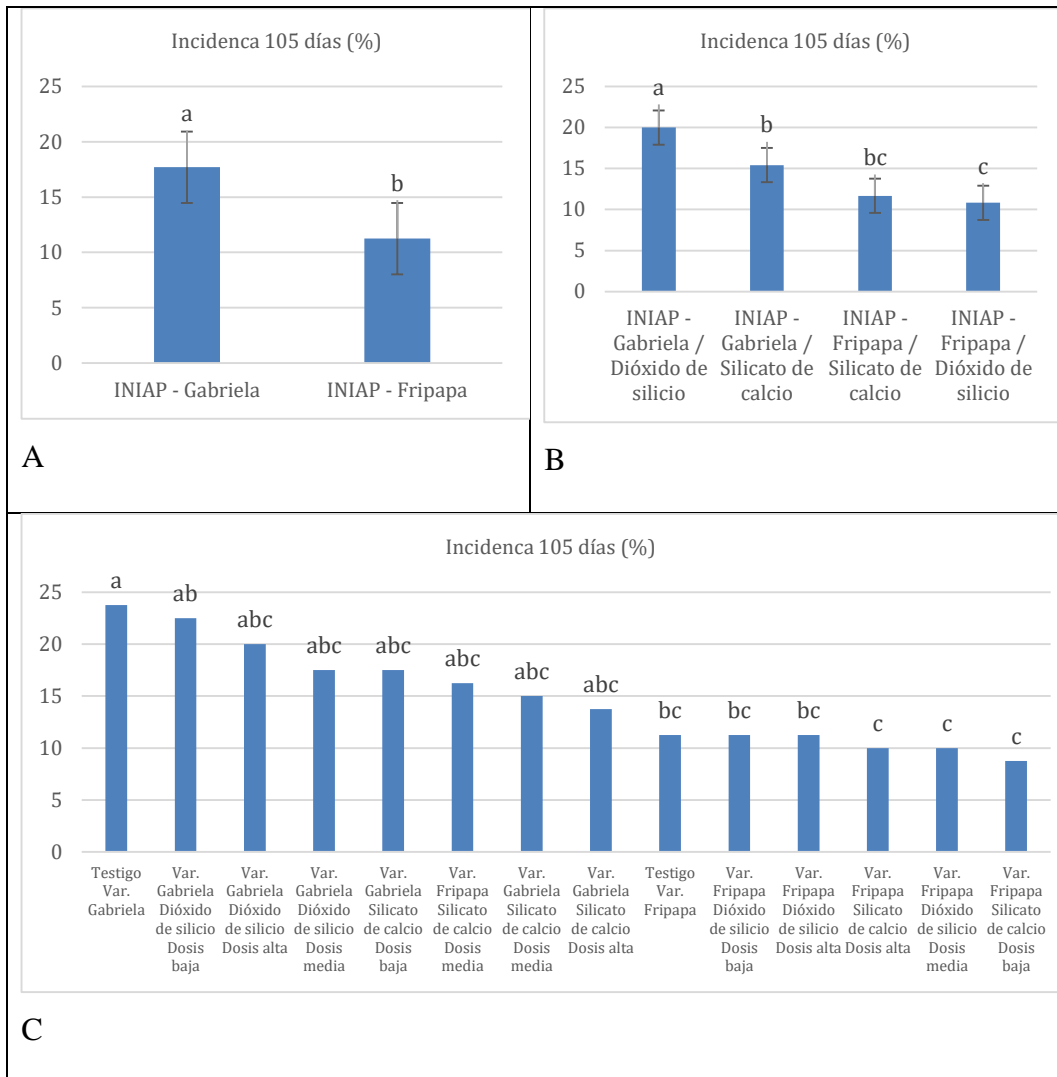
A: Análisis de separación de medias de la variable incidencia 75 días para el factor variedad/ B: Interacción testigo 1 Vs. testigo 2/ C: Interacción variedad x fuente de silicio./ C: interacción variedad x dosis./ D: los tratamientos

**Anexo 9. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 90 días**



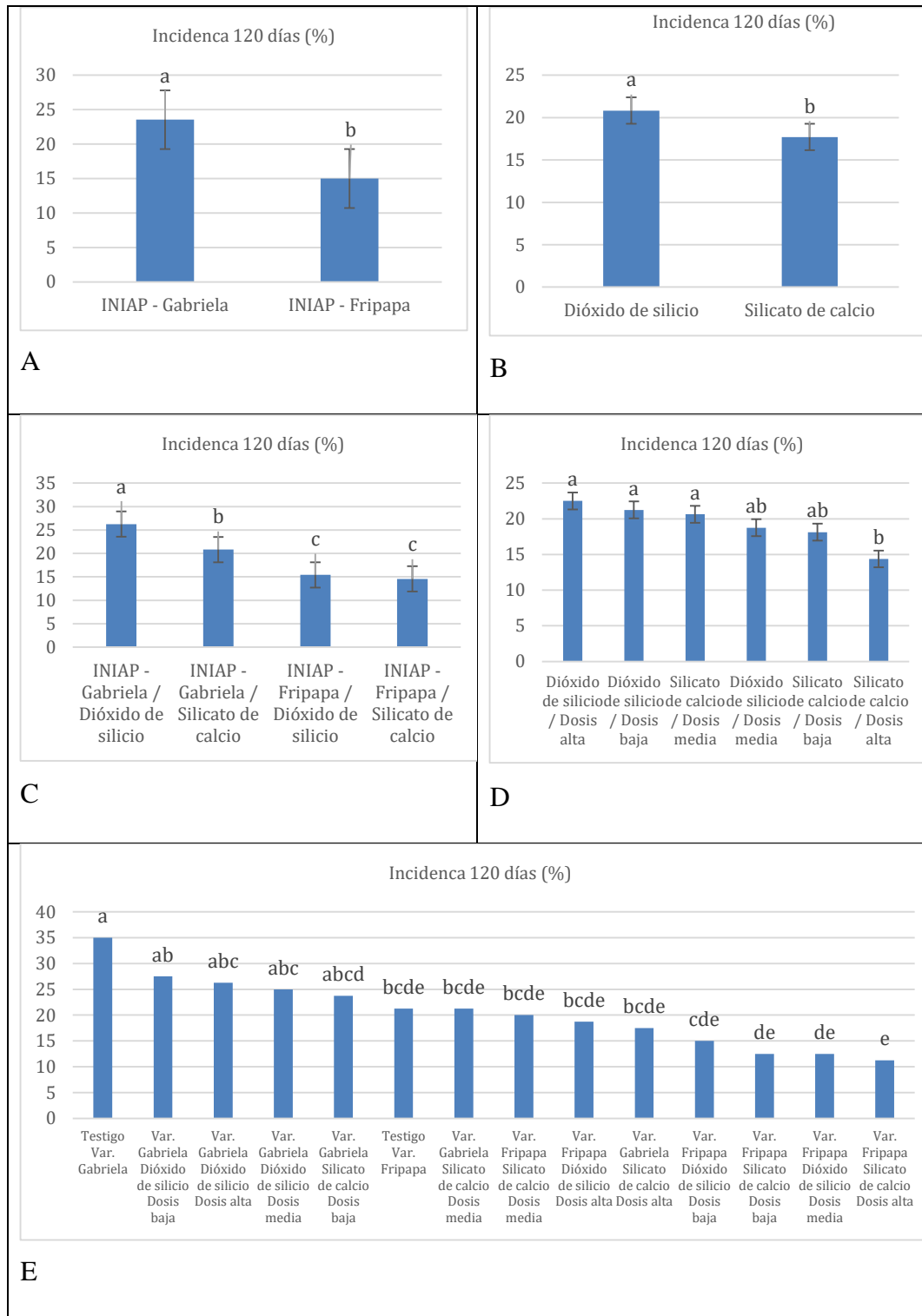
A: Análisis de separación de medias de la variable incidencia 90 días para el factor variedad/ B: Interacción variedad x fuente de silicio / C: Interacción variedad x dosis/ D: los tratamientos.

**Anexo 10. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 105 días**



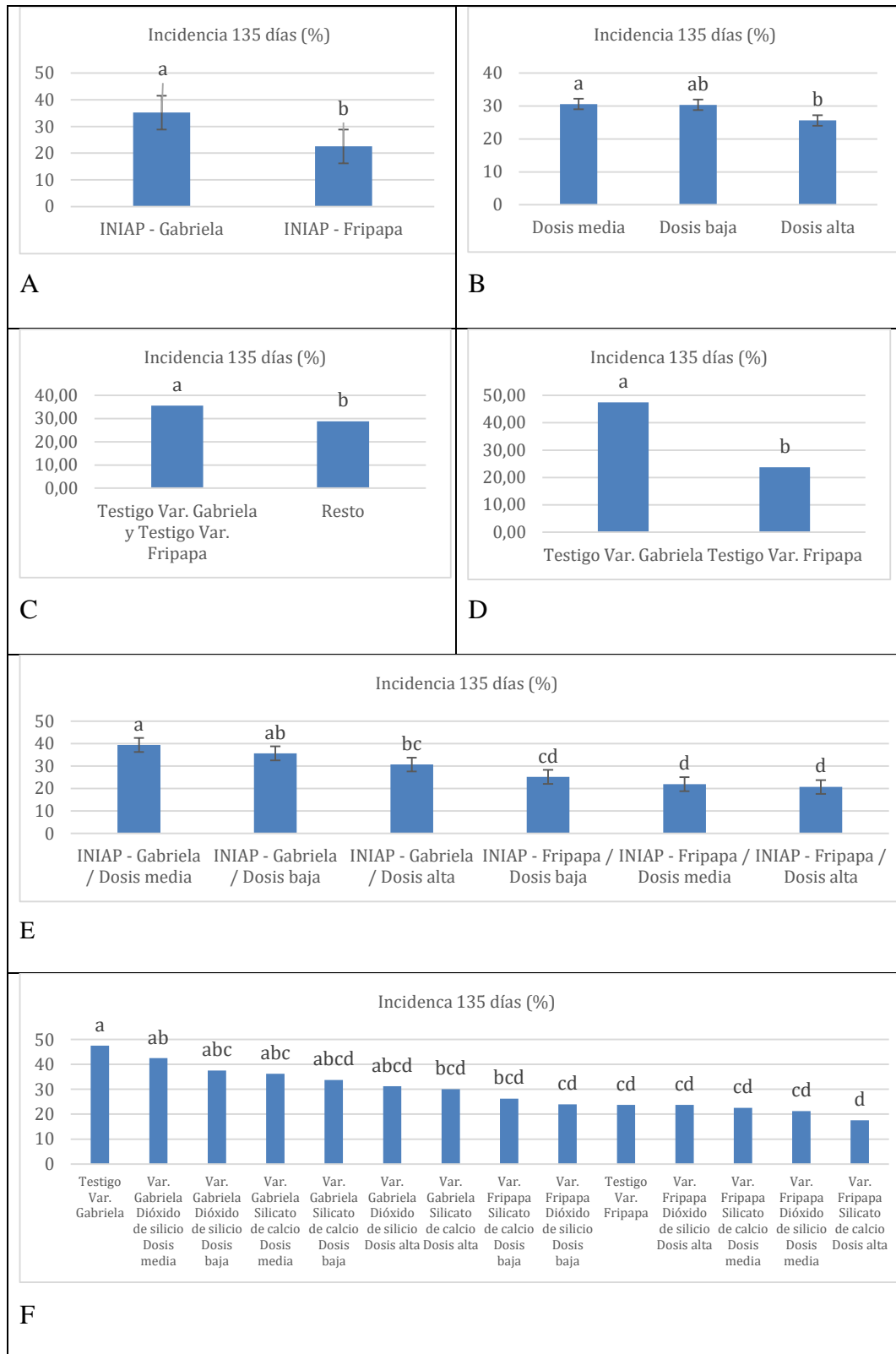
A: Análisis de separación de medias de la variable incidencia 105 días para el factor variedad/ B: Interacción variedad x fuente de silicio / C: los tratamientos.

**Anexo 11. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 120 días**



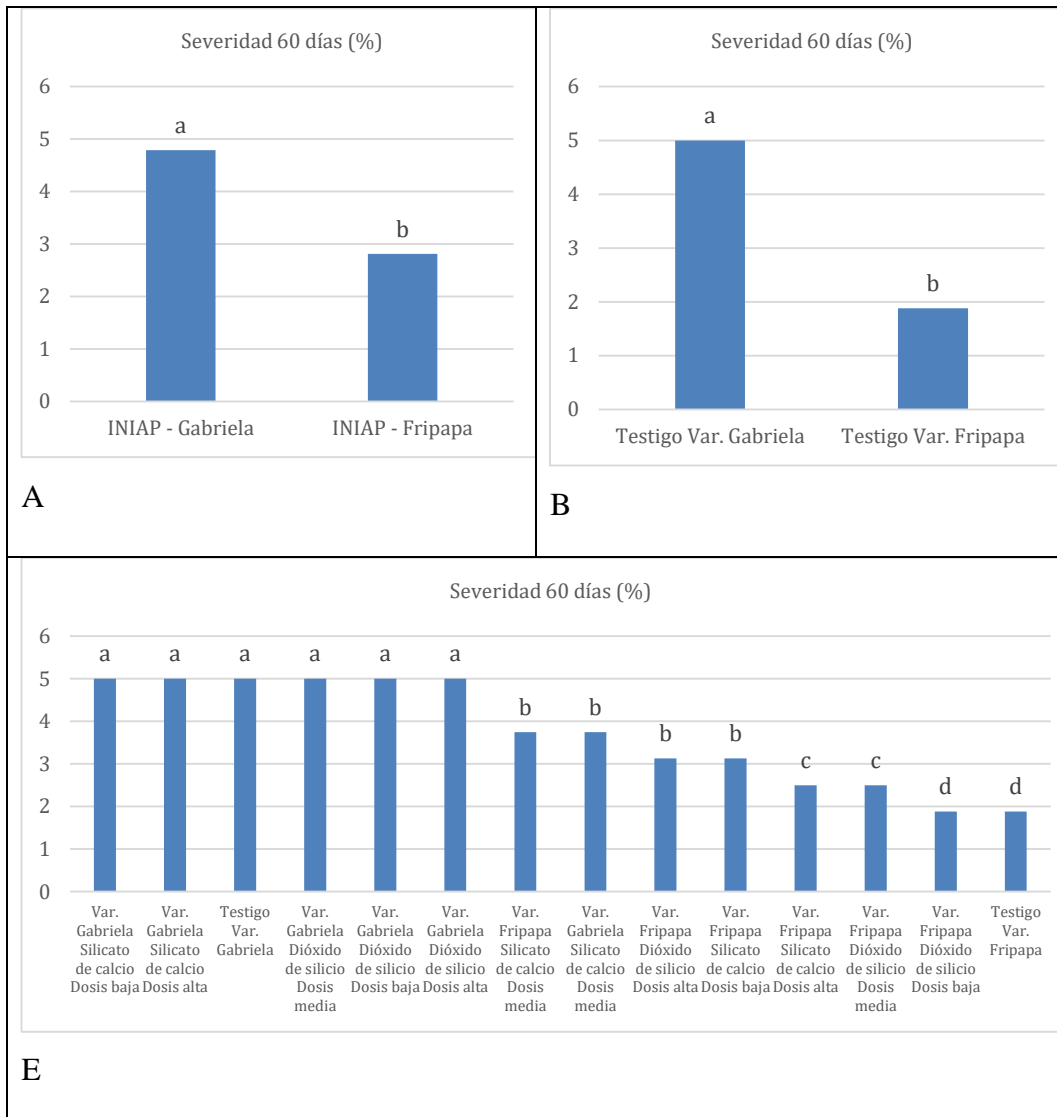
A: Análisis de separación de medias de la variable incidencia 120 días para el factor variedad/ B: Factor fuente de silicio/ C: Interacción variedad x fuente de silicio./ D: interacción variedad x dosis./ E: los tratamientos

**Anexo 12. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 135 días**



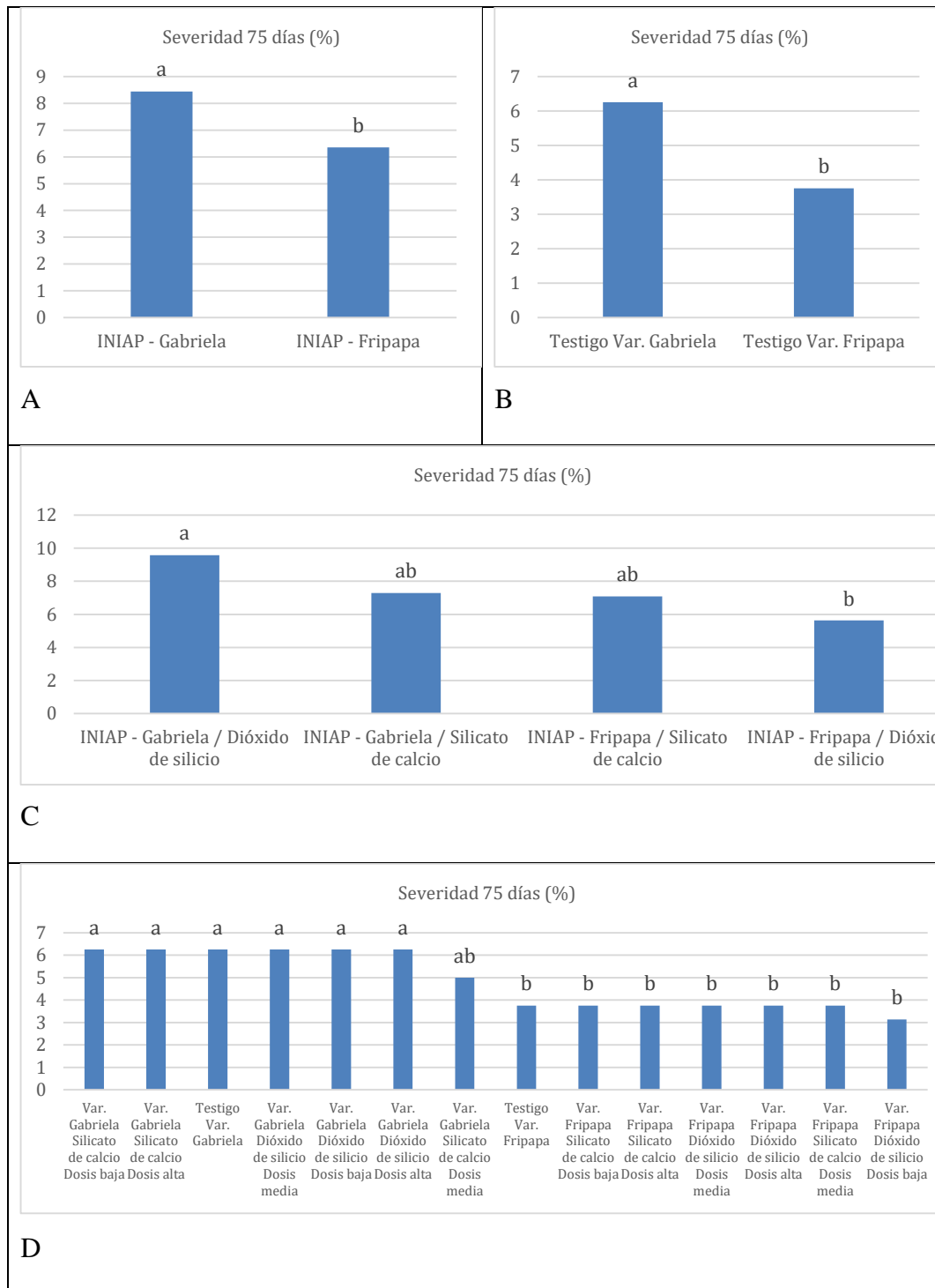
A: Análisis de separación de medias de la variable incidencia 135 días para el factor variedad/ B: Factor dosis/ C: Interacción testigo 1 y testigo 2 Vs. el resto/ D: Interacción testigo 1 Vs. Testigo 2 / E: Interacción variedad x dosis/ E: los tratamientos.

**Anexo 13. Análisis de separación de medias de la variable severidad 60 días**



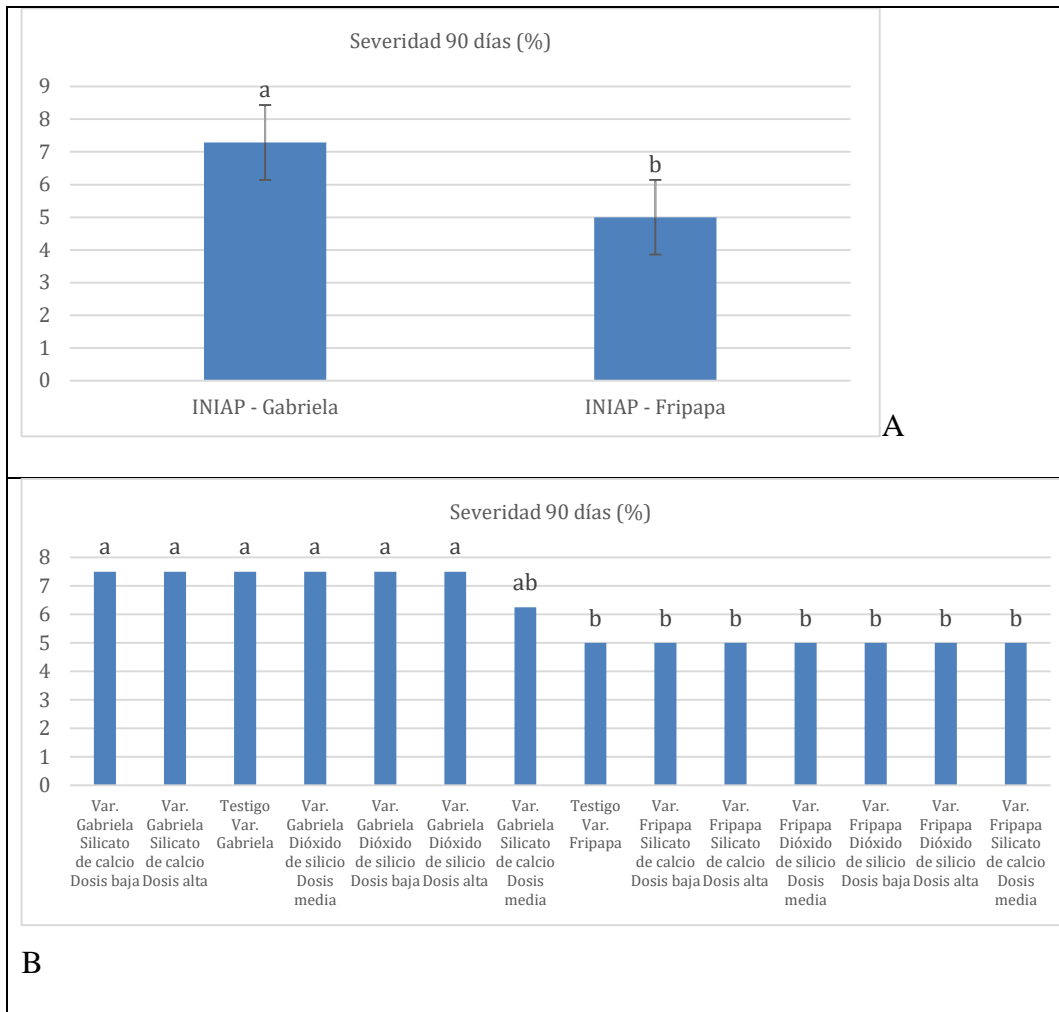
A: Análisis de separación de medias de la variable severidad 60 días para el factor variedad/ B: Interacción testigo 1 Vs. testigo 2./ E: los tratamientos

**Anexo 14. Análisis de separación de medias de la variable severidad 75 días**



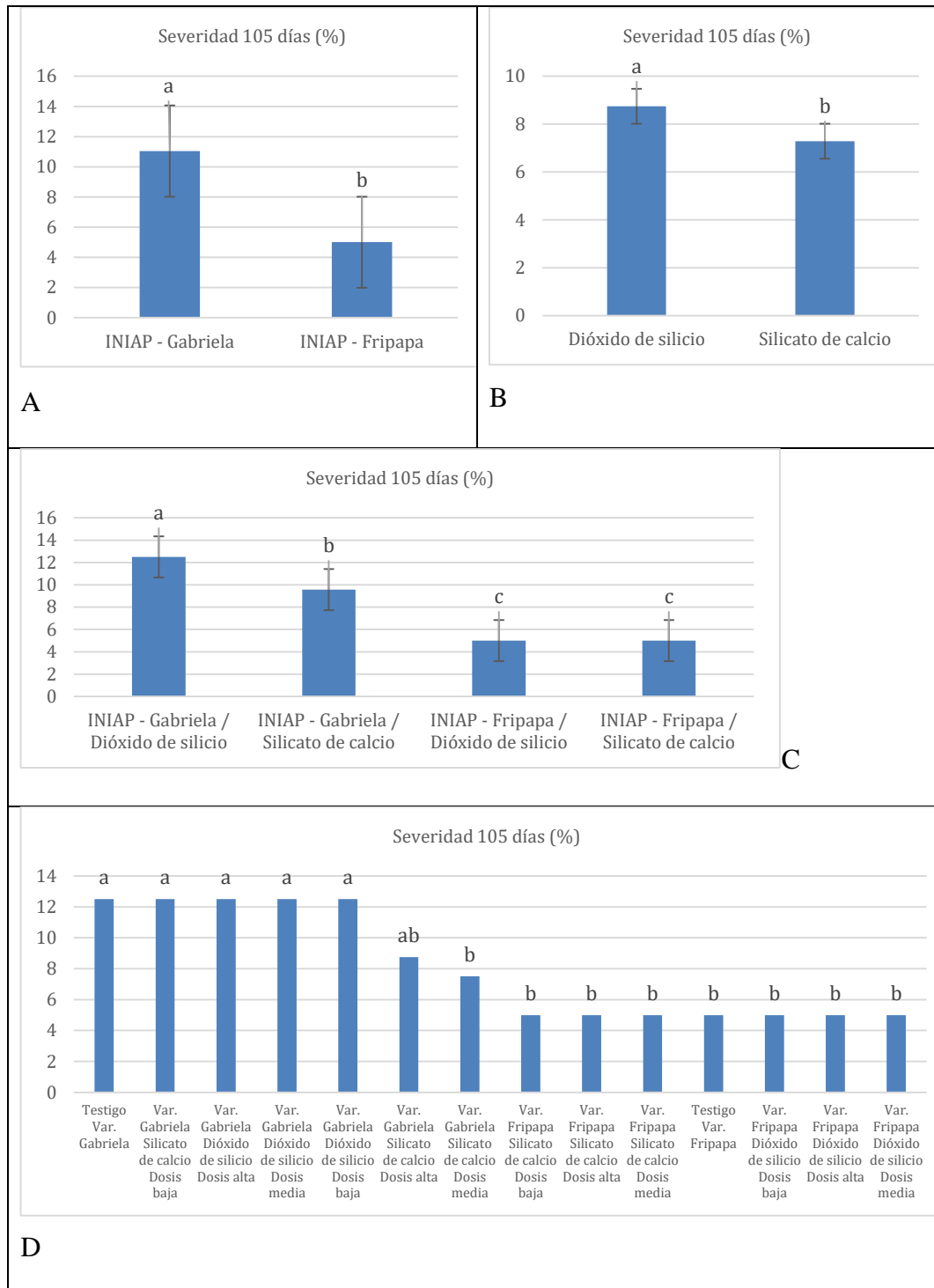
A: Análisis de separación de medias de la variable severidad 75 días para el factor variedad/ B: Interacción testigo 1 Vs. testigo 2/ C: Interacción variedad x fuente de silicio./ D: los tratamientos

**Anexo 15. Análisis de separación de medias de la variable severidad 90 días**



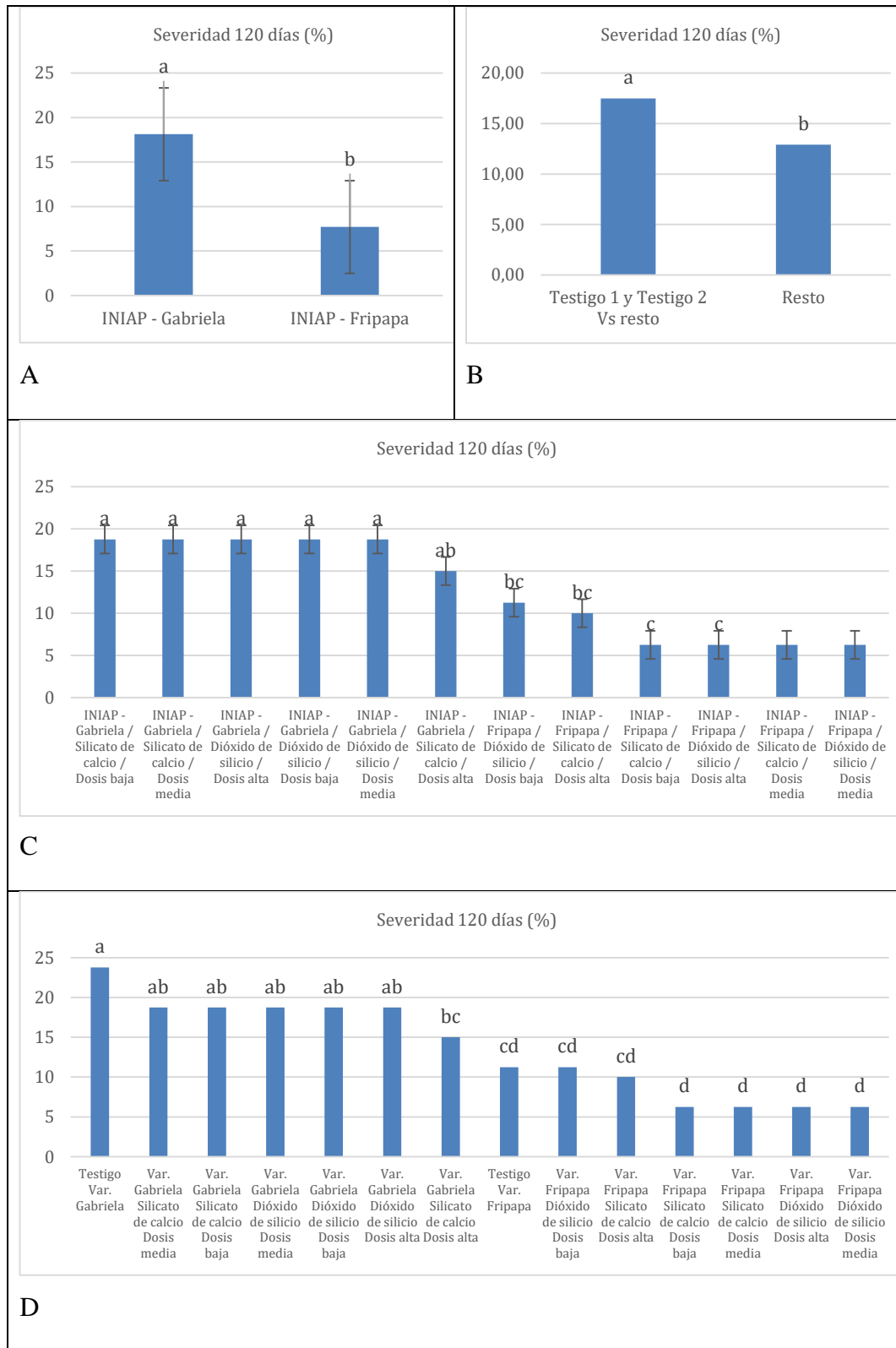
A: Análisis de separación de medias de la variable severidad 90 días para el factor variedad/ B: los tratamientos.

**Anexo 16. Análisis de separación de medias de la variable incidencia 105 días**



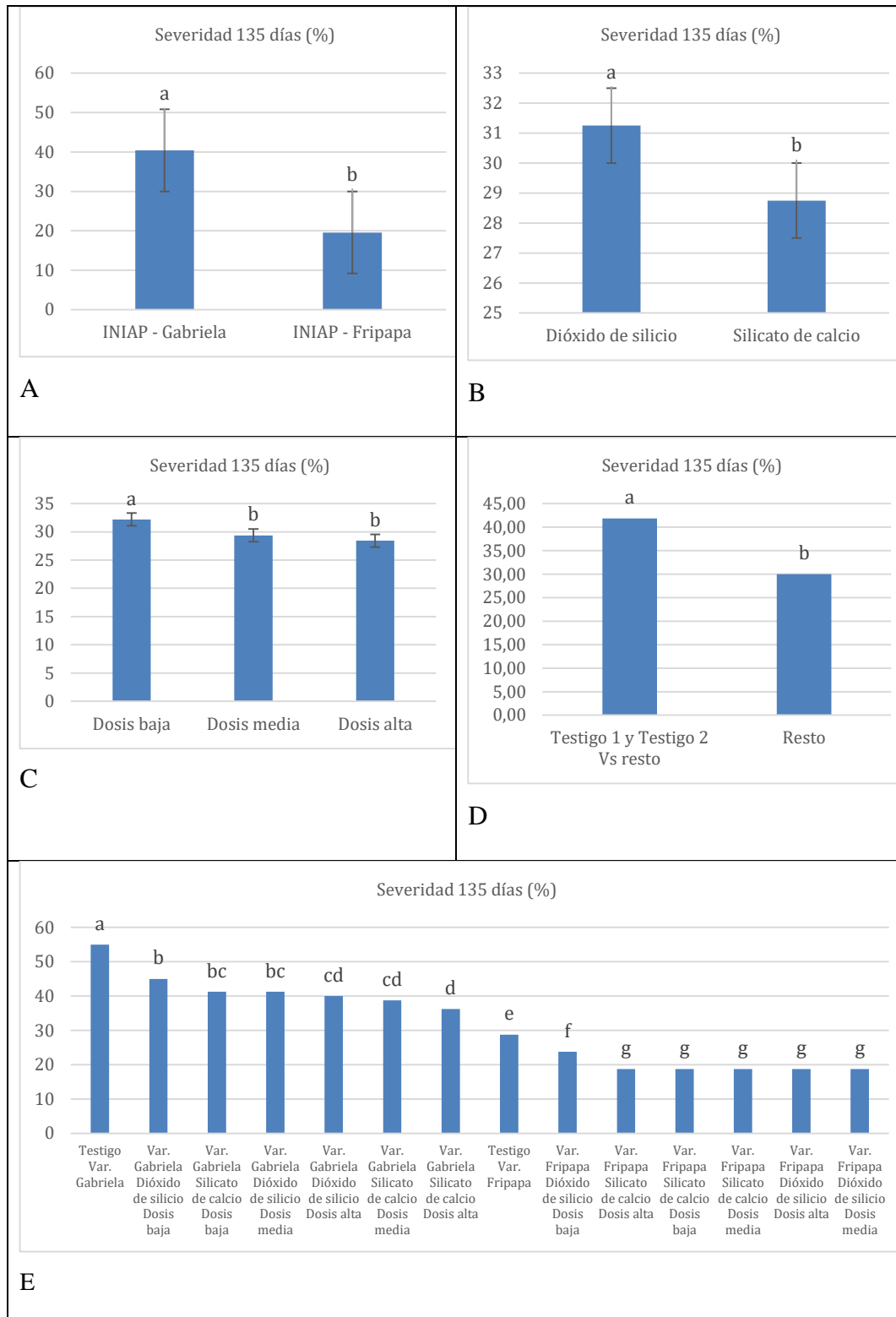
A: Análisis de separación de medias de la variable severidad 105 días para el factor variedad/ B: Factor fuente de silicio/ C: Interacción variedad x fuente de silicio / D: los tratamientos.

**Anexo 17. Análisis de separación de medias de la variable severidad 120 días**



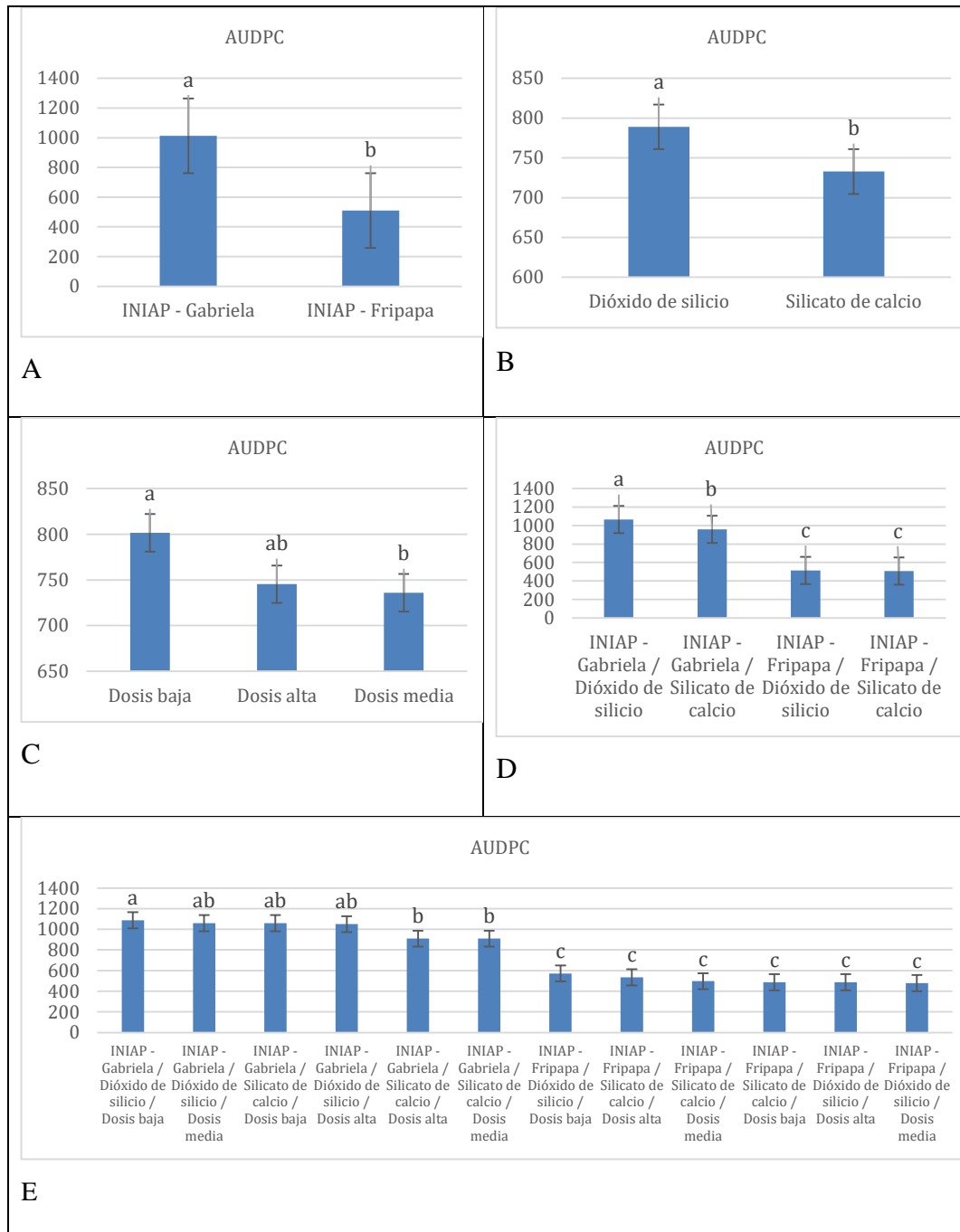
A: Análisis de separación de medias de la variable severidad 120 días para el factor variedad/ B: Factor fuente de silicio/ C: Interacción variedad x fuente de silicio./ D: interacción variedad x dosis./ E: los tratamientos

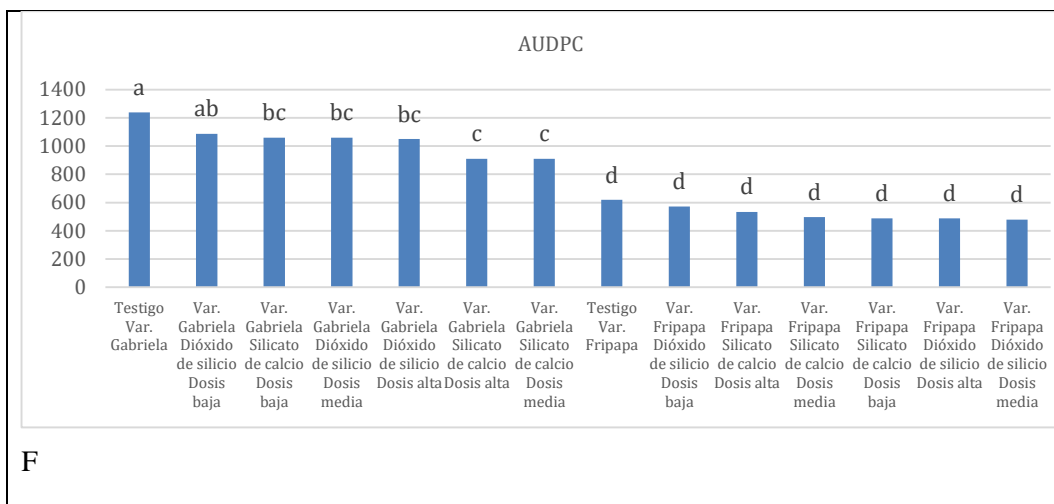
**Anexo 18. Análisis de separación de medias de la variable severidad 135 días**



A: Análisis de separación de medias de la variable severidad 135 días para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción testigo 1 y testigo 2 Vs. el resto/ E: los tratamientos.

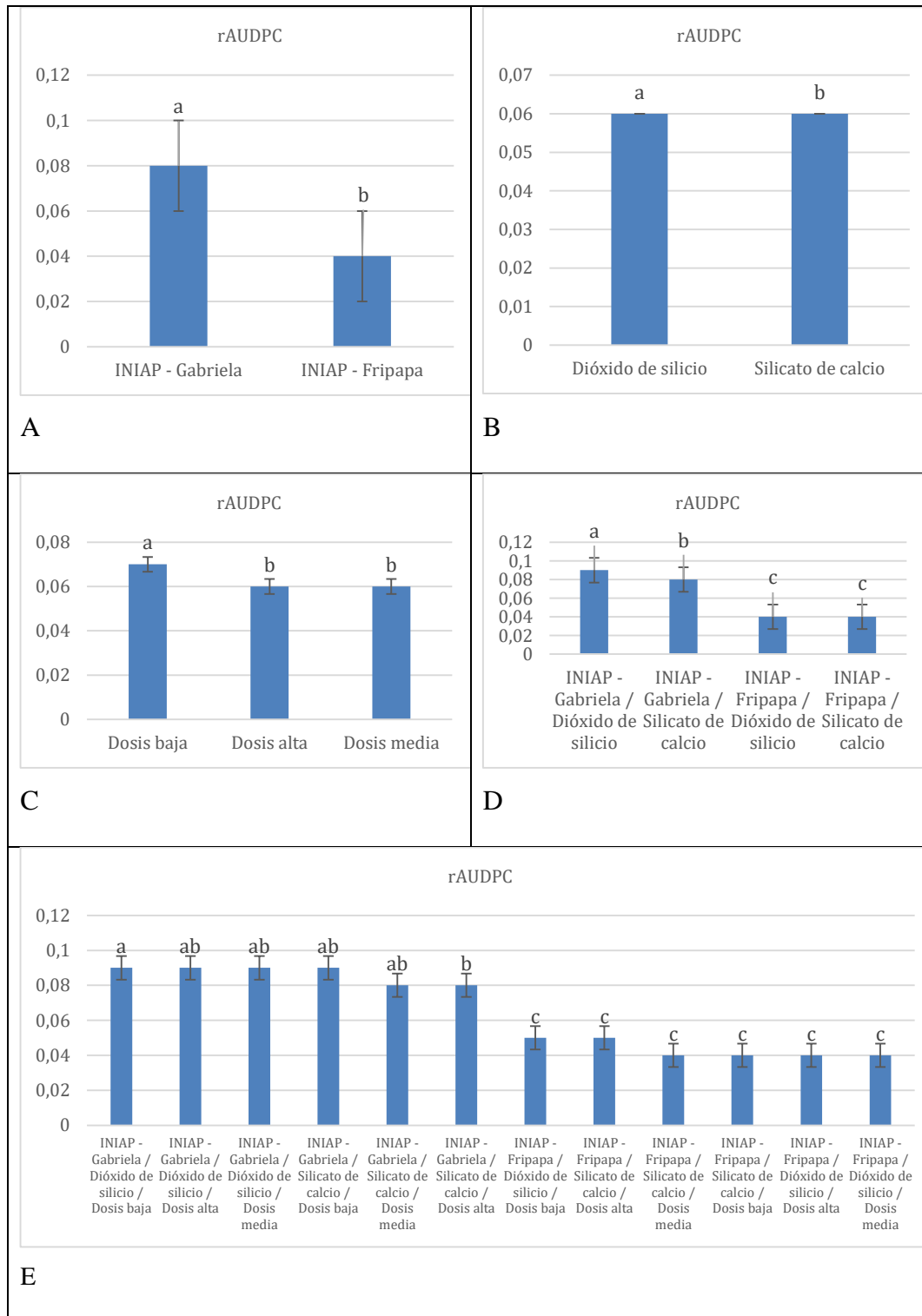
**Anexo 19. Análisis de separación de medias de la variable AUDPC**

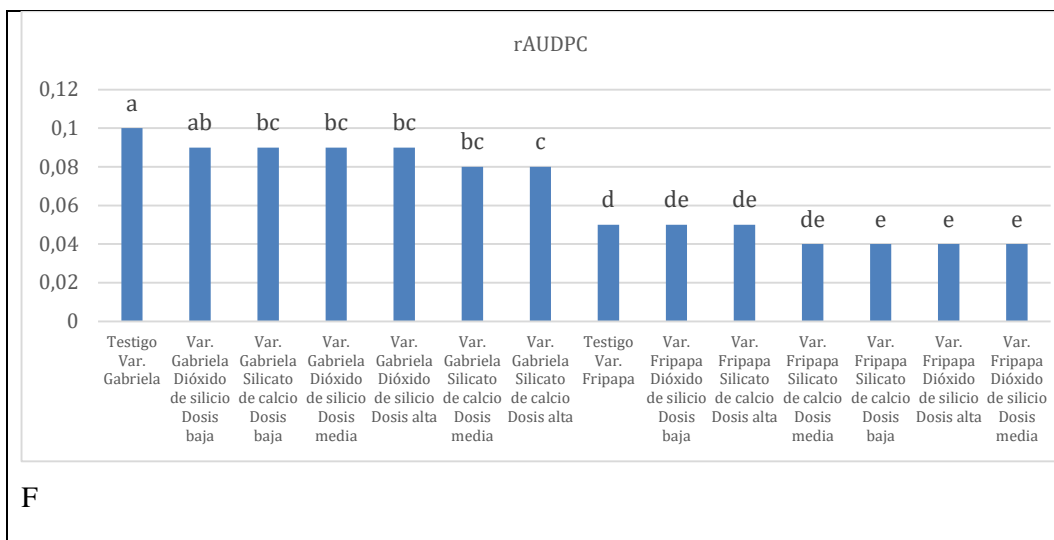




A: Análisis de separación de medias de la variable AUDPC para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción variedad x fuente de silicio/ E: Interacción variedad x fuente de silicio x dosis/ F: los tratamientos.

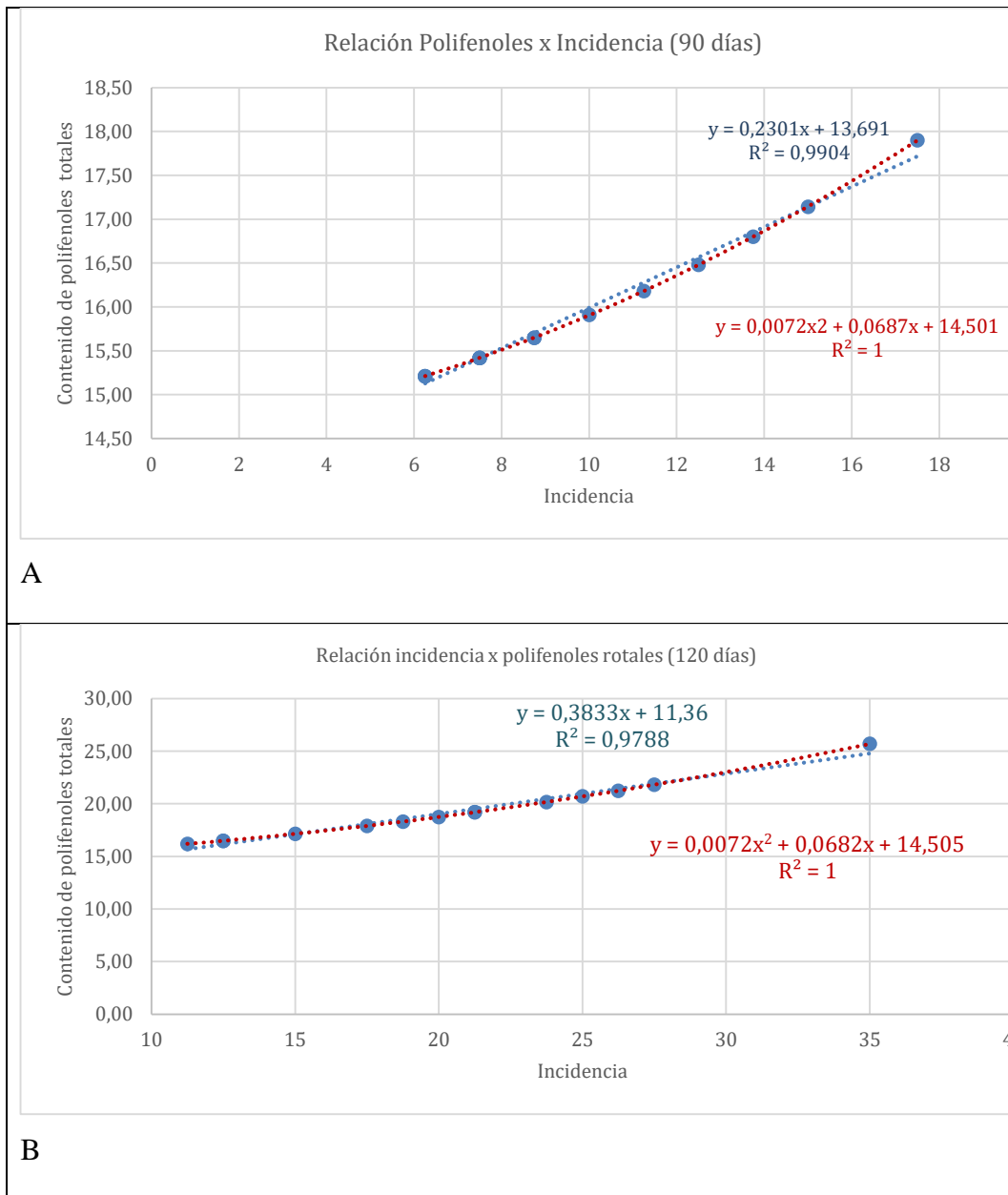
**Anexo 20. Análisis de separación de medias de la variable rAUDPC**





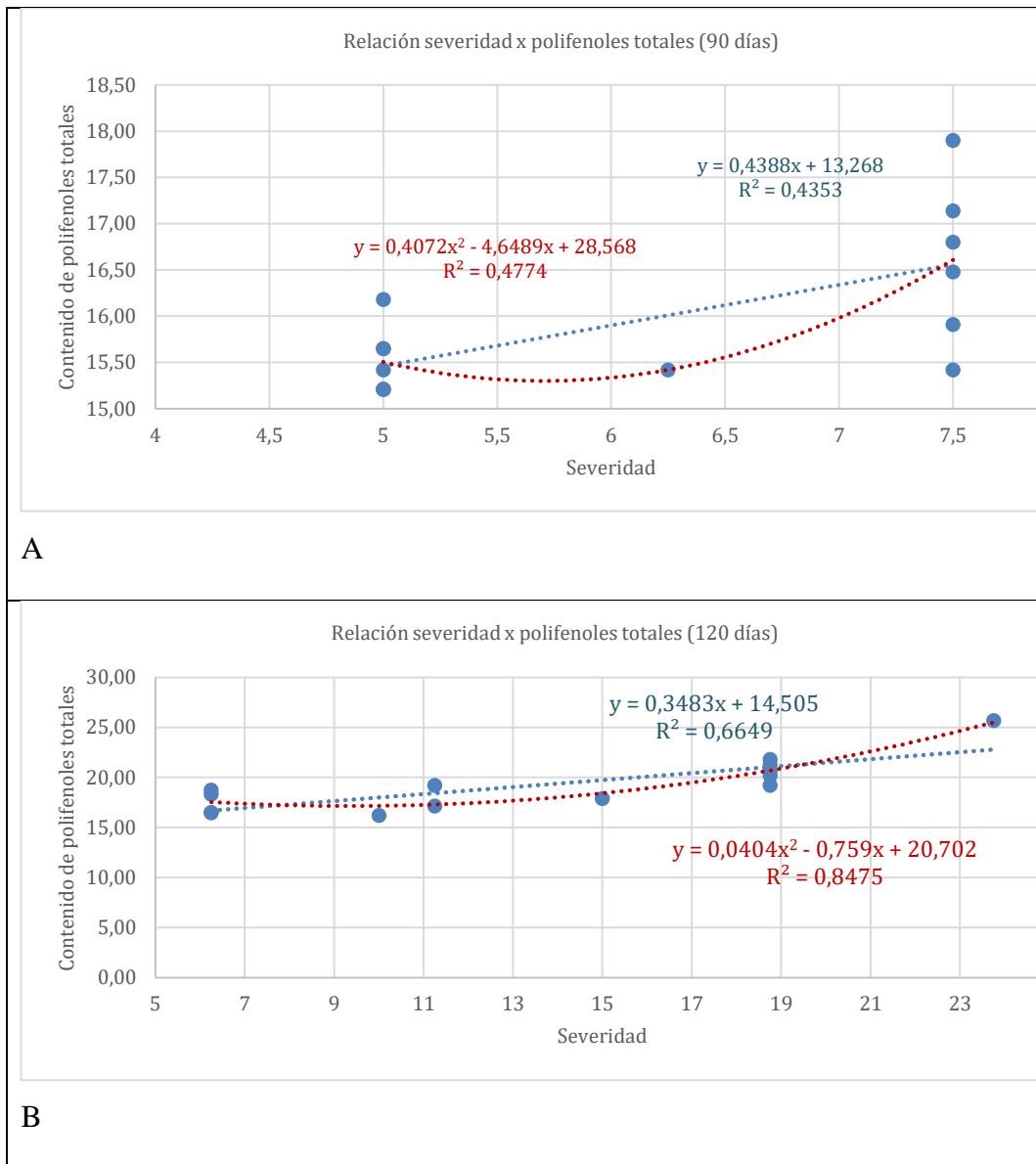
A: Análisis de separación de medias de la variable rAUDPC para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción variedad x fuente de silicio/ E: Interacción variedad x fuente de silicio x dosis / F: los tratamientos.

**Anexo 21. Relación entre el porcentaje de incidencia y el contenido de polifenoles totales**



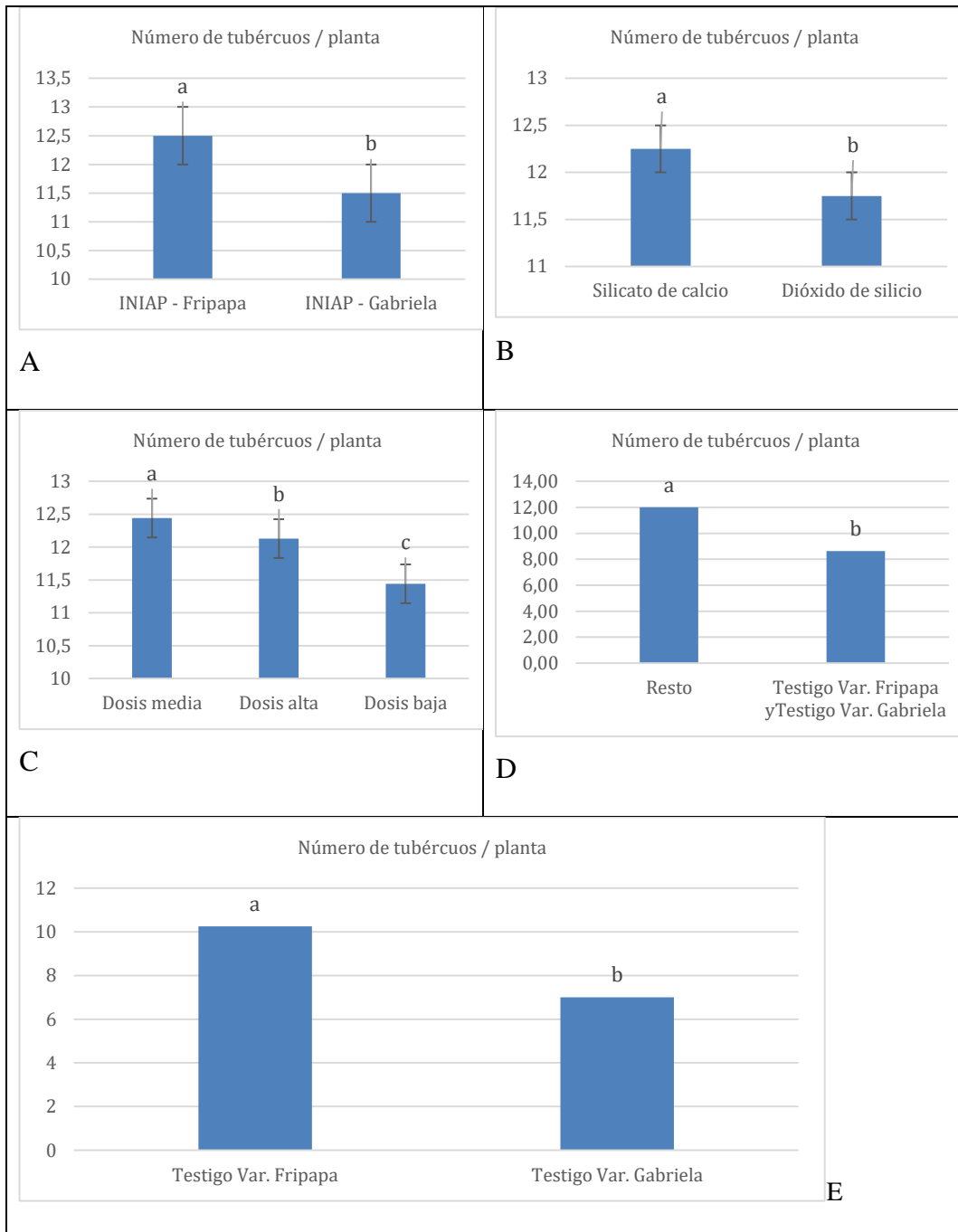
A: Relación entre el porcentaje de incidencia y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra / B: A los 120 días después de la siembra

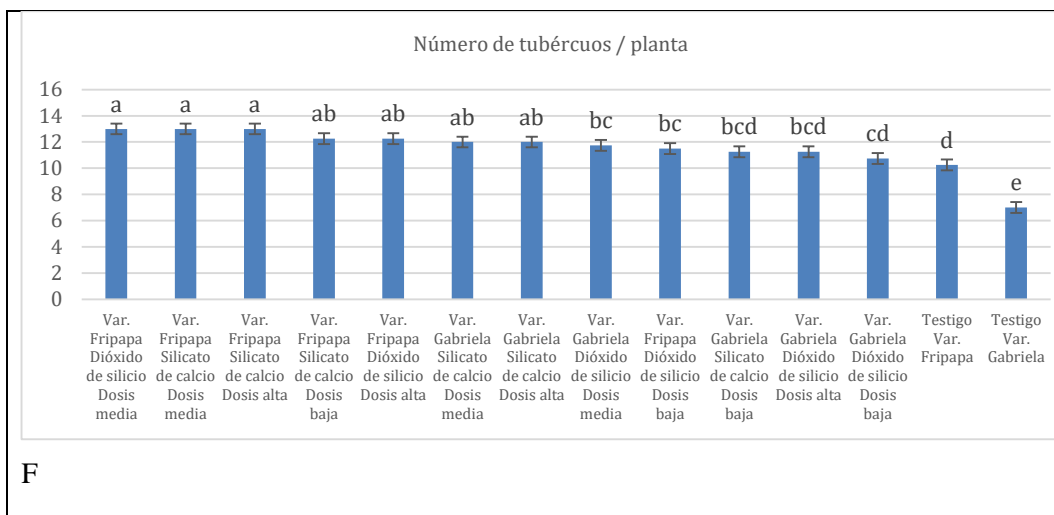
**Anexo 22. Relación entre el porcentaje de severidad y el contenido de polifenoles totales**



A: Relación entre el porcentaje de severidad y el contenido de polifenoles totales a los 90 días después de la siembra / B: A los 120 días después de la siembra

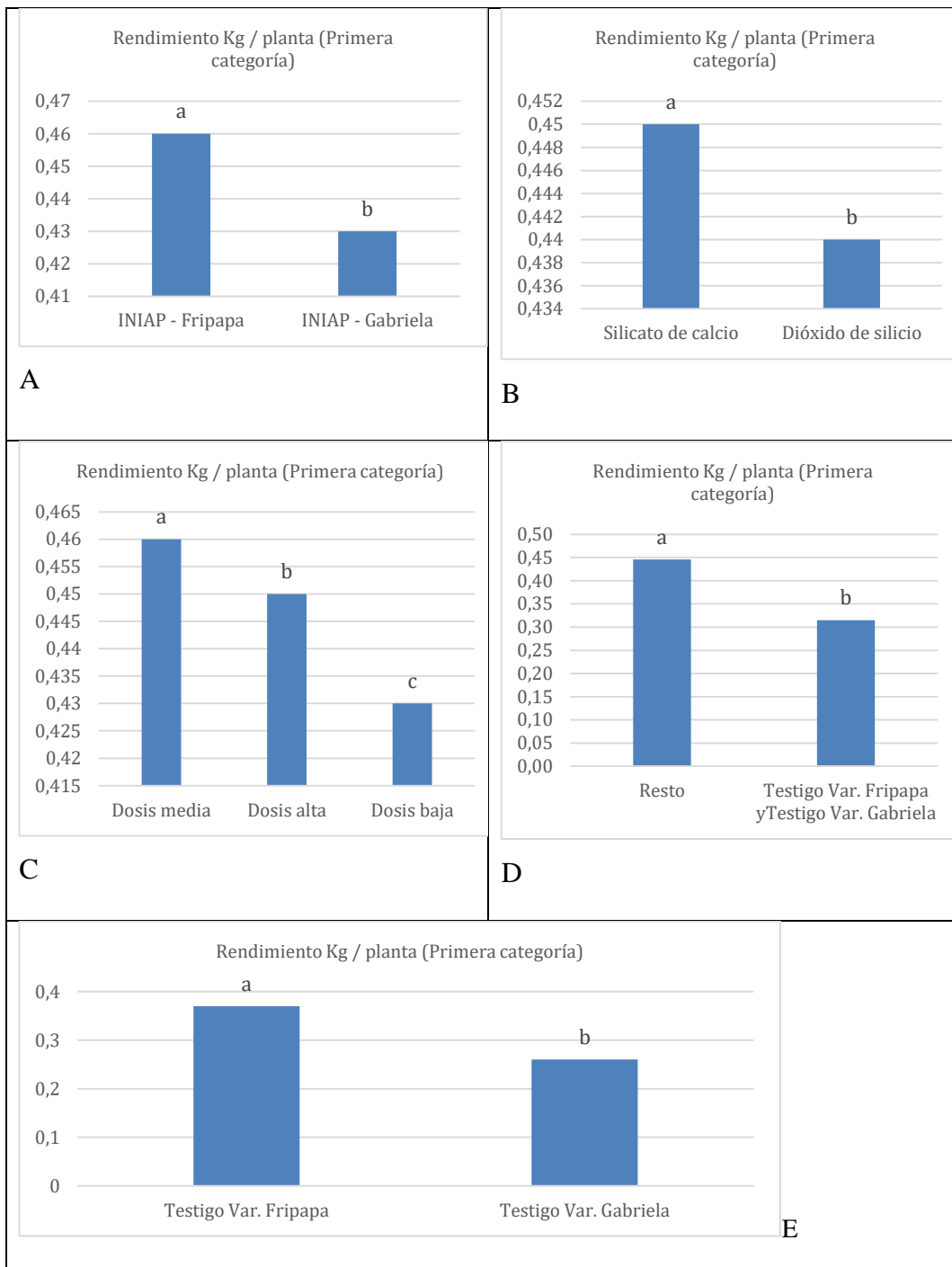
**Anexo 23. Análisis de separación de medias de la variable número de tubérculos por planta**

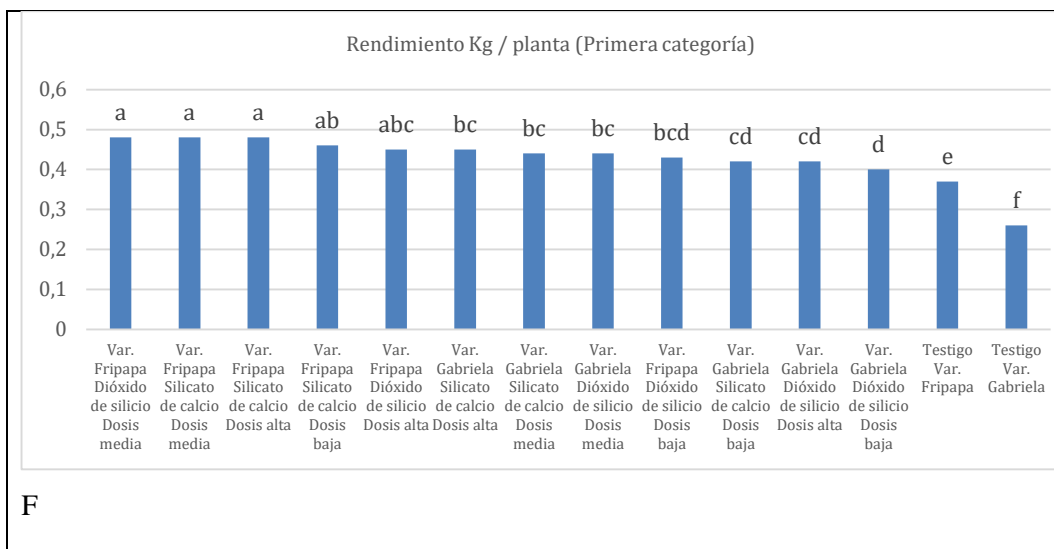




A: Análisis de separación de medias de la variable número de tubérculos por planta para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción testigo y testigo 2 Vs. el resto/ E: Interacción testigo 1 Vs. Testigo 2 / F: los tratamientos.

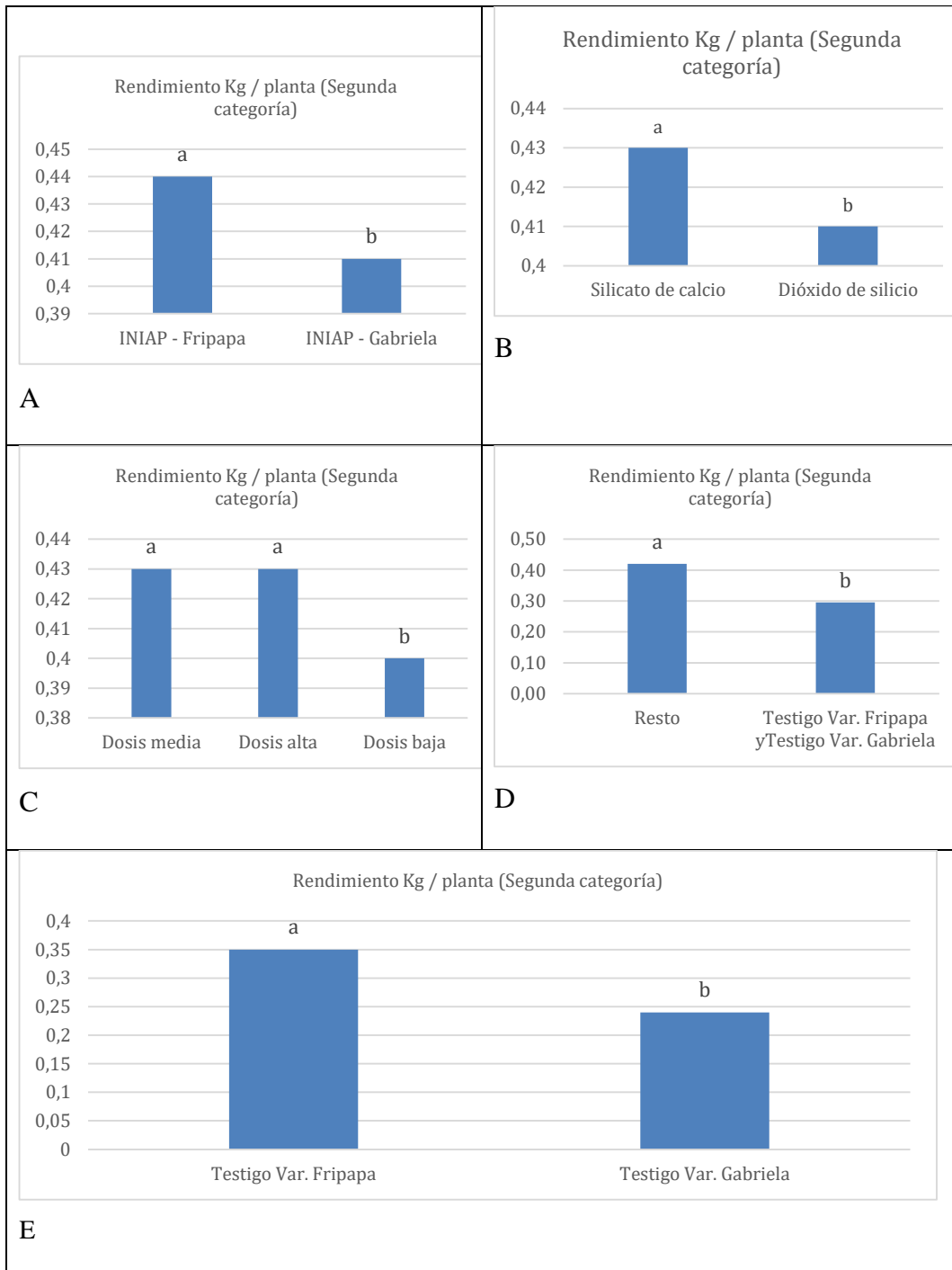
**Anexo 24. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta primera categoría**

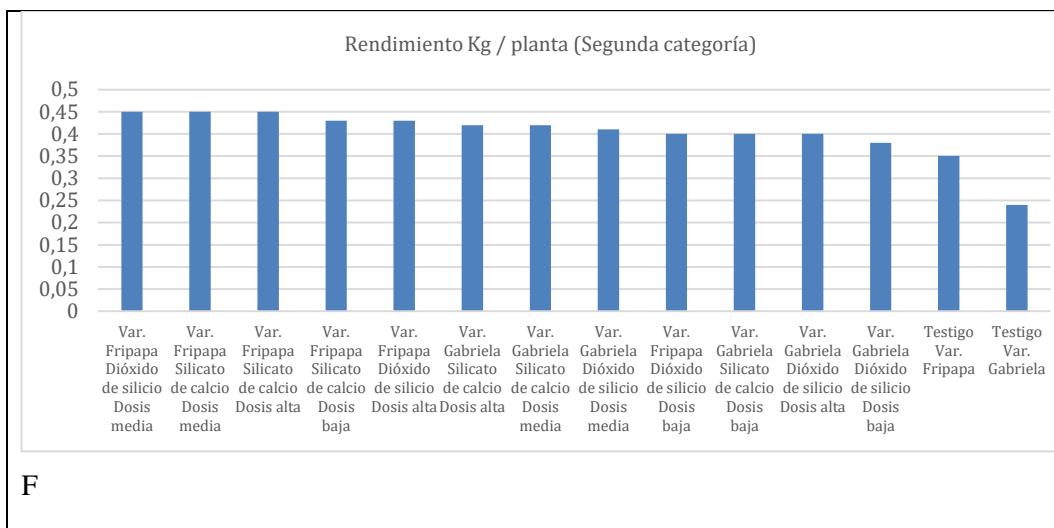




A: Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta primera categoría para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción testigo y testigo 2 Vs. el resto/ E: Interacción testigo 1 Vs. Testigo 2 / F: los tratamientos.

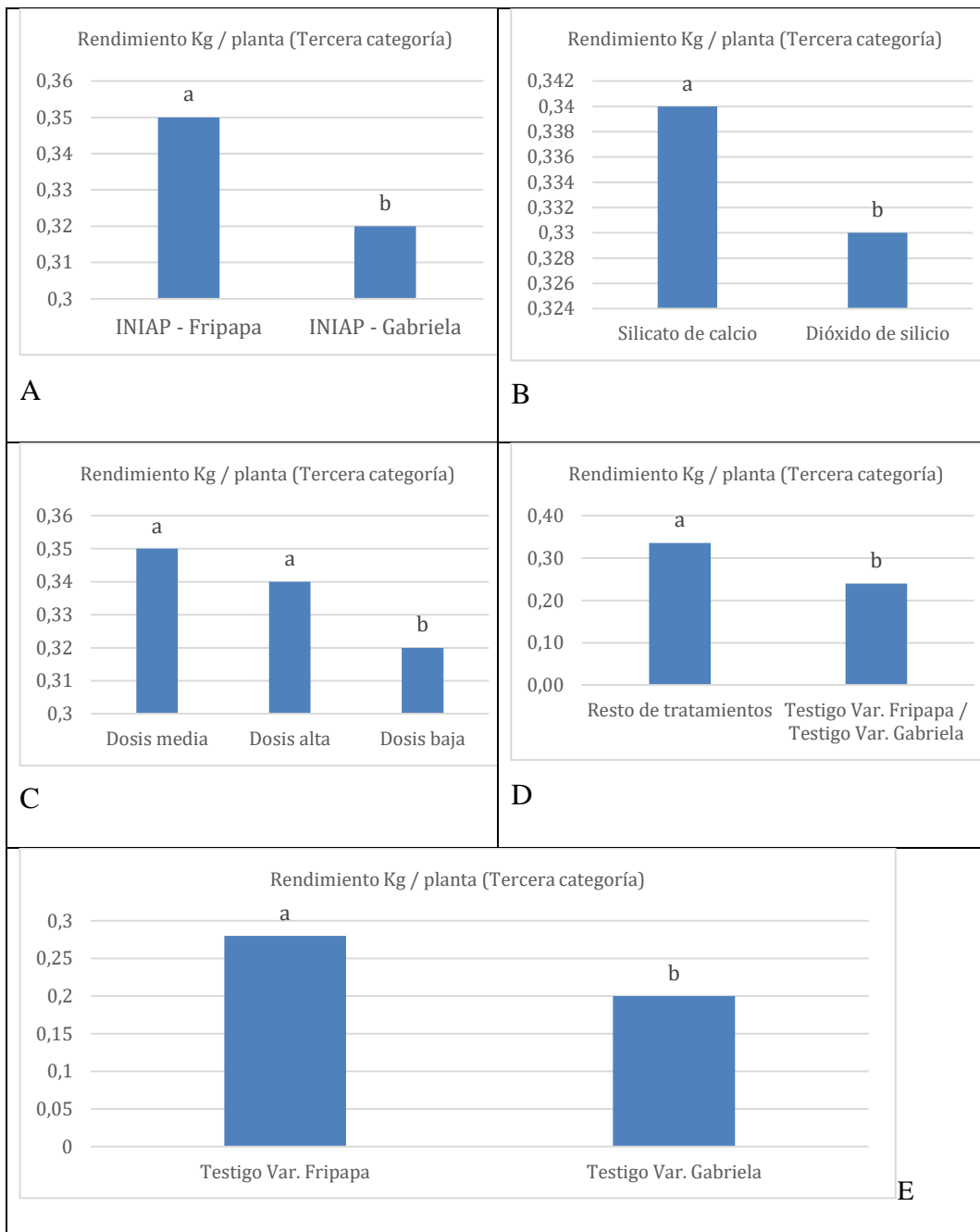
**Anexo 25. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta segunda categoría**

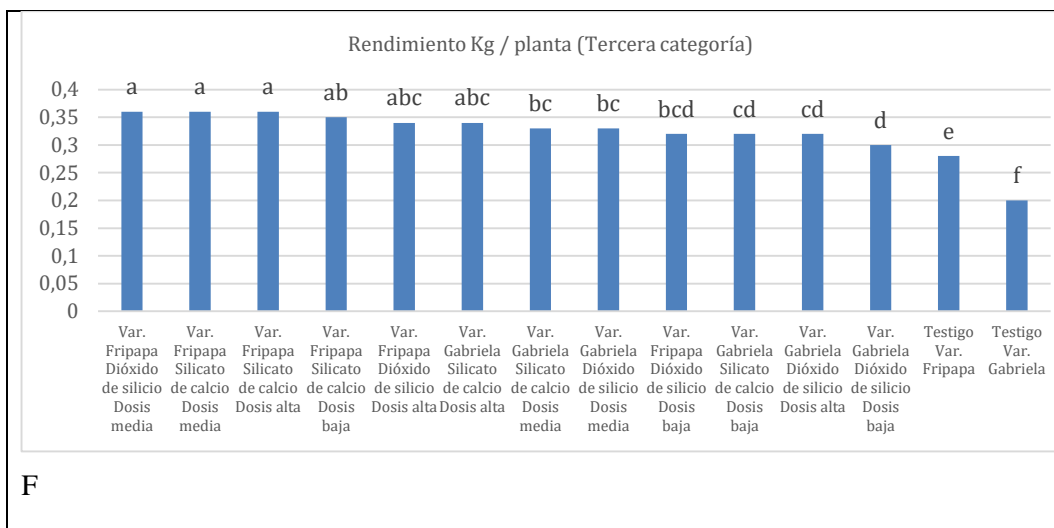




A: Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta segunda categoría para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción testigo y testigo 2 Vs. el resto/ E: Interacción testigo 1 Vs. Testigo 2 / F: los tratamientos.

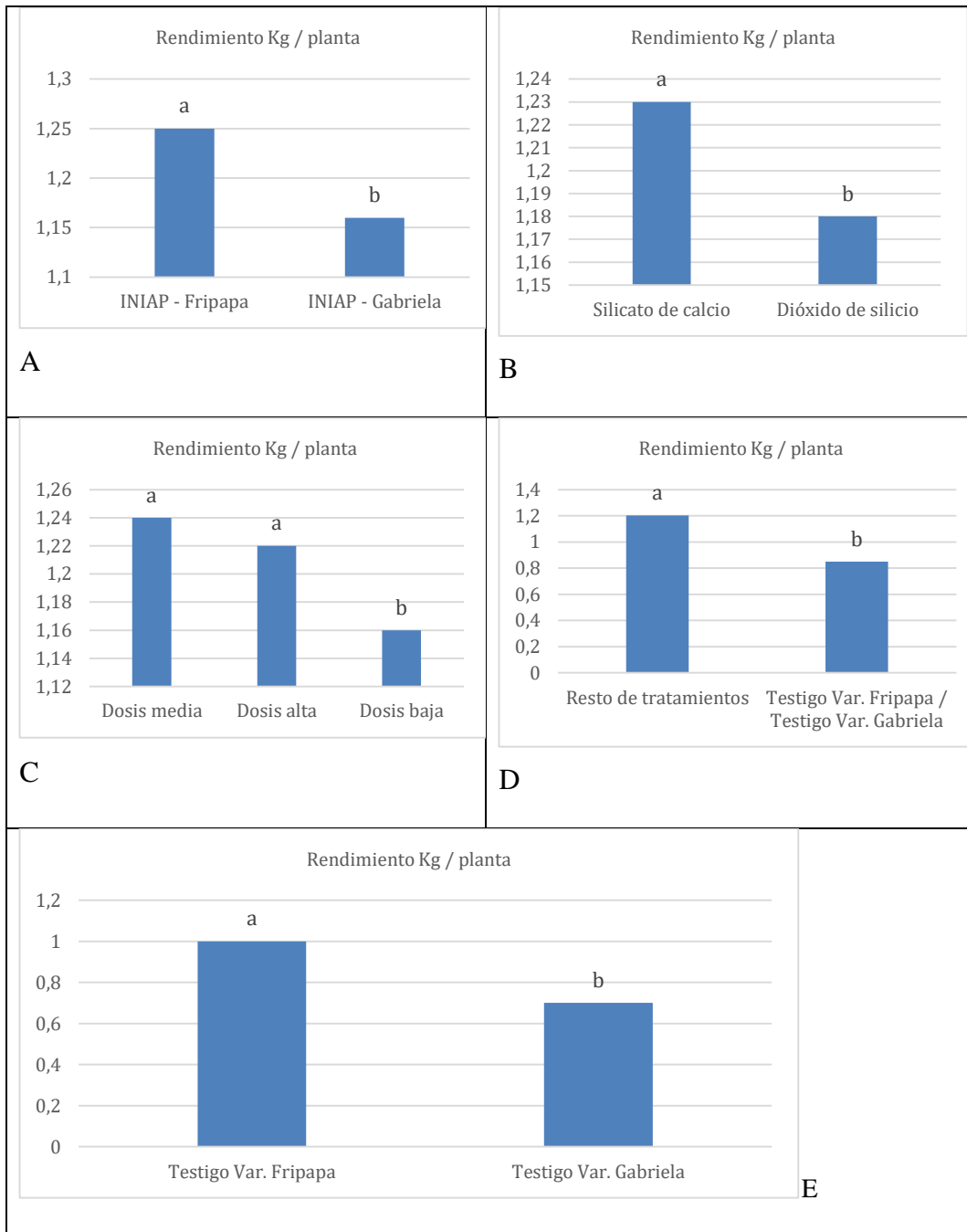
**Anexo 26. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta tercera categoría**

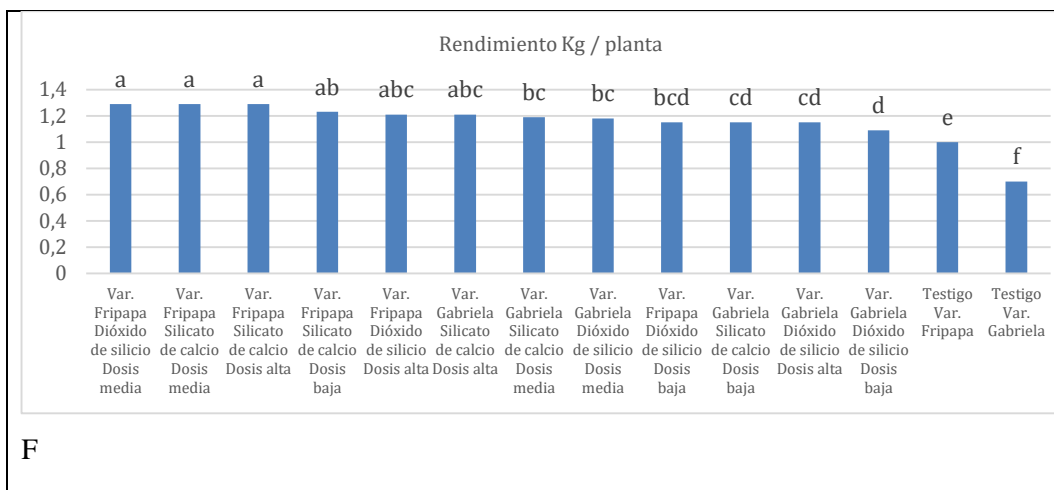




A: Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta tercera categoría para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción testigo y testigo 2 Vs. el resto/ E: Interacción testigo 1 Vs. Testigo 2 / F: los tratamientos.

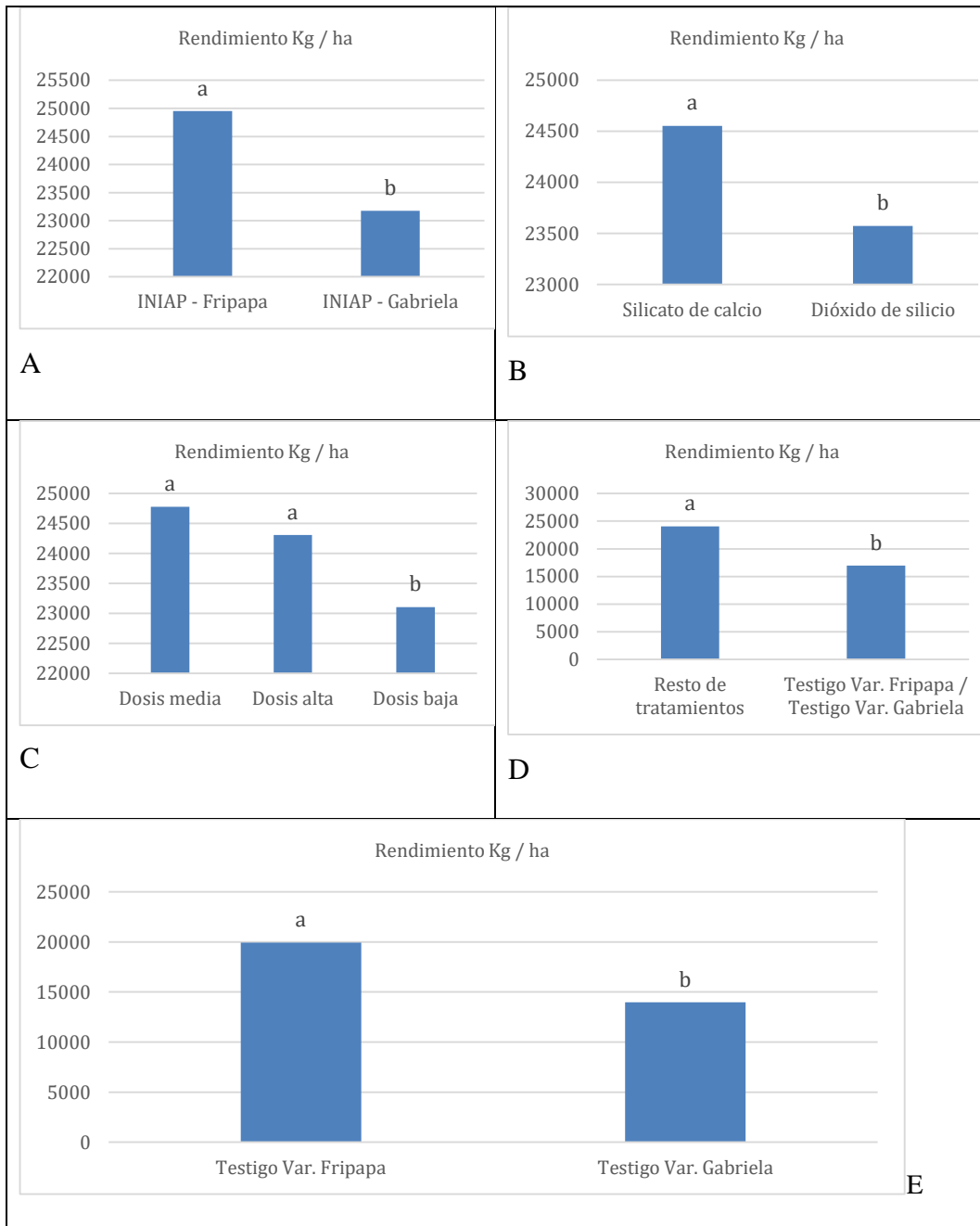
**Anexo 27. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta**

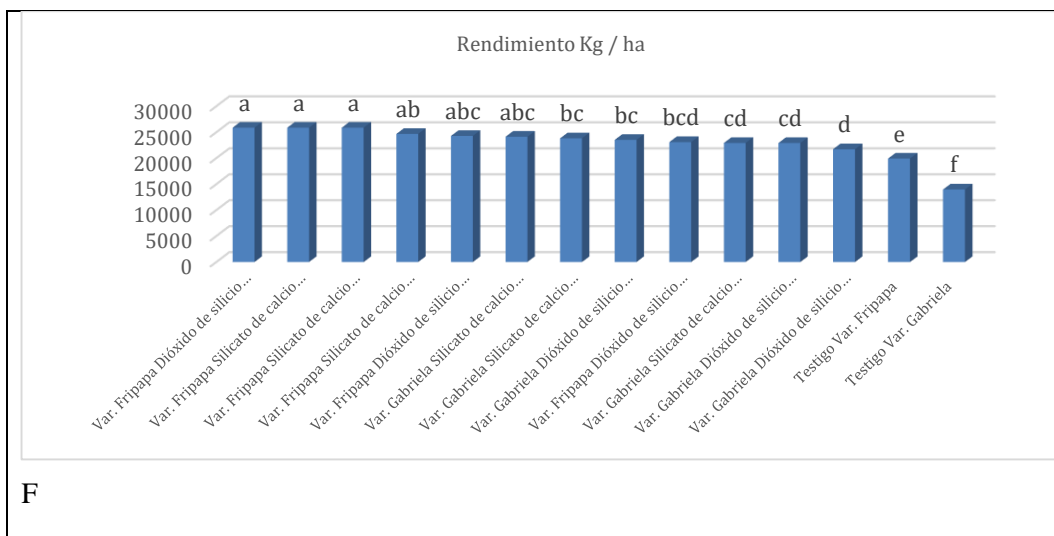




A: Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/planta para el factor variedad/  
 B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción testigo y testigo 2 Vs. el resto/ E:  
 Interacción testigo 1 Vs. Testigo 2 / F: los tratamientos.

**Anexo 28. Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/hectárea**





A: Análisis de separación de medias de la variable rendimiento en kg/hectárea para el factor variedad/ B: Factor fuentes de silicio/ C: Factor dosis/ D: Interacción testigo y testigo 2 Vs. el resto/ E: Interacción testigo 1 Vs. Testigo 2 / F: los tratamientos.